



70
años
desde 1949

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Universidad Nacional de Cuyo

Tomo 51 / N° 1 Año 2019 / ISSN on-line 1853-8665

Mendoza - Argentina



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**



Revista de la
**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS**

Rector

Prof. Ing. Agr. Daniel Pizzi

Decana

Prof. Dra. María Flavia Filippini

Director científico

Dr. Ricardo W. Masuelli (UNCUYO, Argentina)

Co-directora científica

Prof. Dra. María Flavia Filippini (UNCUYO, Argentina)

Editora asistente

Prof. Ing. Agr. Adriana I. Caretta (UNCUYO, Argentina)

Editora asistente en Lengua Inglesa

M. Sc. Inés Pilar Hugalde (INTA, Argentina)

Editores asociados

Dra. Adriana Abril (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)

Dr. Edmundo Bordeu (Pontificia Universidad Católica, Chile)

Dr. Ing. Agr. Guido Fernando Botta (Universidad Nacional de Luján, Argentina)

Dr. Marcelo Cabido (IMBIV-Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)

M. Sc. Ing. Agr. Juan Bruno Cavagnaro (UNCUYO, CONICET, Argentina)

Dr. Ing. Agr. Pablo Federico Cavagnaro (INTA, Argentina)

Dra. Edi Defrancesco (Università degli Studi di Padova, Italia)

Dr. Pablo Delgado Sánchez (Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México)

Dr. José Díaz Osorio (Universidad de Talca, Chile)

Dr. Ing. Agr. Alejandro J. Gennari (UNCUYO, Argentina)

Dr. Ing. Agr. Alberto Daniel Golberg (Universidad Nacional de La Pampa, Argentina)

M. Sc. Ing. Agr. José Morábito (UNCUYO, INTA, Argentina)

Dr. Ing. Agr. Hernán Ojeda (Agro-Montpellier, Francia)

Dra. Marta Paris (Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina)

Dr. Ing. Agr. Pablo H. Pizzuolo (UNCUYO, Argentina)

Dr. Enrique Sánchez (INTA, Argentina)

Dr. Hernán Vila (INTA, Argentina)

Dr. Pablo Villagra (UNCUYO, CONICET, Argentina)

Dr. Eduardo G. Virla (PROIMI-Biotecnología, CONICET, Argentina)

Comité editor

Dr. Jorge Alcalá Jáuregui (Universidad Autónoma San Luis Potosí, México)

Dra. Mónica Balzarini (UNCórdoba, CONICET, Argentina)

M. Sc. Ing. Agr. Mónica Bauzá (UNCUYO, Argentina)

Dra. Mónica Bertiller (Centro Nacional Patagónico, CENPAT, Argentina)

Dr. Luis Del Vitto (Universidad Nacional de San Luis, Argentina)

Dr. Ing. Agr. Claudio Galmarini (UNCUYO, CONICET, INTA, Argentina)

Ing. Agr. Juan Carlos Guevara (UNCUYO, CONICET, Argentina)

Dra. María Dolores Lettelier (UNCUYO, Argentina)

M.Sc. Ing. Agr. Víctor Lipinski (UNCUYO, INTA, Argentina)

M. Sc. Rodrigo López Plantey (UNCUYO, Argentina)

Prof. Luis López Valladares (Universidad de Chile, Santiago de Chile)

Dr. Luis Marone (UNCUYO, CONICET, Argentina)

Dra. Ing. Agr. Liliana E. Martínez (UNCUYO, Argentina)

Dr. Ferdinando Pimpini (Università degli Studi di Padova, Italia)

Ing. Agr. José Rodríguez (UNCUYO, Argentina)

Dr. José Roldán Cañas (Universidad de Córdoba, España)

Prof. Ing. Agr. Santiago Sarandón (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)

M. Sc. Ing. Agr. Fabio Tacchini (UNCUYO, Argentina)

M. Sc. Ing. Agr. Rosana Vallone (UNCUYO, INTA, Argentina)

Coordinadora

Prof. Claudia Lépéz

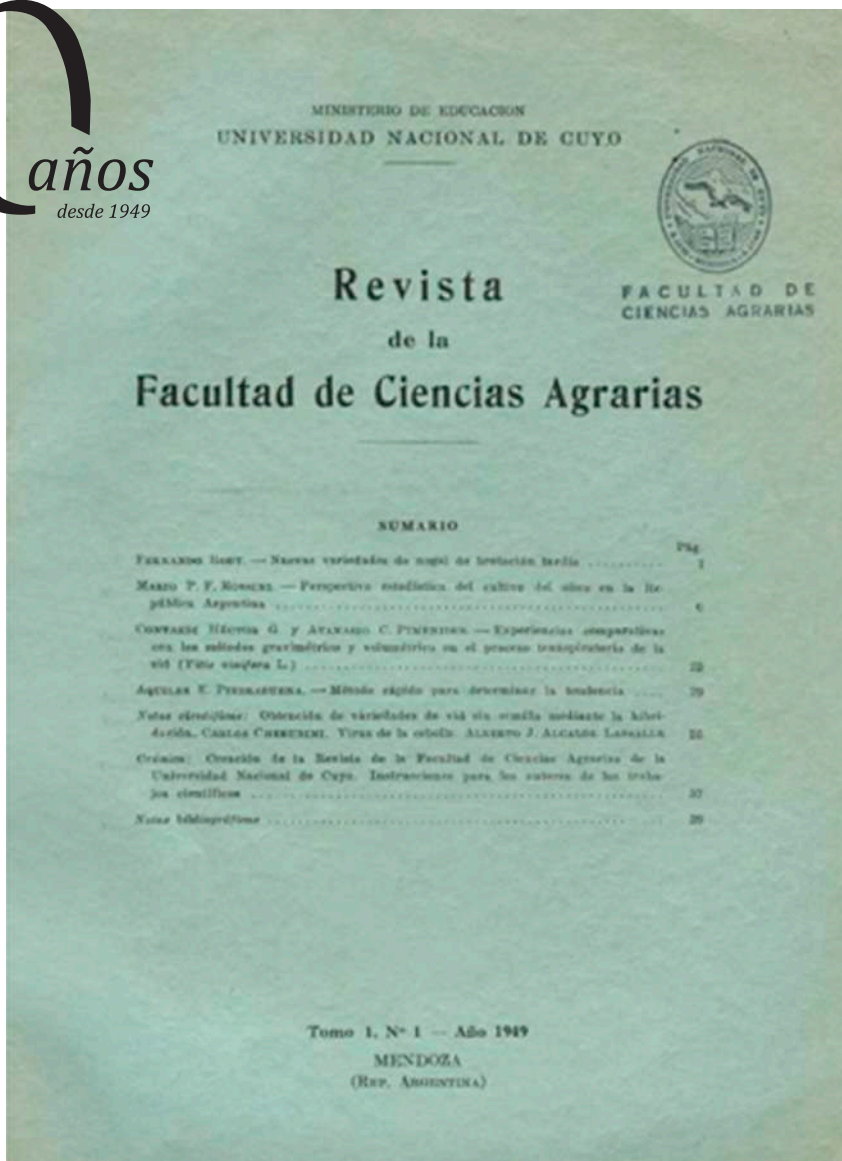
Diseño y autoedición

Dis. Gráfica Cintia Eliana Costa • Dis. Gráfica Brenda Rodríguez • Hugo Leonardo Fontes

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Universidad Nacional de Cuyo

70 años
desde 1949



Tapa Revista nº 1 - Año 1949



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

80 años



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

CENTRO COORDINADOR DE
**EDICIONES
ACADÉMICAS**

Ficha de Catalogación

(Escala: 1:1)

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias.

-- T. 1, n° 1, 1949 -

Mendoza : Facultad de Ciencias Agrarias.

Universidad Nacional de Cuyo, 1949 -

v. : il; 24 cm

Semestral

ISSN 0370-4661

ISSN (en línea) 1853-8665

CDU 63

Consultas referidas a los artículos de la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCUYO), deben remitirse a:

Centro Coordinador de Ediciones Académicas (UNCUYO)

Almirante Brown 500 - Chacras de Coria - Mendoza (Argentina) - M5528AHB

Tel: (54 261) 413-5000 - Int. 1220

e-mail: ccea@fca.uncu.edu.ar

web: <http://revista.fca.uncu.edu.ar>

La Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo publica artículos originales e inéditos, escritos en inglés, cuya temática está relacionada con la ingeniería agronómica, ciencias de los alimentos y los recursos naturales renovables.

El material que se publica pertenece tanto a investigadores de la propia institución así como de otras facultades y centros de investigación del país y del extranjero.

La inserción de los artículos está sometida a las normas internacionales vigentes, con referato por parte de especialistas en cada disciplina.

La Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCUYO está categorizada por el CAICYT (Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica del CONICET) en el Nivel Superior de Excelencia (Categoría 1).

Esta publicación está indizada en:

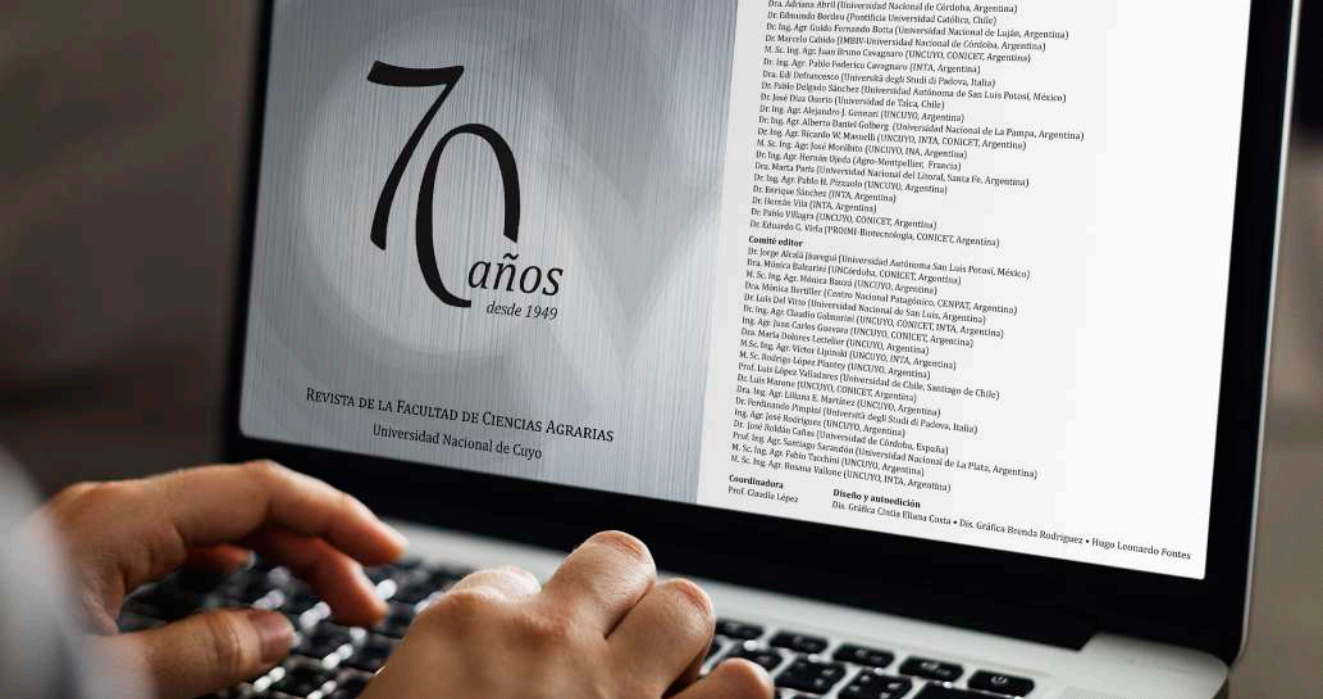
- Wos (Web of Science)
- Scopus & Embase
- SciELO Argentina
- Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas
- REDALyC (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe)
- DOAJ (Directory of Open Access Journals)
- LATINDEX
- Bulletin de l'O.I.V. (Revue signalétique internationale)
- VITIS-VEA (Viticulture and Enology Abstracts)
- AGRIS-F.A.O.
- CAB Abstracts
- CABI Full Text
- Ulrich's International Periodicals Directory
- International Society for Pest Information (ISPI)
- Agri2000 de SIDALC
- Science Citation Index Expanded
- Journal Citation Reports/Science Edition
- Biological Abstracts
- BIOSIS Previews
- CABELLS

70
años

Revista de la
**FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS**
Universidad Nacional de Cuyo

EVALUADORES 2019

Alejandra Acosta | UBA
Marcelo Alberto | UNCuyo
Mariano Alende | INTA
Enzo Allori Stazzonelli | UNTucumán
Christian Alvarado | UACH
Claudia Amadio | UNCuyo
Nora Andrada | USan Luis
Ricardo Andreau | UNLa Plata
Alejandro Aparicio | INTA
Susana Aparicio | UBA
María Cristina Aruani | UNComahue
Luis Barrales Vega | UChile
Celina Inés Borrajo | INTA
Lucía Bortolini | Universidad de Pádova
Jorge Bustos | INTA
Mariano Butti | INTA
Laura Cánovas | UNCuyo
Nicolás Cara | UNCuyo
Marcos Carrasco-Benavides | UCatólica del Maule
Aníbal Catania | INTA
María Guadalupe Chaves | UNNE
Carmen Cholaky | UNRío Cuarto
María Cristina Ciappini | UTN Rosario
Valéria Cid Maia | Museu Nacional-Brazil
Isabel Cinto | UBA
Vilma Conci | IPAVE
Lucrecia Couretot | INTA
Mónica Espadafor | IFAPA-España
Javier Estévez | UCO España
Peter Felker | UCLA
Ignacio Fernández | INTA
Raúl Ferreyra Espada | INIA Chile
Nicola Fiore | UChile
Ariel Fontana | IBAM
Federico Frank | INTA
Mónica Freksa Frasson | UBA
Diana Frezza | UBA
Fabiana Gallardo | UNLa Plata
Julio Gaviola | INTA
María de la Paz Gimenez Pecci | INTA
Fabián Giolitti | INTA
José Luis Gonzalez Rebollar | CSIC España
Luciana Herber | INTA
Adriana Hernández | UACH México
Jorge A. Hilbert | INTA
Patricio Hinrichsen | INIA La Platina Chile
Federico Kent | INTA
Silvia Elena Killian | UNCatamarca
Carlos Roberto Kunst | INTA
Daniel Laureda | UBA
Fernanda Leggio | EEAOC
Gabriela Lucero | UNCuyo
José Francisco Maestre-Valero | UPCT España
Marcos G. Maiocchi | UNNE
Luis María Maldonado | INTA
Alejandro Marianetti | INV
Jorge Mariotti | UNSalta
Nora Martinengo | UNCuyo
Alejandro Martinez Meier | INTA
María Gabriela Mattera | INTA
Marcos Maza | UNCuyo
Joaquin Monserrat | ULleida España
Matias Musumeci | CONICET
Yisa Ochoa | UAntonio Narro
Carlos Parera | INTA
Carlos Passera | UNCuyo
Daniel Peláez | CRIBA
Pablo Peri | INTA
Patricia Piccoli | UNCuyo
Mauricio Ponce Donoso | UTalca
Cesar Adrian Preussler | INTA
Fredy Proaño | Escuela Sup. Técn. de Chimborazo
Celia Rabotnikof | UNLa Pampa
Silvia Rebottaro | UBA
Héctor Rosatto | UBA
Luca Rossetto | UPadova
Ricardo Sager | INTA
Cristina Salgado | UNNE
Adriana Salvo | CIECórdoba
Maria Sance | UNCuyo
Gerardo Sanchez | INTA
Miguel Sarmiento | UNSE
Sandra Sharry | UNLa Plata
Nestor Stritzler | UNLa Pampa
Edith Taleisnik | INTA
Claudia Travaglia | UNRío Cuarto
Rodrigo Valdes Salazar | UCatólica Valparaíso
Graciela Valladares | CIECórdoba
Silvia Van den Bosch | UNCuyo
Anneke Veenstra | Deakin University Australia
Nancy Ventretera | UNCuyo
Romina Verdenelli | UNCórdoba
Eduardo Wright | UBA



Es grato para mí prologar este primer número de 2019, si pensamos que hace 70 años atrás se comenzaba a editar la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (RFCA).

Un gran mérito de los cuerpos editoriales que formaron parte de la RFCA, fue que mantuvieron la continuidad -con cortas interrupciones- en la edición de más de cincuenta números. La Facultad de Ciencias Agrarias tuvo un rol fundamental en estos logros, consciente de la necesidad de difundir los resultados de las investigaciones científicas y técnicas, ha apoyado económicamente no solo la labor editorial sino la impresión y distribución de los ejemplares.

Muchos han sido los cambios que se produjeron desde su creación. En los inicios y hasta finales del siglo pasado, los artículos eran mayormente aportes de investigadores de la propia Facultad y se editaban solamente en español. En los últimos años, el porcentaje de autores internacionales se ha incrementado progresivamente.

La Revista se encuentra indizada en bases de datos internacionales como Web of Science, Scopus Embase y SciELO Argentina, entre otras. Estos cambios nos llevaron a un nuevo desafío que fue publicar los trabajos en el idioma inglés, con el fin de ampliar el espectro de contribuciones y lectores. Un nuevo desafío, en el corto plazo, será editar la RFCA solamente en formato digital a través del sistema de Open Journal System (OJS).

Estos logros no hubieran sido posibles sin la labor profesional del equipo editorial de la RFCA y la colaboración desinteresada de los editores asociados, pares evaluadores y, por supuesto, las valiosas contribuciones de los autores. Quedan desafíos importantes, como aumentar el impacto de la revista en el ámbito nacional e internacional y que la RFCA siga siendo un vehículo eficaz en la difusión de las investigaciones en el campo de las Ciencias Agrarias Multidisciplinarias, con los más altos estándares de calidad.

Dr. Ricardo Masuelli
Director



It is pleasing for me to preface the first issue of 2019, if we think that 70 years ago saw the light the first issue of the Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (RFCA).

A great merit of the editorial boards, which were part of the Journal, was that they maintained the continuity -with short interruptions- in the edition of more than fifty numbers. The Faculty of Agricultural Sciences played a fundamental role in these achievements; aware of the need to disseminate the results of scientific and technical research has economically supported not only the editorial work but the printing and distribution of copies.

Many have been the changes that occurred since its inception. In the early and late last century the articles were mostly contributions of researchers from the Faculty itself and were edited only in Spanish. In recent years, the percentage of international authors has increased progressively.

RFCA was indexed by international databases such as Web of Science, Scopus Embase and SciELO Argentina, among others. These changes led us to a new challenge that was to go on to publish the works in the English language in order to broaden the spectrum of contributions and readers. A new challenge, in the short term, will be to edit the RFCA only in digital format through the Open Journal System (OJS) system.

These achievements would not have been possible without the professional work of the RFCA editorial team and the selfless collaboration of the associate editors, peer reviewers and the valuable contributions of the authors. There remain important challenges, such as increasing the impact of the journal in the national and international scope and that the RFCA continues to be an effective vehicle in the dissemination of research in the field of Agricultural Sciences Multidisciplinary with the highest quality standards.

Dr. Ricardo Masuelli
Director

**Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo**

Tomo 51(1) - Junio 2019

Índice

GENÉTICA Y MEJORAMIENTO VEGETAL

Agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) populations segregating the polyembryony mutant

*Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) que segregan al mutante poliembrionía*

Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá-Rico, José Espinoza-Velázquez, Alfonso López-Benítez, Fernando Borrego-Escalante, Raul Rodriguez-Herrera, Rosendo Hernández-Martínez.1

ECOFISIOLOGÍA Y MANEJO DE CULTIVOS

Efecto del raleo de flores y estado de madurez de cosecha sobre el rendimiento y calidad de fruto de pimiento

Effect of flower thinning and stage of maturity on yield and fruit quality of pepper

Roberto Matías Pacheco, Rodrigo Verón, Sara Cáceres.19

Effect of cold stress at cellular and foliar level and regrowth capacity of three *Cenchrus ciliaris* L. cultivars: Americana, Biloela and Texas 4464

*Efecto del estrés por frío a nivel celular, foliar y capacidad de rebrote en tres cultivares de *Cenchrus ciliaris* L.: Americana, Biloela y Texas 4464*

Victoria Parera, Mónica Ruiz, Carlos Parera.29

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Influence of urban trees on noise levels in a central Chilean city

Influencia del arbolado urbano sobre los niveles de ruido en una ciudad de Chile central

Felipe Calquín P., Mauricio Ponce-Donoso, Óscar Vallejos-Barra, Exequiel Plaza T.41

Effect of culture medium on morphogenic processes in vitro in *Cinchona officinalis* L.

*Efecto del medio de cultivo en los procesos morfogénicos in vitro en *Cinchona officinalis* L.*

José Antonio Moreno Serrano, César Pérez Ruíz, Ivonne Moreno Fierro, Jorge Moreno Fierro.55

Effects of salt stress on germination, seedling growth, osmotic adjustment, and chlorophyll fluorescence in *Prosopis alba* G.

*Efectos del estrés salino sobre la germinación, crecimiento de plántulas, ajuste osmótico y fluorescencia de la clorofila en *Prosopis alba* G.*

Diego Ariel Meloni, Marta Rosalía Gulotta, Diolina Moura Silva, María Paz Arraiza.69

Changes in vegetation seasonality and livestock stocking rate in La Pampa Province (Argentina)

Cambios en la estacionalidad de la vegetación y la carga animal en la provincia de La Pampa (Argentina)

Carlos Marcelo Di Bella, María Eugenia Beget, Alfredo Nicolás Campos, Ernesto Viglizzo, Esteban Jobbágy, Alfredo Gabriel García, Alejandra Sycz 1, Santiago Cotroneo.79

ECONOMÍA Y POLÍTICA AGRARIA

The gender role on moderator effect of food safety label between perceived quality and risk on fresh vegetables

El rol del género sobre el efecto moderador de una etiqueta de inocuidad alimentaria entre la calidad y riesgo percibido en vegetales frescos

Cristian Adasme-Berrios, Mercedes Sánchez, Marcos Mora, José Díaz, Berta Schnettler, Germán Lobos.93

A model of agricultural sustainable added value chain: The case of the Dominican Republic value chain

Modelo de cadena de valor agraria sostenible: La cadena de valor de la República Dominicana

Cristino Alberto Gómez-Luciano, Wim De Koning, Frank Vriesekoop, Beatriz Urbano.111

A first approach to the design component in the agri-food industry of southern Spain

Una primera aproximación a la componente "Diseño" en la industria agroalimentaria del sur de España

Óscar González-Yebra, Manuel A. Aguilar, Fernando J. Aguilar.125

PROTECCIÓN VEGETAL

Genetic diversity and pathogenicity on root seedlings from three soybean cultivars of *Fusarium graminearum* isolated from maize crop residues

*Diversidad genética y patogenicidad a nivel de raíz en plántulas de soja de tres cultivares de cepas de *Fusarium graminearum* aisladas de rastrojos de maíz*

Martín Bonacci; German Barros.147

Salicylic acid and *Bacillus subtilis* as control of early blight (*Alternaria solani*) in tomato plants (*Solanum lycopersicum*)

*Ácido salicílico y *Bacillus subtilis* como control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*)*

Miguel Ángel Espinosa-Vázquez, Eduardo Estanislao Espinoza-Medinilla, Carolina Orantes-García, Eduardo Garrido-Ramírez, Tamara Mila Rioja-Paradela.161

TECNOLOGÍAS AGROINDUSTRIALES

Effect of chitosan coating enriched with oregano essential oil on the quality of refrigerated meat hamburgers

Efecto de un recubrimiento de quitosano con aceite esencial de orégano en la calidad de hamburguesas vacunas refrigeradas

Claudia Amadio, Silvina Farrando, Mónica Zimmermann.173

PERSPECTIVAS

Catalog of the type material in the Herpetology Collection of the Instituto de Biología Animal (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo)

Catálogo del material tipo de la Colección Herpetológica del Instituto de Biología Animal (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo)

Sofía Literas, Matías Rodríguez, Enrique Pereyra, Sergio Roig-Juñent.191

DOSSIER DE AGROECOLOGÍA

PRÓLOGO

Algunos aspectos emergentes y de importancia para la construcción del enfoque agroecológico

A. Tonolli, S. Sarandón, S. Greco. 208

AUTORES INVITADOS

Scientific contributions of agroecology in Latin America and the Caribbean: a review

Contribuciones científicas de la agroecología en América latina y el Caribe: una revisión

F. Gallardo-López, M. A. Hernández-Chontal, A. Linares-Gabriel, P. Cisneros-Saguilán. 215

Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos

Agroecological transitions: multiple scales, levels and challenges

P. Tiftonell. 231

SECCIONES

MANEJO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS

Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina

Importance of flowers in field margins for insect communities in agroecological farms from Cordoba, Argentina

J. Rojas Rodriguez, M. R. Rossetti, M. Videla. 249

Modelos de manejo del espacio interfilas en viñedos: percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos

Inter-row management models in vineyards: perceptions about their value as ecosystem service providers

A. Frutos, J. A. Portela, L. Del Barrio, M. E. Mazzitelli, B. Marcucci, R. Giusti, V. Alemanno, J. Chaar, G. López García, M. González Luna, N. Aquino, G. Debandi. 261

DISEÑO, MANEJO Y EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CON UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO

Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos

Theoretical-methodological framework for the design of ecological agriculture systems

Á. Noguera-Talavera, F. Salmerón, N. Reyes-Sánchez. 273

Evaluación de la transición agroecológica de un establecimiento ganadero a base de pastizal de la cuenca del Salado, mediante indicadores

Evaluation of the agroecological transition through indicators of a livestock establishment based on native grasslands of the Salado basin

E. Pérez, A. Verónica Casal, E. J. Jacobo. 295

Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina. Consideraciones para el manejo del hábitat

Pollinator and predator insects biodiversity in vineyards agroecosystems of Mendoza, Argentina. Considerations for habitat management

G. P. López García, M. E. Mazzitelli, A. Frutos, M. González, B. Marcucci, R. Giusti, V. Alemanno, L. del Barrio, J. Portela, G. Debandi. 309

Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile) <i>Participatory evaluation of sustainability in a conventional and agroecological peasant farm of a Mapuche community, Chile</i>	
S. Peredo Parada, C. Barrera Salas.	323

LA AGROECOLOGÍA EN PERSPECTIVA DE LOS ASPECTOS SOCIOCULTURALES

The study and use of traditional knowledge in agroecological contexts <i>Estudio y uso del conocimiento tradicional en contextos agroecológicos</i>	
C. Alzate, F. Mertens, M. Fillion, A. Rozin.	337

Socioecological diagnosis and peri-urban family agriculture typification, with emphasis in the production of peach (<i>Prunus persica</i>), in El Jarillo, Venezuela <i>Diagnóstico socioecológico y tipificación de agricultura familiar periurbana, con énfasis en producción de durazno (<i>Prunus persica</i>), en El Jarillo, Venezuela</i>	
S. J. Silva Laya, S. Pérez Martínez, J. Álvarez del Castillo.	351

Maíces locales; una contextualización de identidad tradicional <i>Local maize; a contextualization of traditional identity</i>	
F. Guevara-Hernández, M. A. Hernández-Ramos, J. L. Basterrechea-Bermejo, R. Pinto-Ruiz, J. A. Venegas-Venegas, L. A. Rodríguez-Larramendi, P. Cadena-Iñiguez.	369

PERSPECTIVAS SOBRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN AGROECOLOGÍA

Potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como un nuevo paradigma en las ciencias agrarias <i>Potentialities, challenges and limitations of agroecological research as a new paradigm in agricultural sciences</i>	
S. J. Sarandón.	383

EPÍLOGO

La dimensión simbólica de la agroecología	
T. León-Sicard.	395

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=3

Agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) populations segregating the polyembryony mutant

Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) que segregan al mutante poliembrionía

Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá-Rico¹, José Espinoza-Velázquez^{1*}, Alfonso López-Benítez¹, Fernando Borrego-Escalante¹, Raul Rodriguez-Herrera², Rosendo Hernández-Martínez³

Originales: *Recepción*: 07/11/2016 - *Aceptación*: 27/07/2017

ABSTRACT

The maize polyembryony (PEm) is phenotypically expressed when the seed germinates in two or more seedlings simultaneously, which in turn develops the capacity to overcome the close competition among sisters and neighboring plants. Because of that, it is thought that the inclusion of PEm in some new maize varieties can be useful looking for high yields and corn grain quality as a response to the global food demand. This research is about the PEm inheritance, the inclusion, recovery of polyembryony in segregating populations, and exploring their performance capacity. The foundation populations were the progenies from crosses among polyembryonic sources and inbred lines, producing several F₁ groups, and from each the proper F₂, and G3 and G4 generations. The latter two were developed through successive positive assortative matings (AM+). G3 populations were used to generate diallel crossings, Griffing's method 4, and part of them were evaluated in a performance assay, using a complete block design with a split-split plot arrangement. Results supported a validation of the inheritance model proposed for this sort of polyembryony, which states that the trait is controlled by two independent loci, under epistatic interaction of the type "duplicate gene action". Moreover, the arbitrarily handling of sexual reproduction in F₂ plants and in G3 and G4 generations through positive assortative matings (AM+) increased the PEm frequency on an average up to 40 % in G4, departing from the 4.9 % in F₂. Also, the performance assay shown a yield potential of the trait. The PEm mutant might be useful in maize production.

Keywords

Zea mays • polyembryony • inheritance model, performance assay • yield potential • plant density • fertilization doses

-
- 1 Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. * Autor para correspondencia: jespvel@uaaan.mx.
 - 2 Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Blv. V. Carranza sin número, C.P. 25280 Saltillo, Coahuila, México.
 - 3 INIFAP Campo Experimental Río Bravo, Carretera Matamoros-Reynosa Km. 61, C.P. 88900, Río Bravo, Tamaulipas, México.

RESUMEN

La poliembriónía de maíz (PEm) se expresa fenotípicamente cuando la semilla germina en dos o más plántulas simultáneamente, lo que a su vez desarrolla la capacidad de superar la competencia cercana entre hermanas y plantas vecinas. Por eso, se cree que la inclusión de PEm en algunas variedades de maíz nuevas puede ser útil en busca de altos rendimientos y calidad de grano de maíz como respuesta a la demanda global de alimentos. Esta investigación trata sobre la herencia de PEm, la inclusión, la recuperación de la poliembriónía en poblaciones segregantes y la exploración de su capacidad de rendimiento. Las poblaciones de base fueron las progenies de cruzamientos entre fuentes poliembriónicas y líneas puras, produciendo varios grupos F1, F2, G3 y G4 apropiados. Los dos últimos se desarrollaron a través de apareamiento preferencial positivo (AM +). Las poblaciones G3 se utilizaron para generar cruza dialélicas, método 4 de Griffing, y parte de ellas fueron evaluadas en un ensayo de rendimiento, utilizando un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas. Los resultados respaldaron una validación del modelo de herencia propuesto para este tipo de poliembriónía, en el cual se establece que el rasgo está controlado por dos loci independientes, bajo una interacción epistática del tipo "acción genética duplicada". Además, el manejo arbitrario de la reproducción sexual en plantas F2 y en generaciones G3 y G4 mediante apareamiento preferencial positivo (AM +) aumentó la frecuencia de PEm en un promedio de hasta 40% en G4, partiendo del 4,9% en F2. Además, el ensayo de rendimiento mostró potencial en los rasgos relacionados con el rendimiento. El mutante PEm podría ser útil en la producción de maíz.

Palabras clave

Zea mays • poliembriónía • modelo de herencia, ensayo de rendimiento • potencial de rendimiento • densidad de plantas • dosis de fertilización

INTRODUCTION

Maize polyembryony (PEm, hereinafter) is a heritable trait that can be observed since the embryonic stage, and is phenotypically manifested when the seed (caryopsis) germinated in two and up to five simultaneous plumules, which can be developed in two or more fruitful stems. The phenomenon has been reported by several authors from the twentieth century to date. Along the first half of last century, several reports about twin plants emerged from a single seed were published (25, 28, 29).

In later years, there were published reports on polyembryony corn from different research approaches; one of

those was related to the effect of the X-rays radiation applied on pollen grains of corn resulting in polyembryony appearance. Authors stressed that the highest doses of radiation increased up to 18% the polyembryony frequency (18). Another paper was about the discovery of twin plants in a local population of corn, and pointed out that there is a positive association between this phenomenon and higher contents of lysine and crude fat in grain content, compared to normal corn; the authors also indicated that the highest level of polyembryony frequency in a set of inbred lines derived from this population was 25% (22).

Moreover, the presence of twin plants was reported in a dwarf corn population, highlighting the positive response to selection to increase the twin frequency (up to 34% in 4 selection cycles) and reported that the parent-offspring heritability estimate was 67% (3). On the contrary, there are reports pointing that the two stems per seed trait could be determined by one or a few genes (24).

Studies in México on polyembryony maize have reported the existence of two populations of maize (called BAP for brachytic plants, high polyembryony frequency, and NAP for normal height plants, high polyembryony frequency) which concentrate the phenomenon on an average frequencies of 61 and 63% respectively, which are the highest values among those published so far (6).

There are several and different reports on the polyembryony inheritance, but most of them agree that the trait is genetically controlled by one or two genes. One of those reports is the case of the *ig* recessive gene (indeterminate gametophyte) found in a line of corn, which affects, among other reproductive phenomena, the generation of polyembryony, which appears in frequencies equal to or less than 6% (12). In another report it was stated that polyembryony corn is governed by the action of a single recessive gene (23).

Two of the most recent proposals on maize polyembryony inheritance are: 1) the one that claims that polyembryony is controlled by two loci in epistatic interaction, duplicated gene action type, leading to an F_2 with two phenotypic classes, in proportions 15: 1, normal plants –to- polyembryonic plants. In this type of epistasis, the presence of just one dominant allele of any of the loci is enough to express the normal plant phenotype, therefore, the polyembryony cases are caused by the

action of two loci in homozygous recessive condition. Besides that, PEm is accompanied by the phenomenon of incomplete penetrance, which states the proportion of the polyembryonic genotypes that should be expressed by varying the amount of 10 to 50%, all depending on the source of the exotic germplasm with whom the polyembryonic populations have been crossed (5, 26). The second proposal states that the phenotypic expression of twins stems corn seedlings could be an evidence of an epigenetic mechanism given that the twin trait has shown one of the epimutants characteristics, which is referred to the ability to be reversible, it is to say that they can return to the original mutated phenotype that, in this case, is the normal plant single stem condition (17).

Some researchers have found the association between polyembryony and the corn grain nutritional quality. In one of the early works about this matter, it was said that the trait was associated with the grain content of higher crude protein and higher levels of lysine and crude fat compared to the one found in common corn nutrimental contents (22). Another work on nutrient contents in PEm corn grains, using progenies from populations BAP and NAP, has shown that they contain higher levels of crude fat, lysine, oleic and linoleic fatty acids than those found in samples of common maize grains (8, 30).

Hypothesis and Objectives

In the context of maize polyembryony, and taking into account that populations with the inclusion of the PEm trait are capable to generate more dry matter per seed sowed, and to gather more nutrients per grain, mainly crude fat and the amino acids lysine and tryptophan, it is pertinent to make research on the possible use of this PEm mutant to generate variation

that might be useful to generate new genotypes of maize for possible agronomic use, and under the hypothesis that the PEm trait is inherited and easily recuperated, and that it has the potential to increase corn productivity, This paper is intended to reports on:

1) to validate the PEm inheritance model proposed by Rebolloza *et al.* (2011);

2) to show a methodology to recover the PEm from segregating maize populations;

3) to explore the potential production capacity of maize populations segregating the polyembryony trait.

MATERIALS AND METHODS

This research was carried out in a series of three experiments; two of them were conducted at the facilities of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) located at Buenavista, Saltillo, state of Coahuila, México, whose geographical coordinates are: 25 ° 21' N, and 101 ° 02' W, with an altitude of 1756 m a.s.l.

First experiment

Crossbreeding between polyembryonic corn (BAP, for brachytic plants and NAP, for normal height plants) with

several inbred lines, representatives of common corn germplasm, No-PEm, was performed, which in turn resulted in nine segregating polyembryonic populations (table 1) this was generated at UAAAN, having 24 furrows for both NAP and BAP, and 2 furrows for each inbred line. The furrows were 0.8 m apart and 12 m long, the distance among plants was 0.17 m.

In the following cycle the various F₁ were advanced to F₂ by means of crossing plant to plant within each group. In order to determine the PEm frequencies, 600 seeds of each of the F₁ and F₂ groups were sowed under greenhouse conditions using a complete random design, three replicates, 200 per replicate.

The seeds were placed in polystyrene germination trays, 200 cavities, with the following dimensions: 67 x 34 x 7cm. The sowing substrate was a mixture of forest soil and peat moss, in a 2: 1 v / v ratio. The trays were placed on brick rails to facilitate the drainage and aeration of the roots of the seedlings. The watering of the trays was done manually, on daily bases along the experimental trials (3 weeks).

Data from the segregating PEm genotypes in F₂ were analyzed using a Chi-square test of goodness of fit for the 15: 1 hypothesis.

Table 1. Original crosses between NAP or BAP with inbred lines.

Tabla 1. Cruzas originales entre NAP o BAP con líneas endogámicas.

ID	Cross	ID	Cross
A	NAP x CML-78	F	NAP x AN-Tep-3
B	NAP x AN-7	G	NAP x AN-CS-8
C	BAP x CML-78	H	BAP x AN-Tep-3
D	BAP x AN-7	I	BAP x AN-CS-8
E	NAP x AN-255-18-19		

Second experiment

To generate the diallel crossings, it was decided to handle the pollination through phenotypic assortative matings (AM+) thought as the most adequate pairing system. This pollination method was applied from the F₂ to the advanced cycles (G3 and G4, respectively). Seeds from these F₂ were sowed in germination trays in greenhouse, and only those seedlings with the PEm phenotype were transplanted into pots with a capacity of 20 L. Once flowering was reached, (AM+) pollination was practiced among plants of the same group. The seeds from each of these groups represented the G3 populations.

The G3 populations were used as the parental of the G4 progenies. These groups were generated at the experimental station of the National Research Institute of Forestry, Agricultural and Livestock (INIFAP) located in the city of Rio Bravo, state of Tamaulipas, Mexico (25 ° 59'N and 98° 06'W, 139 m a.s.l.). The experiment was aimed to generate diallel crosses using the nine G3 populations by applying the mating design, method 4 (Griffing, 1958), planted (a seed by stroke) in February and harvest in June 2015. The resulting progeny from the crosses represented the fourth generation (G4). A second way to generate G4 progenies was using representative samples of the nine G3 populations which were handled through (AM+) pollinations within each group. So that, we got two kinds of G4 level populations, one for the diallel hybrids evaluation, and the second one to have G4 seeds to continue the process of grading up the PEm frequency to reach the G5 populations.

The experimental settings to generate the G4 populations were as follows, the genetic materials were placed in plots of 8 furrows, 14 m long, 0.8 m between furrows, and 20 cm between plants. The fertilizer dose was 140-40-00, applied

at planting. For pest control, permethrin was used; Weeds were controlled with Pendimethalin and Atrazine. Prior to sowing, the land was irrigated by floods in order to obtain a moist soil in field capacity. After sowing, three irrigations were applied on the demand for plants.

The generations were observed through the mean values in order to see the progressive PEm gain per generation, each genotype.

Third experiment

The assay for agronomic performance of some of the diallel hybrids was carried out at Buenavista, UAAAN. The experiment was designed as a 2 x 2 factorial traits arrangement. The A Factor was related to population density (moderated size: 73 000 and high size: 93 000 plants ha⁻¹), and the B Factor was about fertilization doses (low 120:80:00 and high 240: 90: 00 N:P:K), all their combinations were applied on populations. For this experiment, seven genetic materials were used, as follows: four PEm G4 segregating populations originated from the diallel, the NAP population, used as a reference for polyembryony, one open-pollinated variety (TUX), and one commercial hybrid (CAI) (table 2, page 6). The last two materials were used as controls. The trial was established under the design of a randomized complete block with split-split plot arrangement.

The experiment display was as follows: planting was established in plots of two rows, 4 meters long, and three repetitions (blocks). Sowing date: July 11, 2015, and harvest in December 12, the same year. The treatments were the possible combination of two factors, two levels each, applied on the genetic materials. Pests were chemically controlled through the applications of Carbofuran, Permethrin and Metamidophos.

Table 2. Maize genotypes used in the assay, factors: population density and fertilization, two levels each.

Tabla 2. Genotipos de maíz utilizados en el ensayo de rendimiento, factores: densidad de población y dosis de fertilización, dos niveles cada uno.

ID	G4 Populations, identified by their initial cross
AxE	(NAP x CML 78) x (NAP x AN-255-18-19)
CxE	(BAP x CML 78) x (NAP x AN-255-18-19)
ExF	(NAP x AN-255-18-19) x (NAP x AN-Tep-3)
GxH	(NAP x AN-CS-8) x (BAP x AN-Tep-3)
NAP	Reference population for polyembryony
TUX	Tuxpeño variety HOC (sample from CIMMYT)
CAI	Commercial hybrid "Cayman" (from Asgrow)

Weeds were controlled by both chemical and mechanical procedures, the first with atrazine and 2, 4-D, and the second by using hoe and tractor. It was sowed on dry soil, and watering immediately afterwards by means of irrigation tape, and the same procedure for subsequent irrigations, according to crop water requirements.

Data on the response variable were taken properly at the required time, according to the variable definition. The harvest of each material was done manually.

The resulting data was analyzed by the appropriate analysis of variance accordingly with the experimental design used, in

doing so, it was used the statistical package SAS version 9.1. In cases where there were statistical differences in any of the variation sources, interaction graphs were performed using the statistical package STATISTICA version 10. There were six response variables, one was in regard to sexual maturity (Days to male flowering), two were taken as descriptors of plant type (plant and ear's height), other two were used to qualify plant and ear health (rotten ears and fusarium infected ears), and lastly the yield variable.

Model of the experimental design: a randomized complete block with split-split plot arrangement ¹.

$$^1 Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t_k + (tt)_{ik} + (ttb)_{ijk} + t_l + (tt)_{il} + (tt)_{kl} + (ttt)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Where:

Y_{ijkl} = the corresponding observation i-th main treatment
 k-th secondary treatment
 l-th tertiary treatment in the j-th block
 μ = general mean
 t_i = effect of i-th main treatment
 b_j = effect j-th block
 $(tb)_{ij}$ = error (a), at the level of the main plot
 t_k = effect secondary treatment k-th
 $(tt)_{ik}$ = effect of interaction ik-th t x t
 $(ttb)_{ijk}$ = is the error (b) subplot level

t = l-th effect of tertiary treatment
 $(tt)_{il}$ = effect of interaction il-th t x t
 $(tt)_{kl}$ = effect of the kl-th interaction t x t
 $(ttt)_{ikl}$ = effect of the ikl-th txtxt interaction
 ε_{ijkl} = is the error (c), the subplot level
 $t_p, t_q, (tt)_{ikp}, t_r, (tt)_{lq}, (ttt)_{ikl}$ they are considered fixed effects: i= 1, 2,..., I treatments t (densities)
 j= 1, 2,..., J blocks b (Repeats)
 k= 1, 2,..., K treatments t (Fertilizations)
 l= 1, 2,..., L treatments t (G = crossings)

RESULTS AND DISCUSSION

Validation of the PEm inheritance

The Chi Square tests for the pre-established hypothesis 15 to 1, normal, to polyembryonic plants, in the several F₂ groups are presented in Table 3. As it can be seen, the PEm segregations were accordingly to the hypothesis, as the ones presented by Rebolloza *et al.* (2011). In spite of that, the Mendelian genetic analysis underlined a diverse response capacity taking into account the hybrid combination and the source of the parental pollinator. It is instructive to say that in a test of this type (X^2 , 1 degree of freedom, $\alpha = 0.05$), the hypothetical extreme values of the X^2 can be from 0 to less than 3.84.

The PEm segregation proportions across populations, measured under greenhouse, ranged from 3.7 to 5.8%.

On the other hand, the results obtained for the trials under field conditions, the PEm proportions ranged from 3.3 to 4.4%, all of them within the 15: 1 hypothesis. However, it is clear that there were deviations from the optimal expected value of 6.25%. This might be due to certain degree of incomplete penetrance of the genes. Moreover, there was observed a parallelism among the relative magnitudes of proportions between the two kinds of experiments, the crossings with higher values under greenhouse were also higher on field (table 3).

One way to test about the data similarities observed for the proportions of the different crossings is the application of a Homogeneity Chi square. This was run with the proper data (table 4, page 8).

Table 3. Goodness-of-fit Chi Square test of F₂ populations that segregates the double recessive PEm trait.

Tabla 3. Prueba de Chi cuadrado de bondad de ajuste de poblaciones F₂ que segregan el rasgo de PEm doble recesivo.

ID	Greenhouse					Field				
	Ple	PIPEm	Pln	Chi2	Prob.	Ple	PIPEm	Pln	Chi2	Prob.
A	184	8	176	1.1	0.30-0.20	181	6	175	2.66	0.20-0.10
B	191	11	180	0.1	0.90-0.70	189	8	181	1.31	0.30-0.20
C	193	10	183	0.4	0.70-0.50	192	7	185	2.22	0.20-0.10
D	188	7	181	2.1	0.20-0.10	185	7	178	1.92	0.20-0.10
E	189	11	178	0.1	0.90-0.70	183	11	172	1.1	0.30-0.20
F	185	8	177	1.2	0.30-0.20	179	6	173	2.57	0.20-0.10
G	189	9	180	0.7	0.50-0.30	184	8	176	1.14	0.30-0.20
H	196	10	186	0.4	0.70-0.50	194	8	186	1.5	0.30-0.20
I	182	9	173	0.6	0.50-0.30	186	8	178	1.20	0.30-0.20

Sample size = 200 seeds; Ple = seedlings emerged; PIPEm = Polyembryonic seedlings; Pln = One seedling per seed germinated, or Normal seedlings; Chi2= Chi-square test; Prob. = Probability

Tamaño de muestra = 200 semillas; Ple = Plántulas emergidas; PIPEm = Plántulas poliembriónicas; Pln = Una plántula por semilla germinada, o Plántulas normales; Chi2 = Prueba de Chi cuadrado; Prob. = Probabilidad

Table 4. Homogeneity test for the nine populations.
Tabla 4. Prueba de homogeneidad para las nueve poblaciones.

	Greenhouse			Field		
	Chi-squares	DF	Probability	Chi-squares	D.F.	Probability
Totals	6.58	9		15.62	9	
Summed data	5.36	1	0.05-0.01	12.91	1	< .001
Homogeneity	1.22	8	1-0.95	2.71	8	1-0.95

DF = Degrees of freedom. / DF = Grados de libertad.

The Chi square calculations led to an accepted Homogeneity test, signifying that the data are homogeneous; however, it is necessary to note that the important source for the test, the “summed data”, is not in the range of the accepted limit, which invalid the idea of homogeneous data and cannot be added for a homogeneity test. The diverse amount of proportions observed in the nine F_2 populations might be an indication of the occurrence of the claimed incomplete penetrance upon the PEm phenomena, mainly due to the differences sources of pollinators.

Increasing PEm frequency

The increasing amount of PEm frequencies throughout the F_1 to G4 (succeeding four generations) is shown in table 5 (page 9). As expected, and given the recessive condition of the trait, the F_1 progeny were seeds that germinated in solely individual plants, which is the normal phenotypic condition of common (normal) maize.

The pollination handling of the PEm segregating populations through assortative mating (AM+) was intended for a rapid increase of the trait frequency, in spite of the incidence of incomplete penetrance.

The average PEm frequency grew 3 times by the G3, and 8 times by G4 departing from the F_2 . However, it is necessary to pay attention to the mating procedure. From the F_2 groups, one can take only plants that show phenotypically the double or more sister plants grew from one seed. It is reasonable to think that these plants have the double homozygous recessive PEm genes that is to say those genes are fixed.

As it can be seen from the data shown here, that is not the case. Besides that, it is necessary to state that the (AM+) method won't affect the PEm genes conditions because of they are fixed, but it will have an effect on the rest of the genome at least in two ways, one because a degree of inbreeding is generated which mean a growing homozygosis within each population, and second, it has an effect on the genetic recombination that take place over generations, which could disarticulate the action(s) of the genetic factors that causes the so-named “incomplete penetrance” that reduce in some degree the phenotypic appearance of polyembryony limiting the expression of the double recessive homozygote. This disarticulation might facilitate to certain degree the major cases of polyembryony in BAP and NAP populations.

It is clear from the obtained data (table 5) that the two procedures, selecting only PEm plants and applying the (AM+) along progressing generations, the PEm percentages reached up to 20 and 40% by the third and fourth generations, respectively. It is convenient to say that polyembryony frequencies in the reference populations were observed in the range from 54 to 74%. The actual knowledge about this matter can raise two possible explanations, one is about the occurrence of incomplete penetrance of the PEm genes (Rebolloza *et al.*, 2011) and the other is on a possible pangenetic effect on the trait (Meráz-Fonseca *et al.*, 2015). We are leaned to though in terms of incomplete penetrance of the PEm genes.

The inclusion of No-PEm witnesses and the reference populations (BAP and NAP) in all experiments was intended to check for the occurrence and non-occurrence polyembryony phenotypes. The common maize genotypes will show always one seedling per seed germinated. However, the seeds from F₂ or more advances segregating groups will show cases of seedlings with the PEm phenotype. The average PEm frequency in populations BAP and NAP calculated across generations, green-

house and field data, was 62.7%, which is in agreement with previous reports (5, 6, 8, 26).

Agronomic performance

With regard to the assay of yield data, the general results from the analysis of variance appear in table 6 (page 10). From these information, it can be seen that only the Genotypes (G) source showed statistical differences in all the response variables, this may reflect the diverse genetic condition among the segregating PEm groups. Related to Density (D) statistical differences were detected in health variables; this was probably due to the specific conditions of climate-environment generated by the high number of plants. The Fertilization (F) had a significant influence on all variables, except YIELD, which could indicate that nutrition greatly impacted the plants grow and development.

In cases of double interactions arising between Genotype with Density or Fertilization factors (table 6, page 10), it can be seen that the genotypes responded in a different way given the particular conditions of one or other factor, this outstandingly appreciated in variables such as precocity, height and health.

Table 5. The PEm average proportion per generation, pooled data across populations.
Tabla 5. Proporción promedio de PEm por generación, datos agrupados entre poblaciones.

Genetic materials	Greenhouse data (%)				Field data (%)			
	F1	F2	G3	G4	F1	F2	G3	G4
Populations (PEm segregates)	0	4.9	19.7	42.2	0	3.9	2.1	38.6
Diallel crosses				41.0				42.6
Reference populations (average from BAP and NAP)	66.5	70.5	55.9	57.9	53.6	nd	73.6	60.6
Controls (TUX and CAI)	nd	nd	0	0	nd	0	0	0

nd = no data available. / nd = no hay datos disponibles.

Table 6. Mean squares analysis of variance for agronomic variables corresponding to PEm genotypes and their witnesses.**Tabla 6.** Cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas correspondientes a genotipos de PEm y sus testigos.

SV	DF	MF	PH	EH	ROTE [‡]	FUSE [‡]	YIELD
REP	2	4.37	5.58	12.73	3.79	2.81	4.52
D	1	0.30	0.43	34.07	357.53 *	293.07 **	73.36
Error a	2	1.23	8.18	5.65	4.84	1.96	5.95
F	1	152.01 **	9472.19 **	2568.57 **	604.29 **	1052.23 **	45.03
D x F	1	0.11	192.01	59.17	2.64	63.27 **	5.30
Error b	4	1.70	29.07	15.70	4.05	0.88	6.19
G	6	75.71 **	1540.37 **	1187.98 **	205.51 **	168.72 **	96.12 **
D x G	6	2.99 **	36.36 *	51.68 **	29.88 **	53.26 **	8.64
F x G	6	2.65 **	182.20 **	41.08 *	18.86 **	23.25 **	2.97
D x F x G	6	1.41	98.66 **	76.70 **	19.09 **	19.68 **	5.72
Error c	48	0.71	14.29	14.57	3.78	2.89	5.68
CV (a)		1.40	1.30	2.00	12.10	9.20	18.70
CV (b)		1.70	2.50	3.30	11.10	6.20	19.10
CV (c)		1.10	1.70	3.20	10.70	11.20	18.30
R ²		95	97	94	94	96	76

SV = Source of variation; REP = Replicates; D = Density; F = Fertilization; G = Genotype; CV = Coefficient of variation; R² = coefficient of determination; DF = Degrees of freedom; MF = Male flowering; PH = Plant height; EH = Ear height; ROTE = Rotten ears; FUSE = Fusarium in ear; YIELD = Yield; ‡ Variables with transformed data using angular or inverse sine method.

SV = Fuente de variación; REP = Repetición; D = Densidad; F = Fertilización; G = Genotipo; CV = Coeficiente de variación; R² = coeficiente de determinación; DF = Grados de libertad; MF = Floración masculina; PH = Altura de la planta; EH = Altura de mazorca; ROTE = mazorcas podridas; FUSE = Fusarium en mazorca; YIELD = Rendimiento; ‡ Variables con datos transformados usando el método de seno angular o inverso.

The three factors interaction, Density x Fertilization x Genotype showed statistically differences only for plant type and health variables. The variation coefficients, considering the three types of error in the analysis, were quite acceptable (less than 20%). Because of the statistical differences found, all the response variables are discussed through interaction graphs in figures.

Among the four PEm segregating genotypes coming from the diallel crosses, the GH hybrid was the most early considering male flowering (MF). This condition had

connection with the significance of Density x Genotype interaction under the high population density level, and in a similar manner in the Fertilizer x Genotype on the side of moderated fertilization. Overall, the average values of segregating genotypes were later (4 days) than the TUX variety and the commercial hybrid CAI, but earlier than the reference population (2 days) which means that the initial hybridization between polyembryonic populations and non-related genotypes has an effect in the progeny earliness.

In general, the TUX genotype was the earliest ($p \leq 0.01$). On the other hand, and according to the factor Fertilizer it can be observed that the supply of high fertilization tends to increase days to male flowering, but the opposite was observed when the moderate fertilization was applied (figure 1, page 12). These results differed from those published by Ortiz *et al.* (2013) who detected no significance under different fertilization levels (150, 250 and 350 kg ha⁻¹) on the variable "days to silking". However, when considering the effect of population densities regarding MF, the results of this study are in agreement with those published by Ortiz *et al.* (2014) who detected no significant differences on this variable when three population densities (60, 75 and 90 thousand plants ha⁻¹) were evaluated.

In regard to the PH variable (figure 2, page 12) the cross GH had the highest plant height average in both variation sources Genotype, Density x Genotype with the moderate density level, and Fertilization x Genotype under the high fertilization level. On the other hand, the triple interaction Density x Fertilization x Genotype had shown that the cross EF had the highest value when moderate density and high fertilization.

Plant height for the segregating polyembryony genotypes was 10% lower than the reference population NAP, and the commercial hybrid CAI, but 6% higher than the variety TUX, which can be considered desirable because a moderate height can reduce stalk lodging while presenting greater volume of dry matter. The TUX genotype showed the shortest plant height (204 cm average).

High fertilization tended to increase plant height (10% on an average); this is because the effect of nitrogen can promote cell proliferation and stimu-

lates the growth of grasses (16). These results are similar to the ones published by Gökmen *et al.* (2001) who mentioned that the fertilization showed significant differences in plant height, obtaining the maximum height with the highest dose of N (250 kg ha⁻¹), while the lowest values were recorded when the nitrogen fertilization was 50 kg ha⁻¹.

The superior ear height (variable EH) in corn is of economic importance because of the plant standability which describes the ability of a plant to remain erect until the crop is harvested. In general, a high EH placement corresponds to a high plant height (PH), but it is the EH/PH rate that matters. It is known that a ratio of about 50% favors the plant standability (32), and avoid lodging.

On the crosses, the lowest values of the presented ear height, AE in source Genotype, GH on interaction Density x Genotype with moderate density, whereas in interaction, Fertilization x Genotype, the EF crosses showed lower on fertilization moderate; this influenced for the two genotypes (GH and EF) presented the lowest value in triple interaction Genotype x Fertilization x Density with density and moderate fertilization. The genotype that stood out was TUX since it had the lowest value.

The crosses segregating PEm presented EH intermediate values, which were 15% less height than NAP, the reference genotype, but 7% more than the TUX and CAI. This condition might lead to reduce lodging, and favoring some yield trait components. In this research there was found that fertilization levels had an impact on EH (figure 3, page 13), however, this is not the case with the report published by Ortiz *et al.* (2013) who did not find statistical differences between ear height and fertilization dosages.

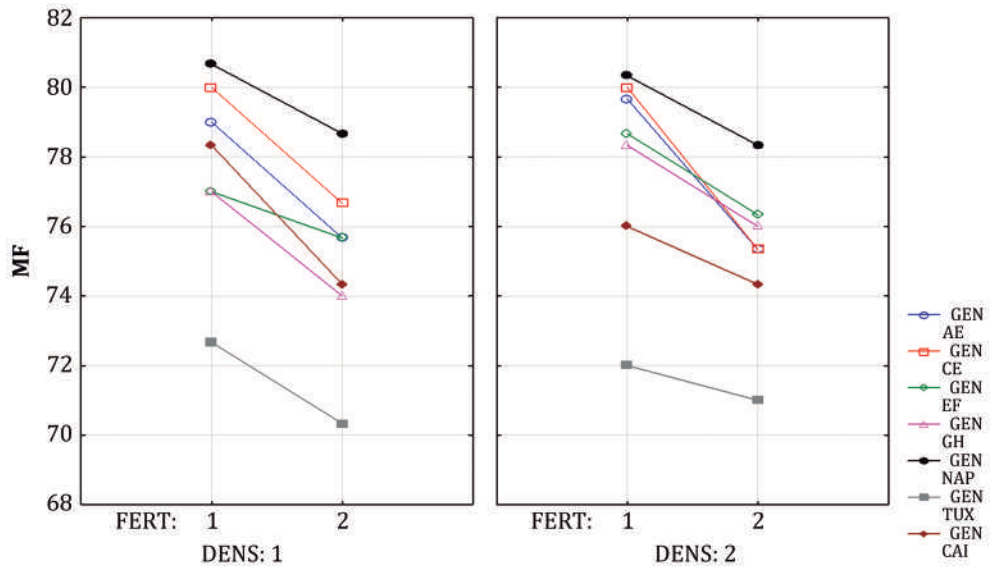


Figure 1. Days to male flowering (MF) means, two population densities, two fertilization doses and seven genotypes.

Figura 1. Medias de la variable días a floración masculina (MF), dos densidades de población, dos dosis de fertilización y siete genotipos.

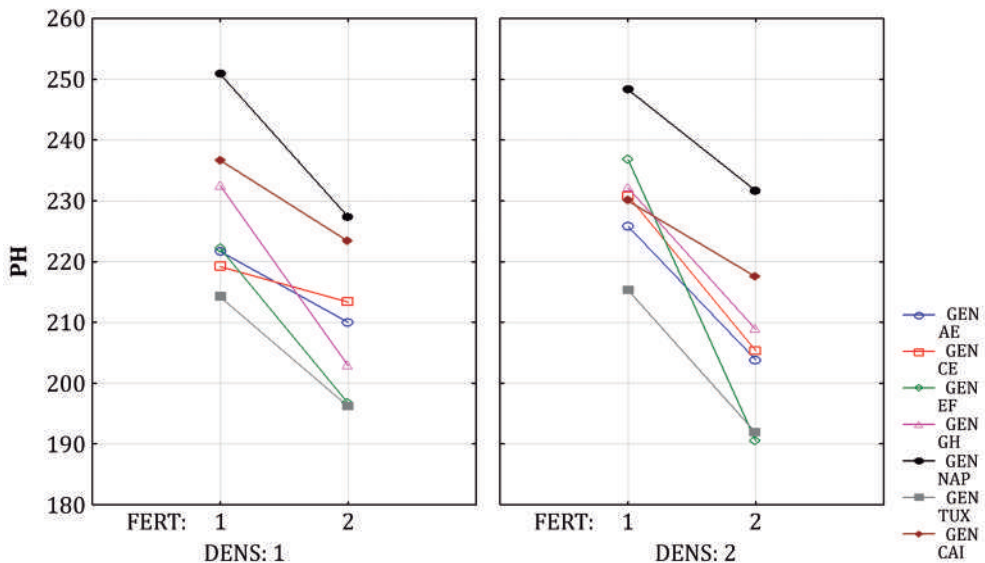


Figure 2. Means of plant height variable (PH) on two densities, with two different fertilization doses in seven genotypes.

Figura 2. Medias de la variable de altura de la planta (PH), dos densidades, con dos dosis diferentes de fertilización en siete genotipos.

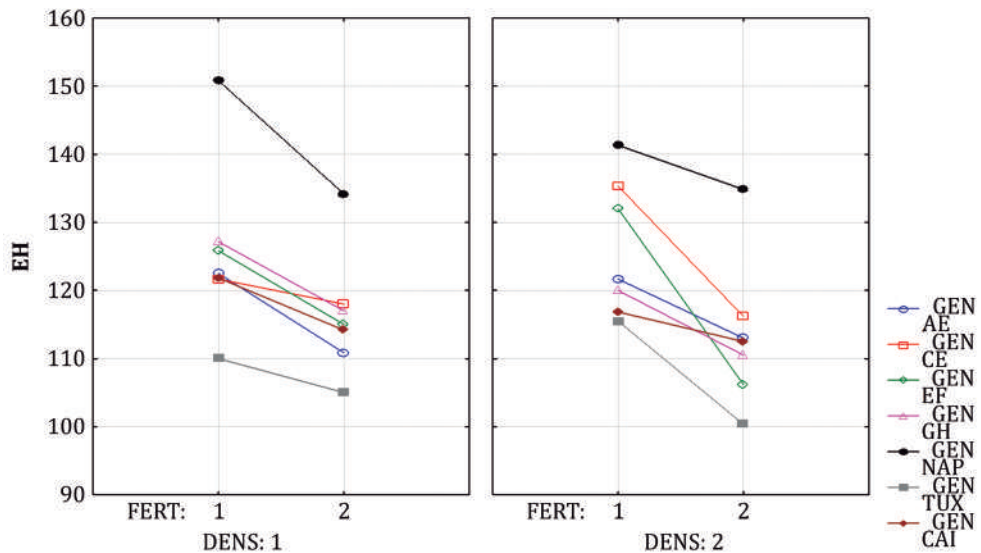


Figure 3. Means of the ear height variable (EH) two densities, with two different fertilization doses in seven genotypes.

Figura 3. Medias de la variable altura de mazorca (EH), dos densidades, con dos dosis diferentes de fertilización en siete genotipos.

As it can be checked, the Density factor was not of impact on MF, PH and EH. According to the analysis of variance (table 4, page 8) no statistical significance was presented on these variables. Similar results are presented by Khan *et al.* (2003) who reported that the increased population density in maize has no effect on those variables. On the other hand, the high level of fertilization had an important impact on the three variables, increasing their values.

Analyzing the ROTE data, it can be observed that almost all the model effects resulted statistically significant (table 4, page 8; figure 4, page 15). In addition, three segregating genotypes polyembryony (AE, CE and EF) obtained 25% less rotten ears than the reference population NAP. The high population density provoked more rotten ear cases; meanwhile the high fertilization tends to reduce them. The moderate population density presented 30% less damage.

The notable presence of rot cases could be due because the high density contributed to maintain high humidity in the foliage, which may have triggered the development of diseases. These results coincide with those presented by Blandino *et al.* (2008) who indicated that plant density affected the percentage of rotten grains, and stated that plots with the higher number of plants (82 thousands ha^{-1}) had a higher severity (+43%) than plots with lower plant density (65 thousands ha^{-1}). In this sense, Dodd (1983) mentions that, when using a corn plant density greater than the optimal population increases competition for light, water and nutrients causing reductions in the root volume, the number of ears and the number of grains per ear, also increases the intensity of root and stem rots which favors the lodging both root and stem as well as ear rots percentage.

In regard to fertilization, the high level had a positive effect as it reduced the ROTE by 39% due to the greater ability to provide nutrition for growth and development; this condition is in agreement with the results published by Huber (1989) and Blandino (2008) who mentioned that plants receiving proper mineral nutrition in general are significantly more tolerant to diseases.

FUSE is generally one of the variables that have negative impact on the crop yield, and in this research it presented statistical differences in all sources of variation (table 4, page 8). As it can be seen, the high density plant population had a negative effect on all genotypes because of this variable (figure 5, page 15). The higher fusarium damage in all genotypes was presented with the combination high population density and moderate fertilization. Moderate Density was the best with 26% less FUSE, but even better was the effect of high fertilization which reduced the percentage of this variable by 53%. With these results it is not surprising that the interaction Density x Fertilization presenting lower incidence of the disease (61% less FUSE) with the combination moderate density and high fertilization. The stated results coincide with those published by Lozano and Diaz (2002) who found that the highest density (100 thousand plants ha⁻¹) had 28.6% more ear fusarium than the intermediate and low population densities (75 and 50 thousand plants ha⁻¹). Moreover, Huber (1997) mentions that the severity of most plant diseases can be diminished by improvements in handling fertilization. On the contrary, Martinez *et al.* (2005) working on these issues in maize, concluded that nitrogen fertilization and density have no effect on the quality of the seed.

Finally, and regarding to the YIELD variable, the analysis of variance detected statistically differences only for the factor Genotypes. In this context, it can be observed that the PEm segregating groups were better than the reference population (NAP) up to 18% more t ha⁻¹ and two of them (crosses AE and CE) were slightly higher than the range TUX having 2 and 4% more yield, and as it was expected, the CAI genotype presented the highest yield. Although there was no statistical significance, it can be seen (table 4, page 8, and figure 6, page 16) that under high fertilization doses, the genotypes tend to be more productive (12% t ha⁻¹ higher); this coincides with Osborne *et al.* (2002) and Yasari *et al.* (2012) which mention that with high levels of nitrogen grain yield increases, having a positive effect on the number of seeds per ear and the weight of the seed of maize hybrids. The lack of effect of population density on YIELD could be attributed to that by increasing the population density it decreases yield per plant, increased number of barren plants as a result of competition effect, so that the moderate density would be the most appropriate. These results are in agreement with that of Karlem and Camp (1985) and Sangoi (2000), who mentioned that the yield per unit area, responds to the increase in plant density up to a peak and decreases when the density exceeded that point, giving an optimum type curve. On the other hand, Bruns and Abbas (2005) mentioned in a publication that using a low density (71760 plants ha⁻¹) with furrows at 76 cm wide, the maximum yields were obtained (10.3 t ha⁻¹) when comparing with those yields with higher population densities (82160, 92560 and 102960 plants ha⁻¹).

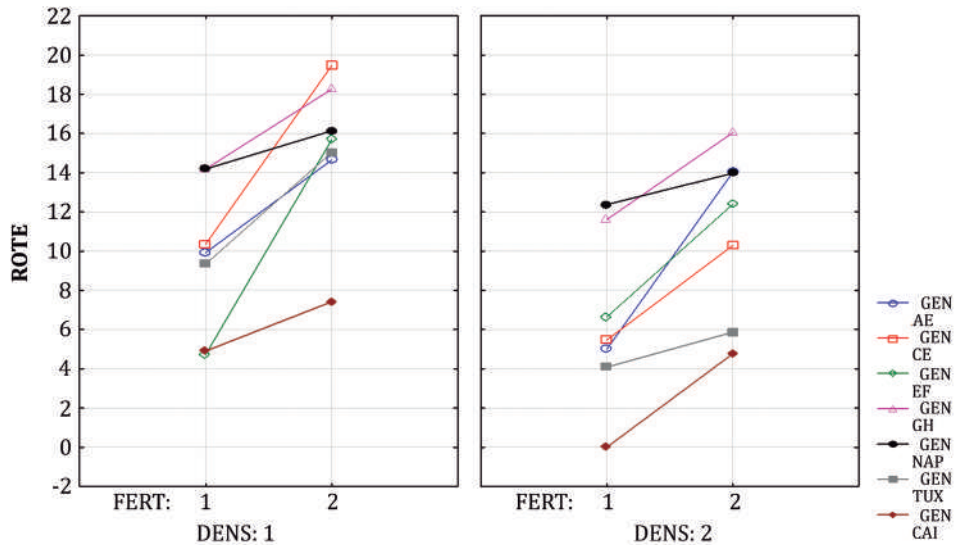


Figure 4. Means of the ear rot variable (ROTE) two densities, with two different fertilization doses in seven genotypes.

Figura 4. Medias de la variable mazorcas podridas (ROTE), dos densidades, con dos dosis diferentes de fertilización en siete genotipos.

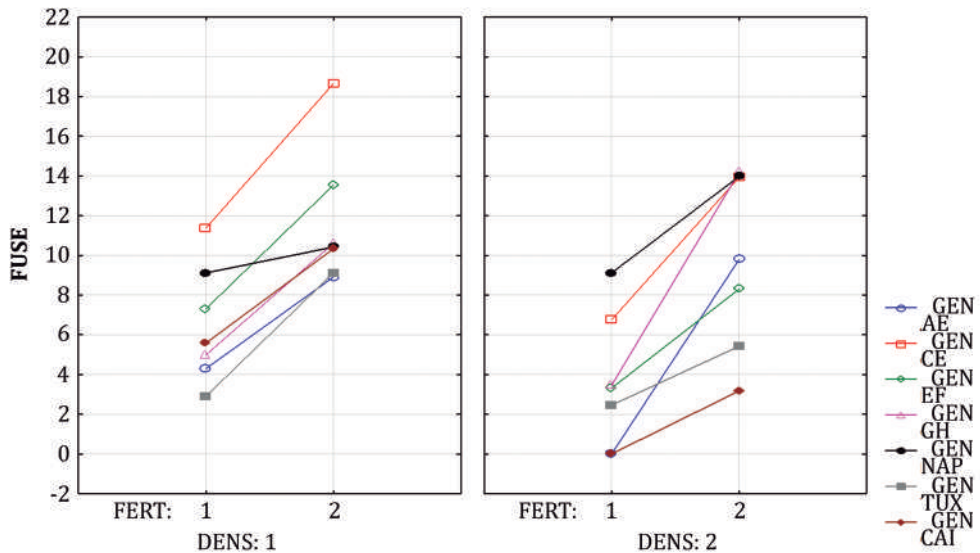


Figure 5. Mean of the fusarium ear variable (FUSE) two densities, with two different fertilization doses in seven genotypes.

Figura 5. Media de la variable fusarium en mazorca (FUSE), dos densidades, con dos dosis diferentes de fertilización en siete genotipos.

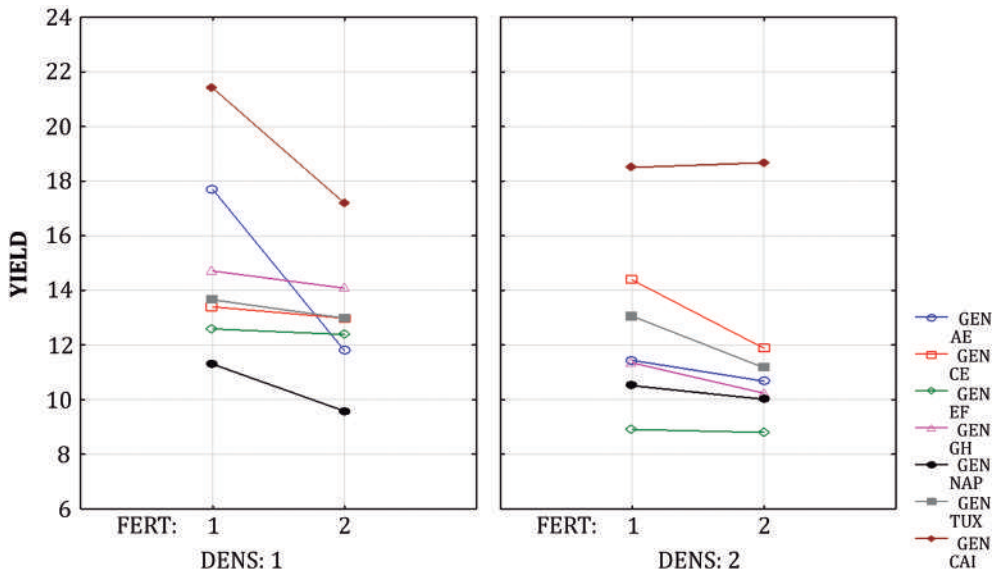


Figure 6. Means of the yield variable (YIELD) two densities, with two different fertilization doses in seven genotypes.

Figura 6. Media de la variable de rendimiento (YIELD), dos densidades, con dos dosis de fertilización diferentes en siete genotipos.

CONCLUSIONS

Maize polyembryony is controlled by two epistatic loci, double recessive homozygous, and it can be handled in such a way that the trait is easily recovered through assortative mating within genotypic groups who segregates the trait. Also, it is proposed that PEm is affected by the incomplete penetrance phenomena. The agronomic performance of segregating genotypes showed to be competitive when was compared with the control genotypes, which presented the extreme values for

most of the variables. The less competitive values corresponded to the reference population of high polyembryony (NAP) meanwhile the better values were shown by the commercial hybrid (CAI). However, it is advisable to carry out a more extensive experimentation, including a greater number of segregating genotypes, larger plots, and several different environments to size sufficiently the agronomic potential in using the maize PEm mutant.

REFERENCES

1. Blandino, M.; Reyneri, A.; Vanara, F. (2008). Effect of plant density on toxigenic fungal infection and mycotoxin contamination of maize kernels. *Field crops research*, 106(3): 234-241.
2. Bruns, H. A.; Abbas, H. K. 2005. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi valley. *Agronomy Journal*. 97(4): 1136-1140.
3. Castro, G. M.; Rodríguez, H. S. 1979. Estudio preliminar del potencial de plantas de maíz con tallos gemelos. *Fitotecnia* 2(3): 39-49.
4. Dodd, J. L. 1983. Corn stalk rot: accounting for annual changes. 38th Annual Corn and Sorghum Research Conference. ASTA. Chicago. Ill. p: 71-79.
5. Espinoza, V. J.; Valdez, L. E.; González, V. V. M.; Musito, R. N.; Gallegos, S. E.; Sánchez, L. J.; Villarreal, C. A.; Alcalá, R. J. M. 2008. Estudios genéticos sobre la poliembrionía en maíz. Análisis retrospectivo. In: Libro Científico Anual Agricultura, Ganadería y Ciencia Forestal UAAAN-2006. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. p. 2-8.
6. Espinoza, J.; Vega, M. C.; Navarro, E.; Burciaga, G. A. 1998. Poliembrionía en maíces de porte normal y enano. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 83-88.
7. Gökmen, S.; Sencar, Ö.; Sakin, M. A. 2001. Response of Popcorn (*Zea mays everta*) to Nitrogen Rates and Plant Densities. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 25(1): 15-23.
8. González-Vázquez, V. M.; Espinoza-Velázquez, J.; Mendoza-Villarreal, R.; León-Castillo, D.; Torres-Tapia, M. A. 2011. Caracterización de germoplasma de maíz que combina un alto contenido de aceite y poliembrionía. *Universidad y Ciencia*. 27(2): 157-167.
9. Huber, D. M. 1989. Soilborne plant pathogen: management of disease with macro and microelements: Introduction. In: A.W. Engelhard (ed.). APS Press. St. Paul, Minnesota. p. 1-8.
10. Huber, D. M. 1997. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. *Agron. Costarr.* 21: 99-102.
11. Karlem, D. L.; Camp, C. R. 1985. Row spacing, plant population, and water management effect on corn in the Atlantic Coastal Plain. *Agronomy Journal*. 77: 393-398.
12. Kermicle, J. L. 1969. Androgenesis conditioned by a mutation in maize. *Science (New York, NY)*. 166(3911): 1422.
13. Khan, K.; Idbal, M.; Shah, Z.; Ahmad, B.; Azim, A.; Sher, H. 2003. Grain and stover yield of corn with varying times of plant density reduction. *Pak. J. Biol. Sci.* 6: 1641-1643.
14. Lozano, J. B. M.; Díaz, J. L. R. 2002. Respuesta de híbridos de maíz a la aplicación de potasio en diferentes densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25(4): 333-338.
15. Martínez, C.; Mendoza, L.; García, G.; Martínez, A. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitot. Mex.* 28(2):127-133.
16. Mazzanti, A.; Marino, M. A.; Lattanzi, F.; Echeverria, H. A.; Andrade, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. *Boletín Técnico N° 143*. INTA CERBAS EEA Balcarce.
17. Meraz-Fonseca, M. L.; Mendoza-Castillo, M. D. C.; Kato-Yamakake, T. Á.; Delgado-Alvarado, A. 2015. Phenotypical expression of maize seedlings from lines with the "Tallos Gemelos" Trait. *Advances in Botany*. Volume 2015. Article ID 171836. 6 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/171836>.
18. Morgan, D. T.; Rappleye, R. D. 1951. Polyembryony in maize and lily, following X-radiation of the pollen. *J. Hered.* 42:91-93.
19. Ortiz, F. C.; Ortíz, M. T. G.; Enríquez, E. A.; Elos, M. M.; Guevara, L. P. 2013. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Rev. Agron. Mesoam.* 24(1):101-110.
20. Ortiz, F. C.; Ortíz, M. T. G.; Enríquez, E. A.; Elos, M. M.; Guevara, L. P. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* 2(1): 9-16.

21. Osborne, L.; Scheppers, S.; Francis, D.; Schlemmer, R. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop. Sci.* 42:165-171.
22. Pesev, N. R.; Petrovic, L. 1976. Study of possibility in raising maize inbred lines with tow embryos. *Theoretical and Applied Genetics* 47: 197-201.
23. Pilu, R. 2000. The twin trait maize. *Maize Gen. Coop. News.* 74: 51.
24. Pollacsek, M. 1984. Twin stalks in maize. *Maize Genetics Cooperation Newsletter* 58: 58:56.
25. Randolph, L. F. 1936. Developmental morphology of the caryopsis in maize. *Agr Research* 53:881-916.
26. Rebolloza, H.; Espinoza, J.; Sámano, D.; Zamora, V. 2011. Herencia de la poliembriónía en dos poblaciones experimentales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 34 (1): 27-33.
27. Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural, Santa Maria.* 31(1): 159-158.
28. Sharman, B. C. 1942. A twin seedling in *Zea Mays* L. twinning in the gramineae. *New Phytologist.* 41(2): 125-129.
29. Skovsted, A. 1939. Cytological studies in twin plants. *Comp. Rend., Lab. Carlsberg, Ser. Physiol.* 22: 427-455.
30. Valdez, L. E. L.; Espinoza V. J.; Aguilera C. A. F.; Reyes-Vega, M. L. 2004. Fatty acids in polyembryonic maize. *Book of Abstract. Institute of Food Technologist 2004 Annual Meeting. Las Vegas, Nevada.* p 29.
31. Yasari, E.; Noori, M.; Haddadi, M. 2012. Comparison of seed corn single crosses SC 704 and SC 770 response to different plant densities and nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science* 4(5):263-272.
32. Zsubori, Z.; Gyenes-Hegyí, Z.; Illés, O.; Pók, I.; Rácz, F.; Szőke, C. 2002. Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences Acta Agraria Debreceniensis* 8:34-38 p.

ACKNOWLEDGMENT

This research work was partially financed with resources from the project "Identification and sequencing of DNA regions that control polyembryony in corn". FON.SEC. SEP-CONACYT BASIC SCIENCE CV-2015- 03SORD2416. Mexico.

Efecto del raleo de flores y estado de madurez de cosecha sobre el rendimiento y calidad de fruto de pimiento

Effect of flower thinning and stage of maturity on yield and fruit quality of pepper

Roberto Matías Pacheco, Rodrigo Verón, Sara Cáceres

Originales: *Recepción:* 14/12/2015 - *Aceptación:* 20/04/2017

RESUMEN

El cultivo del pimiento en la provincia de Corrientes abarca cerca de 590 ha bajo invernadero. Dependiendo de las condiciones de comercialización, la decisión de cosechar en distinto estado de madurez es crítica al momento de definir el resultado de la empresa agropecuaria. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del raleo de la flor de la cruz y el estado de madurez de cosecha sobre el rendimiento y calidad en pimiento para consumo en fresco. El experimento se realizó en la EEA INTA Bella Vista, Corrientes. Se estudió el híbrido Margarita y se utilizaron cuatro tratamientos: verde sin raleo (VT1); verde con raleo (VT2); rojo sin raleo (RT1); rojo con raleo (RT2). Se realizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se llevó a cabo tres experimentos en tres años consecutivos: 2011-2012-2013. Los frutos se tipificaron en chico, mediano, grande y extra grande y luego se agruparon para obtener el rendimiento total y peso de los frutos. Se realizó análisis de la varianza y las medias se separaron con el test de Duncan. Los rendimientos por hectárea ($t \cdot ha^{-1}$) para los tres experimentos fueron: 2011(VT1) 82,8 y (VT2) 78,0; 2012 (VT1) 126,0 y (VT2) 119,9; 2013 (VT1) 89,0 y (VT2) 85,3. Cosechar pimiento verde generó mayores rendimientos. La cosecha de pimiento rojo permitió obtener frutos de mayor peso y calidad.

Palabras clave

Capsicum annuum L. • fruto verde maduro • fruto rojo maduro • fruto de la cruz

EEA INTA Bella Vista. Ruta 27, km 38,5. Corrientes, Argentina. C. C. N° 5
(C. P. 3432), Bella Vista, Corrientes. pacheco.roberto@inta.gob.ar

ABSTRACT

Pepper crop in the province of Corrientes covers about 590 ha under greenhouse. The decision of harvest in a different state of maturity by the producers will depend on the conditions that are presented at the time of commercialization. This study was made to determine first branch flower thinning and stage of maturity effect on yield and quality of pepper for fresh consumption. The experiment was performed in the EEA INTA Bella Vista, Corrientes. Margarita hybrid was studied and four treatments were used: green mature fruit without thinning (VT1); green mature fruit with thinning (VT2); red fruit without thinning (RT1); red fruit with thinning (RT2). A randomized block design with four replicates was performed. Three experiments were carried out in three consecutive years: 2011-2012-2013. The fruits were separated in small, medium, large and extra-large ones and then grouped together to get the total yield and average fruit weight. Analysis of variance was performed and means were separated with Duncan's test. Yields per hectare ($\text{tn}\cdot\text{ha}^{-1}$) for the three experiments were: 2011 (VT1) 82.8 and (VT2) 78.0; 2012 (VT1) 126.0 and (VT2) 119.9; 2013 (VT1) 89.0 and (VT2) 85.3. Mature green fruit harvesting gave higher yields. Red ripening fruits harvesting increased fruit weight and quality.

Keywords

Capsicum annuum L. • mature green fruit • red ripening fruit • fruit of the first branch

INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es la segunda hortaliza de fruto más importante después del tomate, y es un cultivo de amplia distribución en el territorio argentino. El destino de la fruta cosechada puede ser diferente, y se destacan dos muy importantes: industria y consumo en fresco.

En la Argentina la producción de pimiento para consumo en fresco es de aproximadamente 120.000 toneladas anuales, con una siembra de 13.000 ha (5). Según datos del Mercado Central de Buenos Aires (MCBA) (2), para el promedio 2001-2012, el volumen de ingreso de pimiento fue cercano a las 20.000 toneladas al año, con mayor proporción entre los meses de julio a noviembre.

La provincia de Corrientes contribuye con cerca de 590 hectáreas (Sistema de Información Agronómica del Ministerio de la Producción, Trabajo y Turismo de Corrientes para la campaña 2012/2013. Com. Pers.) de cultivo de pimiento bajo invernadero, en condición de primicia. La participación porcentual promedio del ingreso de pimiento correntino al MCBA entre los años 2005-2009 fue del 41,1% (5), colocando a esta provincia como la mayor abastecedora de este producto al mencionado mercado.

Los productores toman decisiones siguiendo una estrategia comercial y afectan el resultado final de la empresa hortícola. La decisión de cosecha en distinto estado de madurez (rojo o verde) dependerá de las condiciones que se presentan en el momento de la

comercialización. El valor comercial del pimiento maduro, con el color típico de la variedad, en general rojo, es superior al que se obtiene con el verde. La diferencia promedio en porcentaje entre el precio de pimiento rojo y verde para la campaña 2009 fue cercana al 29% (5). Cuando hay poca oferta de pimiento en general y de rojo en particular, la diferencia de precio puede llegar al 60-70 %. Además, el consumidor prefiere el pimiento rojo al verde.

Por otra parte, si la cosecha se realiza cuando los frutos llegan a su coloración final, se obtendrá cerca de un 20% menos de rendimiento, si se compara con la cosecha al estado verde. Esto se debe a un mayor número de frutos cosechados en estado verde, ya que la planta se cosecha en forma continua permitiendo un mayor número de frutos cuajados (Fernández Lozano *et al.*, 1997).

Si las plantas de pimiento se dejaran crecer libremente, las primeras 6 a 12 flores fijarían frutos, pero el alto consumo de asimilados que requieren para su rápido crecimiento ocasionaría que un alto porcentaje de flores generadas subsecuentemente aborten. Una vez que esos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente la fijación y crecimiento de otros tantos frutos más, que a su vez, ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente (8). Cosechar frutos en estado verde maduro, podría contrarrestar esta situación, debido a que la planta se cosecha más seguido, permitiendo el cuaje de frutos superiores (menor competencia).

Sumado al estado de madurez de cosecha, surgen interrogantes acerca del manejo de la fructificación en la planta. El pimiento, al igual que algunas otras hortalizas de fruto, muestra un patrón de

crecimiento cíclico, donde los períodos de alta producción y lento crecimiento del fruto, alternan con períodos de baja producción de frutos y rápido crecimiento de los mismos (4, 7, 8).

Del conocimiento popular surgen diferentes conceptos, como la estrategia de dejar o no el fruto de cruz. En la cruz, o primera ramificación de pimiento, se pueden producir una o varias flores, que dan lugar a frutos de gran tamaño (3, 9). Este fruto es muy codiciado por los productores, ya que será el primero en madurar, y el que generará los primeros ingresos de la campaña.

La presencia de un fruto en desarrollo puede inhibir el posterior cuaje y crecimiento de frutos ubicados en ramas superiores. Esta inhibición puede ser causada por la competencia de asimilados, por dominancia de la fruta en desarrollo (producción de reguladores de crecimiento vegetal) o por una combinación de ambas (4).

La competencia de asimilados entre flores y frutos de distinto tamaño, donde los frutos de mayor edad dominan y pueden provocar la abscisión de los más jóvenes y de las flores, se explica por el número de semillas, las cuales generan hormonas (auxinas) para que los asimilados lleguen a los frutos más grandes, lo que produce diferentes grados de abscisión (8). Si además, al cuajar las flores de la cruz la planta está iniciando su desarrollo, y las condiciones ambientales (principalmente temperatura) no son las óptimas para el cultivo, la presencia de estos frutos, en muchos casos, debilita la planta y retrasa la aparición y cosecha de los frutos siguientes (9). Además, la técnica de extracción de flores se puede tener en cuenta en siembras muy tardías, para favorecer el desarrollo vegetativo antes de entrar al invierno (7). Es por eso que se aconseja raleo esas flores o frutos.

Si se presentara el caso contrario (clima favorable y planta con demasiado desarrollo vegetativo), no es conveniente hacer el raleo para conseguir la detención parcial del desarrollo de la planta (9).

Pilatti *et al.* (1991) encontraron que el raleo de la flor de la cruz permitió un mayor crecimiento vegetativo, pero no mejoró la calidad de los frutos en cultivo invernadero de pimiento bajo invernadero plástico. También se observó mayor área foliar en plantas con raleo del primer fruto, con mayor desarrollo del segundo fruto, con respecto al testigo sin raleo (6).

Ralear la flor de la cruz permitiría disminuir la competencia con los frutos subsecuentes, posibilitando un mejor desarrollo vegetativo y mayor rendimiento final.

Objetivo

Determinar el efecto del raleo del fruto de la cruz y el estado de madurez de cosecha (fruto verde maduro o fruto rojo maduro) sobre el rendimiento y calidad de fruta en cultivo de pimiento para consumo en fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Bella Vista, ubicada sobre Ruta Provincial N° 27, en el Municipio de 3 de Abril del departamento Bella Vista, Provincia de Corrientes. Está situada a 28°26' de Latitud Sur y 58°55' de Longitud Oeste y a 70 metros sobre el nivel del mar. Posee una superficie de 330 hectáreas.

Se utilizó un invernadero tipo parabólico, de caño galvanizado y postes de quebracho, con canaleta metálica. El suelo donde se instaló el ensayo pertenece al gran grupo Udipsamente típico, serie Yatayti Calle, de textura arenosa. La experiencia se realizó durante tres años consecutivos (2011-2012-2013) con el híbrido de pimiento Margarita, de la empresa Syngenta. Todos los años la desinfección de suelo se realizó mediante el método de solarización. En la tabla 1 se observan las características de los ensayos en las diferentes campañas.

Se evaluaron cuatro tratamientos: verde sin raleo (VT1); verde con raleo (VT2); rojo sin raleo (RT1) y rojo con raleo (RT2). El raleo se realizó en la cruz (primera ramificación) al momento de aparición de las flores. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones (n=4).

Tabla 1. Fecha de trasplante, de inicio y fin de cosecha, días a primera cosecha, y período total de cosecha en los años de ensayo.

Table 1. Planting date, starting and ending date of harvest, number of days to first harvest, and total harvest period for each trial.

Año	Fecha trasplante	Fecha inicio cosecha	Fecha fin cosecha	Días a 1ª cosecha	Período de cosecha
2011	29-03-2011	13-06-2011	01-11-2011	77	140 días
2012	06-02-2012	24-04-2012	31-10-2012	78	190 días
2013	07-03-2013	27-05-2012	31-10-2013	82	156 días

Las plantas se distribuyeron en surcos simples a 1,20 m de distancia entre sí, y 0,35 m entre plantas. Se condujeron en forma libre y fueron tutoradas lateralmente con hilo plástico.

El riego y la fertilización fueron aplicados según las necesidades del cultivo, tratando de mantener una CE del extracto de saturación de 1dS/m. Para la fertirrigación se utilizó un equipo de dos tanques, A y B, con macro y micro elementos con aplicaciones diarias, y los tratamientos fitosanitarios se realizaron con los productos químicos recomendados por los técnicos de la EEA Bella Vista.

Para la tipificación se consideró el largo del fruto y se clasificaron en las siguientes categorías: Chicos (largo menor a 8 cm), Medianos (8-10,5 cm), Grandes (10,5-13 cm) y Extra Grandes (largo mayor a 13 cm). A su vez se agruparon para obtener el rendimiento total (t.ha⁻¹), número total de frutos (N° frutos.ha⁻¹) y peso medio de los frutos (g.fruto⁻¹). Se realizó el análisis de la varianza y las medias se separaron con el test de Duncan (P < 0,05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Si bien la fecha de trasplante fue diferente en cada campaña (tabla 1, pág. 22), los días a primera cosecha se mantuvieron casi constantes entre años (entre 77 y 82 días). Independientemente del año evaluado, el estado de madurez de cosecha verde resulta en un mayor rendimiento por hectárea (t.ha⁻¹), con una diferencia estadísticamente significativa (tabla 2). Este mayor rendimiento viene acompañado de un mayor número de frutos por unidad de superficie (número de frutos.ha⁻¹) (tabla 2). Este resultado coincide con lo afirmado por Fernández Lozano *et al.* (1997) y Reséndiz Melgar (2010), quienes expresan que un mayor número de frutos cosechado en estado verde se debe a que la planta se cosecha antes, y una vez que esos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente la fijación y crecimiento de otros tantos frutos más.

Tabla 2. Rendimiento y número total de frutos por hectárea y por tratamiento. 2011-2012-2013.

Table 2. Yield and total number of fruits per hectare according to treatments. 2011-2012-2013.

Trat.***	Rendimiento (t.ha ⁻¹)*						Número total de frutos (frutos 10 ³ .ha ⁻¹)**					
	2011		2012		2013		2011		2012		2013	
VT1	82,8	a	126,1	a	89,0	a	417,3	a	637,8	a	549,4	a
VT2	78,0	a	120,0	a	85,3	a	392,6	a	598,8	a	542,3	a
RT1	52,3	b	90,9	b	65,9	b	215,8	b	408,0	b	375,0	b
RT2	49,4	b	90,3	b	68,6	b	217,3	b	426,5	b	384,2	b
R ²	0,89129		0,917999		0,80736		0,928966		0,960336		0,926454	
C.V.	10,6661		6,189387		8,57036		11,23952		5,379267		6,808266	

Por otro lado, los menores rendimientos obtenidos en todos los tratamientos en los años 2011 y 2013 podrían deberse a un menor período de cosecha en esas campañas con respecto a la 2012 (50 y 34 días menos de cosecha respectivamente, tabla 1, pág. 22), motivada por una fecha de trasplante más tardía.

Sin embargo, cuando se realizó el raleo de flores (tabla 2, pág. 23), independientemente del estado de madurez a cosecha (verde o rojo), no hubo diferencias significativas. Los rendimientos incluso mostraron tendencia a ser menores en todos los años evaluados, salvo el RT2 en 2013. Estos resultados contrastan con lo dicho por Serrano Cermeño (1996), quien aconseja raleo de las flores o frutos de la cruz, cuando la planta está iniciando su desarrollo, y las condiciones ambientales (temperatura, sobre todo, figura 1) no son las óptimas para el cultivo, ya que la presencia de estos frutos, en muchos casos, debilita la planta y retrasa la aparición y cosecha de los frutos siguientes. Con diferentes fechas de trasplante, diferente duración de cultivo y en diferentes años (condiciones climáticas), el raleo de flores reduce el rendimiento, y no se obtuvo el resultado esperado.

En la tabla 3 (pág. 25), se observa la variación porcentual en rendimiento por hectárea entre ambos estados de madurez a cosecha (verde y rojo), con y sin raleo de frutos. Se puede observar, que la diferencia en rendimiento entre cosechar verde o rojo, varió alrededor del 20% (VT2-RT2, año 2013) hasta una diferencia máxima del 37% en 2011 (VT1-RT1 y VT2 RT2). Estos resultados muestran diferencias mayores a las expresadas por Fernández Lozano *et al.* (1997), quienes afirman que se puede obtener cerca de un 20% más de rendimiento si la cosecha se realiza al estado verde.

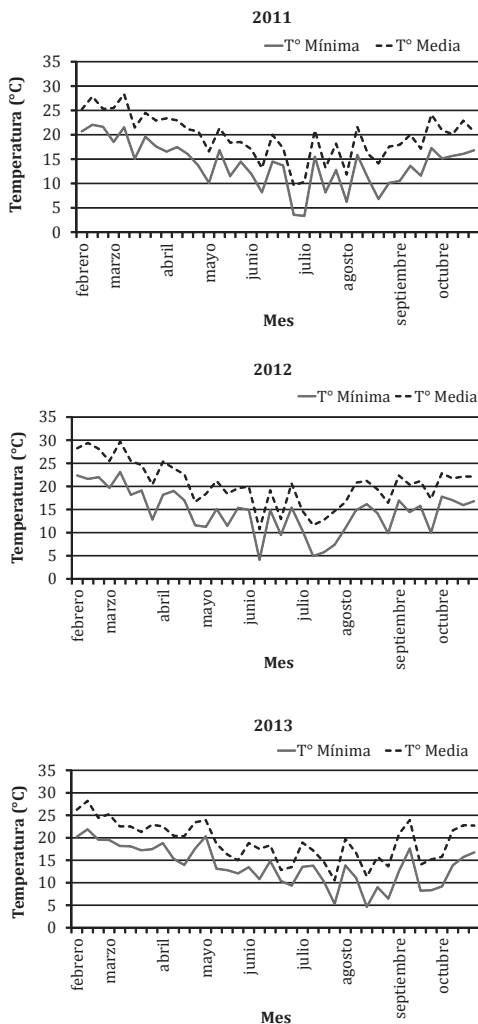


Figura 1. Temperatura (°C) media y mínima. 2011-2012-2013. Datos proporcionados por la Estación Meteorológica de la EEA INTA Bella Vista.

Figure 1. Average and minimum temperature (°C). 2011-2012-2013. Data provided by EEA INTA Bella Vista Weather Station.

Tabla 3. Variación porcentual en el rendimiento de acuerdo con el estado de madurez de cosecha. 2011-2012-2013.

Table 3. Percentage variation in yield according to the stage of maturity. 2011-2012-2013.

	Rendimiento (t.ha ⁻¹)		
	2011	2012	2013
VT1	82,8	126,1	89,0
RT1	52,3	90,9	65,9
Diferencia VT1-RT1	30,5	35,2	23,1
Variación %	37%	28%	26%
VT2	78,0	120,0	85,3
RT2	49,4	90,3	68,6
Diferencia VT2-RT2	28,6	29,7	16,7
Variación %	37%	25%	20%

(VT1) verde sin raleo; (RT1) rojo sin raleo; (VT2) verde con raleo y (RT2) rojo con raleo.

(VT1) green mature fruit without thinning; (RT1) red fruit without thinning; (VT2) green mature fruit with thinning; (RT2) red fruit with thinning.

Por otra parte, con raleo de flores, esta diferencia parece ser menor, posiblemente porque hay menos frutos que cosechar. También se puede observar (tabla 1, pág. 22 y tabla 3), que la diferencia es mayor cuando se atrasa la fecha de trasplante (año 2011), así como los rendimientos fueron menores.

En cuanto al efecto de los tratamientos sobre los cambios en las categorías de los frutos (en porcentaje) se obtuvo que en la campaña 2011, no se observan diferencias en la distribución de frutos entre los cuatro tratamientos para la categoría Chico y Mediano (tabla 4, pág. 26). Sin embargo, el rendimiento se encontró definido por las categorías Grande y Extra Grande para todos los tratamientos, y los tratamientos RT1 y RT2 (cosecha rojo) poseyeron mayor proporción de frutos en la categoría Extra Grande, posiblemente por el mayor tamaño que adquirieron los frutos cosechados maduros (mayor tiempo en la planta).

Para la campaña 2012, la respuesta fue similar al año anterior, y el rendimiento también se encontró definido por las categorías Grande y Extra Grande para todos los tratamientos, pero no existió una categoría que dominara entre los estados de madurez de cosecha verde o rojo (no hubo diferencia estadística importante).

El año 2013 el comportamiento fue diferente, ya que aumentó mucho el porcentaje de frutos en las categorías más bajas (Chico y Mediano), disminuyendo las otras (Grande y Extra Grande). Esta mayor proporción de frutos Chicos y Medianos respondería el porqué del menor peso medio de frutos (tabla 5, pág. 26) en esta campaña, comparada con las otras dos. Solo se diferenciaron los tratamientos RT1 y RT2 en la categoría Extra Grande.

Además del estado de madurez a cosecha (rojo o verde) y técnica de manejo (raleo de flores), existió un componente ambiental (figura 1, pág. 24) que influyó sobre el rendimiento y calidad de la fruta cosechada, y se vio reflejada en las diferencias entre los tres años evaluados, independientemente del tratamiento aplicado.

Se encontraron diferencias significativas para peso medio del fruto (tabla 5, pág. 26) en las campañas 2011 y 2012, siendo los tratamientos con estado de madurez a cosecha rojo los de mayor peso, y donde no se realizó raleo (RT1), el de mayor peso medio del fruto. Cuando se cosechó verde (VT1 y VT2), raleo la flor de la cruz no mejoró el peso medio del fruto en las mencionadas campañas (sin diferencias estadísticas).

En 2011 y 2012 rojo sin raleo (RT1) presentó diferencias estadísticas con mayor peso medio de fruto. Este resultado no coincide con lo expresado por Marcelis *et al.* (2004) donde afirma que la presencia de un fruto en desarrollo puede inhibir el posterior cuaje y crecimiento de fruta ubicados en ramas superiores.

Tabla 4. Porcentaje de frutos según categoría: Chico, Mediano, Grande y Extra Grande. 2011-2012-2013.**Table 4.** Percentage of fruit by category: Small, Medium, Large and Extra Large. 2011-2012-2013.

Trat*	2011								2012							
	Ch		Med		Gde		Ex Gde		Ch		Med		Gde		Ex Gde	
VT1	6%	a	16%	a	38%	a	40%	b	2%	b	12%	a	47%	a	38%	a
VT2	3%	a	11%	a	41%	a	45%	b	3%	ab	12%	a	48%	a	37%	a
RT1	5%	a	10%	a	24%	b	62%	a	3%	b	10%	a	50%	a	38%	a
RT2	4%	a	11%	a	26%	b	59%	a	5%	a	13%	a	47%	a	36%	a
R ²	0,321		0,413		0,798		0,826		0,279		0,283		0,731		0,609	
CV	60,20		38,29		16,16		11,57		10,25		8,086		16,55		41,61	

Trat*	2013							
	Ch		Med		Gde		Ex Gde	
VT1	24%	a	24%	a	27%	a	24%	b
VT2	26%	a	22%	a	26%	a	25%	b
RT1	21%	a	21%	a	23%	a	35%	a
RT2	21%	a	21%	a	24%	a	35%	a
R ²	0,301		0,320		0,475		0,660	
CV	27,57		14,24		15,38		16,64	

Ch: Chicos (largo menor a 8 cm). Med: Medianos (8-10,5 cm). Gde: Grandes (10,5-13 cm). Ex Gde: Extra Grandes (largo mayor a 13 cm).

Mall (less than 8 cm long). Medium (8-10.5 cm). Large (10.5 to 13 cm). Extra-large (more than 13 cm long).

*Trat.: tratamiento. / Treatment.

(VT1) verde sin raleo; (VT2) verde con raleo; (RT1) rojo sin raleo y (RT2) rojo con raleo

(VT1) green mature fruit without thinning; (VT2) green mature fruit with thinning; (RT1) red fruit without thinning; (RT2) red fruit with thinning.

Tabla 5. Peso medio del fruto. 2011-2012-2013.**Table 5.** Fruit weight average. 2011-2012-2013.

Trat.	Peme*					
	2011		2012		2013	
VT1	198,4	c	197,7	c	161,9	ab
VT2	199,1	c	200,4	c	157,3	b
RT1	242,5	a	222,6	a	176,0	ab
RT2	227,4	b	211,8	b	178,8	a
R ²	0,900476		0,823189		0,549494	
C.V.	4,028956		3,043151		6,998365	

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas. Test de Duncan (P < 0,05).

Means with the same letter are not significantly different. Duncan test (P < 0.05).

* Peme: Peso medio del fruto expresado en gramos. / Fruit average weight in grams.

* Trat.: tratamiento. / Treatment.

(VT1) verde sin raleo; (VT2) verde con raleo; (RT1) rojo sin raleo y (RT2) rojo con raleo.

(VT1) green mature fruit without thinning; (VT2) green mature fruit with thinning; (RT1). red fruit without thinning; (RT2) red fruit with thinning.

En 2013, esta diferencia no está muy bien definida, y no hay un patrón de respuesta como en los años anteriores.

Los pesos medios fueron aún menores que los registrados para las campañas anteriores, y en ningún caso superaron al peso mínimo de 2011 y 2012. Pilatti *et al.* (1991) encontraron resultados similares: el raleo de la flor de la cruz permitió un mayor crecimiento vegetativo, pero no mejoró la calidad de los frutos.

Ahora bien, analizando desde el punto de vista de la fecha de trasplante (tabla 6), independientemente del año

evaluado, se observó que un atraso en la fecha de trasplante, resulta en pérdidas de rendimiento del orden del 30% al 35% en frutos verdes (VT1 y VT2), y del orden del 27% al 45% en frutos rojos (RT1 y RT2). Al elegir un estado de madurez a cosecha (verde o rojo), cuando más se retrasa la fecha de plantación (por falta de plantines, reparaciones, cuestiones climáticas, etc.) la caída en producción sería menor cosechando verde, y la vida posterior del cultivo se vería menos comprometida, que cosechando fruto rojo.

Tabla 6. Efecto del tratamiento y fecha de trasplante sobre el rendimiento final. 2011-2012-2013.

Table 6. Effect of treatment and planting date on final yield. 2011-2012-2013.

Trat.*	Fecha Trasplante	Año	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	% Rto
VT1	6 de febrero	2012	126,1	100%
	7 de marzo	2013	89,0	71%
	29 de marzo	2011	82,8	66%
VT2	6 de febrero	2012	120,0	100%
	7 de marzo	2013	85,3	71%
	29 de marzo	2011	78,0	65%
RT1	6 de febrero	2012	90,9	100%
	7 de marzo	2013	65,9	73%
	29 de marzo	2011	52,3	58%
RT2	6 de febrero	2012	90,3	100%
	7 de marzo	2013	68,6	76%
	29 de marzo	2011	49,4	55%

* Trat.: tratamiento. / Treatment.

(VT1) verde sin raleo; (VT2) verde con raleo; (RT1) rojo sin raleo y (RT2) rojo con raleo.
 (VT1) green mature fruit without thinning; (VT2) green mature fruit with thinning;
 (RT1) red fruit without thinning; (RT2) red fruit with thinning.

CONCLUSIONES

La cosecha de fruto de pimiento en estado verde maduro genera mayores rendimientos que en estado rojo.

Cosechando en estado rojo se obtiene mayor peso de fruto.

El raleo del fruto de la cruz no generó mayores rendimientos, independientemente del manejo.

Ante un atraso en la fecha de plantación, es recomendable cosechar en estado

de madurez verde por tener menores pérdidas en rendimiento, y llegar con un cultivo en mejores condiciones antes de entrar al invierno.

Este estudio permitiría sentar las bases para la realización de un estudio económico que permita dilucidar si la venta de pimiento rojo de calidad es más rentable que la producción de pimiento verde de primicia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fernández Lozano, J.; Liverotti, O.; Sánchez, G. 1997. Manejo poscosecha de pimiento. CMCBA. p. 1-27. Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/pimiento.pdf> (Fecha de consulta: 01/06/2014).
2. Fernández Lozano, J.; Sangiacomo, M. A. 2013. Participación en porcentaje de los volúmenes mensuales de Hortalizas. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA- CMCBA N° 26. p. 2. Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/gacetilla/gacetilla26.pdf> (Fecha de consulta: 01/06/2014).
3. Jurado, R.; Nieto, N. M. 2003. El cultivo de pimiento bajo invernadero. En: Camacho, F. (ed.). Técnicas de producción en cultivos protegidos. Cajamar. Almería. España. 541-568.
4. Marcellis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Baan Hofman-Eijer, L. R.; Den Bakker J.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*. 55(406): 2261-2268.
5. Nakama, M.; Liverotti, O. 2010. Pimiento (*Capsicum annum* L.): Evolución histórica de los volúmenes de ingreso de pimiento al MCBA. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA- CMCBA N° 8. p. 1-6. Disponible en: <http://www.mercadocentral.gob.ar/gacetilla/gacetilla8.pdf> (Fecha de consulta: 01/06/2014).
6. Pacheco, C. A.; Pilatti, R. A. 1989. Influencia del raleo de la primera flor sobre la planta de pimiento. *Actas XII Congreso Argentino de Horticultura*, Santa Fe. p. 47.
7. Pilatti, R. A.; Perez, L.; Gariglio, N. F.; Favaro, J. C. 1991. Cultivo de pimiento bajo invernáculos no calefaccionados. Tecnología para la obtención de frutos de buena aptitud comercial. *Revista FAVE. UNL*. 6(1): 29 p.
8. Reséndiz Melgar, R. C. 2010. Evaluación agronómica de variedades de chile morrón manejadas con diferentes tipos de poda y densidades de población. Tesis de posgrado. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
9. Serrano Cermeño, Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Rali. Sevilla. 638 p.

Effect of cold stress at cellular and foliar level and regrowth capacity of three *Cenchrus ciliaris* L. cultivars: Americana, Biloela and Texas 4464

Efecto del estrés por frío a nivel celular, foliar y capacidad de rebrote en tres cultivares de *Cenchrus ciliaris* L.: Americana, Biloela y Texas 4464

Victoria Parera ¹, Mónica Ruiz ², Carlos Parera ²

Originales: *Recepción*: 21/06/2017 - *Aceptación*: 20/12/2017

ABSTRACT

Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) a native pasture species of Africa is widely used in arid regions because of its forage productivity and quality. It could become serious invasive species, not only for crops but also in natural vegetation. Buffelgrass is highly affected by low temperatures at all stages of its life cycle. The objective was to determine the behavior of three buffelgrass cultivars (Americana, Biloela, Texas 4464) under cold stress and define the critical temperatures. To determine the effect of cold stress on the plasma membrane, foliage damage and survival (regrowth), it was evaluated relative electrical conductivity (ECr) of leaves, percentage of foliar damage and the ability of regrowth after exposure to 2 temperatures (-5°C and -10°C) with 2 exposure times (4 and 7 hours). The results showed a higher percentage of foliar damage and greater ECr as temperature decreased and hours of exposure increased. A similar response was observed when survival (regrowth) was evaluated. There were no significant differences among cultivars in both temperature treatments and time when the regrowth was evaluated.

Keywords

Buffelgrass • abiotic stress • electrical conductivity • cold damage.

1 CONICET. Unidad Integrada INTA-Universidad Nacional de San Juan. Calle 11 y Vidart (5400) San Juan. Argentina. victoriaparera.t@gmail.com

2 EEA San Juan INTA. Unidad Integrada INTA-Universidad Nacional de San Juan. San Juan. Argentina.

RESUMEN

El buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) es una especie forrajera nativa de África ampliamente utilizada en las regiones áridas debido a su productividad forrajera y calidad. En muchos casos puede convertirse en una especie invasora, no solo para los cultivos, sino también para la vegetación natural. El buffelgrass es afectado por las bajas temperaturas en todas las etapas del ciclo de vida. El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento de tres variedades de buffelgrass (Americana, Biloela, Texas 4464) ante condiciones de frío y definir las temperaturas críticas. Para determinar el efecto de estrés por bajas temperaturas sobre la membrana plasmática, daños de follaje y la supervivencia (rebrote), se evaluó la conductividad relativa (ECr) de hojas, porcentaje de daño foliar y la capacidad de rebrote después de la exposición de las plantas y plántulas a 2 temperaturas (-5°C y -10°C) durante 2 períodos (4 y 7 horas). Los resultados mostraron un mayor porcentaje de daño foliar y mayor conductividad relativa. Medida que disminuía la temperatura y aumentaba las horas de exposición. Una respuesta similar se observó cuando se evaluó la supervivencia (rebrote). No hubo diferencias significativas entre cultivares en ambos tratamientos de temperatura y tiempo cuando se evaluó el rebrote.

Palabras claves

Buffelgrass • estrés abiótico • conductividad eléctrica • daño por frío

INTRODUCTION

Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) also known as African foxtail or Ajangrass, is a perennial C4 grass, native of tropical and subtropical Africa and is distributed in arid and warm regions of the world (13). It has been introduced in America and Australia (21) to improve livestock production because of the high forage value (9).

In arid and semi-arid environments buffelgrass is considered a good pasture species and their naturalization is highly desirable. It may also be considered a weed, where its range of expansion puts natural ecosystems at considerable risk (10). In natural areas, this species tends to form pastures that exclude native vegetation, decreasing the biodiversity, altering the processes of succession (29), reducing the biomass production and primary productivity (9). The behavior of buffelgrass can vary widely and depends on the soil, climate, position in the landscape, rain, fire and

grazing regimes (10). It is fundamental to know the physiology and the behavior of the plant under different environmental conditions as a tool to predict its performance.

Since plants do not have the capacity to move in response to environmental changes, they are exposed to different types of stress and must adapt to them (14). Temperature is one of the most important abiotic factors that cause stress in plants, limiting plants productivity and growth (20, 27). Temperature also modifies the geographic distribution of crops (1, 20) and wild species (25).

Extreme temperatures play a decisive role in seedling survival and its establishment in arid areas, limiting its distribution to certain regions or microsites (23). The process of freezing of tissues includes stress by dehydration of the cells in the simplast (19). The formation of ice on plants begins in the apoplast spaces since

they have a lower concentration of solutes. Unfrozen cytoplasmic water migrates through the gradient from the cytosol of the cell to the apoplast, which contributes to an increase in the ice which leads to the rupture of the cell (26), and dehydration (19).

The plasma membrane is the first cell site affected by low temperature (8), resulting in a change of phase in lipids of the plasma membrane and destabilizing the structure of the lipid bilayer (25), in addition to the denaturing of proteins (28). This damage is due in large part to severe dehydration associated with cold stress (25, 26). The cellular dehydration results in multiple lesions on the membrane including the expansion that induces the cell lysis (28), generates a loss of permeability (3) and compartmentalization, which is detected as a loss of electrolytes (3, 25, 26). This loss of ions can be measured in terms of electrical conductivity (3).

The integrity of the intracellular organelles is also disrupted, leading to the loss of cell function and affecting the metabolic processes in general (26).

The symptoms of lesion induced by cold stress in plants are shown in 48 to 72 hours (26). The duration of exposure to stress and the severity of temperature are key factors in the damage (5). The phenotypic response to cold stress symptoms can be a reduction of the expansion of the leaf, necrosis, leaf wilt, chlorosis in leaves, tips burns on leaves and stems, defoliation and damage to buds and fruits (3).

It is essential to know the physiology and behavior of the species introduced to different environmental conditions. These skills are a key tool to predict their behavior and be used in the eradication or the voluntary or involuntary introduction of species management programs.

Buffelgrass is sensitive to prolonged frost conditions (32) and most cultivars do not support several days of below-freezing

temperatures (2). The minimum temperature that *Cenchrus ciliaris* needs for significant growth is 10°C and the optimum growth temperature is 38°C (16). There are few data related to identify the critical temperatures of *Cenchrus ciliaris*. The aims of the present work determines the effect of cold temperature on plasma membrane permeability, through the test of conductivity in leaves and evaluate the foliar damage after exposure to low temperatures and subsequent recovery (survival) in three *Cenchrus ciliaris* cultivars. The results of this work will allow selection of buffelgrass cultivars for livestock production and determine the critical temperatures that would prevent expansion.

MATERIALS AND METHODS

Seeds of three genotypes of *Cenchrus ciliaris*: Americana, Biloela and Texas 4464 were grown in a greenhouse, in a plastic container (1.300 cm³) filled with compost and sand (2:1) under natural light conditions, 25/15°C day/night temperature and irrigated two times a week with nutrient solution. Plants reaching the reproductive stage were used for the cold treatments.

Cold Treatments

The plants were transferred from the greenhouse to a growth chamber set at -5 and -10°C (50% RH) for 4 and 7 hours respectively. The control plants were maintained in a growth chamber at 25°C and 50% RH. It was selected those temperatures and ranges to simulate the agroecological conditions of the arid areas of the west of Argentina, a potential area to expand buffelgrass implantation.

Relative electric conductivity

Membrane injury was determined by measuring the electrical conductivity

according to Barranco and Ruiz (2005) with modifications. After the cold treatments, the plants were maintained 12 hours at laboratory temperature (25/27°C). The leaves were washed twice with deionized water to eliminate impurities from the surface. They were sectioned into squares 1x1cm until reaching a weight of 0.120 g (18) and rinsed again with deionized water. The leaf samples were separated into adult (>20 cm of length) and young leaves.

Leaf sections (0,120 g) were placed in glass tubes (80 ml) with 30 ml of deionized water, incubated during 24 h at 22°C and agitated (200 rpm) for 2 hours, prior to measuring the leachate conductivity. Initial (ECi) electric conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}$) of each sample was measured using an immersion conductivity meter (Waterproof OAKTON). After the lecture, the tubes were placed in a water bath at 100°C for 2 h to completely destroy the tissue and agitated during 2 h (200 RPM) to measure the total electric conductivity (ECt). Relative electric conductivity $ECr = (ECi/ECt) \times 100$ was calculated for both data sets.

Foliar damage

After 48 hours of cold treatments, an assessment of canopy damage was carried out. A ranking of leaf damage was developed (1 = 0% damage and 9 = 100% damage) (table 1). The leaves of the canopy were considered damaged if spots of water appeared, if they were brown/yellowish, dry or rolled. The ranking was carried out by visual estimate on the proportion of leaves damaged with regard to the entire canopy (19).

Survival capacity

After the cold treatments, the plants were transferred to a greenhouse and clipped after 5 days. The regrowth was registered every week for a month to calculate the rate of survival with regard

to the total of plants treated (20). The plants, which had survived freezing and had begun to develop were clearly distinguishable from those which had died. The percentage of plants able to grow after freezing is given as the survival capacity.

Statistical analysis

The experimental design was three factor factorial ($3 \times 2 \times 2$) arranged in a completely randomized design; with nine replications. The first factor was cultivar (Americana, Biloela and Texas 4464), the second, temperature (-5 and -10°C) and the third was time (4 and 7 hours). Percentage data were subjected to arcsine transformation before analysis to improve homogeneity of variance. A three-way ANOVA was used to examine effects of cultivar (Cv), temperature (T) and hours (H) of cold treatment.

The means were compared using the LSD Fisher test. All data were analyzed by using the statistical software InfoStat (6).

Table 1. Ranking of foliar damage to the canopy in plants using the percentage of foliar damage and the percentage of green leaves in the canopy.

Tabla 1. Ranking del daño foliar en plantas considerando el porcentaje de daño foliar y del porcentaje de hojas verdes en la canopia.

Foliar damage	Spots of water or/and brown/yellowish; dry or rolled leaves	Green leaves
Ranking	%	%
1	0	100
2	12	88
3	25	75
4	38	62
5	50	50
6	62	38
7	75	25
8	88	12
9	100	0

RESULTS

Relative electric conductivity (ECr)

The ECr showed significant differences in the interaction Cultivar (Cv) x Temperature (T) x Hours (H) in both young and adult leaves. Thus, it was analyzed by each temperature the effects of Cv and H factors (table 2).

In young leaves, at -5°C it was found a significant difference in the interaction Cv x H, as the hours of cold treatment increased the relative conductivity electric increased (figure 1, page 34).

At 4 hours of exposure the ECr of Texas 4464 (58.47 µS.cm) was almost twice the values of Americana y Biloela (21.9 µS. cm y 27.5 µS. cm) respectively.

At 7 hours of cold treatment there was no significant difference in the electric leachate in the three cultivars. At -10°C there was not a significant difference in the interaction (C x H) among cultivars and the ECr was significantly higher in plants

exposed to 7 hours compared with plants exposed to 4 hours (figure 2, page 34).

Foliar damage

The symptoms for all three cultivars (Americana, Biloela and Texas 4464) exposed to -5°C consisted of wilt, chlorosis and necrosis of leaf, followed by burned tips and twisting after thawing in the sun. The symptoms for all three cultivars exposed to -10°C were more severe, showing a complete drying of leaf, stem and inflorescence and leaves with brown tips after the thaw in full sun (figure 3, page 35).

In the analysis of foliar damage (ranking analysis) there was a significant difference only in temperature (T) and time of cold treatment (H) (table 3).

Americana and Biloela presented an average of 6.3 ranking (equivalent to a percentage of foliar damage of 65.1%) and Texas 4464 presented an average of 6.9 (equivalent to 71.5% of foliar damage). There was a significant interaction between temperature and time of cold treatment.

Table 2. Effects of cultivar (Cv), temperature (T) and hours (H) of cold treatment on the relative electrical conductivity (ECr) of young and adult leaves of *Cenchrus ciliaris* cultivars.

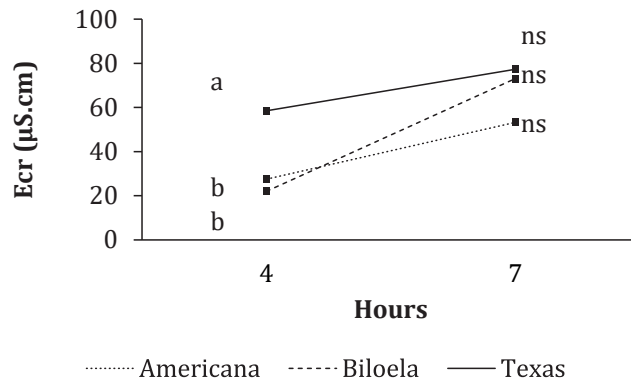
Tabla 2. Efecto del cultivar (Cv), temperatura (T) y horas (H) de tratamiento de frío sobre la conductividad eléctrica relativa (ECr) de hojas jóvenes y adultas de los cultivares de *Cenchrus ciliaris* evaluados.

Variable	p-value	
	Young leaves	Adult leaves
Cultivar (Cv)	0.0027	0.0935
Temperature (T)	<0.0001	<0.0001
Hours (H)	<0.0001	0.0001
Cv x T	<0.0001	0.0517
Cv x H	0.0304	0.0233
T x H	<0.0001	<0.0001
Cv x T x H	0.0496	0.0496

Table 3. Effects of cultivar (Cv); temperature (T) and time of cold treatment (H) on foliar damage; calculated as a ranking damage; in the three *Cenchrus ciliaris* cultivars (Americana, Biloela and Texas 4464).

Tabla 3. Efecto del cultivar (Cv), temperatura (T) y el tiempo de exposición al frío (H) sobre la canopia en los tres cultivares de *Cenchrus ciliaris* (Americana, Biloela y Texas 4464).

Variable	p-value
Cv	0.8575
T	<0.0001
H	<0.0001
CV*T	0.1787
CV*H	0.9793
T*H	<0.0001
CV*T*H	0.9392

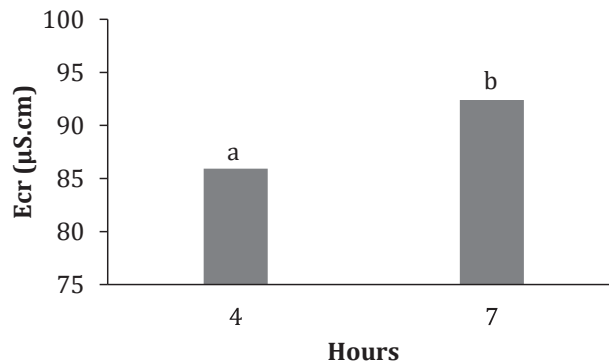


Different letters in each hour of exposure indicate significant differences; ns: indicates no significant difference according to LSD Fisher Test ($p < 0.05$).

Letras diferentes en cada hora de exposición indican diferencias significativas; ns: indica que no hubo diferencias significativas según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figure 1. Relative electrical conductivity (ECr) of young leaves of Americana, Biloela and Texas 4464 cultivars exposed to -5°C during 4 and 7 hours.

Figura 1. Conductividad eléctrica relativa (ECr) de hojas jóvenes de los cultivares americana, Biloela y Texas 4464 expuestos a -5°C durante 4 a 7 horas.



Different letters in each hour of exposure indicate significant differences according to LSD Fisher Test ($p < 0.05$).
Letras diferentes en cada hora de exposición indican diferencias significativas según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figure 2. Relative electrical conductivity (ECr) of young leaves of the three cultivars (Americana, Biloela and Texas 4464) exposed to -10°C during 4 and 7 hours.

Figura 2. Conductividad eléctrica relativa (ECr) de hojas jóvenes de los tres cultivares (Americana; Biloela y Texas 4464) expuestas a -10°C durante 4 a 7 horas.

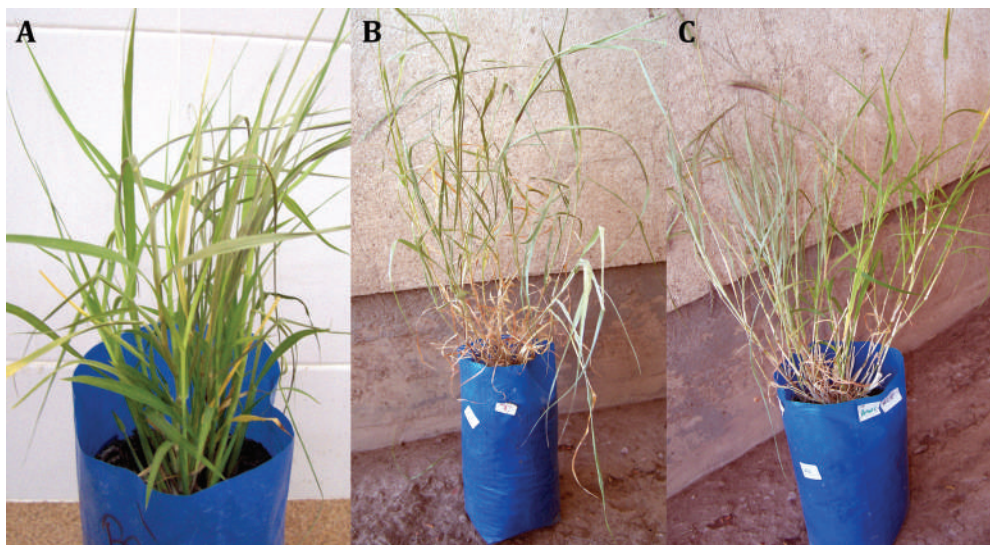


Figure 3. Leaf damage in plants of *Cenchrus ciliaris* at: -5°C ; 4 hours of treatment (A); -5°C ; 7 hours of treatment (B) and -10°C; 4 hours of treatment (C).

Figura 3. Daño en hojas en plantas de *Cenchrus ciliaris* sometidas a: -5°C; 4 horas de tratamiento (A); -5°C; 7 horas de tratamiento (B) y -10°C; 4 horas de tratamiento (C).

Lower temperatures caused greater foliar damage (figure 3).

At -5°C, as the hours of exposure increases, the damage on leaf increases significantly in the three cultivars (figure 4, page 36).

The plants after 4 hours at 5°C have a 25% of average foliar damage, while after 7 hours of exposure the average of foliar damage increase to 53%.

Survival capacity

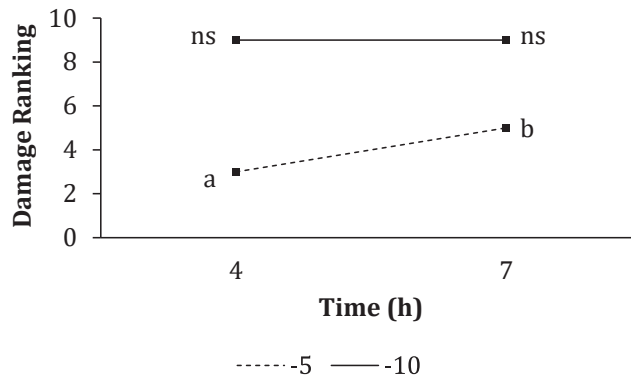
When it was analyzed the capacity of regrowth after cold treatments (-5°C, -10°C) and control (25°C), there were a significant interaction (table 4, page 37). There were no significant differences among cultivars, where Americana reached an average of 67% survival, Biloela 69% and Texas 4464 80%.

As temperature decreases, the percentage of regrowth (survival capacity)

decreases for the three cultivars. At 25°C (control) 100% of the plant regrowth after cutting, at -5°C, the percentage of regrowth was 81% after 4 hours of treatment and at 7 hours 78%, while when they were exposed 4 hours to -10°C the survival was significant higher (63%) compared to plants exposed 7 hours (7%) (figure 5, page 36).

DISCUSSION

In this experiment, it was evaluated the capacity of three *Cenchrus ciliaris* cultivars (Americana, Biloela and Texas 4464) to tolerate stress caused by low temperatures, through two direct methods (foliar damage at the level of the canopy and regrowth percentage) and an indirect method (relative electrical conductivity of the leaves).

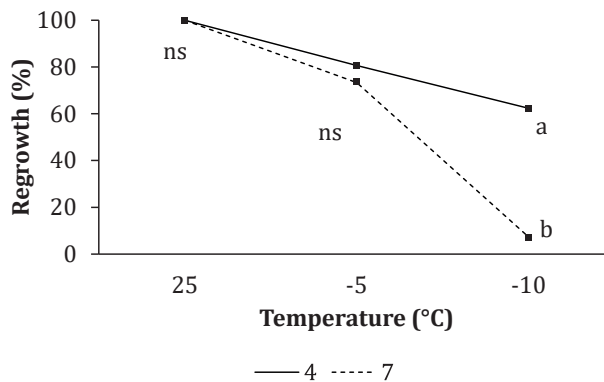


Different letters indicate significant differences; ns: indicates no significant difference in each hour; according to the Fisher LSD Test ($p < 0.05$).

Letras diferentes indican diferencias significativas; ns: indica que no hubo diferencias significativas en cada hora, según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figure 4. Ranking of foliar damage at the canopy level of the cv Americana, Biloela and Texas 4446; exposed to -5°C and -10°C during 4 and 7 hours.

Figura 4. Clasificación de daño foliar a nivel de canopia de los cultivares Americana, Biloela y Texas 4446 expuestos a -5°C y -10°C durante 4 a 7 horas.



Different letters indicate significant differences; ns: not significant differences according to the Fisher LSD test ($p < 0.05$).

En cada tratamiento de temperatura, letras diferentes indican diferencias significativas; NS: diferencias no significativas según la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Figure 5. Percentage of regrowth (%) of *Cenchrus ciliaris* (cv Americana; Biloela and Texas 4464) under two cold stress conditions (-5°C and -10°C) exposed during 4-7 hours. In each treatment of temperature.

Figura 5. Porcentaje de rebrote (%) de *Cenchrus ciliaris* (cv Americana, Biloela y Texas 4464) bajo dos condiciones de estrés frío (-5°C y -10°C) durante 4-7 horas.

Tabla 4. Efecto del cultivar (Cv), temperatura (T) y el tiempo de exposición al frío (H) en la capacidad de supervivencia; en los tres cultivares de *Cenchrus ciliaris* (Americana; Biloela y Texas 4464).

Table 4. Effects of cultivar (Cv); temperature (T) and time of cold treatment (H) on survival capacity; in the three *Cenchrus ciliaris* cultivars (Americana; Biloela and Texas 4464).

Variable	p-value
Cv	0.1987
T	<0.0001
H	<0.0001
Cv*T	0.4225
Cv*H	0.6919
T*H	<0.0001
Cv*T*H	0.9705

The results confirmed the susceptibility of tropical grasses to cold stress, where lower temperatures and longer times of exposure caused greater foliar damage (8, 11, 15, 19).

In the two types of leaves (young and adult), and in the three cultivars, as temperature decreases there is a significant increase in the leachate electrical conductivity. Similar results were reported by others authors with different species (23, 30, 31). The increase in time of exposure to -5°C generates an increase in the relative electrical conductivity which is accompanied by an increase in the foliar damage. Americana and Biloela presented similar lower ECr values (21.9 and 27.5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$) compared to Texas 4464 (58.4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$). This could be explained by the difference in the structure of the canopy between cultivars (17) and puts in to evidence the low resistance and great susceptibility of young leaves of Texas 4464.

Leaf damage by low temperatures was significantly higher at -10°C compared to -5°C producing more than 95% damage to the leaves. These results are similar to those reported by Jacque (2006) when he assessed the effects of low temperatures in several lines of Bahiagrass (*Paspalum notatum*) and Liu and Osborne (2008) when evaluating the percentage of leaf death in *Eragrostis minor*.

Plants regrowth is heavily influenced by low temperatures (24). At -5°C the rate of regrowth was similar in the three cultivars evaluated, Texas 4464 (83%), Biloela (72%) and Americana (78%), without observing significant differences in exposure times. At -10°C it was observed differences in the time of the cold stress, where after 4 hours the regrowth exceeded 60% in the three cultivars, but after 7 hours the percentage was reduced to only 7%.

The only cultivate that re-sprouted in such conditions was Texas 4464. This cultivar probably develops its crown prior to exposure to the stress. Plants that achieve a better development of the crown, are in a better position to deal with low temperatures and thus be able to regenerate the roots and leaves in spring (8).

The ability to re-sprout when the leaf damage exceeded 90% would be explained by the ability of this species of accumulating carbohydrates at the base of the stems as a reserve thus allowing a high rate of survival under conditions of stress such as drought or fire (4, 7). The ability of buds from the stems to survive and re-sprout after exposure to freezing temperatures is crucial for surviving the winter successfully and a subsequent growth in the spring (12).

In the three *Cenchrus ciliaris* cultivars (Americana, Biloela and Texas 4464) assessed, slight foliar damage was observed after 4 hours of exposition to -5°C, leaving

enough green foliage and with 100% plants survival. Whereas, if the plant is exposed for 7 hours leaf damage is greater, markedly decreasing the available green foliage the survival was still 100%. When the temperature was -10°C after 4 hours of exposure, the foliage damage was very severe, but allowed a very good recovery (63%). However when the time was 7 hours, result in a complete death of the plant.

CONCLUSIONS

The results allow conclude a great resistance to the low temperatures from this species a time already established.

Considering that the stress of temperature was shock and not having a previous acclimatization, the likelihood of resistance to low temperatures would be much higher still. It would be of great interest a future research putting this species to acclimation to be able to predict their behavior under field conditions.

REFERENCES

1. Allen, D. J.; Ort, D. R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plants*. 6: 36-42.
2. Arraiga, L.; Castellanos, A.; Moreno, E.; Alarcón, J. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology*. 18: 1504-1514.
3. Barranco, D.; Ruiz, N. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. *Horticulture Science*. 40: 558- 560.
4. Bhattarai, S. P.; Fox, J.; Gyasi-Agyei, Y. 2008. Enhancing buffelgrass seed germination by acid treatment for rapid vegetation establishment on railway batters. *Journal of Arid Environments*. 72: 255-262.
5. Bowers, M. C. 1994. Environmental effects of cold on plants. In *Plant-Environment Interactions*. Ed. by Wilkinson; R. E. Ed. Marcel Dekker; Inc.
6. Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2010. InfoStat version. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.
7. Dixon, I. R.; Dixon, K. W.; Barrett, M. 2002. Eradication of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) on Airlie Island; Pilbara Coast. Western Australia. In *Turning the tide: the eradication of invasive species*. Ed. Veitch. C.R. and Clout; M.N. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN. Gland. Switzerland and Cambridge. UK.
8. Fowler, D. B.; Limin, A. E. 2001. Cold Stress review in international www. *Plant Stress*. Available at: <http://www.plantstress.com/articles/index.asp>. (accessed 6.04.16).
9. Franklin, K. A.; Lyonsb, K.; Naglerc, P. L.; Lampkind, D.; Glennc, E. P.; Molina-Freanerb, F.; Markowa, T.; Hueted, A. R. 2006. Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora. Mexico. *Biological Conservation*. 27: 62-67.
10. Friedel, M.; Puckey, H.; O'Malley, C.; Waycott, M.; Smyth, A.; Miller, G. 2006. Buffel grass: both friend and foe. An evaluation of the advantages and disadvantages of buffel grass use and recommendations for future research. *Desert Knowledge CRC*.
11. Hacker, J. B.; Forde, B. J.; Gow, J. M. 1974. Simulated frosting of tropical grasses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25: 45-57.
12. Hekneby, M.; Antolin, M. C.; Sanchez-Díaz, M. 2006. Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. *Environments and Experimental Botany*. 55: 305-314.
13. Hussey, M. A.; Bashaw, E. C. 1996. Performance of Buffelgrass germplasm with improved winter survival. *Agronomy Journal*. 88: 944-946.
14. Iba, K. 2002. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annual Review Plant Biology*. 53: 225-45.

15. Ivory, D.; Whiteman, P. C. 1978a. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. II. Effect of low night temperature. *Australian J. of Plant Physiology*. 5: 149-157.
16. Ivory, D.; Whiteman, P. C. 1978b. Effects of environments and plant factors on foliar freezing resistance in tropical grasses. I. Precondition factors and conditions during freezing. *Australian J. Agriculture Res.* 29: 243-59.
17. Ivory, D.; Whiteman, P. C. 1978c. Effects of environments and plant factors on foliar freezing resistance in tropical grasses. II Comparison of frost resistance between cultivars of *Cenchrus ciliaris*; *Chloris gayana* and *Setaria anceps*. *Australian Journal Agriculture Res.* 29: 261-6.
18. Jacobsen, S. E.; Monteros, C.; Corcuera, L. J.; Bravo, L. A.; Christiansen, J. L.; Mujica, A. 2007. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Quenopodium quinoa* Wild). *European Journal of Agronomy*. 26: 471-475.
19. Jacque, W. B. 2006. Leaf-tissue freeze tolerance mechanisms in Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge). A dissertation presented to the graduated school of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor on philosophy. University of Florida. E.E.U.U.
20. Janda, T.; Szalai, G.; Leskó, K.; Yordanova, R.; Apostol, S.; Popova, L. P. 2007. Factors contributing to enhanced freezing tolerance in wheat during frost hardening in the light. *Phytochemistry*. 68: 1674-1682.
21. Keya, G. A. 1998. Growth; water relations and biomass production of the savanna grasses *Chloria roxburghiana* and *Cenchrus ciliaris* in Kenya. *Journal of Arid Enviroments*. 38: 205-219.
22. Liu, M. Z.; Osborne, C. P. 2008. Leaf cold acclimation and freezing injury in C₃ and C₄ grasses of the Mongolian Plateau. *Journal of Experimental Botany*. 59: 4161-4170.
23. Loik, M. E.; Redar, S. P. 2003. Microclimate; freezing tolerance; and cold acclimatation along an elevation gradient for seedlings of the Great Bassin Desert shub. *Artemisia tridentata*. *Journal of Arid Environments*. 54: 769-782.
24. Nestby, R.; Björgum, R. 1999. Freeze injury to strawberry plants as evaluated by crown tissue browning; regrowth and yield parameters. *Scientia Horticulturae*. 81: 321-329.
25. Pearce, R. S. 2001. Plant frizzing and damage. *Annals of Botany*. 87: 417-424.
26. Shilpi, M.; Tuteja, N. 2005. Cold; salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444: 139-158.
27. Sung, D. Y.; Kaplan, F.; Lee, K. J.; Guy, C. L. 2003. Acquired tolerance to temperature. *Extremes Trends in Plant Science*. 8: 177-189.
28. Thomashow, M. F. 1999. Plant cold acclimation: Freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*. 50: 571- 599.
29. Tu, M. 2002. *Cenchrus ciliaris* L. Element Stewardship abstract. The Nature Conservancy's Wildland Invasive Species Team. Avalaible in: [http:// www.imapinvasives.org/GIST/ESA/esapages/.../cencil.pdf](http://www.imapinvasives.org/GIST/ESA/esapages/.../cencil.pdf). (accessed 10.03. 16).
30. Uemura, M.; Tominagaa, Y.; Nakagawaraa, C.; Shigematsua, S.; Minamic, A.; Kawamura, Y. 2006. Responses of the plasma membrane to low temperatures. *Physiologia Plantarum*. 126: 81-89.
31. Walker, D. J.; Pascual, R.; Aránzazu de Hoyos, E. C. 2008. Seasonal changes in cold tolerance; water relations and accumulation of cations and compatible solutes in *Atriplex halimus* L. *Environmental and Experimental Botany*. 64: 217-224.
32. Williams, D. G.; Baruch, Z. 2000. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions*. 2: 123-140.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the National Institute of Agricultural Technology (INTA) - Argentina.

Influence of urban trees on noise levels in a central Chilean city

Influencia del arbolado urbano sobre los niveles de ruido en una ciudad de Chile central

Felipe Calquín P.¹, Mauricio Ponce-Donoso², Óscar Vallejos-Barra², Exequiel Plaza T.³

Originales: *Recepción:* 05/09/2017 - *Aceptación:* 20/11/2018

ABSTRACT

The effect of urban trees as a noise mitigating element was determined on Alameda Avenue in the city of Talca, Chile, a Mediterranean continental area. Maximum and minimum noise, especially generated from vehicles, was recorded at 13 points in four sections of the avenue for twelve days, three times a day at different distances from the edge of the street way, which generated a total of 2,080 noise records. At each point a circular plot of 201 m² was established to determine tree and shrub coverage. The results showed significant differences of noise between the classes of coverage; however there was no relationship significant between the noise level and the increase in coverage, which can be explained by the large amplitude in the noise registers. The vegetation located at 6.5 meters from the sound source shows lower levels of noise when the coverage is increased, proving the environmental function of the vegetation in the mitigation of this pollutant agent. Regarding theses of the findings, it is necessary to implement public policies that consider urban planning, incorporating in its design greater and better availability of tree species and that certain public space are located away from sources of noise pollution.

Keywords

urban trees • noise mitigation • urban pollution • ecosystem service • noise pollution

1 Corporación Nacional Forestal. Cuatro Norte 1673, Talca, Chile.

2 Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Avda. Lircay s/n. Casilla 747. Talca. Chile. mponce@utalca.cl

3 Universidad de Talca. Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela de Fonoaudiología. Avda. Lircay s/n. Casilla 747. Talca. Chile.

RESUMEN

Se determinó el efecto del arbolado urbano como elemento mitigador del ruido en la avenida Alameda de la ciudad de Talca, Chile, ubicada en el área continental. Se registró durante 12 doce días el ruido máximo y mínimo, especialmente proveniente del tránsito vehicular, en 13 puntos en cuatro secciones de la avenida, en tres horarios durante el día a diferentes distancias del borde de la vía, generándose un total de 2.080 registros de ruido. En cada punto se estableció una parcela circular de 201 m² para determinar la cobertura arbórea y arbustiva. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las clases de cobertura, sin embargo no se observó una relación significativa entre el nivel de ruido y el aumento de la cobertura, lo que se puede explicar por la gran amplitud en los registros de ruido. La vegetación ubicada a 6,5 metros de la fuente sonora muestra menores niveles de ruido cuando se incrementa la cobertura vegetal, comprobando la función ambiental de la vegetación en la mitigación de este contaminante. En consideración a los hallazgos, es necesario implementar políticas públicas que consideren una planificación urbana que incorpore en su diseño mayor y mejor disponibilidad de especies arbóreas y que ciertos espacios públicos, como el estudiado, se localice alejado de las fuentes de contaminación acústica.

Palabras clave

arbolado urbano • mitigación de ruido • contaminación urbana • servicio ecosistémico • contaminación sonora

INTRODUCTION

Noise pollution in the city is a growing problem, whose main cause is vehicular transport (2, 4, 13, 23) as well as the growth experienced by cities in the areas of services and construction (38). The World Health Organization (1999) defines as noise all sources except for industrial areas. In Chile, the Ministry of the Environment defines it as any sound that is qualified as annoying, unpleasant or inopportune by those who perceive it (24). It should be understood then that this definition is based on human perception of psychoacoustics such as loudness that as a primarily psychophysiological perception of loudness is related to sound pressure level (SPL).

Thus human functioning (16) can be affected since besides a deficiency on human organs that can be acquired, a limi-

tation of activity and restriction of social participation can take place due to the environmental factors (41).

Martínez (2005) shows that the traffic of light vehicles, medium and heavy trucks, at a speed of 50 km/h over a distance of 15 meters, the sound level reaches 62 dBA, 73 dBA and 89 dBA, respectively. If the speed is increased to 110 km/h, the noise pollution levels are 76 dBA, 86 dBA and 89 dBA in each one.

Heimann (2003) points out that the propagation of sound depends on its state, since the sound level is determined by its absorption in the atmosphere, its refraction and energy dispersion. The United States Environmental Protection Agency (1974) establishes guidelines for exposure to noise based on the protection of 96% of the population, defining levels

lower than 55 dBA in outdoor and 45 dBA indoor. Similar to that suggested by the WHO (29).

In Chile, the dispositions only regulate acoustic pollution produced by fixed sources, while mobile sources only have standards for urban and rural public transport. Unlike other pollutants, noise leaves no residue, has no taste, odor, texture, so it is often said that noise is an invisible contaminant. It has important physiological, psychological and economic effects on people's health (14) which surpasses the strictly auditory ones, since it generates stress, hinders the processes of communication and learning, affects the recovery of patients, rest and alter the circadian cycle playing a negative role on people's quality of life (22). In this country, the regulation of noise emission for both fixed and mobile sources is stated in Supreme Decree N° 38/2011 of the Ministry of the Environment (22) which establishes maximum noise and time zones according to zones.

Zone I: urban boundary and residential use or public space and/or green area, is 55 dBA from 7 to 21 hours and 45 dBA between 21 and 7 hours.

Zone II: of urban limit, includes uses of the Zone I more equipment of any scale, is 60 dBA between 7 to 21 hours and 45 dBA between 21 to 7 hours.

Zone III: urban boundary includes the uses of Zone II plus productive and/or infrastructure activities, is 65 dBA between 7 to 21 and 55 dBA between 21 and 7 hours.

Zone IV: urban limit, allows only productive activities and/or infrastructure, is 70 dBA at any time. It is estimated that in metropolitan area of Santiago, about 13% of the population would be exposed to levels above 65 dBA, which could be addressed as a health risk (22).

The different levels of noise can be mitigated by the green infrastructure, such as trees and shrubs, because they are considered to be a very good barrier and could be used in their control (19, 27) for this reason, one of the ecosystem services that identify the urban trees links it to noise attenuation. Peng *et al.* (2014) demonstrates how the tree is used as an acoustic barrier, while Fang and Ling (2005) recommend increasing the length of the green barrier for greater noise attenuation, placing it at the same height as the emitter.

The ecological role of urban green infrastructure is clearer than ever before, due to its contribution to the ecosystem that integrates human society with its environment (31).

Nowak *et al.* (1998), Ochoa de la Torre (1999), Acero *et al.* (2010), and Kontogiannia *et al.* (2011) indicate that urban vegetation has a direct and indirect relationship in the local and regional microclimate, through the alteration of environmental and atmospheric conditions, improving the quality of the environment, a correlation of comfort and existence of green areas, which increases as the wooded area or green area is larger (Gómez, 2005; Rosatto *et al.*, 2016).

Reethof *et al.* (1976) determine in laboratory conditions the amount of acoustic absorption generated by the bark of six types of trees, with different moisture contents, with presence and absence of litter and moss. The results show that the bark of *Carya tomentosa* (L.) Nutt., generate the greatest mitigation, due to its flaky form.

Burns (1979) measure the sound absorption capacity in pine branches and needles in a reverberating chamber, finding that the attenuation factor with the greatest contribution is the thermo-viscous absorption of the branches.

Martens and Michelsen (1981) using a laboratory vibrometer determine the attenuation achieved by leaves of four plant species, noting that the amount of energy absorbed by a single leaf is very small, admitting that plant communities contribute as a mechanism to the attenuation of sound, since the number of leaves of an adult tree can reach 200,000. Different field tests show that properly planted trees and shrubs can reduce noise.

Eyring (1946) experience the propagation of sound in the Panama jungle, placing a fountain and a receiver 1.5 meters above the ground, emulating the height of the human ear, finding that attenuation is inversely related to visibility. Fang and Ling (2003) studying 35 strips of subtropical evergreen trees in Taiwan, propose a reverse logarithmic function between visibility and relative attenuation and a direct logarithmic relationship between the relative attenuation and the width, length and height of the belts, in addition they demonstrate that the noise measurement 10 times per point, with a duration of at least 30 seconds, gives stable and representative values.

Cook and Van Haverbeke (1971) find that tree belts can reduce noise levels between 5 and 10 db. However, this should be 20 meters or more in length, dense, at least 14 m high and established by several kilometers to reduce noise, both in residential areas and on roads. Samara and Tsitsoni (2007) study the attenuation of traffic noise by vegetation along the ring road of Thessaloniki, Greece, results indicating that a reduction of 6 dB is achieved with *Pinus brutia* Ten., located at 60 Meters from the road. Pudjowati *et al.* (2013) use a series of sonometers located at varying distances from the Waru-Sidoarjo highway east of Java, Indonesia, one with tree vegetation, one without it

but with vegetation at ground level and one control without it; the result shows that the noise reduction occurs for certain distances according to the specific species. Van Renterghem *et al.* (2013) showed the ability of hedges to reduce vehicle noise; those dense with a width from 1.3 to 2.5 m and heights of 1.6 to 4 m, generate attenuations ranging from 1.1 to 3.6 dB.

In South America, Posada *et al.* (2009) measure noise levels within 10 meters of a high vehicular traffic road in urban public areas with different vegetation cover in the Aburrá Valley, Colombia. The results do not show significant differences between sites with and without vegetation; however, the sampled areas have a few shrubby and sparse shrubs, suggesting the establishment of wider, longer, higher and denser live barriers. Cataño and Bonivento (2005), also in Colombia, show the efficiency of a tree cover of 50% as a vehicle noise attenuation barrier, of the order of 3 dB, in the campus of the National University of Medellín, near the North highway, measuring the noise at different distances from the transmitter source in four time zones of two hours each, at heights of 1.2 and 3.0 m. Ponce *et al.* (2016) measured the noise in three main streets in the city of Talca, Chile, at different times, days and tree coverings; the results indicate that although relevant findings were found, there were no significant differences according to the sources of variation.

The objective of this article is to show the results of a research intended to determine the influence of existing tree and shrub coverage at the level of vehicular noise present in a main avenue, with an important green infrastructure in the city of Talca, Chile. Location, distance to noise source and daytime hours were the sources of variation considered in this study.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the city of Talca, Maule Region, Chile, with a population of 201.8 thousand inhabitants, distributed over an area of 232 km². It is situated at 35°25'59" South Latitude and 71°40'00" West Longitude at 102 m.a.s.l. (5). The site was located on Avenida Bernardo O'Higgins, also called "La Alameda". This avenue is located in the central area of the city and serves as the main communication artery that extends for 20 blocks long. La Alameda is a double track avenue that is widely used by motorists and emergency vehicles. During the past seven years it has gained commercial importance with new buildings such as hotels, public and private edifices, playgrounds for children, educational establishments, clinical centers, restaurants and recreation places, among others. It concentrates great number of arboreal species, some over 80 years old that are located in the central dividing belt of the avenue.

The selection zones and measurement points were done by a non-probabilistic, directed and intentional sampling. It comprised a selection of population units through personal judgment (3). Noise generated by vehicular traffic was considered, discarding other sources of noise, which coexist, but are generally masked by traffic (22).

Through the information provided by the Secretariat of Transport Planning (37), that indicates the high vehicular flow along the avenue, four zones (1, 2, 3 and 4) were selected with a similar vehicular flow and presence of tree and shrub vegetation, involving 12 blocks (figure 1).

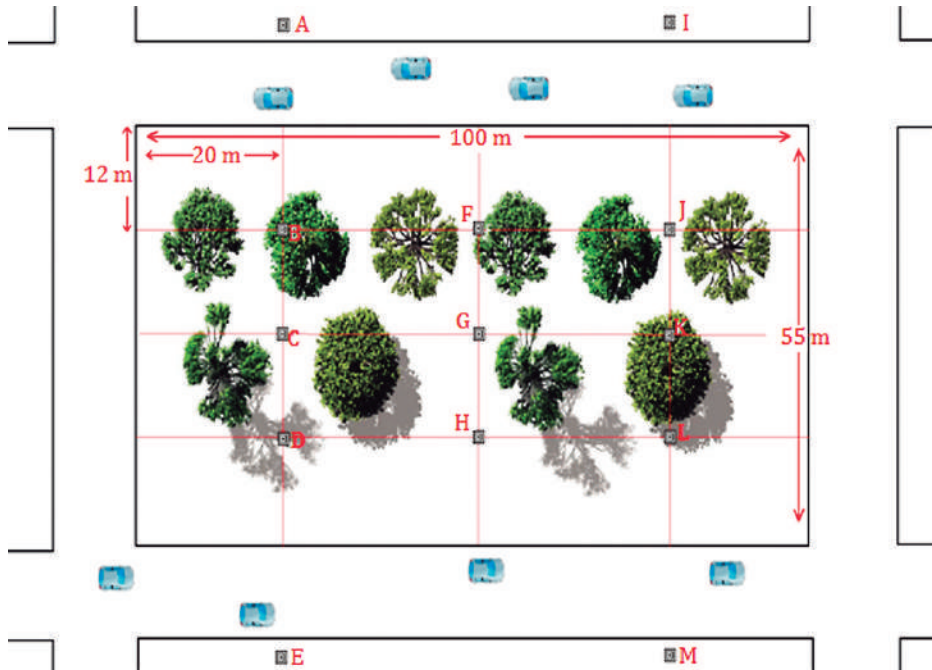
Each measurement zone was separated for two blocks, in order to achieve greater representativeness. In each zone were located 13 measurement points, equidistant located were established to cover the area comprehensively (table 1 and figure 2, page 46).



Figure 1. Zones select at Bernardo O'Higgins Ave. (Alameda), Talca.

Figura 1. Zonas seleccionadas en la Avenida Bernardo O'Higgins (Alameda), Talca.

Distance (m)	Measurements points
6.5	A - E - I - M
13.7	B - D - F - H - J - L
27.3	C - G - K

Table 1. Point's distance from track edge.**Tabla 1.** Distancia de los puntos al borde de la vía.**Figure 2.** Schematic measurement points and plot centers.**Figura 2.** Esquema de puntos y parcelas de medición.

Maximum and minimum noise, in decibels (dBA), was measured for twelve days from March 7 to April 1, 2016, twice a day, in the morning (7:30-8:30) and in the afternoon (18:00-19:00); the chosen period represent a normal period of activities during final summer term and beginning of autumn. Ten measurements of 60 seconds of duration each were carried out at each point (A, B, C... M, figure 2). This broadens the scheme proposed by Fang and Ling (2003). In each of one 13 point of measurement area

was registered 260 data for both noises, totalizing 2,080 registrations.

A Lutron LT model SL-4012 was used to measure the noise, which has an automatic measurement scale between 30 dB and 130 dB. An a frequency weighting similar to the human ear response which is used on regulatory tests and workplace design by the United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA). The meter position was located 1.5 m from the ground, as pointed out by Pudjowati *et al.* (2013).

A dendrometric survey was carried out at each measurement point using a circular plot of 8 m radius with no overlap between them. Each individual was individualized and the diameters at breast height (DBH, cm), height (m) and tree projection coverage area (m²) were measured, the last one was organized in quintiles.

For the analysis of the maximum and minimum noise the median values were used, considering that this statistic helps to reduce the extreme values, proposing the following hypotheses:

H0: $\Omega_i = \Omega_j / i \neq j$ (there are no statistically differences between the medians of the measurements in each source of variation).

H1: $\Omega_i \neq \Omega_j / i \neq j$ (there are statistically differences between the medians of the measurements in each source of variation).

An analysis of variance (ANOVA) was performed for each of the recorded variables (maximum noise and minimum noise), regarding the different sources of variation established: a) Zone, b) Moment, c) Distance and d) Coverage ratio.

The rationale was to determine if the noise levels vary in the different situations. For this, normality assumptions were verified through the Kolmogorov-Smirnov test ($p < 0.05$) and homoscedasticity through the Levene's test ($p < 0.05$). Since only the normality assumption was fulfilled, Kruskal-Wallis's non- variance analysis

(K-W) was used to identify significant statistical differences. The Tukey HSD test ($p < 0.05$) was employed to identify how the variables grouped. For the statistical analysis the Statgraphics Centurion version XVI.I program was utilized.

RESULTS AND DISCUSSION

The data collected presented great dispersion due to the different sources of variation (table 2). Zone 4 had the highest median maximum noise (75.1 dBA), while highest median for minimum noise was in Zone 2 (62.5 dBA). This shows that noise levels in all zones exceeded the minimum parameters established by the WHO, EPA-USA and the MMA of Chile (9, 22, 29). Peak values for maximum noise reached records of 98.2 dBA and values for the minimum noise picked up to 74.8 dBA, which also exceeded the recommendations of the institutions already mentioned.

Dendrometric analysis identifies 48 species out of 330 individuals of trees and shrubs. The most frequent species was *Platanus orientalis* L. with 65 individuals. Only 7 species were native (14.6%): *Crinodendron patagua* Mol., *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser, *Maytenus boaria* Mol., *Persea lingue* Ness., *Peumus boldus* (Mol.) Johnston, *Quillaja saponaria* Mol. and

Table 2. Summary of measurements.

Tabla 2. Resumen de las mediciones.

Zone	Maximum noise (dBA)				Minimum noise (dBA)			
	Median	Mean	Range	VC* (%)	Median	Mean	Range	VC* (%)
1	71.1	71.6	58.9 - 84.2	7.1	59.0	59.1	47.5 - 68.1	5.9
2	73.8	73.8	62.0 - 98.2	8.8	62.5	63.5	50.1 - 74.8	8.6
3	72.1	72.2	61.4 - 86.9	7.3	57.5	57.5	47.2 - 69.5	5.6
4	75.1	75.1	63.7 - 86.4	8.1	59.5	59.5	51.3 - 67.5	4.9

* Variation Coefficient / * Coeficiente de Variación

Schinus molle Rev L. The DBH fluctuated between 3.3 and 101.8 cm, the height was between 1.7 and 26.1 m and the tree project coverage had a range between 2.4 and 311.9 m². The data showed a wide variety of species and stages of development of individuals (table 3).

Kolmogorov-Smirnov test verified that the normality assumption is fulfilled, for both maximum and minimum noise ($p < 0.05$), while the Levene's test that proves the homoscedasticity assumption, is not met ($p < 0.05$), except for the daytime variation source for the maximum noise variable. Because the homoscedasticity assumption was not met, Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance was performed, which is also less sensitive to the presence of atypical values. Due to the existence of differences found ($p < 0.05$), Tukey HSD multiple comparison test was applied (table 4, page 49).

The results show that the noise presents significant differences by Zone, Daytime, Distance and Tree Coverage (table 5, page 49). The K-W test showed that the tree coverage has influence on the measured noise levels; however it is not possible to observe a negative or positive trend as the coverage increases, which could be due to the lack of information regarding of each tree coverage representations for all the distances considered (table 5, page 49).

Results (table 5, page 49) were similar to those obtained by Posada *et al.* (2009) and Ponce *et al.* (2016) whose tree coverage did not present significant differences, although it is possible to exhibit data that support that an increase of the coverage decreases the noise level (7, 11, 19, 28, 32). Authors conclude that the absence of significant differences would be due to the fact that the tree covers studied would not be large enough to be efficient noise barriers, as Cook and Van Haverbeke (1971) pointed out.

On the other hand, considering the noise as a function of distance and tree coverage (table 6, page 49, figure 3 and 4, page 50) was observed when these last increases, there is a decrease in noise, although it is not significant either, as it is observed in the maximum and minimum noise profiles of figures 3 and 4 (page 50).

The inverse relationship between coverage and noise at points 1, 2, 4 and 5, in figures 3 and 4 (page 50), would be due to the vegetation cover, while in point 3 it would be given also by the distance factor, which allows us to point out, like Fang and Ling (2003) and Pudjowati *et al.* (2013) that vegetation contributes to noise reduction.

Table 3. Individuals, species and dasometric parameters.

Tabla 3. Individuos, especies y parámetros dasométricos.

Zone	N° Individuals	N° Species	DBH mean (cm)	Height mean (cm)	Tree Coverage projected mean (m ²)
1	78	24	34.8	10.4	101.8
2	83	11	20.8	7.2	47.9
3	93	26	27.8	8.2	73.2
4	76	20	25.5	6.7	64.3

Table 4. Tukey HSD multiple comparison test according to source of variation.

Tabla 4. Test de comparación múltiple de Tukey HSD según fuente de variación.

Source of variation	Level	Noise (dBA)					
		Maximum			Minimum		
Zone	1	71.1	a		58.9		e
	2	73.3		b	62.9		f
	3	71.9	a		57.7	d	f
	4	74.9		c	59.9		
Daytime	Morning	71.9	a		61.2		e
	Afternoon	73.8		b	58.5	d	
Distance	6.5	78.6	a		62.4	d	
	13.7	72.6		b	59.4		e
	27.3	67.3		c	57.7		f
Tree Coverage	20	72.6	a	b	59.9		e
	40	71.5	a		58.0	d	
	60	73.9		c	60.1		e
	80	73.1		b	59.9		e
	100	73.1	a	b	61.3		f

* Sub-index with different letters indicate significant differences

* Sub-índice con diferente letra indica diferencias significativas

Table 5. Statistics for noise, distance and tree coverage class.

Tabla 5. Estadísticos para ruido, distancia y clase de cobertura arbórea.

Distance Data (m)	Class Tree Coverage	Maximum noise			Minimum noise		
		mean (dBA)	Range (dBA)	VC* (%)	mean (dBA)	Range (dBA)	VC* (%)
6.5	20	78.9	66.0 - 98.2	6.0	63.5	51.4 - 74.8	6.9
	40	76.3	63.8 - 84.8	6.5	59.0	47.5 - 65.6	5.0
	60	79.1	74.0 - 84.6	3.7	60.6	56.2 - 65.1	3.6
13.7	20	71.5	63.0 - 80.3	5.9	57.6	47.2 - 62.5	5.1
	40	73.0	63.2 - 79.6	4.4	57.4	49.6 - 63.1	3.9
	60	72.6	64.2 - 84.9	5.5	58.8	50.2 - 68.9	6.4
13.7	80	73.5	63.7 - 86.4	7.9	59.8	50.1 - 66.2	5.3
	100	72.7	63.5 - 84.2	6.1	62.5	50.5 - 73.7	8.6
27.3	20	67.1	61.1 - 77.0	4.7	57.4	48.9 - 63.9	5.4
	60	68.6	58.9 - 76.6	5.8	57.9	50.1 - 62.5	4.4
	80	68.1	61.9 - 80.7	7.8	59.9	52.7 - 73.9	11.0
	100	65.6	62.9 - 70.5	2.9	58.5	53.2 - 62.2	4.3

* Coefficient of Variation. / * Coeficiente de Variación.

Distance	Noise (dBA)		Tree Coverage (%)
	Maximum	Minimum	
6.5 (north)	79.6	62.9	10.8
13.7 (north)	73.6	60.7	63.4
27.3 (central)	67.4	58.0	33.4
13.7 (south)	71.8	58.5	49.2
6.5 (south)	76.5	60.9	19.6

Table 6. Mean noise and tree coverage by distance.

Tabla 6. Promedio de ruido y cobertura arbórea por distancia.

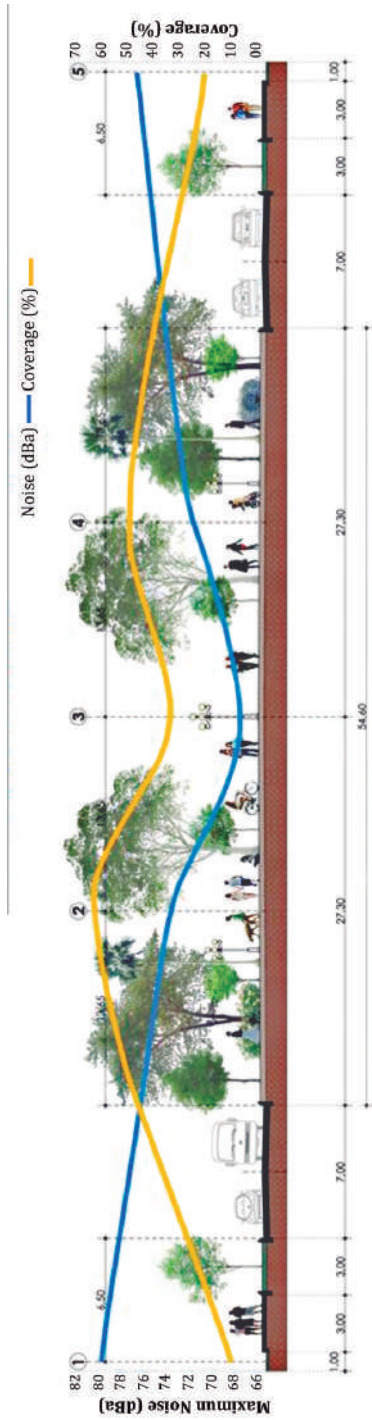


Figure 3. Maximum noise scheme.
Figura 3. Esquema de ruido máximo.

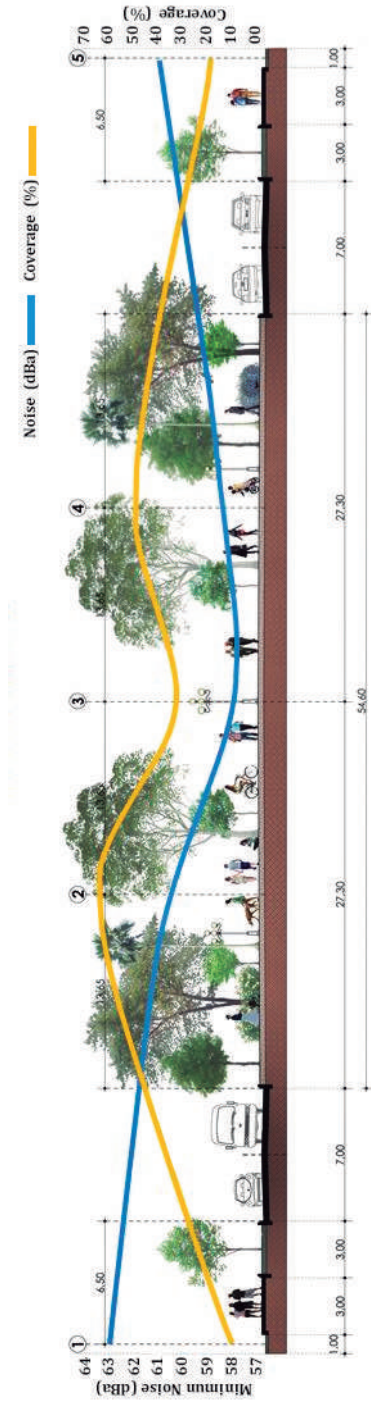


Figure 4. Minimum noise scheme.
Figura 4. Esquema de ruido mínimo.

CONCLUSIONS

The noise levels in the study area exceeded the minimum parameters established by the World Health Organization and Chilean regulations.

It was not possible to establish a statistical mathematical relation that allows demonstrating that to a greater presence of vegetation cover, the noise decreases.

The distance and daytime were the sources of variation that presented significant differences and a tendency in the reduction of noise. While in analysis for Zone and Coverage there were no significant differences, neither was a clear trend in noise reduction.

The different tree coverage showed significant differences in the noise level, but it was not possible to observe a trend that supports the variation of the noise level according to the coverage in all distances

considered, except for the distance of 6.5 m, the closest to the source of noise. This last finding would be explained by the amplitude in the noise registers.

Given the vegetation structure studied, effective barriers for noise reduction are difficult to implement in urban areas. However, further studies must be carried out in order to correlate the present findings with hearing perception of noise reduction by people living and commuting in the studied zones.

Relevant data collected in this study, although not statistically significant, is valuable enough to propose a research that considers human functioning and well-being of the citizen in the area whose perception may provide a more comprehensive effect of the urban forest in noise reduction.

REFERENCES

1. Acero, J.; Moral, S.; Arrizabalaga, J. 2010. Influencia de la vegetación en la calidad del aire y el clima urbano. *In: Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA.*
2. Austroads (Organization of Australasian Road and Traffic Agencies). 2005. Modelling, measuring and mitigating road traffic noise. Sydney. Australia.
3. Ávila, H. 2006. Introducción a la metodología de la investigación. Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara.
4. Barahona, H. 2013. La difusión de una tecnología más limpia: Los efectos de la restricción vehicular en la renovación del parque automotor. Tesis Magister en Economía. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía. 75p.
5. BCN (Biblioteca del Congreso Nacional, CL). 2013. Reportes Estadísticos Distritales y Comunales. Consultado 10 ene. 2014. Disponible en: <http://reportescomunales.bcn.cl>.
6. Burns, S. 1979. The absorption of sound by pine trees. *The Journal of the Acoustical Society of America.* 65(3): 658-661.
7. Cataño, G. R.; Bonivento, M. J. 2005. Eficiencia de una cobertura arbórea como barrera atenuadora del ruido vehicular. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
8. Cook, D.; Van Haverbeke, D. 1971. Trees and shrubs For Noise Abatement. Lincoln. Nebraska. University of Nebraska.
9. EPA-US (Environmental Protection Agency, United States). 1974. Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety. Washington. United States.
10. Eyring, C. 1946. Jungle acoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America.* 18(2): 257- 270.
11. Fang, C.; Ling, D. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning.* 63(4): 187-195.

12. Fang, C.; Ling, D. 2005. Guidance for noise reduction provided by tree belts. *Landscape and Urban Planning*. 71: 29-34.
13. FHWA (Federal Highway Administration). 2004. Traffic noise model. User's guide. Washington, United States.
14. García, D. 2010. Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria, Gandía, España. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Politécnica Superior de Gandía. 128 p.
15. Gómez, F. 2005. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*. 37(144): 417-436.
16. Granberg, S.; Pronk, M. 2014. The ICF core sets for hearing loss project: functioning and disability from the patient perspective. *International Journal of Audiology*. 53(11):777-86.
17. Heimann, D. 2003. Meteorological aspects in modeling noise propagation outdoors. *Euronoise*. Napoli. Italy.
18. Kontogiannia, A.; Tsitsonia, T.; Goudelis, G. 2011. An index based on silvicultural knowledge for tree stability assessment and improved ecological function in urban ecosystem. *Ecological Engineering*. 37(6): 914-919.
19. Kuchelmeister, G.; Braatz, S. 1993. Una nueva visión de la silvicultura. *Unasylva*. 173(44): 3-12.
20. Martens, M.; Michelsen, A. 1981. Absorption of acoustic energy by plant leaves. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 69(1): 303-306.
21. Martínez, A. 2005. Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración*. 2(1): 1-49.
22. MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2011. Informe del Estado del Medio Ambiente. 2ª Ed. Santiago. Chile.
23. MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2012. Decreto Supremo N°38/11. Establece norma de emisión de ruidos generado por fuentes que indica. Santiago. Chile.
24. MMA (Ministerio del Medio Ambiente). s.f. Estrategia para la gestión del control de ruido ambiental (2010 - 2014). Santiago, Chile.
25. Nowak, D.; McHale, P.; Ibarra, M.; Crane, D.; Stevens, J.; Luley, C. 1998. Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. Gryning, S; Chaumerliac, N (Eds.). *Air pollution modeling and its application*. New York. Plenum Press. P. 399-407.
26. Ochoa de la Torre, J. 1999. La vegetación como instrumento para el control microclimático. Tesis Doctoral en Arquitectura. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Construcciones Arquitectónicas.
27. Onuu, M. 2006. Modelling of excess noise attenuation by grass and forest. *Nigerian Journal of Physics*. 18(2): 197-202.
28. Peng, J.; Bullen, R.; Kean, S. 2014. The effects of vegetation on road traffic noise. Melbourne. Roads and maritime services. Australia.
29. Platzer, L.; Iñiguez, R.; Cevo, J.; Ayala, F. 2007. Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*. 67: 122-128.
30. Ponce, M.; Vallejos, O.; Mendoza, M. E. 2016. Contribución del arbolado urbano a la mitigación del cambio climático. Medición de las principales variables. Reporte Técnico, 20 p.
31. Ponce-Donoso, M.; Vallejos-Barra, O. 2016. Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(2): 195-208.
32. Posada, M.; Arroyave, M.; Fernández, C. 2009. Influencia de la vegetación en los niveles de ruido urbano. *Revista EIA*. 12: 79-89.
33. Pudjowati, U.; Yanuwiyadi, B.; Sulistiono, R.; Suyadi. 2013. Estimation of noise reduction by different vegetation type as a noise barrier: A survey in highway along Waru-Sidoarjo in East Java, Indonesia. *International Journal of Engineering and Science*. 2(11): 20-25.
34. Reethof, G.; Frank, L.; McDaniel, O. 1976. Absorption of sound by tree bark. United States. Forest service U.S Department of Agriculture.
35. Rosatto, H.; Botta, G. F.; Tolón Becerra, A.; Tardito, H.; Leveratto, M. 2016. Problemáticas del cambio climático en la ciudad autónoma de Buenos Aires - aportes de las cubiertas vegetadas en la regulación térmica. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 48(1): 197-209.

36. Samara, T.; Tsitsoni, T. 2007. Road traffic noise reduction by vegetation in the ring road of a big city. International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics. Skiathos. Grecia. p. 2591-2596.
37. SECTRA (Secretaría de Planificación de Transporte). 2012. Actualización plan de transporte de Talca y desarrollo anteproyecto. Concepción. Chile. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
38. Sepúlveda, D. 2004. Momentos urbanos y demográficos del siglo veinte. *In*: CHILE: Un siglo de políticas en vivienda y barrio. Santiago. Chile. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. p. 25-49.
39. Van Renterghem, T.; Attenborough, K.; Maennel, M.; Defrance, J.; Horoshenkov, K.; Kang, J.; Bashir, I.; Taherzadeh, S.; Altreuther, B.; Khan, A.; Smyrnova, Y.; Yang, H. 2013. Measured light vehicle noise reduction by hedges. *Journal Applied Acoustics*. 78: 19-27.
40. WHO (World Health Organization). 1999. Guide lines for community noise. London. United Kingdom.
41. WHO (World Health Organization). 2001. International classification of functioning, disability, and health: ICF. Geneva.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thanks to Ministerio del Medio Ambiente of Chile, for funding Project NAC-I-035-2014, which allowed the acquisition of necessary instruments for this research.

Effect of culture medium on morphogenic processes *in vitro* in *Cinchona officinalis* L.

Efecto del medio de cultivo en los procesos morfogénicos *in vitro* en *Cinchona officinalis* L.

José Antonio Moreno Serrano ¹, César Pérez Ruíz ¹, Ivonne Moreno Fierro ¹,
Jorge Moreno Fierro ²

Originales: *Recepción*: 24/10/2017 - *Aceptación*: 11/12/2018

ABSTRACT

This paper describes the effect of the various plant growth regulators of the culture medium on morphogenic processes *in vitro* in *Cinchona officinalis* L, a highly vulnerable species from southern Ecuador. To do this, different concentrations of NaOCl were used in combination with different immersion times for seed disinfection; for seed germination *in vitro* GA₃ was added to the MS basal culture medium in different concentrations, and for morphogenic processes *in vitro*, different concentrations of auxins and cytokinins were combined. The decrease in the contamination rate was with high concentrations of NaOCl and an increase in the germination rate in 45 days with the addition of 1.0 mg L⁻¹ GA₃ to the culture medium the hormonal combination of 0.5 mg L⁻¹ NAA + 2.5 mg L⁻¹ BAP showed a high rate of shoot proliferation and with 1.0 mg L⁻¹ NAA a high number of roots was obtained. In the callogenesis phase, the best results were obtained with 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D + 0.5 mg L⁻¹ BAP for callus proliferation. *In vitro* propagation protocols were generated in *Cinchona officinalis* L, for the preservation and conservation of the species.

Keywords

plant growth • germination • organogenesis • callogenesis

-
- 1 E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural. E.T.S. Ingenieros Agrónoma, Alimentaria y de Biosistemas. Departamento de Biotecnología y Biología Vegetal. UPM. Madrid. España. josemoreno796@gmail.com
 - 2 University of Bedfordshire. Vicarage St. Luton. LU1 3JU. United Kingdom.

RESUMEN

Este trabajo describe el efecto de los diversos reguladores de crecimiento del medio de cultivo en los procesos morfogénicos *in vitro* en *Cinchona officinalis* L, una especie altamente vulnerable del sur de Ecuador. Para ello, se utilizó diferentes concentraciones de NaOCl en combinación con distintos tiempos de inmersión para la desinfección de semillas; para la germinación *in vitro* de semillas se agregó AG_3 al medio de cultivo MS basal en diferentes concentraciones, y para los procesos morfogénicos *in vitro* se combinaron diferentes concentraciones de auxinas y citocininas. Se obtuvo la disminución de la tasa de contaminación con altas concentraciones de NaOCl y aumento de la tasa de germinación en 45 días con la adición de $1,0 \text{ mg L}^{-1} AG_3$ al medio de cultivo; la combinación hormonal de $0,5 \text{ mg L}^{-1} ANA + 2,5 \text{ mg L}^{-1} BAP$ mostró una alta tasa de proliferación de brotes y con $1,0 \text{ mg L}^{-1} ANA$ se logró obtener un alto número de raíces/explante. En la fase de callogénesis, los mejores resultados se obtuvieron con $1,0 \text{ mg L}^{-1} 2,4-D + 0,5 \text{ mg L}^{-1} BAP$ para proliferación de callo. Se generaron protocolos de propagación *in vitro* en *Cinchona officinalis* L, con fines de preservación y conservación de la especie.

Palabras clave

reguladores del crecimiento • germinación • organogénesis • callogénesis

INTRODUCTION

The cascarilla or *Cinchona officinalis* L, is an endemic tree located in the southern Ecuador, which for its medicinal properties has been overexploited, coming to be listed as a endangered species and is considered a priority species of conservation and study in Ecuador (19).

The *in vitro* multiplication of plant species is an alternative for the conservation of this species and arises thanks to the totipotential capacity of plant cells, which allows regenerating a whole plant from small portions of tissues, organs or plant cells under aseptic conditions and controlled (13). The morphogenic response *in vitro* is determined by the interaction of numerous factors: genotype of the donor plant, type of explant and physiological state, chemical composition of the culture medium and physical environment of the incubation of all the factors involved, growing regulators play a funda-

mental role in the control of morphogenesis (22).

Although the first seedlings of forest species obtained by *in vitro* were obtained in the 1960s, for some species the micro-propagation procedures are still under development, mainly due to the tremendous dependence between the response of the crop and the genotype (8, 14, 17). Species like *Cinchona* have not been the exception, being used to increase the productivity of alkaloids through the *in vitro* culture of diverse tissues and whole seedlings (Geerlings *et al.*, 1999; Hoekstra *et al.*, 1990; Walton *et al.*, 1987); these works developed within the *in vitro* propagation in several species such as the *Cinchona* have been the basis for the establishment of massive propagation protocols for reintroduction and reinforcement of populations of *C. officinalis* in the natural habitat (5).

As the *in vitro* culture medium is a conservation strategy for threatened species, for allowing the massive multiplication of plants (6) and taking into account that the specimens of *C. officinalis* are sporadic in their natural environment, the rapid loss of viability of the seeds, the recalcitrance in the conservation of the seeds for long periods of time, the scarce natural regeneration, the increasing importance due to its pharmacological properties, among other factors. For this reason, the present study was carried out in order to generate protocols for *in vitro* propagation in *C. officinalis*, analyzing the effect of various plant growing regulators when triggering a satisfactory *in vitro* morphogenic response.

MATERIALS AND METHODS

Identification and selection of trees

The area of influence of the study was located in the southern zone of Ecuador, it shares geographical territories of the Andean, Litoral and Amazon regions; from the extreme north to the south it has a length of 156.8 km and from east to west 156.6 km including the Cantons of Loja, Catamayo and Saraguro, with a total area of 10,793 km². The trees of *C. officinalis* were identified based on the description of morphological aspects of the specimens: stem form, filotaxical distribution of the branches along the stem, height of the shaft, DBH (diameter at breast height) and plant health of the tree.

In vitro's seed germination

The seeds of *C. officinalis* were selected considering characteristics such as: shape, size, color, physiological maturity and good plant health conditions. In aseptic conditions, the seeds were subjected to a

first disinfection with 70 % ethyl alcohol for 1 min, followed by two five-minute washes with sterile water (5). Then, in groups of 50 seeds, a second disinfection was carried out with sodium hypochlorite (commercial bleach "Ajax Chlorine" 5.25%) 15, 25 and 50 % (v/v) in water, for 5, 10 and 15 min. The culture medium used for sowing of the *in vitro* of the seeds consisted of MS mineral salts (32) supplemented with vitamins (1 mg L⁻¹ of thiamine and 100 mg L⁻¹ of myo-inositol), sucrose as a source of 2 % carbohydrates, agar (SIGMA®) at 0.6 % as a gelling agent and gibberellic acid (GA₃) in three concentrations (0.0, 0.5 and 1.0 mg L⁻¹). The pH was adjusted to 5.8 ± 0.2 with sodium hydroxide 1N (NaOH) before placing 10 ml parts in 11 x 25 cm glass tubes, then sterilized in an autoclave for 15 minutes at 120 °C and 1.1 kg cm⁻². The sowing of 2 seeds/glass tube was established; the seeds were evaluated by direct observation, every 5 days until 45 days after the sowing, the parameters evaluated were: % of contamination and % of germination.

Shoots proliferation

The caulinar apices and nodal segments of *in vitro* seedlings of 5 cm average length were selected with 1-2 nodes. The culture medium used was similar to the seed germination way, supplemented by the combination of plant growth regulators in different concentrations, NAA (naphthaleneacetic acid) 0.5 and 1.5 mg L⁻¹ and BAP (6-benzyl-aminopurine) 2.5, 3.0 and 3.5 mg L⁻¹. The pH was adjusted to 5.8 ± 0.2 with sodium hydroxide 1N (NaOH) before placing 30 ml parts in glass vials (Gerber type) of 10 x 5.3 cm, then sterilized in autoclave for 15 minutes at 120 °C and 1.1 kg cm⁻². Two explants/vial were established; 3 sowings were made at constant intervals of 30 days.

The explants were evaluated, every 5 days until 90 days, the parameters evaluated were: number of shoots, shoots length, number of nodes and number of leaves per explant

Rhizogenesis

The nodal and apical segments of 5 cm of average length with 1-2 nodes were selected and planted in a culture medium consisting of MS mineral salts, supplemented separately with three types of auxins: NAA, IAA (indoleacetic acid) and IBA (indolbutyric acid) in 3 different concentrations 0.1, 0.5 and 1.0 mg L⁻¹, without presence of cytokine to stimulate rooting. The pH was adjusted to 5.8 ± 0.2 with NaOH at 1N, then sterilized in an autoclave for 15 minutes at 120 °C and 1.1 kg cm⁻², 2 explants/vial was established. During the stages of germination, proliferation and rhizogenesis, the explants were incubated at a temperature of 23 ± 2°C, 70 % relative humidity, a photoperiod of 16/8 hours and an illuminance of 3000 lux at the crop level. The explants were evaluated, every 5 days until 90 days, the evaluated parameters were: number of roots/explant, length of roots/explant. In addition, other parameters were evaluated such as: number of shoot/explant, shoot length and number of leaves/explant.

Callogenesis

From seedlings germinated *in vitro*, aseptically proceeded to dissect in order to obtain nodal segments and caulinar apices with a dimension of approximately 0.5 cm in length and 2 cm in diameter, was seeded in the culture medium consisting of mineral salts MS, supplemented separately and combined with 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) in different concentrations, 1.0, 2.0 and

3.0 mg L⁻¹) and BAP at a concentration of 0.5 mg L⁻¹. The pH was adjusted to 5.8 ± 0.2 with NaOH at 1N, then sterilized in an autoclave for 15 minutes at 120 °C and 1.1 kg cm⁻². Two explants/vial were established; 3 sowings were made at constant intervals of 30 days. The explants were evaluated, every 5 days up to 90 days, the parameters evaluated were: % callus formation.

Experimental design and statistical analysis

To analyze the conditions of the trial in the phase of disinfection of seeds, a completely randomized design (DCA) with a factorial arrangement of 3 x 3 was used, with 9 treatments and 3 repetitions. The germination phase was evaluated by DCA, with 3 treatments and 3 repetitions. The proliferation phase using a DCA, in a factorial arrangement of 2 x 3, with 6 treatments and three repetitions. The spread phase was evaluated by a DCA, in a factorial arrangement of 3 x 3, with 9 treatments and three repetitions. Finally, the callogenesis phase by DCA, with a factorial arrangement of 3 x 2, with 6 treatments and 3 repetitions. For the statistical analysis of the data obtained in each of the trials, the software InfoStat version 2010 (16) was used, the ANOVA analysis of variance was performed, establishing significant differences with the Duncan test at a level of significance of 0.05.

RESULTS AND DISCUSSION

Seeds disinfections

In woody species the contamination rates are higher in many cases, the material comes from trees growing in the field where they have been associated with other organisms, likewise the degree

of contamination is also determined by the climatic conditions of the region, by what is more difficult to obtain clean explants (37). This condition was evident in the present research, since when material from the field was introduced, the high percentage of contamination did not allow its establishment *in vitro*, which forced the use of plant material from seeds germinated *in vitro*, with a sanitary regime more controlled.

The result of the percentage of contamination in *C. officinalis* according to the analysis of variance did not show significant differences between the treatments, a successful reduction of the contamination was obtained using NaClO, benefiting the establishment under *in vitro* conditions of the seeds of *C. officinalis*. It was observed that the higher the concentration of exposure to NaClO, the lower the percentage of contamination. The treatments at 25 % of NaClO during 10 min of immersion and 50 % of NaClO during 5, 10 and 15 min of immersion did not present contamination by fungi and/or bacteria being the best treatments in decrease of the contamination rate, in contrast 15 % NaClO treatments during 5 and 10 min of immersion showed a higher contamination rate of 13.33 %, caused by fungi and/or bacteria (table 1, figure 1A, page 60); filamentous fungi and bacteria are the main contaminants in *in-vitro* seed disinfection tests, they remain attached to seeds under natural conditions (12, 18, 38).

The results of the variable percentage of contamination are related to those obtained by Conde *et al.* (2017) in seeds of *Loxopterygium huasango* spruce ex Egl, using concentrations of 50 % NaOCl, obtained 0 % contamination in the *in vitro* cultivation. Other authors have also successfully used chlorine in crops in which contamination hinders the estab-

lishment of seeds and explants at *in vitro* conditions. According to Romero (2000), in disinfection of explants in *Annona muricata*, observed that the higher concentration and time of exposure to NaOCl, the lower percentage of contamination, results similar to those obtained in this research.

Seed germination *in vitro*

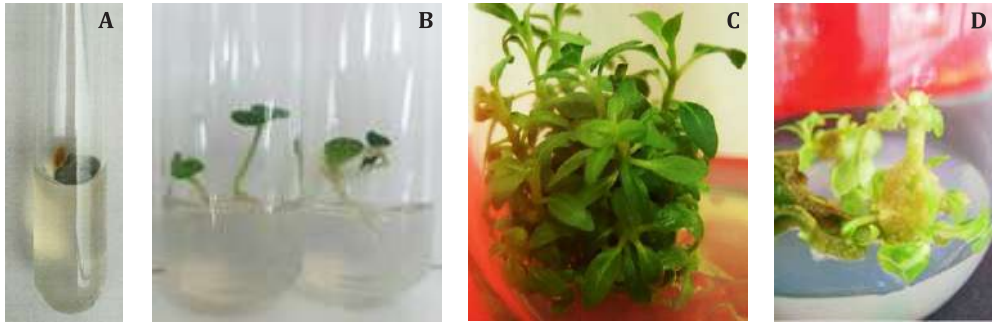
In the present research, the germination of the seeds of *C. officinalis* was considered when the embryo absorbed water and increased its diameter and length, eventually breaking the seed coat. Among the different *in vitro* germination treatments of seeds in *C. officinalis* applying different concentrations of GA₃, significant differences were found (p = 0.0379), the maximum germination reached for the species was 74.44 % with the treatment of 1.0 mg L⁻¹GA₃ was presented at 15 days and stabilized 45 days after sowing (table 2, figure 1B, page 60).

In the present research, an acceptable germination of the seeds of *C. officinalis*

Table 1. Effect of sodium hypochlorite (NaOCl) on the disinfection of *C. officinalis* seeds

Tabla 1. Efecto del hipoclorito de sodio (NaOCl) en la desinfección de semillas de *C. officinalis*

Treatments	% contamination
T1 (15 % NaOCl - 15 min immersion)	6.67
T2 (15 % NaOCl - 10 min immersion)	13.33
T3 (15 % NaOCl - 5 min immersion)	13.33
T4 (25 % NaOCl - 15 min immersion)	6.67
T5 (25 % NaOCl - 10 min immersion)	0.00
T6 (25 % NaOCl - 5 min immersion)	6.67
T7 (50 % NaOCl - 15 min immersion)	0.00
T8 (50 % NaOCl - 10 min immersion)	0.00
T9 (50 % NaOCl - 5 min immersion)	0.00



A) seed *in vitro* after the disinfection phase with NaClO in different concentrations (15, 25 and 50%) and different times of immersion (5, 10 and 15 min); B) germination of seeds with 1.0 mg L⁻¹ GA₃; C) proliferation of shoots at apices and nodal segments with 0.5 mg L⁻¹ NAA + 2.5 mg L⁻¹ BAP; D) proliferation of calluses in apices and nodal segments.

A) semilla *in vitro* después de la fase de desinfección con NaClO en diferentes concentraciones (15, 25 y 50%) y diferentes tiempos de inmersión (5, 10 y 15 min); B) germinación de semillas con 1.0 mg L⁻¹ AG₃; C) proliferación de brotes en ápices y segmentos nodales con 0.5 mg L⁻¹ ANA + 2.5 mg L⁻¹ BAP; D) proliferación de callos en ápices y segmentos nodales.

Figure 1. *In vitro* germination and proliferation of *C. officinalis* in MS culture medium with different growth regulators.

Figura 1. Germinación y proliferación *in vitro* de *C. officinalis* en medio de cultivo MS con diferentes reguladores de crecimiento.

Table 2. Effect of Gibberellic acid (GA₃) on seed germination of *C. officinalis*.

Tabla 2. Efecto del ácido giberélico (AG₃) en la germinación de semillas de *C. officinalis*.

Treatment	% germination	p - value	E.E
T1 (0.0 mg L ⁻¹ GA ₃)	50.00 AB	0.0379	7.09
T2 (0.5 mg L ⁻¹ GA ₃)	41.11 A		
T3 (1.0 mg L ⁻¹ GA ₃)	74.44 B		

Average ± E.E; the letters in common mean that the values are not statistically different p> 0.05 according to Duncan's test.

Promedio ± E.E; las letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes p> 0,05 según la prueba de Duncan.

germinated sowed *in vitro* in the MS culture medium was obtained, the germination rate could be influenced by several factors, among which not all the seeds, despite having been selected they were not viable and only those with a viable embryo germi-

nated, also, the seeds of *C. officinalis* are generally non-endospermic, very small and show latency as characteristic of this genus, or also to the ABA concentration of the seeds (4), so that if its concentration is high, germination is low. However, in comparison with what occurs in nature with *C. officinalis*, where the germination of the seeds produced is low and of these only a very small percentage reaches the adult stage (5), the percentage of germination obtained in this work was satisfactory.

It is evident in this work that as the concentration of GA₃ was increased, the percentage of germination increases, which is in concordance with what was mentioned by López-Granados and García-Torres (1996), they pointed out that *in vitro* germination has advantages because it increases the germination rate, reduces the time and homogenizes the germination by the hormonal action (AG₃) stimulating the germination of the seeds.

Other authors have obtained results similar to those obtained in this research, Jäer (2014) showed that seeds of *C. pubescens* germinate between 10 to 40 days using the same amount of 1.0 mg L⁻¹ GA₃. Armijos-González and Pérez (2016) showed germination rates in *C. pubescens* of 53.5 % and *C. officinalis* of 56.6 % in germination studies and their relationship with the content of phenols in the seeds, and with the use of photoperiod they increased the germination percentages in *C. pubescens* 90.0 % and *C. officinalis* 86.7 %. Likewise, Koblitz *et al.* (1983) obtained 5.8 % germination in seeds of *C. succirubra* and 15 % for *C. ledgeriana*.

Shoots proliferation

In general, organogenesis is regulated by a cytokinin-auxin relationship, where a high ratio induces caulogenesis and a low ratio induces root. In this way, the cytokinins boost the development of axillary buds by breaking the apical dominance regulated by the auxinic activity of the apex (21). In this investigation, when

using BAP in high concentrations with respect to NAA, significant differences were found between *in vitro* caulogenic treatments in apices and nodal segments of *C. officinalis* applying different concentrations of NAA and BAP ($p = 0.0016$). Treatment with 0.5 mg L⁻¹ NAA + 2.5 mg L⁻¹ BAP obtained the highest proliferation of shoots/explant (6.11), number of leaves (6.18) and nodes/explant (2.93) (table 3; figure 1C, page 60); thus, high concentrations of cytokines (1 to 10 L⁻¹) induce the formation of adventitious buds, but inhibit root formation (21).

As observed in this study, BAP cytokinins were the growth regulator that induced shoots in *C. officinalis*, this exogenous cytokinin supply contributed to obtain this response possibly with synergistic effect on the good physiological condition of the explants. Similar results were described by Córdova (2012), with a hormonal concentration of 0.1 mg L⁻¹ NAA + 1 mg L⁻¹ BAP was able to obtain 4 shoots/explant in *C. officinalis*.

Table 3. Effect of interaction of the naphthaleneacetic acid (NAA) and 6-benzylaminopurine (BAP) on the proliferation of shoots of *C. officinalis*

Tabla 3. Efecto de la interacción de ácido naftalenoacético (ANA) y 6-bencilaminopurina (BAP) en la proliferación de brotes de *C. officinalis*

Treatments	Nº shoots/ explant	Length of shoots (mm)	Nº leaves/ explant	Nº nodes/ explant
	p-value = < 0.0016 E.E = 0.40	p-value = 0.0029 E.E = 0.58	p-value = 0.0006 E.E = 0.30	p-value = 0.0025 E.E = 0.17
T1 (0.5 mg L ⁻¹ NAA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP)	6.11 A	15.81 AB	6.18 A	2.93 A
T2 (0.5 mg L ⁻¹ NAA + 3.0 mg L ⁻¹ BAP)	2.78 BC	12.45 D	3.02 D	1.56 C
T3 (0.5 mg L ⁻¹ NAA + 3.5 mg L ⁻¹ BAP)	3.93 B	14.52 BC	4.26 BC	2.04 BC
T4 (1.5 mg L ⁻¹ NAA + 2.5 mg L ⁻¹ BAP)	2.24 C	13.50 CD	3.81 CD	1.60 C
T5 (1.5 mg L ⁻¹ NAA + 3.0 mg L ⁻¹ BAP)	3.10 BC	17.76 A	4.66 B	2.21 B
T6 (1.5 mg L ⁻¹ NAA + 3.5 mg L ⁻¹ BAP)	3.09 BC	15.53 BC	3.82 CD	1.79 BC

Average; the letters in common mean that the values are not statistically different $p > 0.05$ according to Duncan's test.

Promedio ± E.E; las letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes $p > 0,05$ según la prueba de Duncan.

Armijos-González and Pérez (2016) in *C. officinalis* with 3.0 L⁻¹ IBA + 5.0 L⁻¹ BAP obtained 5.3 shoots/explant. Other studies on shoots proliferation in other forest species were reported by Días (2012) in *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, with 2.0 mg L⁻¹ BAP obtained results of 3 shoots/explant. Daquinta *et al.* (2003) evaluated different concentrations of cytokinins with the aim of stimulating the emission of shoots in *Tectona grandis* and *Swietenia macrophylla*, the best results in *Tectona grandis* were obtained with a MS culture medium + 1.0 mg L⁻¹ BAP with an average of 2.6 shoots/explant and 2.3 nodes/explant. In *Swietenia macrophylla* the most effective concentration resulted with the MS + 1.0 mg L⁻¹ BAP with an average of 7.2 shoots/explant, among other forest species, in which the use of cytokinins has contributed to its shoots. However, in most of these forest species and in the results observed in this investigation, the concentrations used did not exceed 10 mg L⁻¹. So, in the case of *C. officinalis*, having to use low concentrations of BAP, it is because the plant tissue is efficiently metabolizing the hormone for the proliferation of shoots.

Likewise, similar observations in some studies were described by Daquinta *et al.* (2003), the higher concentration of cytokinin (BAP) leads to greater number of shoots in forest species. Hoekstra *et al.* (1990) showed that when there is a relatively higher level of cytokinins (BAP) against auxins (NAA) in the culture medium, the tissue manifests the formation of new shoots, if on the contrary the levels of the two hormones are reversed so that the proportion of auxins is greater compared to the cytokinins, tissue expression changes and roots originate.

The results also showed, that when decreasing the BAP concentration in

the MS culture medium, an increase was observed on the number of nodes and leaves of *C. officinalis* under *in vitro* conditions. Similarly, Ramos *et al.* (2000) in studies on forest species, observed that the number of nodes and leaves in the shoots increased as the levels of cytokinins in the environment decreased. While, inversely it was observed, when increasing the concentration of BAP (1.5 mg L⁻¹ NAA + 3.0 mg L⁻¹ BAP) in the MS culture medium, shoots with greater length (17.76 mm) were obtained (table 3, page 61), on the other hand, other studies reported that as the concentration of BAP in the culture medium was increased, a decrease in the length of the shoots was observed and with it a reduction in the number of nodes and leaves (33); probably, the low concentrations used of cytokinins in this study lower than 10 mg L⁻¹ contributed to not observing this response.

Rhizogenesis

It has been observed that the presence of auxins in the culture medium is essential for root formation *in vitro* and boosts cell lengthening, callus formation and adventitious roots (42).

In the present investigation, significant differences were observed between *in vitro* rooting treatments of caulinar apices and nodal segments adding different concentrations of NAA, IAA and AIB, for root number/explant ($p = <0.0001$) and root length ($p = <0.0001$). It was observed that the treatments with NAA in the MS culture medium were the ones that favored the number and length of roots/explant. The results also showed that, increasing the concentration of NAA to 1.0 mg L⁻¹ in the MS culture medium, an increase was observed on the number of roots/explant (5.31); Husen and Pal (2003) also observed that increasing the amounts of auxin in the medium increases the percentages

of rooting. While, inversely, the concentration of NAA at 0.1 mg L⁻¹ in the MS culture medium was observed, roots were obtained with a longer length (6.11 mm) (table 4; figure 2B, page 64).

The results obtained show that the number and length of the roots is dependent on the amount of auxin present in the MS culture medium. However, regardless of their size, the roots formed *in vitro* are characterized mostly by being physiologically inefficient and functional due to the easy hydration and nutrition of the tissues from the culture medium. Additionally, it has been observed that, anatomically, the vascular connections between the stem and the roots formed *in vitro* are very weak, which generally favors their rapid deterioration, needing to be quickly replaced by new radical formations during the *ex vitro* conditioning phase

(3). Likewise, it was observed that NAA in concentrations of 0.5 mg L⁻¹, boosts the number of shoots/explant (3.74) and shoot length (31.29 mm), and by decreasing NAA to 0.1 mg L⁻¹ favored the number of leaves/explant (6.20) (table 4). A positive relationship was observed between NAA and the variables number of roots, length of roots and number and length of shoots, is also a favorable relation for the establishment of the plants in the MS culture medium and will allow a greater survival of *C. officinalis* during establishment in the greenhouse.

Other authors also obtained results similar to those of this study, such as those reported by Lozano (2014) who obtained a 54.16 % roots/explant using concentrations of 5.0 mg L⁻¹ NAA with 10.0 g L⁻¹ sucrose in *Arabica Coffee*; Quintero (2000) in studies carried out *in vitro* in *Dioscorea*

Table 4. Effect of Naphthalene Acetic Acid (NAA), Indoleacetic Acid (IAA) and Indolebutyric Acid (IBA) in the induction of rooting in apices and nodal segments of *C. officinalis*

Tabla 4. Efecto de ácido naftalenoacético (ANA), ácido indolacético (AIA) y ácido indolbutírico (AIB) en la inducción de enraizamiento en ápices y segmentos nodales de *C. officinalis*

Treatments	Nº roots/ explant	Length of roots (mm)	Nº shoots/ explant	Length shoots/ explant (mm)	Nº leaves/ explant
	p-value = <0.0001 E.E = 0.50	p-value = <0.0001 E.E = 0.40	p-value = 0.0019 E.E = 0.35	p-value = 0.0076 E.E = 2.03	p-value = 0.0011 E.E = 0.40
T1 (0.1 mg L ⁻¹ NAA)	0.90 B	6.11 A	3.37 AB	29.12 ABC	6.20 A
T2 (0.5 mg L ⁻¹ NAA)	1.53 B	2.78 B	3.74 A	31.29 A	3.21 C
T3 (1.0 mg L ⁻¹ NAA)	5.31 A	3.03 B	2.78 ABC	30.76 AB	4.25 BC
T4 (0.1 mg L ⁻¹ IAA)	0.24 B	2.24 B	3.33 AB	27.40 ABC	3.31 C
T5 (0.5 mg L ⁻¹ IAA)	0.54 B	3.10 B	1.90 CD	24.10 BCD	4.75 B
T6 (1.0 mg L ⁻¹ IAA)	0.53 B	3.09 B	1.03 D	22.96 CD	3.73 BC
T7 (0.1 mg L ⁻¹ IBA)	0.24 B	2.24 B	3.63 A	26.45 ABC	2.99 C
T8 (0.5 mg L ⁻¹ IBA)	0.54 B	3.10 B	2.46 BC	17.92 D	3.02 C
T9 (1.0 mg L ⁻¹ IBA)	0.75 B	3.09 B	2.69 ABC	22.63 CD	3.35 C

Average, the letters in common mean that the values are not statistically different $p > 0.05$ according to Duncan's test.

Promedio ± E.E; las letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes $p > 0,05$ según la prueba de Duncan.

alata obtained an average rooting of 3.6 roots/explant with a concentration of 0.9 mg L⁻¹ ANA, and Uribe *et al.* (2012) showed that auxin NAA is an excellent inducer of root growth and callogenic tissue.

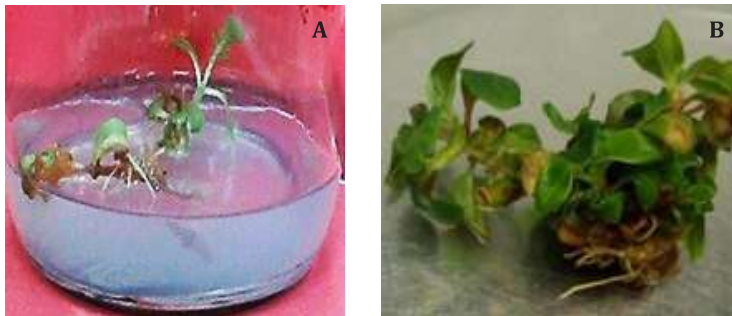
Furthermore, with the treatment of 1.0 mg L⁻¹ IBA root proliferation was observed by indirect organogenesis with an average of 0.75 roots/explant and root length of 3.09 mm (figure 2A); *C. officinalis*, could spontaneously root through indirect organogenesis depending on the endogenous levels of the growth regulators, even affirming that the presence of high concentrations of IBA in the medium tend to decrease the percentage of rooting and increase the formation of calluses in the base of stems (1).

Similar studies have been carried out in other forest species using IBA to induce rooting in the *in vitro* cultivation. Días (2012) obtained an average *in vitro*

rooting of 2.4 roots/explant in *Cedrela montana*, with a concentration of 1.0 mg L⁻¹ IBA and a average root length of 30.58 mm; Conde *et al.* (2017) in *Loxopterygium Huasango* with 0.5 mg L⁻¹ IBA, and Uribe *et al.* (2012) for the *in vitro* rooting of *Nothofagus glauca* with 1.0 mg L⁻¹ of AIB. Thus, Daquinta *et al.* (2003) showed that auxin IBA exerts an inductive rooting effect at the *in vitro* level.

Callogenesis

The results of callus induction *in vitro* showed that when different concentrations of 2,4-D (1.0, 2.0 and 3.0 mg L⁻¹) and BAP (0.5 mg L⁻¹) were applied, significant differences were obtained between treatments ($p = 0.0001$). It was evidenced that the exogenous addition of 2,4-D in combination with BAP to the culture medium, benefited the formation of calluses in the treatments.



A) root proliferation by indirect organogenesis in apices and nodal segments with 1.0 mg L⁻¹ IBA; B) root proliferation by direct organogenesis in apices and nodal segments with 1.0 mg L⁻¹ NAA.

A) proliferación de raíces por organogénesis indirecta en ápices y segmentos nodales con 1.0 mg L⁻¹ AIB; B) proliferación de las raíces por organogénesis directa en ápices y segmentos nodales con 1.0 mg L⁻¹ ANA.

Figure 2. *In vitro* root formation in *C. officinalis* in MS culture medium with different growth regulators.

Figura 2. Formación de raíces *in vitro* en *C. officinalis* en medio de cultivo MS con diferentes reguladores de crecimiento.

The highest proliferation of callus *in vitro* (65 %) was achieved with the minimum concentration of 2,4-D (1.0 mg L^{-1}) in combination with BAP (0.5 mg L^{-1}), obtained after 15 days and stabilizing at 65 days (table 5, figure 3A).

Other authors reported similar results in other forest species using BAP and 2,4-D in the MS culture medium (31), demonstrated that BAP + 2,4-D increased the development of calluses with roots and embryogenic potential and that low

concentrations of these 2 growth regulators induce a greater development of embryogenic callus. Sharma, *et al.* (2014) showed that the hormonal combination of IBA with BAP generates callus formation, obtained adventitious shoots in *Tylophora indica*, in a culture medium supplemented with 5.0 mg L^{-1} BAP and 3.0 mg L^{-1} IBA. Liu *et al.* (2011) in *Tylophora indica* obtained a high proliferation of callus using a combination of BAP + IBA there are other researches in the type *Cinchona* sp. of the

Table 5. Effect of the interaction of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 6-benzyl-aminopurine (BAP) on the induction of callus of *C. officinalis*.

Tabla 5. Efecto de la interacción de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 6-bencil- aminopurina (BAP) en la inducción de callos de *C. officinalis*.

Treatments	% of formation of callus	p-value	E.E
T1 (1.0 mg L^{-1} de 2,4-D)	51.67 B	0.0001	8.4
T2 (2.0 mg L^{-1} de 2,4-D)	16.67 A		
T3 (3.0 mg L^{-1} de 2,4-D)	13.33 A		
T4 (1.0 mg L^{-1} de 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} BAP)	65.00 B		
T5 (2.0 mg L^{-1} de 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} BAP)	48.33 B		
T6 (3.0 mg L^{-1} de 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} BAP)	53.33 B		

Average, the letters in common mean that the values are not statistically different $p > 0.05$ according to Duncan's test.

Promedio \pm E.E; las letras en común significan que los valores no son estadísticamente diferentes $p > 0,05$ según la prueba de Duncan.



A) proliferation of translucent, whitish and spongy callus in explants with 1.0 mg L^{-1} 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} BAP; B) change in callus coloration, white to brown and/or brownish; C) differentiation of the compact globular structure (proembryo) with 0.1 mg L^{-1} 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} KIN.

A) proliferación de callo translúcido, blanquecino y esponjoso en explantes con 1.0 mg L^{-1} 2,4-D + 0.5 mg L^{-1} BAP; B) cambio en la coloración del callo, de color blanco a tono marrón y/o carmelita; C) diferenciación de la estructura globular compacta (proembrión) con $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ 2,4-D + $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ KIN.

Figure 3. *In vitro* callogenesis of *C. officinalis* in MS culture medium with different combinations of growth regulators.

Figura 3. Calogénesis *in vitro* de *C. officinalis* en medio de cultivo MS con diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

role of growth regulators in the production of secondary metabolites in cell cultures (7, 36).

The growth regulators are determinants in the embryogenic response, they interact with the levels of endogenous hormones and there is also the possibility that the answers are given by the joint action of two or more regulators (2, 40).

The friable callus presented also small globular structures (figure 3C, page 65), these results are corroborated by Loyola *et al.* (1999) who observed in friable embryogenic tissue the appearance of globular structures characteristic of somatic embryos, refer to these structures as proembryos and indicate they were originated from mesophilic or epidermal cells.

CONCLUSIONS

It was possible to stimulate different pathways of morphogenic responses in *C. officinalis*, for which 0 % contamination was achieved by fungi and endogenous bacteria that remain latent in the seeds of the species, applying high concentrations of NaOCl and the germination rate was increased with the addition of 1.0 mg L⁻¹ GA₃ to the MS culture medium. A high proliferation rate of shoots, nodes and leaves with 0.5 mg L⁻¹ NAA + 2.5 mg L⁻¹ BAP was also boosted; likewise, with 1.0 mg L⁻¹ NAA, a greater number of roots/explant was obtained. Finally, the addition of 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D + 0.5 mg L⁻¹ BAP to the MS culture medium benefited the proliferation of callus/explant. Results that contribute to the establishment of *in vitro* plant culture for studies of morphogenesis in endemic forest species.

REFERENCES

1. Abdelnour, A.; Muñoz, A. 2005. Micropropagación de teca (*Tectona grandis* L.f). Revista Forestal Mesoamericana. 2(5): 1-11. Avalaible in: <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/541/467>
2. Anami, E.; Mugutu, J.; Taracha, C.; Coussens, G.; Mansour, K.; Hilson, V.; Machuka, S. 2010. Somatic embryogenesis and plant regeneration of tropical maize genotypes. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 103: 285-295. doi: 10.1007/s11240-010-9731-7
3. Arancibia Urzúa, G. N.; Callejas Rodríguez, R.; Meza, G. R. 2017. Evaluación de reguladores de crecimiento como raleadores en racimos de 'Thompson Seedless'. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(1): 1-14.
4. Arditti, J.; Ghanl, A. K. 2000. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. New Physiologist. 145(3): 367-421. doi: 10.1111/nph.12500
5. Armijos-González, R.; Pérez, C. 2016. *In vitro* germination and shoot proliferation of the threatened species *Cinchona officinalis* L., (Rubiaceae). Journal of Forestry Research. 27(6): 1229-1236. doi: 10.1007/s11676-016-0272-8
6. Blom, T.; Kreis, W.; van-Iren, F.; Libbenga, K. 1992. A non-invasive method for the routine-estimation of fresh weight of cells grown in batch suspension cultures. Plant Cell Reports. 11(3): 146-149. doi: 10.1007/BF00232168
7. Bhojwani, S.; Santu, P. 2013. Plant tissue culture: an introductory test. Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-81-322-1026-9>
8. Conde Solano, V.; Eras Guamán, V.; González Zaruma, D.; Moreno Serrano, J.; Minchala Patiño, J.; Yaguana Arévalo, M.; Poma Angamarca, R.; Valarezo Ortega, C. 2017. Procesos biotecnológicos para la proliferación y enraizamiento *in vitro* de hualtaco *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. proveniente del bosque seco de la provincia de Loja. Bosques Latitud Cero. 7(1): 33-55. Available in: <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/171/167>

9. Córdova, P. 2012. Evaluación del efecto de los ciclos de cultivo y reguladores de crecimiento sobre la estabilidad genética en el cultivo de segmentos nodales de *Cinchona officinalis* usando marcadores ISSR. Ecuador: UTPL.
10. Covelo, G.; Ferro, E.; Vielba, M.; Sánchez, C. 2009. Molecular analysis of adventitious rooting in Fagaceae species. In K.S. Niemi. Adventitious root formation of forest trees and horticultural plants-from genes to applications. 105-122 p. India: Research Singpost. Available in: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/125349/1/Covelo%20et%20al.pdf>
11. Daquinta, M.; Rodríguez, L.; Ramos, L.; Capote, R. 2003. Biotechnology management of species and bamboos in Cuba. XII Woorld Forestry. Québec. Canada.
12. Das, M. P. 2005. *In vitro* regeneration of *Bambusa cao* Roxb. Factors affecting. Plant Cell. 81(1): 109-112. doi: 10.1007/s11240-004-3017-x
13. Davis, J. M.; Becwar, M. R. 2007. Developments in tree cloning. developments in fibres and fibre treatment series. U.K.: PIRA International Ltd.
14. de-Klerk, J.; van-der-Krieken, W.; de-Jong, J. 1999. Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*. 35: 189-199. doi: 10.1007/s11627-999-0076-z
15. Días, G. 2012. Procesos morfogénicos *in vitro* de Cedro (*Cedrela montana* Moritz ex Turcz.) inducidos, a partir de semillas, para propagación y conservación de germoplasma. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
16. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2010. *InfoStat versión*. Argentina. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba.
17. Fernández-Lorenzo, J. R.; Rigueiro, A.; Ballester, A. 1999. Polyphenols as potential markers to differentiate juvenile and mature chestnut shoot cultures. *Tree Physiology*, 19: 461-466. doi: 10.1093/treephys/19.7.461
18. Folgueras, M.; Herrera, L.; Carrazana, D. 2001. La contaminación microbiana en la micropropagación *in vitro* de semillas tropicales. In Libro de reportes cortes, taller Internacional de Biología Vegetal. 183-185 p.
19. Garmendia, A. 2005. El árbol de la Quina (*Cinchona sp*). Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
20. Geerlings, A.; Hallard, D.; Martinez, A.; Lopes, I.; van der Heijden, R.; Verpoorte, R. 1999. Alkaloid production by a *Cinchona ledgeriana* hairy root culture containing constitutive expression constructs of tryptophan decarboxylase and strictosidine synthase cDNAs from *Catharanthus roseus*. *Plant Cell Reports*, 19: 191-196. doi: 10.1007/s002990050732
21. George, E. F.; Hall, M. A.; Deklerk, G. 2008. *Plant propagation by tissue culture*. Springer. The Netherlands. 412-413 p.
22. Giri, C. C.; Shyamkumar, B.; Anjaneyulu, C. 2004. Progress in tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to trees: an overview. *Trees*. 18: 115- 135. doi: 10.1007/s00468-003-0287-6
23. Hoekstra, S.; Harkes, P.; Verpoorte, R.; Libbenga, K. 1990. Effect of auxin on cytodifferentiation and production of quinoline alkaloids in compact globular structures of *Cinchona ledgeriana*. *Plant Cell Reports*. 8(10): 571-574. doi: 10.1007/BF00270055
24. Husen, A.; Pal, M. 2003. Clonal propagation of teak (*Tectona grandis* Linn. f.): Effect of IBA application and adventitious root regeneration on vertically split cuttings. *Plant Physiology. Botany Division. Forest Research Institute. P.O. New Forest. Dehra Dun-248006. India*. Retrieved from https://works.bepress.com/azamal_husen/10/download/
25. Jäer, H. 2014. *Cinchona pubescens*. In *Zyklusopädie der Holzgewächse*. Weinheim, Alemania: Wiley VCH.
26. Koblitz, H.; Koblitz, D.; Schmauder, H.; Gröger, D. 1983. Studies on tissue cultures of the genus *Cinchona officinalis* L. Alkaloid production in cell suspension cultures. *Plant Cell Reports*. 2(3): 122-125. doi: 10.1007/BF00269334
27. Liu, F.; Huang, L.; Yang, L.; Reinhold, P.; Jongsma, M.; Wang, C. 2011. Shoot organogenesis in leaf explants of *Hydrangea macrophylla* 'Hyd1' and assessing genetic stability of regenerants using ISSR markers. *Plant Cell. Tissue Organ Culture*. 104: 111-117. doi: 10.1007/s11240-010-9797-2

28. Lopez-Granados, F.; García-Torres, L. 1996. Effects of environmental factors on dormancy and germination of crenate broomrape (*Orobancha crenata*). *Weed Science*. 44(2): 284-289. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4045680>
29. Loyola, M.; Fuentes, C.; Monforte, M.; Mendez, M.; Rojas, R.; Mijangos, J. 1999. Coffee tissue culture as a new model for the study of somaclonal variation. Helsinki. Finland: Colloque Scientifique Internationale du Café.
30. Lozano, A. 2014. *In vitro* propagation of coffee (*Coffea arabica*), Lempira variety from meristems. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana-Zamorano.
31. Moncada, E.; Garcés, M.; Anaya, M. 2004. *In vitro* induction of somatic embryogenesis from leaf litter of *Coffea arabica* L. *Academia*. 3(6): 23-28.
32. Murashige, T.; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 15(3): 473-497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
33. Pedroza, J.; Tupaz, W. 2008. Micropropagación de *Ilex kunthiana* & *Planchon* (Aquifoliaceae), una especie de gran importancia en programas de revegetalización. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 10(2): 72-84. Available in: <https://search.proquest.com/openview/79eb18ecf474dcef630d0b61d7ad0208/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035764>
34. Polo, J.; Suarez, I.; Gatti, K. 2013. Micropropagación de *Tectona grandis* L. f. a partir de meristemos preexistentes. *Temas Agrarios*. 18(2): 83-93. Available in: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Flores22/publication/268151866_DETERMINANTES_DE_LA_EFICIENCIA_TECNICA_DE_EXPLORACIONES_DE_FRIJOL_UBICADAS_EN_PORTUGUESA_VENEZUELA/links/5462bef80cf2837efdb000ac.pdf#page=83
35. Quintero, I. 2000. *In vitro* rooting of *Dioscorea* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 5(2): 51-56. doi: 10.15446/rev.colomb.biote
36. Ramos-Valdivia, A.; van-der-Heijden, R.; Verpoorte, R. 1997. Elicitor mediated induction of anthraquinone biosynthesis and regulation of isopentenyl diphosphate isomerase and farnesyl diphosphate synthase activities in cell suspension cultures of *Cinchona robusta* How. *Planta*. 203: 155-16. doi: 10.1007/s004250050177
37. Rathore, J. S.; Rathore, M. S.; Singh, M.; Singh, R. P.; Shekhawat, N. S. 2007. Micropropagation of mature tree of *Citrus limon*. *Indian Journal of Biotechnology*. 6(2): 239-244. Available in: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/5026>
38. Rodríguez, M. 2008. Identification of the causal agent of a bacterias (*Dioscorea alata* L.). *Interciencia*. 33(7): 532-536. Available in: <http://unicencia.ambientelex.info/infoCT/Idenegcaubaterive.pdf>
39. Romero, D. 2000. Una metodología para la desinfección y el control de la oxidación en explantes foliares de guanábana (*Annona muricata* L.). *Acta Científica Venezolana*. 51(2): 7.
40. Sharma, M.; Verma, R.; Singh, A.; Batra, A. 2014. Assessment of clonal fidelity of *Tylophora indica* (Burm. f.) Merrill "*in vitro*" plantlets by ISSR molecular markers. *SpringerPlus*. 3: 400. doi: 10.1186/2193-1801-3-400
41. Taiz, L.; Zeiger, E. 2014. *Plant Physiology*. California: Oxford University Press.
42. Uribe, M.; Ulloa, J.; Delaveau, C.; Sáez, K.; Muñoz, F.; Cartes, P. 2012. Influence of auxins on the *in vitro* rooting of microtars of *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana Botánica*: 69(1): 105-112. doi: 10.4067/S071766432012000100010
43. Walton, N.; Parr, A.; Robins, R.; Rhodes, M. 1987. Toxicity of quinoline alkaloids to cultured *Cinchona ledgeriana* cells. *Plant Cell Reports*. 6(2): 118-121. doi: 10.1007/BF00276667

Effects of salt stress on germination, seedling growth, osmotic adjustment, and chlorophyll fluorescence in *Prosopis alba* G.

Efectos del estrés salino sobre la germinación, crecimiento de plántulas, ajuste osmótico y fluorescencia de la clorofila en *Prosopis alba* G.

Diego Ariel Meloni¹, Marta Rosalía Gulotta¹, Diolina Moura Silva², María Paz Arraiza³

Originales: *Recepción:* 14/03/2018 - *Aceptación:* 17/10/2018

ABSTRACT

Prosopis alba G. is a species of high forest importance in the phytogeographical region of Western Chaco. Although *P. alba* has been considered as salinity tolerant, its salinity thresholds for germination and seedling growth are unknown, as well as the physiological mechanisms involved in them. The aim of this study was to elucidate the mechanisms of tolerance of *P. alba* to salt stress. Seed germination, seedling growth, osmotic adjustment, and chlorophyll fluorescence were analyzed. Germination was more tolerant to salinity than seedling growth, with thresholds of 600 mM and 500 mM, respectively. The species showed a high capability of osmotic adjustment, with values near to those observed in halophytes. The photochemical phase of photosynthesis was highly tolerant to saline stress, showing photoinhibition from 400 mM NaCl, as indicated by the fluorescence variables of chlorophyll. This behavior was associated to an increase in anthocyanin concentrations in the leaves.

Keywords

Germination • seedling growth • osmotic adjustment • chlorophyll fluorescence

-
- 1 Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. 4200. Santiago del Estero. Argentina. dmeloniunse@gmail.com
 - 2 Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Ciências Biológicas. Núcleo de Pesquisa em Fotossíntese. Vitória. ES. Brasil.
 - 3 Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Forestal y Medio Natural. España.

RESUMEN

Prosopis alba G es una especie de importancia forestal en la Región fitogeográfica del Chaco Occidental. Aunque *P. alba* ha sido mencionada como tolerante a la salinidad, no se conocen los umbrales de salinidad para la germinación y el crecimiento de plántulas, ni los procesos fisiológicos involucrados. El objetivo de este trabajo fue dilucidar los mecanismos de tolerancia de *P. alba* al estrés salino. Se estudió la germinación de semillas, el crecimiento de plántulas, ajuste osmótico y fluorescencia de la clorofila. La germinación fue más tolerante a la salinidad que el crecimiento de plántulas, con umbrales de 600 y 500 mM, respectivamente. La especie mostró una alta capacidad de ajuste osmótico, con valores cercanos a los observados en halófitas. La etapa fotoquímica de la fotosíntesis fue altamente tolerante al estrés salino, mostrando fotoinhibición a partir de 400 mM de NaCl, tal como lo indicaron las variables de fluorescencia de la clorofila. Este comportamiento estuvo asociado a un incremento en la concentración de antocianinas en hojas.

Palabras clave

Germinación • crecimiento de plántulas • ajuste osmótico • fluorescencia de la clorofila

INTRODUCTION

Prosopis alba G. is a tree species of forest importance in the phytogeographical region of Western Chaco. It is used for furniture and carpentry, and its fruits are consumed by people and cattle. It inhabits the humid savanna and the most humid low lands with sandy soils, forming belts around saline depressions (7).

Germination and seedling establishment constitute the most critical periods among the physiological processes in the life cycle of the plants that grow in arid regions; therefore, the presence of adaptations at these ontogenetic stages can determine their natural distribution (10, 32). Salinity can inhibit germination and seedling growth by preventing water absorption due to either the low water potential of the soil solution or the toxic effect of ions (31).

Among the terrestrial nitrogen-fixing plants, the genus *Prosopis* presents high tolerance to salinity. *P. juliflora* (5),

P. alata, and *P. Argentina* (33) have shown the capability to grow in salinities at about 500 mM NaCl. Velarde *et al.* (2003) compared the survival of 27 *Prosopis* families (seed from individual mother trees) as a function of salinity from 10 to 45 dSm⁻¹. The *P. pallida* families had significantly greater mean survival than *P. alba* at seawater salinities of 45 dSm⁻¹ (61.1% vs. 41.7%).

Osmotic adjustment (OA) has been considered an important physiological adaptation associated with tolerance to salt stress and has received much attention in recent years (11). It is the accumulation of osmotically active solutes (proline, glycine betaine, sugar alcohols, etc.) that reduce the water potential of tissues, maintaining a gradient with the soil solution to allow water absorption. This strategy enables the maintenance of cell turgor and the physiological processes that depend on it, such as growth (19).

Stored solutes and its contribution to OA vary widely among species. For instance, in *Prosopis strombulifera* the degree of tolerance to salt stress correlates with the concentration of proline, polyols, and ions, which also contribute to OA (17).

Saline stress affects photosynthesis either directly or indirectly. In order to understand the physiological status in higher plants and determine photosynthetic damage affected by environmental stresses, chlorophyll fluorescence assay is a rapid and sensitive measure of photosynthetic competence (1).

The aim of this study was to contribute with information on the mechanisms of tolerance of *P. alba* to salt stress. The working hypotheses were that *P. alba* tolerates saline concentrations close to seawater (500 mM NaCl), performs osmotic adjustment, and exhibits a photochemical stage of stable photosynthesis at high saline concentrations.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material

The fruits were harvested randomly within a *P. alba* forest developed outside temporary pools in the town of Maco (27° 51'20 "S, 64° 13'27" W), Santiago del Estero Province, Argentina. The seeds were manually extracted from the fruit and scarified by removing a small portion of the coat at the cotyledon end with nail clippers.

Germination

Four lots of twenty-five seeds were placed to germinate between paper towels moistened with 10 ml of NaCl solutions containing 0 (control), 100, 200, 300, 400, 500, 600, and 700 mM. Germination towels were rolled, covered with polythene bags to minimize water loss

by evaporation, and placed vertically in a growth chamber at 25 °C with a 12- hour photoperiod (22). The seeds that emerged in the cotyledons were considered germinated. Both the percentage of germination and the mean germination time (MGT) were calculated according to Nichols and Heidecker (1996).

Growth

Seeds were placed to germinate under the conditions described in the previous item. Subsequently, 2-week-old seedlings were hydroponically cultivated in 5-liter containers with 25% Hoagland nutritive solution with the addition of 0 (control), 100, 200, 300, 400, 500, or 600 mM NaCl (20 seedlings per container).

The trial was conducted in a growth chamber (25°C, with a 12-hour photoperiod). Transpiration losses were offset by the addition of distilled water, keeping the level of solution in the containers constant.

After reaching the highest salinity, seedlings were kept under the same conditions for seven days. In that material, dry matter was determined, and the variables associated with water relations and chemical determinations were measured.

Water relations and quantification of inorganic and organic solutes

Water potential (Ψ_w), relative water content (RCW), and osmotic potential (Ψ_s), were determined using the methodology described by Silva *et al.* (2010). Pressure potential (Ψ_p) was calculated using the difference between Ψ_w and Ψ_s .

It was determined OA as the difference in osmotic potential at full turgor between control (Ψ_{sc}^{100}) and salt stress (Ψ_{ss}^{100}) conditions (3). It was quantified Na⁺ and K⁺ concentrations by flame spectrophotometry and determined Cl⁻ concentration by titration with AgNO₃ (18).

Proline, soluble sugars, glycine betaine, and anthocyanin were extracted and spectrophotometrically quantified according to techniques described by Bates *et al.* (1973), Dubois *et al.* (1956), Grieve and Grattan (1983), and Krizek *et al.* (2016), respectively.

Each solute concentration was expressed as mmol of solute per kg of water in the tissue. Relative contribution (RC) of every solute to Ψ_s was estimated as a percentage of osmolarity and calculated by the following rate: RC=solute concentration (mmol kg⁻¹ water)/solvent osmolarity (mmol kg⁻¹ solvent), according to Silva *et al.* (2010).

Chlorophyll fluorescence parameters

Chlorophyll fluorescence parameters were assessed using a portable photosynthesis meter. Minimal fluorescence (F_0), was measured in 30-min dark-adapted leaves, whereas maximal fluorescence (F_m) was measured in the same leaves in full light-adapted conditions. Maximal variable fluorescence ($F_v = F_m - F_0$) and the photochemical efficiency of PSII (F_v / F_m) for dark-adapted leaves were also calculated from the measured parameters (21). In light-adapted leaves (for 15 min), steady state fluorescence yield (F_s), maximal fluorescence (F_m') after 0.8 s saturating white light pulse, and minimal fluorescence (F_0') were measured when actinic light was turned off; further calculation was made by using the equation $F_0' = F_0 / (F_v / F_m + F_0 / F_m')$ (28).

Non-photochemical quenching (NPQ) value due to the dissipation of absorbed light energy was determined at each saturating pulse in accordance with the equation $NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$. The coefficient for photochemical quenching, qP, which represents the fraction of open PSII reaction centre, was calculated as $qP = (F_m' - F_s') / (F_m' - F_0')$ (21).

Photochemical efficiency of photosystem II (Φ_{PSII}) was calculated as followed (11): $\Phi_{PSII} = (F_m' - F_s') / F_m'$.

Experimental design and statistical analysis

Each experiment was repeated at least twice. An experimental completely randomized design with four repetitions was used. For the germination tests, the experimental unit consisted of paper towels containing twenty-five seeds (four rolls of twenty-five seeds per treatment). As regards growth, water relations, and chlorophyll fluorescence tests, the experimental unit consisted of a 5-liter container accommodating twenty seedlings (four recipients per treatment). The plant physiological parameters were recorded from fully expanded second or third youngest leaves.

The germination and growth results did not meet the assumptions of ANOVA, which were analyzed with the nonparametric test Kruskal-Wallis at 0.05 confidence level. The results of water relations and chlorophyll fluorescence parameters were subjected to ANOVA, and means were compared using the Tukey test at 0.05 confidence level.

RESULTS

P. alba showed great tolerance to salinity during the germination stage (table 1, page 73). The percentage of germination was not affected by concentrations of 100, 200, 300, and 400 mM NaCl, compared with the control maintained in the order of 98%. At 500 mM NaCl, there was a small but significant decrease, reaching an average of 86%. At 600 mM, a significant inhibition of germination with an average of 12% was recorded.

Table 1. Percentage of germination, mean germination time (MGT), root and shoot dry weight, and root/shoot ratio in seeds and seedlings of *P. alba* incubated in NaCl solutions¹.

Tabla 1. Porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación (MGT), peso seco de raíces y parte aérea, y relación raíces/parte aérea en semillas y plántulas de *P. alba* incubadas en soluciones de NaCl¹.

NaCl (mM)	Germination (%)	MGT	Dry Weight (mg)		Root/Shoot
			Root	Shoot	
0	98.12 a	4.07 a	22.71 a	76.23 a	0.29 a
100	95.08 a	4.14 a	21.53 a	74.90 a	0.28 a
200	97.14 a	4.19 a	22.10 a	75.31 a	0.29 a
300	94.32 a	4.02 a	21.44 a	76.27 a	0.28 a
400	91.25 a	5.13 b	18.32 b	45.18 b	0.40 b
500	86.07 b	5.06 b	17.47 c	34.60 c	0.50 c
600	12.17 c	9.01 c	--	--	--

¹ For each variable, different letters indicate significant differences by Kruskal-Wallis test ($P < 0.05$).

¹ Para cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas por el test de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

At higher concentrations of NaCl, germination was completely inhibited and, though radicles emerged, cotyledons did not. Therefore, the threshold of the species in the germination stage was 600 mM NaCl.

The average germination time (TMG) was more sensitive to NaCl than the final percentage of germination, registering an increase from 400 mM NaCl, probably due to a slower imbibition of seeds as a result of the low water potential in the incubation solution.

The growth of hydroponically grown seedlings was more sensitive to salt stress than the germination process (table 1), and a different behavior was observed in shoots and roots, respectively. At 400 mM NaCl, aboveground biomass decreased 20% compared with the control, and 46% at 500 mM. On the other hand, at 400 mM NaCl, root biomass decreased 24% compared with the control.

As a result, a significant increase was observed in the root/shoot ratio from 400 mM NaCl.

Seedlings grown at 600 mM NaCl showed chlorosis and necrosis, dying before concluding the test. Therefore, the threshold for seedling growth white carob is 500 mM NaCl.

The water potential of seedlings decreased gradually as the salt concentration in the nutrient solution increased, reaching values of -0.6 MPa in the control and -3 MPa in plants grown at 500 mM NaCl (table 2, page 74). A similar trend was observed in the osmotic potential, with maximum values of -1.5 MPa in the control and -3.9 MPa at 500 mM NaCl. As a result, the seedlings were able to maintain cell turgor, with potential values of 0.9 MPa pressure.

The maintenance of cell turgor and WRC values (table 2, page 74) reinforces the hypothesis of the presence of OA mechanism as a response to salt stress. In agreement with these results, OA values calculated as the difference between Ψ_{sc}^{100} and Ψ_{ss}^{100} increased as the WNaCl concentration increased (table 2, page 74). It was observed OA high values of 1.42 MPa at the highest level of salinity.

Table 2. Water potential (Ψ_w), osmotic potential (Ψ_s), pressure potential (Ψ_p), water relative content (WRC), and osmotic adjustment (OA) in seedlings of *P. alba* incubated in NaCl solutions¹.

Tabla 2. Potencial hídrico (Ψ_w), potencial osmótico (Ψ_s), potencial de presión (Ψ_p), contenido relativo de agua (WRC) y ajuste osmótico (OA) en plántulas de *P. alba* incubadas en soluciones de NaCl¹.

NaCl (mM)	Ψ_w (MPa)	Ψ_s (MPa)	Ψ_p (MPa)	WRC (%)	OA (MPa)
0	- 0.6 a	- 1.5 a	0.9 a	74.2 a	--
100	- 0.9 b	- 1.9 b	1.0 a	72.1 a	0.16 a
200	- 1.4 c	- 2.3 c	0.9 a	73.4 a	0.42 b
300	-1.8 d	- 2.7 d	0.9 a	75.6 a	0.82 c
400	- 2.3 e	- 3.2 e	0.9 a	75.3 a	1.22 d
500	- 3.0 f	-3.9 f	0.9 a	72,7 a	1.42 e

¹ For each variable, different letters indicate significant differences according to Tukey's test ($P < 0.05$).

¹ Para cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Tukey ($P < 0,05$).

The contribution of K^+ to OA was declining as a result of salt stress, but it was always high, which shows a significant selectivity of this cation relative to sodium (table 3). As the contribution of K^+ decreased, Na^+ , Cl^- increased, but the contribution of the cation relative to the anion was always greater (table 3).

As regards organic solutes, the contribution of proline to osmolarity was very

low, 0.94% in the control and 0.33% at the highest level of salinity (table 3).

The contribution of soluble sugars to osmolarity decreased as the NaCl concentration in the medium increased. In control, its contribution was 26.78% and, at 500 mM NaCl, it was 10.75%. The opposite was observed with glycine betaine (GB); its contribution tripled at 500 mM NaCl, compared with the control (table 3).

Table 3. Contribution of K^+ , Na^+ , Cl^- , proline, total soluble sugars (TSS), and glycine betaine (GB) to osmolarity in seedlings of *P. alba* incubated in NaCl solutions¹.

Tabla 3. Contribución de K^+ , Na^+ , Cl^- , prolina, azúcares solubles totales (TSS) y glicina betaína (GB) a la osmolaridad, en plántulas de *P. alba* incubadas en soluciones de NaCl¹.

NaCl (mM)	K^+ (%)	Na^+ (%)	Cl^- (%)	Proline (%)	TSS (%)	GB (%)
0	40.41 a	1.67 a	0.93 a	0.94 a	26.78 a	1.98 a
100	33.19 b	9.93 b	3.45 b	0.71 a	22.50 b	2.83 a
200	22.48 c	23.15 c	4.27 b	0,59 b	17.48 c	5.26 b
300	16.92 d	28.10 d	4.24 b	0.47 b	14.43 d	6.16 c
400	13.63 e	33.95 e	4.33 b	0.42 b	12.37 e	6.11 c
500	11.60 e	33.08 e	5.63 c	0.33 c	10.75 f	6.80 cd

¹ For each variable, different letters indicate significant differences according to Tukey's test ($P < 0.05$).

¹ Para cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con el test de Tukey ($P < 0,05$).

Fluorescence variables did not show significant differences in the range from 0 to 300 mM NaCl (table 4). Higher concentrations produced a decrease in F_v/F_m , Φ_{PSII} and qP values, whereas NPQ increased notoriously. The anthocyanin content in leaves was very sensitive to stress, increasing in all the saline concentrations (table 4).

DISCUSSION

P. alba was more tolerant to salinity in the germination stage than in the seedling growth stage (table 1, page 73). The threshold for germination was similar to the one reported for *Prosopis ruscifolia*, a pioneer halophyte in the phytogeographic region of Western Chaco (22) and higher than *Schinopsis lorentzii*, a glycophyte part of the climax community together with *P. alba*. In *S. lorentzii*, the threshold was 300 mM, with an increase in the MGT from 100 mM NaCl (22).

Concentrations of 400 and 500 mM NaCl not only inhibited biomass production (table 1, page 73), but also increased the root/shoot ratio, resulting in more efficient water and nutrient uptake under saline stress (31).

In Western Chaco, the germination of *P. alba* occurs in summer, when precipitation

reduces the salinity levels in the upper soil layer (23). In autumn, when precipitation ceases and the soil becomes dry, *P. alba* seedlings already possess a profound root system reaching the less saline soil layers, with more water available.

Salt stress can alter the physiology of plants either by an osmotic effect, reducing the water potential of the soil solution and thus limiting the water uptake by the roots, or by a specific toxic effect of ions (25).

Cellular adaptive mechanisms, such as OA, and compartmentalization of toxic ions are vital for plant tolerance to salinity (19). Under severe salt stress, *P. alba* was able to reduce its osmotic potential, and thus its water potential, keeping turgor constant (table 2, page 74).

Hence, the growth was not affected as a result of the water deficit caused by the low osmotic potential of the external solution.

The results of this work show that *P. alba* has an efficient adaptive mechanism that allows it to tolerate high levels of salinity through the maintenance of a good water status of the leaves and an effective osmotic adjustment. Table 3 (page 74) shows that the K^+ involvement in osmolarity decreased with salt stress as the Na^+ contribution increased, but it was always higher than the Cl^- contribution.

Table 4. Effects of saline stress on F_v/F_m , NPQ, Φ_{PSII} , and qP in *P. alba*¹.

Tabla 4. Efectos del estrés salino sobre F_v/F_m , NPQ, Φ_{PSII} and qP en *P. alba*¹.

NaCl (mM)	F_v/F_m	qP	Φ_{PSII}	NPQ	Anthocyanins (mg g ⁻¹)
0	0.710 a	0.227 a	0.154 a	0.180 a	0.190 a
100	0.709 a	0.210 a	0.148 a	0.184 a	0.220 b
200	0.698 a	0.219 a	0.152 a	0.183 a	0.259 c
300	0.703 a	0.215 a	0.149 a	0.182 a	0.308 d
400	0.651 b	0.163 b	0.112 b	0.229 b	0.341 e
500	0.643 b	0.157 b	0.093 b	0.231 b	0.394 f

¹ Means within a column followed by different letters are different according to Tukey's test ($P < 0.05$).

¹ En cada columna, medias seguidas por letras diferentes difieren de acuerdo con el test de Tukey ($P < 0,05$).

In species that accumulate high concentrations of ions in cells, such as *P. alba* and halophytes, vacuoles play generally a central role in osmotic adjustment (22), allowing the compartmentalization of toxic ions such as Na^+ and Cl^- . Similar results were found by Villagra and Cavagnaro (2005) for *P. alpataco*, another salt-tolerant species.

In the cytoplasm, salinity can induce the accumulation of organic solutes compatible with cellular metabolism that, in addition to participating in the OA, act as protectors of macromolecules (22). Thus, the accumulation of ions in both vacuole and cytoplasm organic molecules allows a balance in the water relations within the cell itself.

From the organic solutes studied in this work, GB was the only one that increased its concentration as a response to increased salinity, reinforcing its contribution to osmolarity (table 3, page 74). If stored in the cytoplasm, it is normally around 10% of the cell volume.

These results differ from those observed in *Prosopis strombulifera* (17), which tolerates up to 700 mM NaCl; it had a significant increase in foliar concentrations of proline and soluble sugars, whereas the concentration of GB remained constant. Moreover, whereas Na^+ played a key role in the OA in *P. alba* when compared with Cl^- , in *P. strombulifera* the opposite was observed (17). These results suggest that *Prosopis* species have different levels of tolerance to salinity, and they have also developed differential physiological adaptations during the speciation process.

The Chlorophyll fluorescence analysis shows that in *P. alba* the photochemical stage of photosynthesis is highly tolerant to salinity, because it was only disturbed at concentrations higher than 300 mM NaCl (table 4, page 75). The F_v/F_m value is the

ratio of variable fluorescence to maximal fluorescence and measures the maximum efficiency of PSII (26). This value can be used to estimate the potential efficiency of PSII by considering dark-adapted measurements (8). An increase in F_v/F_m reflects more light use efficiency in plants (16). In addition, an increase in F_v/F_m is also correlated with reduced energy loss as heat. These results are in agreement with Lauer and Ross (2016), who reported that an increase in salinity caused a reduction in F_v/F_m , indicating that there was more energy dissipated as heat (table 4, page 75).

The qP value approximates the proportion of open PSII reaction centers. In other words, qP represents the energy consumed in the photosynthesis. On the other hand, NPQ is the amount of dissipated excessive irradiation into heat. It represents the effective way in which photosynthetic organisms can accomplish the process of dissipating excessive irradiation into heat (29).

The Φ_{PSII} value gives an estimation of the efficiency. It represents the photochemistry at different photon fluxes. There is an inverse relationship between qP and NPQ as well as between Φ_{PSII} and NPQ (6). In this study, both Φ_{PSII} and qP decreased with an increasing value of NPQ and were in line with the results reported by Hazrati *et al.* (2016). Under favourable conditions, almost all the absorbed light is consumed in photochemical reactions (15). There is a negative correlation between Φ_{PSII} and NPQ (6). In addition, it has been reported that there is a linear relationship between Φ_{PSII} and CO_2 absorption (20). In a study on *Aloe vera*, water deficit stress decreased Φ_{PSII} and qP but increased NPQ (12). In this study, the NPQ value increased with increasing saline stress severity. The higher value of NPQ indicates the ability to mitigate the negative effects of environ-

mental stress at the chloroplast level, as these organelles can dissipate the excess of excitation energy (16). Similar results were found in *P. alba* plants exposed to NaCl stress for four days (24).

It has been shown that in photosynthetic tissues, anthocyanin acts as a “sunscreen”, protecting cells from high-light damage by absorbing ultraviolet light, thereby protecting the tissues from photoinhibition. It has also been reported that there is a positive correlation between water stress and anthocyanin biosynthesis (12). All treatments in *P. alba* increased the anthocyanin content in leaves, which is in agreement with the high stability of the photochemical stage of photosynthesis at high salt concentrations (less than 400 mM NaCl).

CONCLUSIONS

P. alba tolerates up to 600 mM NaCl during the germination stage and 500mM NaCl for seedling growth. Its high tolerance to salt stress is determined by its ability to adjust osmotically maintaining cell turgor through the accumulation of osmolytes, such as Na⁺ and GB.

The growth inhibition of the aerial part observed at the highest salt concentrations (400 and 500 mM NaCl) matches the photoinhibition of photosynthesis, as indicated by a reduced quantum yield of PSII, Φ_{PSII} and qP, as well as higher NPQ. The high concentration of anthocyanins constitutes a protection mechanism against adverse effects of saline stress.

REFERENCES

1. Ashraf, M.; Harris, P. J. C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica* 51: 163-190.
2. Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* 39: 205-207.
3. Díaz- López, L.; Gimeno, V.; Lidón, V.; Simón, I.; Martínez, V. 2012. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: an ecophysiological analysis. *Plant Physiol. Bioch.* 54: 34-42.
4. Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
5. El Keblawy, A.; Al-Rawai, A. 2005. Effect of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D. C. *Journal of Arid Environments.* 61: 555-565.
6. Fu, W.; Li, P.; Wu, Y. 2012. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Sci. Hortic.* 135: 45-51.
7. Giménez, A. M.; Moglia, J. G. 2003. Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. Facultad de Ciencias Forestales UNSE. Argentina.
8. Gorbe, E.; Calatayud, A. 2012. Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: a review. *Sci. Hortic.* 138: 24-35.
9. Grieve, C. M.; Grattan, S. R. 1983. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium-compounds. *Plant Soil.* 70: 303-307.
10. Guida-Johnson, B.; Abraham, E. M.; Cony, M. A. 2017. Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 49(1): 205-215.
11. Guo, R.; Zhou, J.; Ren, G.; Han, W. 2013. Physiological responses of linseed seedlings to iso osmotic polyethylene glycol, salt, and alkali stresses. *Agron. J.* 105: 764-772.
12. Hazrati, S.; Tahmasebi-Sarvestani, Z.; Modarres-Sanavy, S. A. M.; Mokhtassi-Bidgoli, A.; Nicola, S. 2016. Effects of water stress and light intensity on chlorophyll fluorescence parameters and pigments of *Aloe vera* L. *Plant Physiol. Biochem.* 106: 141-148.

13. Jameel Al-Kahayri, M. 2002. Growth, proline accumulation, and ion content in sodium chloride-stressed callus of date palm. *In Vitro Cellular and Developmental Biology*. 38: 79-82.
14. Krizek, D. T.; Kramer, G. F.; Upadhyaya, A.; Mirecki, R. M. 1993. UV-B response of cucumber seedlings grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiol. Plant*. 88: 350-358.
15. Lauer, N.; Ross, C. 2016. Physiological and oxidative stress responses of baldcypress in response to elevated salinity: linking and identifying biomarkers of stress in keystone species. *Acta Physiologiae Plantarum* 38. doi:10.1007/s11738-016-2281-9.
16. Li, Q.; Deng, M.; Xiong, Y.; Coombes, A.; Zhao, W. 2014. Morphological and photosynthetic response to high and low irradiance of *Aeschynanthus longicaulis*. *Sci. World. J.* 14: 1-8.
17. Llanes, A.; Bertazza, G.; Palacio, G.; Luna, V. 2013. Different sodium salts cause different solute accumulation in the halophyte *Prosopis strombulifera*. *Plant Biol.* 15: 118-125.
18. Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, Brasil.
19. Mancarella, S.; Van Oostern, M. J.; Sanoubar, R.; Stanghellini, C.; Kondo, S.; Gianquinto, G.; Maggio, A. 2016. Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stressed *Ocimum basilicum*. *Environ. Exp. Bot.* 130: 162-173.
20. Martins, S. C. V.; Galmes, J.; Molins, A.; Damatta, F. M. 2013. Improving the estimation of mesophyll conductance to CO₂: on the role of electron transport rate correction and respiration. *J. Exp. Bot.* 64: 3285-3298.
21. Maxwell, K.; Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence practical guide. *J. Exp. Bot.* 51: 659-668.
22. Meloni, D. 2017. Fisiología Vegetal. Respuestas de especies leñosas al estrés salino. Editorial Universidad Nacional de Santiago del Estero. 176 p.
23. Meloni, D. A.; Gulotta, M. R.; Martínez, C. A. 2008. Salinity tolerance in *Schinopsis quebracho colorado*: seed germination, growth and metabolic responses. *J. Arid Environ.* 72: 1785-1792.
24. Meloni, D. A.; Silva, D. M.; Ledesma, R.; Bolzón, G. 2017. Nutrición mineral y fotosíntesis en plántulas de algarrobo blanco, *Prosopis alba* (Fabaceae) bajo estrés salino. *UNED Res. J.* 9:297-304.
25. Munns, R.; Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
26. Murchie, E. H.; Lawson, T. 2013. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. *J. Exp. Bot.* 64: 3983-3998.
27. Nichols, M. A.; Heidecker, W. 1996. Two approaches to the study of germination data. *Proceeding of International Seed Testing Association.* 33: 351-340.
28. Oxborough, K.; Baker, N. 1997. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. *Plant, Cell Environ.* 20: 1473-1483.
29. Pinnola, A.; Dall'Osto, L.; Gerotto, C.; Morosinotto, T.; Bassi, R.; Alboresi, A. 2013. Zeaxanthin binds to light-harvesting complex stress-related protein to enhance nonphotochemical quenching in *Physcomitrella patens*. *Plant Cell.* 25: 3519-3534.
30. Silva, E. N.; Silva, S. L.; Viégas, R. A. 2010. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. *Environ. Exp. Bot.* 69: 279-295.
31. Silveira, J. A. G.; Araújo, S. A. M.; Lima, J. P. M.; Viégas, R. A. 2009. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in responses to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. *Environ. Exp. Bot.* 66:1-8.
32. Velarde, M.; Felker, P.; Degano, C. 2003. Evaluation of Argentine and Peruvian *Prosopis* germoplasm for growth and seawater salinities. *J. Arid Environ.* 55:512-531.
33. Villagra, P. 2009. Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. *J. Arid Environ.* 37: 261-267.
34. Villagra, P. E.; Cavagnaro, J. B. 2005. Effects of salinity on the establishment and the early growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings in two contrasting soils: implications for their ecological success. *Austral Ecol.* 30:325-335.

Changes in vegetation seasonality and livestock stocking rate in La Pampa Province (Argentina)

Cambios en la estacionalidad de la vegetación y la carga animal en la provincia de La Pampa (Argentina)

Carlos Marcelo Di Bella ^{1,2,3}, María Eugenia Beget ¹, Alfredo Nicolás Campos ^{1,4}, Ernesto Viglizzo ^{2,5}, Esteban Jobbágy ^{2,6}, Alfredo Gabriel García ^{1,2}, Alejandra Sycz ¹, Santiago Cotroneo ¹

Originales: *Recepción: 27/09/2017 - Aceptación: 28/07/2018*

ABSTRACT

Crop production is traversing expansion and intensification processes all over the planet and in consequence the large scale cattle production is being displaced to marginal lands with lower stocking capacity. The objective of this work was to assess the seasonality of vegetation in La Pampa province located in a semiarid region in Argentina and to explore if the variations in seasonality are related to the stocking rate. The hypothesis is the changes in stocking rate of rangelands and its grazing pressure alter the proportion of different vegetation functional groups and so the vegetation seasonality. It is predicted that overgrazing of seasonal grasses will alter the proportion of woody species having consequences over spectral indices. It was analyzed satellite data, particularly the MODIS Enhanced Vegetation Index (EVI) and related it to stocking rate records from SENASA. This work evidences the relationship between the stocking rate and the spectral index EVI, indicator of the primary productivity of vegetation, at departmental scale in the natural areas of Monte and Espinal of La Pampa. Results indicate that in western region (Monte) there was an increment in the stocking rate at department level and a decrease in vegetation seasonality. It is posed that the higher grazing pressure led to the overgrazing of the most palatable herbaceous species, increasing the shrub proportion in landscape.

Keywords

MODIS • EVI • vegetation indices • shrub proportion

-
- 1 Instituto de Clima y Agua, CIRN. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Los Reseros y Nicolás Repetto S/N, Hurlingham (1686), Provincia de Buenos Aires, Argentina. * dibella.carlos@inta.gob.ar
 - 2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
 - 3 Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina.
 - 4 Departamento de Electrónica, Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Argentina.
 - 5 Centro Regional La Pampa-San Luis - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.
 - 6 Grupo de Estudios Ambientales, CONICET-Universidad de San Luis, Argentina.

RESUMEN

La producción de cultivos está atravesando procesos de expansión e intensificación alrededor de todo el planeta. En consecuencia, la producción ganadera está siendo desplazada hacia tierras marginales de menor capacidad de carga. El objetivo de este trabajo es evaluar la estacionalidad de la vegetación en la provincia de La Pampa, ubicada en la región semiárida argentina; y explorar si las variaciones en la estacionalidad están relacionadas con la carga de ganado vacuno. Se plantea como hipótesis que los cambios en la carga animal y la presión de pastoreo alteran la proporción de diferentes grupos funcionales de vegetación, y de esta manera, su estacionalidad. Se predice que el sobrepastoreo de los pastos más estacionales alterará la proporción de especies leñosas, y ello repercutirá sobre los índices espectrales. Se analizó la información satelital, particularmente el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) de MODIS y se lo relacionó con los registros de carga animal de SENASA. Este trabajo evidencia la relación entre la carga animal y el EVI, indicador de la productividad primaria de la vegetación, a la escala de departamento en las áreas naturales del Monte y el Espinal de La Pampa. Los resultados indican que al oeste de la provincia (Monte) hubo un aumento de la carga animal y una disminución de la estacionalidad de la vegetación a escala de departamento. La mayor presión de pastoreo habría conducido al sobrepastoreo de las especies herbáceas más palatables aumentando la proporción de arbustos en el paisaje.

Palabras clave

MODIS • EVI • índices espectrales • proporción de arbustos

INTRODUCTION

The rapid growth in the global demand for primary products, together with regional changes in rainfall levels, rural activities and rural population distribution present a complex picture of change in land use and land cover all around the world. These scenarios gain particular importance in the semiarid regions of Latin America. These are fragile ecosystems that are being affected by changes in cattle production (12, 35) with the consequence of various factors that limit the transformation of primary into secondary production: i) high non-edible woody fraction; ii) poor quality of many grassland species; iii) temporary fluctuations in primary productivity that cannot be linked to cattle consumption and result

in lower stocking rates, iv) growing difficulties to access foraging lands, and/or v) insufficient water through distribution.

Particularly, in Argentina the expansion and intensification of agriculture in the most productive areas of the country (*e.g.* Pampas Region) has caused large-scale displacement of cattle to the western semiarid and arid drylands, a vast rangeland that shows a decreasing stocking capacity from east to west (*e.g.* 9, 37, 38). The expansion process encouraged a rethinking of Argentina's livestock areas (32), which led to the displacement of animals from the most productive areas of the Pampas Region to neighboring semi-arid areas (*e.g.* La Pampa Province).

Changes in land use, like the ones arising from the greater cattle presence in former marginal lands, can lead to the overgrazing of the most palatable species, favoring those that are less palatable and often more tolerant to water stress. Moreover, it can give way to changes in the relative abundance of functional groups, such as grasses and shrubs (19, 25, 31, 39). It has also been well-documented that the conversion of herbaceous systems to shrublands as a result of overgrazing can reduce forage availability in some semiarid regions of the world subjected to high and long-term grazing pressure (3, 18, 25).

Remote sensing provides valuable information for estimating vegetation attributes, and many spectral indices based on data from satellite borne sensors have proved to be very useful for estimating the photosynthetically active radiation absorbed by the canopy (fAPAR), or the leaf area index (LAI) (e.g. 10, 11, 13, 21, 22, 23, 27, 34), among others. Considering various indices, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has been widely used to detect seasonal patterns and interannual trends in vegetation phenology. NDVI time series from AVHRR/NOAA sensors have made it possible to describe functional diversity in the ecosystems of South America (e.g. Pettorelli *et al.*, 2005) and the Iberian Peninsula (e.g. Alcaráz-Segura *et al.*, 2009), and to identify temporal trends in vegetation carbon gain and loss (4, 14, 22, 26, 29). Oesterheld *et al.* (1998) have also shown a strong relationship between livestock biomass and the annually integrated NDVI.

Enhanced Vegetation Index (EVI) improve NDVI by reducing atmospheric and background effects over vegetation signal, improving vegetation monitoring (15). By calculating the seasonal curve of

the EVI, different attributes, such as the start, end and duration of the growing season, among others, can be estimated in order to characterize certain ecosystem functions (2, 7, 16, 30). This vegetation index is one of the most widely recommended for studying semiarid ecosystems, since it reduces the influence of bare soils on the visible and near infrared reflectances (15, 17). Climate conditions could have consequences on the Aboveground Net Primary Productivity (ANPP) in rangelands, and therefore on the annual livestock stocking rate. In this context, the use of integrated EVI could be an indicator of the carrying capacity of ecosystems, since the annual integrated NDVI is strongly associated to the aboveground net primary productivity (ANPP) of grasslands (26).

The main objective of this work was to assess the seasonality of vegetation in La Pampa province located in a semiarid region in Argentina and to explore if the variations in seasonality are related to the stocking rate. The hypothesis is that changes in stocking rate of rangelands and its grazing pressure alter the proportion of different vegetation functional groups and so the vegetation seasonality. It is predicted that overgrazing of seasonal grasses will alter the proportion of woody species having consequences over spectral indices.

MATERIALS AND METHODS

Study area

Within the semiarid region of Argentina, this work assessed the province of La Pampa (figure 1, page 82), covering a total surface of approximately 143440 km².



Source: IGN (National Geographic Institute - Argentina). / Fuente: IGN (Instituto Geográfico Nacional - Argentina).

Figure 1. Region of interest: La Pampa (in dark blue); Departments of La Pampa. Red tones in La Pampa province are related to Ecoregion: Monte, Espinal and Pampas, in west-east sense.

Figura 1. Área de interés: La Pampa (en azul oscuro); Departamentos de La Pampa. Los tonos de rojos en la provincia de La Pampa representan las Ecorregiones: Monte, Espinal y Pampas, en sentido oeste-este.

Rainfall in the province is concentrated during the summer months, with interannual fluctuations ranging between 200 and 700 mm.year⁻¹, with an east-west decreasing gradient. Mean annual temperatures vary between 15 and 17° (INTA Agrometeorological Database).

In north-east corner of La Pampa, corresponding to Pampa medanosa

complex of Pampa ecoregion, psamophile steppes originally prevailed. Nowadays is occupied by annual or perennial crops (20). Espinal ecoregion, cuts across diagonally in a NW-SE direction the central region. Pampas arenosas complexes are dominated by a tree stratum of Calden (*Prosopis caldenia*) and psamophile grasslands covering the herbaceous stratum.

Other tree species as *Prosopis flexuosa* var. *Depressa*, *Geoffroea decorticans*, *Schinus fasciculata* and *Jodinia rhombifolia* and shrubs as *Hyalis argentea* conform the espinal landscape (5, 6, 20).

The western ecoregion; Monte de llanuras y mesetas, hereafter Monte, is dominated by shrub species of *Larrea* ssp and *Atriplex lampa* (20).

Data sets

Estimating stocking rate

Annual cattle stocking rates were estimated based on annual reports by SENASA (National Animal Health and Agri-food Quality Service-Argentina) (36), a government agency that keeps long-term records on the number of cattle vaccinated against foot and mouth disease at a departmental level in all provinces of Argentina. This study was based on SENASA's records for the 2003 to 2009 period, including different cattle categories (e.g. cows, heifers). These categories were then converted into Animal Unit Equivalents (AUE) using the following coefficients: cows 1; heifers, steers and yearlings 0.8; calves 0.6; and bulls 1.3 (8). For each studied year, the stocking rate (expressed in AUE ha⁻¹) was estimated based on AUE data and the area of each department.

Satellite monitoring of vegetation

Vegetation monitoring was performed using the Enhanced Vegetation Index (EVI) calculated as:

$$EVI = 2.5 \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + 6 \cdot \rho_{red} - 7.5 \cdot \rho_{blue}}$$

where:

ρ_{nir} , ρ_{red} , and ρ_{blue} = apparent reflectances in the near infrared, red and blue spectral bands of the electromagnetic spectrum, respectively.

MODIS Terra satellite provides 16-day composite EVI data (MOD13Q1) at a spatial resolution of 250 m (16). In this case, MOD13Q1 images corresponding to tiles h12/v12 and h13/v12 were downloaded for the July 2003-June 2010 period (https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool). This time series more extensive than SENASA's-allowed us to integrate data regarding vegetation function during the stage of the growing season when livestock is estimated.

Meteorological data

Precipitation data was gathered from different sources: INTA (National Institute of Agricultural Technology), APA (annual data, Water Administration of La Pampa Government, <http://www.apa.lapampa.gov.ar/index.php>), Police Department of La Pampa (monthly data, <http://www.policia.lapampa.gov.ar/contenidos/ver/lluvias>), and GPCC (Rudolf *et al.*, 2005, Global Precipitation Climatology Center, annual data, <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/gpcc-global-precipitation-climatology-centre>). GCPP gridded data at 50 km resolution were averaged per department. GCPP data fitted to APA data ($R^2=0.83$) (37). Annual records were calculated summing monthly records, except for those provided annually. Depending on the availability of data for each year, department records from different data sources were averaged.

Estimating vegetation seasonality

With the aim of analyzing seasonal dynamics pixel by pixel, MODIS EVI composite images were stacked into nine-year sets (2003-2010); each one comprising a complete growing season in the southern hemisphere (from July_{year} to June_{year+1}). In order to get a description of the seasonal variation, every pixel from

each set of images was used to calculate maximum, minimum and mean values for the corresponding season (figure 2A).

To get an indicator of vegetation seasonality, an annual range relative ratio (RREL) was later calculated as the ratio between the amplitude ($\text{Maximum}_{\text{year}} - \text{Minimum}_{\text{year}}$) and the mean value of the season based on the EVI. The resulting data was used to create a new time series consisting of $\text{RREL}_{\text{year}}$ per pixel, and was considered as an indicator of vegetation seasonality throughout the entire period (28). With the new $\text{RREL}_{\text{year}}$ series, a linear regression was calculated and the slope was analyzed to provide temporal trend

data for every pixel of the study area (figure 2B). Goodness of fit was not taken into consideration, since the aim was not to linearize changes, but to study their trend over time.

In this regard, the strategy is based on the evidence showing that shrubs make more efficient use of water throughout the year (24), which in turn results in a lower intra-annual vegetation indices variability as opposed to the greater seasonality of grasses (37). Since it is not possible to separate Calden tree renewals from grasses, the methodology presents some limitations in this sense, particularly in Espinal departments.

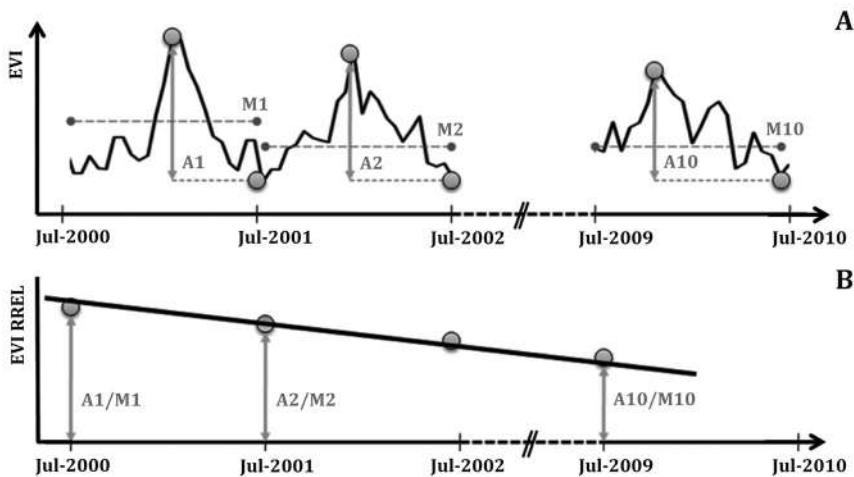


Figure 2. Assessment of EVI variability over time. A) Curve amplitude (A_n) calculated from the maximum and minimum values for each period (grey circles) and mean values (M_n) for each growing season (Jul 2000-Jul 2001); B) Trend in EVI RREL, calculated as the ratio of A_n to the M_n for each period.

Figura 2. Variabilidad del EVI a lo largo del tiempo. A) Amplitud (A_n) calculada a partir de los valores máximo y mínimo para cada periodo (círculos grises) y los valores medios (M_n) para cada estación de crecimiento (Jul 2000-Jul 2001); B) Tendencia del rango relativo del EVI (RREL), calculado como la relación entre A_n y M_n para cada periodo.

In order to have an indicator of seasonality of vegetation for each pixel, it was analyzed the EVI RREL. At department level, mean RREL was related to changes in stocking rate (2010 vs. 2003) and to mean annual precipitation. Significance of regressions were test considering $\alpha=5\%$. To analyze trending in RREL it was calculated the slope of regression between RREL-time at pixel level and averaging pixel values per department.

RESULTS AND DISCUSSION

At a provincial level, cattle stock fell by 24% between 2003 and 2009 (table 1). However, at a departmental level, changes on cattle stocks depended on the type of dominant vegetation. Negative trend showed a decrease of about 100800 number of cattle heads by year ($y = -100779x + 4 \cdot 10^6$; $R^2 = 0.5876$). While the departments belonging to Espinal, experienced an average decrease of 28%, the western departments dominated by Monte registered an approximate rise of 84%, considering differences in department stock between 2003 and 2009, and then averaging by department categories. Departments located in the limits of both ecoregions and have half and a half of area in each one, are linked to one ecoregion or the other one, depending on the stock value. Chalileo and Limay Mahuida are considered Monte because they had low cattle stock in average, but Lihuel Calel is considered Espinal because it showed greater cattle stock in average.

The stocking rate at province level decreased during the studied period, decreasing also the inter-department variability (table 1). At department level, for Monte ecoregion, stocking rate went up during the first period, 2003 to 2008, and was followed by a marked drop in

Table 1. Stocking rate (AUE ha⁻¹ year⁻¹) and cattle stock (Number of heads) evolution in La Pampa. The values are expressed as mean \pm standard deviation.

Tabla 1. Carga animal (EV ha⁻¹ año⁻¹) y existencia (número de cabezas) a lo largo de los años estudiados. Los valores se expresan como valor promedio \pm desvío estándar.

Period	La Pampa	
	Stocking rate	Cattle stock
2003-2004	0.387 \pm 0.266	3510752 \pm 76307
2004-2005	0.378 \pm 0.269	3357299 \pm 73462
2005-2006	0.370 \pm 0.251	3402373 \pm 69853
2006-2007	0.366 \pm 0.238	3437193 \pm 65390
2007-2008	0.357 \pm 0.230	3371836 \pm 64093
2008-2009	0.333 \pm 0.202	3224575 \pm 61400
2009-2010	0.293 \pm 0.199	2668809 \pm 52038

2009 and 2010 (polynomial regressions illustrate trends, figure 3, page 86). One of the possible causes that could contribute to this particular behavior is the severe drought that affected the region in 2008-2009 (37). That same year, rainfall was 26% lower than the mean levels recorded for the 2003 to 2010 period. This was also the driest season except for 2003, for the same period.

When relating animal stocking rates in each department to the mean interannually integrated EVI for the growing season (from July_{year} to June_{year+1}), as a proxy of ANPP, it was founded a positive correlation and a significant adjustment. The relationship between annual EVI and stocking rate for the 22 departments points to a sigmoid distribution ($y = -97.252x^3 + 68.189x^2 - 11.699x + 0.6379$; $R^2 = 0.8898$; $n=154$). Relationship between EVI and Stocking rate can be divided into three sections (figure 4A, page 86): a) mean EVI values above 0.3; b) mean EVI values

between 0.15 and 0.3; c) mean EVI values bellow 0.15.

Above the mean EVI value of 0.3, there were no variations in stocking rates. In this case, rises in the mean EVI could respond

to higher primary productivity from the tree component, which would have no effect in forage offer; or maybe they could stem from a greater offer of lower quality forage, thus limiting the stocking rate.

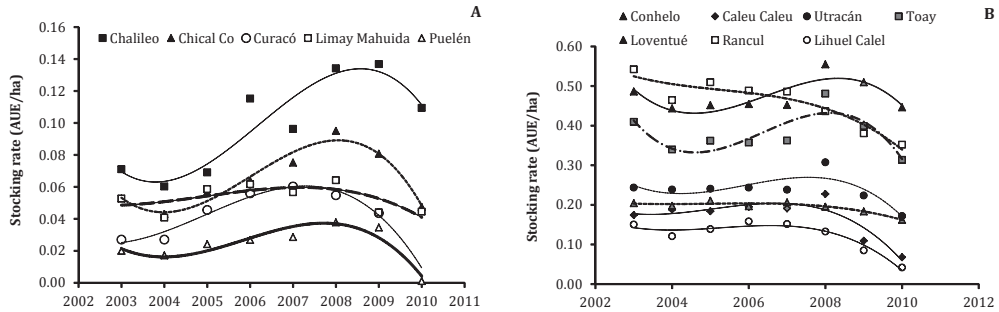


Figure 3. Stocking rate in the departments of La Pampa for the 2003-2010 period according to land vegetation types (A) monte and (B) espinal. The lines show the polynomial regression at departmental level.

Figura 3. Carga animal en los departamentos de La Pampa para el periodo 2003-2010 para los tipos de vegetación (A) monte y (B) espinal. Las líneas muestran la regresión polinómica a escala de departamento.

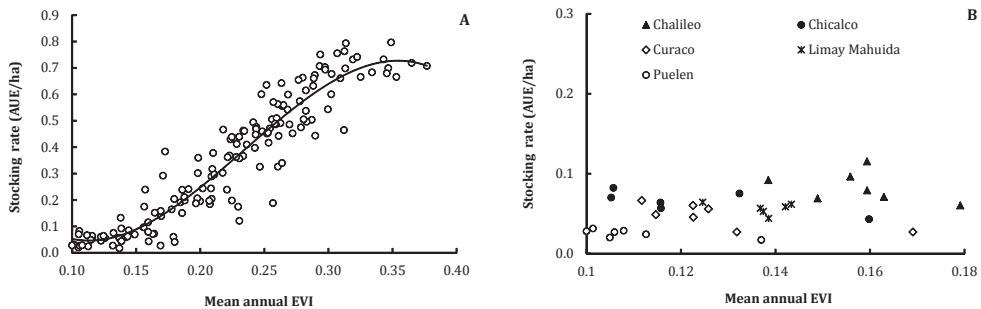


Figure 4. (A) Stocking rate as a function of mean annual EVI for La Pampa for the 2003-2010 period. The solid line shows the polynomial regression for the province; (B) Stocking rate as a function of mean annual EVI for Monte departments for the 2003 to 2010 period.

Figura 4. (A) Carga animal en función del EVI anual promedio para La Pampa para el periodo 2003-2010. La línea sólida muestra la regresión polinómica para la provincia; (B) Carga animal en función del EVI anual promedio para los departamentos del Monte para el periodo 2003-2010.

Vázquez *et al.* (2013) attributed the increment in NDVI from 1982 to 2006 in west La Pampa to the increasing shrub proportion. Shrubs and tree renewals could affect water and light interception, having consequences on grasses and receptivity.

For mean EVI values between 0.15 and 0.30, there was a positive linear trend with stocking rates ($y = 3.2401x - 0.3659$; $R^2 = 0.8675$; $n=109$). This narrow linear portion of the relationship would be associated with a strong correlation between EVI and the photosynthetic activity of grasslands and therefore to the ANPP of grasslands. As to mean EVI values between 0.1 and 0.15, there were no variations in departmental stocking rates.

Finally, considering the lower EVI range, departmental increases did not reflect a rise in the stocking rate of rangelands (figure 4B, page 86). Only Monte departments were situated in this first section of EVI-Stocking rate relationship. In coincidence with previous findings this results insinuate the increasing stocking rate in these marginal ecosystems can lead to the overgrazing of the most palatable

herbaceous species, and as a result reduces the availability of these species in contrast to shrub species (37). The higher mean annually integrated EVI corresponds to a greater shrub proportion replacing grasses, which is in turn linked to a drop in the annual seasonality. Although mean EVI values did not differ significantly between years at a departmental level (figure 4B, page 86; $y = 0.302x + 0.0147$; $R^2 = 0.0905$; $p=0.25$), RREL decreased significantly ($\alpha=10\%$) between 2000 and 2010 in those Monte departments (figure 5A, page 88; $y = -0.0183x + 37.2$; $R^2 = 0.3756$; $p=0.057$), supporting the hypothesis. Those departments most affected by increases in the stocking rate also experienced sharper declines in vegetation seasonality. This functional change in the landscape could be considered as indirect evidence of a higher proportion of shrub species, leading to a drop-in cattle receptivity during the final period. On the other hand, the increment of tree renewals has been described as a grassland degradation indicator and could be a source of noise in the association of the receptivity to seasonality of vegetation.

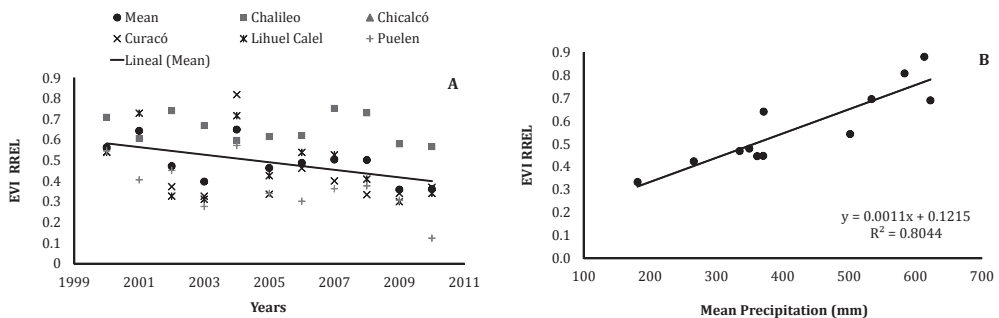
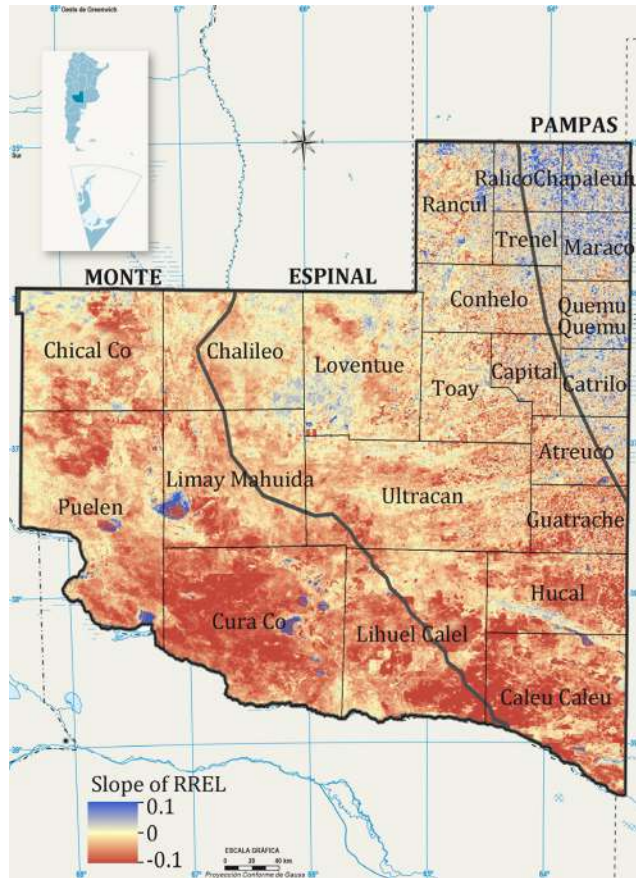


Figure 5. (A) Mean EVI RREL for Monte departments for the 2003 to 2010 period. The line represents the linear trend for the department's average. (B) Mean EVI RREL as a function of mean precipitation for Monte departments.

Figura 5. (A) EVI RREL promedio para los departamentos del Monte para el periodo 2003-2010. La línea representa la tendencia lineal para el promedio de los departamentos. (B) EVI RREL promedio en función de la precipitación promedio para los departamentos del Monte.



Source: IGN (National Geographic Institute - Argentina). / Fuente: IGN (Instituto Geográfico Nacional - Argentina).

Figure 6. Representation of the slope of trend in EVI RREL per year for La Pampa.

Figura 6. Mapa de la pendiente de la tendencia del EVI RREL anual para La Pampa.

Mean RREL is related to mean annual precipitation (figure 5B, page 87; $y = 0.001x + 0.1389R^2 = 0.8218$; $p < 0.0001$) and more weakly to changes in stocking rate ($y = 0.0014x + 0.3544$; $R^2 = 0.5932$; $p < 0.01$). It is possible that both variables are acting together to generate nonlinearities in the vegetation index's response to stocking rates changes in

rangelands. The reduction in the inter-annual RREL could be associated with higher stocking rates over the years (18) and/or a decrease in inter-annual precipitation that could favor the competitive ability of shrubs against grasses for water resources (17).

At pixel level RREL evolution over the years for the entire province of La Pampa and found a marked difference between

the northeastern and southwestern regions (figure 6, page 88). The southwest became less seasonal (negative slope of RREL over the years), while the northeast became more seasonal. These differences are closely linked to the results found in figure 4 (page 86). It holds the idea that during the last few years, the less productive areas have been subjected to increases in stocking rates, which result in a higher shrub proportion and lower seasonality in these ecosystems. In contrast, the more productive areas have seen a rise in cropping as opposed to livestock production. Thus departments located in Pampas ecoregion became more seasonal as consequence of displacing in croplands frontier.

CONCLUSIONS

This work evidences the relationship between the stocking rate and the spectral index EVI, indicator of the ANPP, at departmental scale in the natural areas of Monte and Espinal of La Pampa. The direction of changes in stocking rate at this scale during the studied period depended on the predominant type of vegetation. The departments of Monte, with a lower average of EVI, increased the stocking rate between 2003 and 2008, and those of the Espinal showed, on average, decreasing values.

The temporal pattern of EVI, studied through its relative range, suggests a loss

of vegetation seasonality. The decrease in seasonality was related to increasing stocking rate in Monte departments, which in turn were those that experienced greater increases in stocking rate.

This analysis is consistent with the hypothesis that increases in stocking rate, and hence in grazing pressure on grasslands species, produced changes in seasonality. Seasonality changes could be originated by increasing relative proportion of shrub species, to the detriment of grasslands, contributing to lower stocking capacity. It could be clearer in case of Monte departments, but in Espinal where Calden renewals could play an important role in the determination of seasonality the cause-effect relation should be particularly analyzed. Because of that, in the terms presented in this paper, the decrease, derived from temporary EVI attributes, could be associated, indirectly and at the departmental level, with increases in stocking rate especially in the western area of the province of La Pampa.

Finally, this work opens the doors to analyze in more detail the changes vegetation seasonality and its prevailing causes. The idea of a possible relative increase of shrub species requires a study of vegetation on a more detailed scale and from field data. Therefore, it is necessary the availability of vegetation monitoring sites that serve as a basis for the validation of indices, such as the proposed here, and the generation of empirical models based on satellite information.

REFERENCES

1. Alcaráz-Segura, D.; Cabello, J.; Paruelo, J. M. 2009. Baseline characterization of major Iberian vegetation types based on the NDVI dynamics. *Plant Ecology* 202: 13-29.
2. Alcaraz-Segura, D.; Paruelo, J. M.; Epstein, H. E.; Cabello, J. 2013. Environmental and human controls of ecosystem functional diversity in temperate south America. *Remote Sensing of Environment*. 5(1): 127-154.
3. Archer, S. 1989. Have southern Texas savannas been converted to woodlands in recent history? *American Naturalist*. 134: 545-561.
4. Baldi, G.; Nosetto, M. D.; Aragón, M. R.; Aversa, F.; Paruelo, J. M.; Jobbagy, E. G. 2008. Long-term satellite NDVI datasets: evaluating their ability to detect ecosystem functional changes in South America. *Sensors*. 8: 5397-5425.
5. Burkart, R. 1999. Conservación de la biodiversidad en bosques naturales productivos del subtrópico argentino. *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica*. Eds Mateucci, 1 Solbrig, Morillo, Halffter, 131-174 p. En: *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica*. Mateucci, S. D.; Solbrig, O. T.; Morello, J.; Halffter, G. (editores). Eudeba: Buenos Aires.
6. Cabrera, A.; Willink, A. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Serie Biología Nro 13. Organización de Estados Americanos. Washington. US.
7. Clark, M. L.; Aide, T. M.; Grau, H. R.; Riner, G. 2010. A scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America. *Remote Sensing of Environment*. 114(11): 2816-2832.
8. Cocimano, M.; Lange, A.; Menvielle, E. 1975. Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal A. P. A.* 4: 161-190.
9. Demaría, M. R.; Aguado Suárez, I.; Steinaker, D. F. 2008. Reemplazo y fragmentación de pastizales pampeanos semiáridos en San Luis, Argentina. *Ecología Austral*. 18: 55-70
10. Di Bella, C.; Faivre, R.; Ruget, F.; Seguin, B.; Guérif, M.; Combal, B.; Weiss, M.; Rebella, C. 2004a. Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France. *International Journal of Remote Sensing*. 25: 5359-5372.
11. Di Bella, C. M.; Paruelo, J. M.; Becerra, J. E.; Bacour, C.; Baret, F. 2004b. Effect of senescent leaves on NDVI-based estimates of fAPAR: Experimental and modelling evidences. *International Journal of Remote Sensing*. 25: 5415-5427.
12. Dussart, E. G.; Chirino C. C.; Morici E. A.; Peinetti, R. H. 2010. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. *Quebracho*. 19(1,2): 54-65.
13. Glenn, E. P.; Huete, A. R.; Nagler, P. L.; Nelson, S. G. 2008. Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. *Sensors*. 8: 2136-2160.
14. Goetz, S. J.; Bunn, G.; Fiske, G. J.; Houghton, R. A. 2005. Satellite observed photosynthetic trends across boreal North America associated with climate and fire disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102: 13521-13525.
15. Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. 83(1-2): 195-213.
16. Kerr, J. T.; Ostrovsky, M. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*. 18:299-305.
17. Liu, J.; Xu, X.; Zhang, Y.; Tian, Y.; Gao, Q. 2010. Effect of rainfall interannual variability on the biomass and soil distribution in a semiarid shrub community. *Science China Life Sciences*. 53: 729-737.
18. Milchunas, D. G.; Lauenroth, W. K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monograph*. 63: 327-366.

19. Milton, S. J.; Dean, W. R. J.; du Plessis, M. A.; Siegfried, W. R. 1994. A conceptual model of arid rangeland degradation. *Bioscience*. 44: 70-76.
20. Morello, J.; Matteucci, S. D.; Rodríguez, A. F.; Silva, M. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. Argentina. 752 p.
21. Mu, Q.; Heinsch, F. A.; Zhao, M.; Running, S. W. 2007. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensing of Environment*. 111: 519-536.
22. Myneni, R. B.; Keeling, C. D.; Tucker C. J.; Asrar, G.; Nemani, R. R. 1997. Increase plant growth in the northern high latitudes from 1981–1991. *Nature*. 386: 698-702.
23. Myneni, R. B.; Hoffman, S.; Knyazikhin, Y.; Privette, J. L.; Glassy, J.; Tian, Y.; Wang, Y.; Song, X.; Zhang, Y.; Smith, Y.; Lotsch, A.; Friedl, M.; Morisette, J. T.; Votava, P.; Nemani, R. R.; Running, S. W. 2002. Global products of vegetation leaf area and fraction absorbed PAR from year one of MODIS data. *Remote Sens. Environ.* 83: 214-231.
24. Nippert, J. B.; Ocheltree, T. W.; Orozco, G. L.; Ratajczak, Z.; Ling, B.; Skibbe, A. M. 2013. Evidence of physiological decoupling from grassland ecosystem drivers by an encroaching woody shrub. *PLoS One*. 8(12): art 0081630.
25. Noy-Meir, I.; Gutman, M.; Kaplan, Y. 1989. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*. 77: 290-310.
26. Oesterheld, M.; Di Bella, C. M. Kerdules, H. 1998. Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate of rangelands. *Ecological Applications*. 8: 207-212.
27. Paruelo, J. M. 2008. La caracterización funcional de los ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas*. 17: (3).
28. Paruelo, J. M.; Jobbagy, E. G.; Sala O. E. 2001. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. *Ecosystems*. 4: 683-698.
29. Paruelo, J. M.; Garbulsky, M. F.; Guerschman, J. P.; Jobbágy, E. G. 2004. Two decades of NDVI in South America: identifying the imprint of global changes. *International Journal of Remote Sensing*. 25: 2793-2806.
30. Pettorelli, N.; Vik, J. O.; Mysterud, A.; Gaillard, J. M.; Tucker, C. J.; Stenseth, N. C. 2005. Using the satellite-derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess ecological effects of environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*. 20: 503-510.
31. Pucheta, E.; Cabido, M.; Díaz, S.; Funes, G. 1998. Floristic composition, biomass, and aboveground net plant production in grazed and protected sites in a mountain grassland of central Argentina. *Acta Oecologica*. 19: 97-105.
32. Rearte, D. 2007. Situación de la ganadería argentina en el contexto mundial. INTA. Buenos Aires (Argentina). EEA Balcarce. 20 p.
33. Rudolf, B.; Schneider, U. 2005. Calculation of gridded precipitation data for the global land-surface using *in-situ* gauge observations. Proceedings of the 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group IPWG. EUMETSAT.
34. Running, S.; Nemani, R. R.; Heinsch, F. A.; Zhao, M.; Reeves, M.; Hashimoto, H. 2004. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *BioScience*. 54(6): 547-560.
35. Sala, O. E.; Parton, W. J.; Joyce, L. A.; Lauenroth, W. K. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology*. 69: 40-45.
36. SIIA. 2010. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Dirección de Coordinación de Información, Delegaciones y Elaboración de Estimaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Campaña de Vacunación Antiaftosa. Departamentos y Categorías.
37. Vázquez, P.; Adema, E.; Fernández, B. 2013. Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecología Austral*. 23: 77-86.

38. Viglizzo, E. F.; Roberto, Z. E.; Lértora, F.; López Gay, E.; Bernardos, J. 1997. Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 66: 61-70.
39. Westoby, M.; Walker, B.; Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*. 42: 266-274.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank both anonymous reviewers who helped to improve this article. This work was financed by INTA (PNNAT 1128024) and a grant from the InterAmerican Institute for Global Change Research (IAI) CRN2031, supported by the US National Science Foundation (Grant GEO0452325).

The gender role on moderator effect of food safety label between perceived quality and risk on fresh vegetables

El rol del género sobre el efecto moderador de una etiqueta de inocuidad alimentaria entre la calidad y riesgo percibido en vegetales frescos

Cristian Adasme-Berríos ¹, Mercedes Sánchez ², Marcos Mora ³, José Díaz ⁴, Berta Schnettler ⁵, Germán Lobos ⁶

Originales: *Recepción:* 01/01/2018 - *Aceptación:* 27/09/2018

ABSTRACT

The role of food safety label in fresh vegetables has received little attention in developing economies and less attention from the perspective of gender. In this context, a conceptual model was developed to explain the effect of food safety label as a moderator variable of risk perception and quality perceived for fresh vegetables from the perspective of gender. A structural equation model was developed in central and south central Chile, using a convenience sample (n = 1114) of vegetables buyers. The main finding of the study was that for females, the food safety label moderated the effect of risk perception on perceived quality; while for males this effect was not significant. However, given that females are primarily responsible for purchasing food, food safety labels are a tool for consumers to recognize unsafe vegetables; at the same time, it can influence the purchase decision of those consumers worried by certain risks associated with fresh vegetables.

Keywords

food safety • structural equation model • risk perception • fresh vegetables • moderator variable

-
- 1 Universidad Católica del Maule. Departamento de Economía y Administración. Casilla 747-721. Talca. Chile. cadasme@ucm.cl.
 - 2 Universidad Pública de Navarra. Departamento de Gestión Empresarial. Campus de Arrosadia s/n. 31006 Pamplona. Spain.
 - 3 Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Economía Agraria. Casilla 1004. Santiago. Chile.
 - 4 Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Economía Agraria. Casilla 747-721. Talca. Chile.
 - 5 Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales y Núcleo de Bio-recurso Científico y Tecnológico (BIOREN_UFRO). Temuco. Chile.
 - 6 Universidad de Talca. Escuela de Ingeniería Comercial. Talca. Chile.

RESUMEN

El rol de la etiqueta de inocuidad alimentaria en hortalizas frescas ha recibido poca atención en economías en desarrollo y menos atención desde la perspectiva del género. En este contexto, se desarrolló un modelo conceptual para explicar el efecto de la etiqueta de inocuidad alimentaria como una variable moderadora de la percepción de riesgo y la calidad percibida para hortalizas frescas desde la perspectiva del género. Se desarrolló un modelo de ecuaciones estructurales en el centro y sur de Chile central, utilizando una muestra por conveniencia ($n = 1114$) de compradores de hortalizas. El principal hallazgo del estudio fue que para las mujeres la etiqueta de inocuidad alimentaria moderó el efecto de la percepción de riesgo sobre la calidad percibida; mientras que para los hombres este efecto no fue significativo. Sin embargo, dado que las mujeres son las principales responsables de la compra de alimentos, las etiquetas de inocuidad alimentaria son una herramienta para que estos consumidores reconozcan las hortalizas riesgosas; al mismo tiempo, puede influir en la decisión de compra de aquellos consumidores preocupados por ciertos riesgos asociados con las hortalizas frescas.

Palabras clave

inocuidad alimentaria • modelo de ecuaciones estructurales • percepción de riesgo • hortalizas frescas • variable moderadora

INTRODUCTION

The labeling of food products is a mechanism to reduce information asymmetry between consumers and trade agents of the supply chain (25, 36). In this context, the food safety label for fresh vegetables attempts to inform consumers of production processes; particularly highlighting that produce complies with good agricultural practice (GAP), without the risks associated with microorganisms, or presence of pesticide and technological hazards (2, 56).

However, the food safety label for fresh vegetables is not frequently used, especially in South America where traditional markets account for 70% of vegetable sales, while modern markets comprise the remaining 30%. Traditional markets (municipal food markets and small greengrocers) do not require GAP certification protocols (as promoted by

the Chilean Government since the 1990s) or sanitarian resolutions from vegetable producers and/or wholesalers. In contrast, modern markets (supermarkets) meet most international quality standards (20, 34, 51). Although consumption of fresh vegetables is healthy for consumers, this food source does not escape common food safety problems affecting health.

Food safety is related to the perceived quality of fresh vegetables, however risks related with these types of products is a latent dimension. This context is especially relevant for traditional markets, in spite of wide scientific evidence of risks connected to fresh vegetables.

The risks, quality and functionality associated with food safety labels on fresh vegetables are not perceived the same by females and males (58, 63). Based on prior evidence, this research aimed to analyze

the role of gender on the moderator effect of food safety labels in the relationship between perceived quality and risk perception of fresh vegetables.

Conceptual model and research hypotheses

A conceptual model was developed with the objective of explaining the effect of food safety labels on fresh vegetables and associated perceptions of quality and risk (figure 1). This model is based on the Consumer Theory by Lancaster (1966) and contributions of Grunert (2005); Olson and Jacoby (1972); Snoj *et al.* (2004); van Rijswijk and Frewer (2008); Yeung *et al.* (2010) and Zeithaml (1988).

Intrinsic and extrinsic cues on vegetables as components of perceived quality

The concept of quality is defined as consumer judgment of a product's overall excellence or superiority (39, 62).

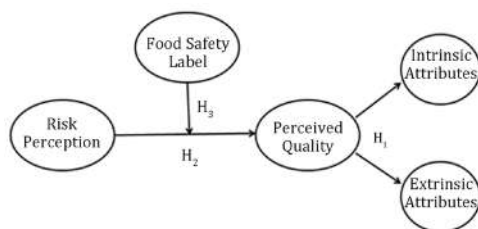


Figure 1. Conceptual model of food safety label for fresh vegetables as moderator of the effect of risk perception on perceived quality.

Figura 1. Modelo conceptual del etiquetado de inocuidad alimentaria para vegetales frescos como moderador del efecto de la percepción del riesgo sobre la calidad percibida.

In addition, Grunert (2005) defined food safety as the opposite concept of food risk, and defined it as the probability of not contracting a disease as a consequence of consuming a certain food. According to Röhr *et al.* (2005) the terms food quality and food safety were used synonymously until the 1990s. It was observed that the concept of food safety was not communicated to the consumers. At the same time, Grunert (2005) stated that food safety could be another dimension of quality that influences the purchasing decisions of consumers. This idea is expanded by van Rijswijk and Frewer (2008) who stated that food quality and food safety are inter-linked, but consumers pay more attention to food quality at the time of purchase.

In light of this definition, different studies have also defined food safety as an attribute of implicit credibility in the marketed product where quality cannot be evaluated in the short term; even after the product was purchased and consumed, such as in the application of pesticides, long-term effects can be observed (6, 7, 8, 30).

On the other hand, the perceived quality has been dichotomized into intrinsic and extrinsic cues (21, 38, 62).

Intrinsic cues are derived from the physical composition of the product and cannot be altered without changing the nature of the product itself. Extrinsic cues are outside the product and they differ from the product itself, but are strongly associated with it. For example, the intrinsic attributes are represented by both nutritive and organoleptic properties (color, size and other physical elements), and the extrinsic cues of traditional agrifood products are represented by information, label, brand, social image, packaging, etc. Different authors have shown that perceived quality of food product is composed by intrinsic

and extrinsic attributes, especially for food product with low value-added such as fruits, ham, meat, and tomatoes (19, 21, 32, 35).

Nevertheless, it is important to highlight that the intrinsic and extrinsic attributes help to consumer to make food choice. The intrinsic and extrinsic attributes to form the perceived quality can be deduced at the purchase place, during the consumption and others are of trust (32).

Hypotheses

H1. Intrinsic and extrinsic attributes for fresh vegetables explain the perceived quality in consumers

Consumer perceived risk associated with vegetables

Most consumers are not concerned with food safety in a normal situation. However, this changes when some type of incident occurs that affects food safety and causes consumer concern and anxiety (54). For this reason, consumer perceived risk and its impact on buying behavior is a critical management component of food safety (61).

Furthermore, food choice is often influenced more by psychological interpretation of product properties than by physical properties (59). From the perspective of food safety, Barrera *et al.* (2003) defined consumer perceived risk as concern caused by uncertainties regarding insalubrious foods on health.

On the other hand, the World Health Organization (WHO) (2017) recommends consuming at least 400 grams of fruit and vegetables per day. Beneficial effects notwithstanding, there also exist health hazards associated with food produce, such as foodborne diseases (40). As certain vegetables are consumed uncooked, consumers run risks such as

infection via microbiological contamination (mainly *Salmonella spp.*, *E. Coli* and norovirus), toxic residues exposure (pesticides and fertilizers) and exposure to potential technological hazards such as genetically modified organisms and nanomaterials (11, 29, 52, 59).

If consumers perceive a latent risk to their health as a result of the foods they are purchasing, they will react by reducing, postponing, or even avoiding purchasing that food product. On the contrary, if consumers perceive that the product is safe for their health, they will purchase it (61). Therefore, risk perception in one way or another affects perceived quality of the purchased product.

As a consequence of the above evidence, can be inferred that the perceived quality of fresh vegetables is related to consumer perceived risk. According to this, the following hypothesis is proposed:

H2. Consumer perceived risk affects perceived quality of fresh vegetables

Moderator effect of food safety label for fresh vegetables

Food safety certification of vegetables is an attribute valued by consumers (3). In that sense, was based on Lancaster's theory of consumer demand to explain the moderator effect of food safety label. According to this theory (utility theory), when consumers buy products, they are purchasing utility (benefits) and disutility (sacrifices), provided by the combination of a bundle of attributes (benefits) less the cost or sacrifice associated with the products (28). In this scenario, the intrinsic and extrinsic attributes that compound the perceived quality are the benefits sought by consumers and the costs or sacrifices are the risks associated with the products.

In addition, information economics theory states that products convey three types of cues: search cues, experience cues and credence cues with different levels of abstraction towards consumers (37).

Based on the latter theory, the food safety label as certification labels (for example GAP protocols) can be used to correct asymmetries of information between supply chain and consumers, and to transform credence attributes (food safety label) into search attributes (25).

Hence, based on these theories it is possible to establish sequences of relationships among perceived quality (formed by intrinsic and extrinsic attributes), risk perception (as the opposite concept of food safety) of fresh vegetables, and food safety label as moderator of the effect of risk perception on perceived quality. Therefore, it is proposed to test the following hypothesis:

H3. The food safety label moderates the effect of risk perception on perceived quality.

Importance of gender in food safety choice

Based on cognitive consumer behavior models, gender influences food safety choice. Chambers *et al.* (2008), highlight that consumer motivations for healthy eating are diverse in terms of gender. Worsley *et al.* (2013), reported significant difference between genders and food safety concern. For example, Zorba and Kaptan (2011), found that women are more careful during shopping and more interested in food safety than men. Along this line, Moerbeek and Casimir (2005) found that women are less accepting of foods with technological hazards, such as gene modifications. Furthermore, men consume more risky food compared to women from the perspective of food safety (14).

Therefore, it is hypothesized that:

H4. The gender affects the relationship among risk perception, food safety label and perceived quality.

MATERIALS AND METHOD

Sample and procedure

This study was conducted in the Metropolitan (33°26' S, 70°39' W), Maule (35°25' S, 71°40' W.), and Araucanía (38°45' S, 73°03' W) Regions of Chile.

The study used a convenience sample of vegetables purchasers. A total of 1,201 (400 from Metropolitan, 401 from Maule and 400 from Araucanía) selected consumers over 18 years of age were interviewed in September-November 2012, using a face to face interview.

The amount of outlier values found in the complete dataset required the application of Mahalanobis distance.

Following Byrne (2010), it was deleted these cases in order to continue with analysis.

Finally, the sample used in the study was of 374 respondents for Metropolitan Region, 377 for Maule Region and 363 for the Araucania Region. In the three regions, the number of cases is adequate as it exceeds 200 cases (26). The data were collected by interviews conducted in public places close to banks, stores and supermarkets, following the mall intercept technique.

Data collection instrument

The concept of food safety has not yet been internalized in Chile. Further, consumers have the habit of purchasing fresh vegetables through traditional channels such as municipal markets and greengrocers, where retailers are not required to certify their products with good agricultural practices and protocols.

This means that consumers generally buy fresh vegetables guided by price and external attributes (1).

Therefore, it was structured a closed-answer questionnaire to achieve the objective of the study. The questionnaire was validated through a preliminary test with 10% of the sample.

The survey instrument was based on previous literature related to perceived quality (dichotomous classification into intrinsic and extrinsic attributes), risk perception and opinions towards food safety label on fresh vegetables.

The measure of intrinsic attributes was based on prior studies of Barrena and Sánchez (2010); Martínez-Carrasco *et al.* (2012); Verbeke *et al.* (2008).

The items used were: the aroma is important in vegetables; the size is important in vegetables; the color is important in vegetables; the homogeneity is important in vegetables. Extrinsic attributes were adapted from measures contained in Barrena and Sánchez (2010); Barrena *et al.* (2003); Hodgkins *et al.* (2012); Verbeke *et al.* (2008) and Yeung *et al.* (2010).

The items used were: To what extent do you agree that you use vegetables for their nutritional content?; To what extent do you agree that you use vegetables for their nutritional labeling?; To what extent do you agree that you use vegetables food safety label? Risk perception measures were based on previous literature towards food products and statements were adapted from measures contained in Brewer and Prestat (2002); Tucker *et al.* (2006) and Yeung and Morris (2006).

The variables used for this construct were: I would like that vegetables don't have pesticide residuals; I would like that vegetables are not grown with contaminated water; I would like that vegetables are not contaminated with

microorganisms. Opinions towards food safety label on fresh vegetables were measured using an adaptation of the measures contained in Angulo and Gil (2007) and Barrena and Sánchez (2006).

The variables used for this dimension were: A food safety label gives me credibility on the safety of the vegetables; A Food safety label on vegetable makes me think that the product has better quality; I am willing to pay for food safety label on vegetables. All questions about intrinsic and extrinsic attributes, risk perception and the opinions to food safety label were measured on a 5-level of importance, where 1 = minimum importance level and 5 = maximum importance level. Finally sociodemographic variables were included in the questionnaire.

Analytical procedure

The data collected in each region were analyzed by descriptive and inferential statistic (more details in table 1, page 99). Next, following the contributions by Byrne (2010); Hair *et al.* (1999) and Kline (2011) it was developed a structural equation model, in which it was first performed a confirmatory factor analysis to identify the measurement model for each region. The results relate observed indicators with both the exogenous constructs and with endogenous constructs, respectively. Subsequently, the invariance analysis across groups comparison among regions was performed.

Finally, it was defined the structural model for whole sample divided by gender to determine the food safety label as moderator of the effect of risk perception on perceived quality.

The main reason to divide the whole population by gender was that in Chile the purchase of food are mainly decided by women (42, 43). The analysis was performed with AMOS 20 and IBM SPSS 20.

Table 1. Demographic characterization of sample (n = 1114).
Tabla 1. Caracterización sociodemográfica de la muestra (n = 1114).

Sample	Category	Regions (%)		
		Metropolitana (n = 374)	Maule (n = 377)	Araucanía (n = 363)
Gender			p = 0.04	
	Male	33.7	26.3	33.6
	Female	66.3	73.7	66.4
Age			p = 0.00	
	< 35 years old	38.5	59.7	47.1
	35 - 54 years old	44.1	30.8	39.1
	55 years or more	17.4	9.5	13.8
Education			p = 0.00	
	Elementary	1.9	11.4	3.9
	High School	36.4	29.7	30.6
	Incomplete technical college	2.4	3.7	1.1
	Complete technical college or incomplete university	47.9	40.3	54.0
	Complete university or more	11.5	14.9	10.5
Family Income			p = 0.00	
	< US\$1,400	45.7	22.5	59.8
	US\$1,401 to US\$3,700	36.7	58.4	38.0
	> US\$ 3,700	17.6	19.1	2.2
Occupation			p = 0.00	
	Housewife	15.2	17.5	13.2
	Employee	64.2	60.2	76.0
	Retired	4.0	2.4	2.8
	Student	16.6	19.9	8.0
Family group			p = 0.00	
	Family with 1-2 members	15.5	18.6	38.3
	Family with 3-4 members	58.8	57.3	51.8
	Family with 5 or more members	25.7	24.1	9.9
Food safety knowledge			p = 0.00	
	Low food safety knowledge	36.1	26.3	34.4
	Middle food safety knowledge	45.7	63.7	49.0
	High food safety knowledge	18.2	10.1	16.5
Frequency of consumption			p = 0.00	
	Eats vegetables occasionally	5.3	1.9	9.4
	Eats vegetables one time in a week	6.1	4.5	16.5
	Eats vegetables three time in a week	33.7	27.6	51.5
	Eats vegetables daily	54.8	66.0	22.6
Vegetable's place of purchase			p = 0.00	
	Supermarkets	39.6	18.0	32.5
	Municipal markets	55.9	31.8	24.0
	Greengrocers'	4.5	50.1	43.5

RESULTS

Sample characteristics

The majority of consumers interviewed were women, and more than 80% of the sample in the three regions was under 55 years of age. More than 40% stated they had completed technical college.

The majority of the sample earned, as a household (family group), less than US\$3,700 per month and were employees, entrepreneurs or self-employed. More than 50% were a member of a family of 3 to 4 people. Between 45% and 63% considered they had medium food safety knowledge. Between 22% and 66% of interviewees in the three cities stated they consumed vegetables on a daily basis (table 1, page 99).

Measurement model, reliability and validity

The first step in this research was to carry out a confirmatory factor analysis (CFA) for the totality of constructs (intrinsic attributes, extrinsic attributes, perceived risks and opinions of food safety label). This analysis was developed region by region.

The results of this procedure permitted conclusion of the suitability of this analysis.

Table 2 (page 102-103), summarizes CFA results and shows parameters used to test the robustness of the constructs for the multi-sample model. In relation to reliability of factor loading, the majority were above 0.5 for all regions and *t*-values of each item was significantly associated with specified constructs ($p < 0.001$) (5). Internal consistency of the model was assessed through composite reliability test (CR), in which the majorities of the constructs were close to or above 0.7, internal consistency reliability measured by Cronbach's α (CA) (ideally above 0.7, but values above 0.6 are considered

acceptable) (23) and the average variances extracted (AVE) were close to or above 0.5. Since correlations among constructs do not exceed 0.85, it is stated that discriminant validity was obtained. Therefore, the scales used in the study presented moderate to high reliability and validity. Consequently, the internal validity of the measurement model was adequate in the three regions.

In addition, table 2 (page 102-103), shows the validation of the measurement model (Multi-sample confirmatory model), which fits properly (15, 23, 26, 31).

Multigroup invariance

After testing the reliability and validity of the measurement model in the three regions separately and conjointly, multi-group invariance was analyzed (table 3, page 104). As previously mentioned, the first step was to determine a point of reference to test the whole hypothesized relationships in the theoretical model in terms of the goodness of fit indices, and then the acceptable fit of the model ($\chi^2 = 481.149$; $\chi^2/df = 2.72$, CFI = 0.94, GFI = 0.94, NFI = 0.91, and RMSEA = 0.039). Configural invariance was achieved across the three regions. This level of invariance provided support for the fixed and non-fixed configuration of parameters in the research model, which were the same for the three regions (Steenkamp and Baumgartner, 1998).

The next step was to evaluate metric invariance, that is, invariance of factor loadings across the three samples. Metric invariance was not supported; due to this restriction the χ^2 value increases from 481.15 to 549.64, gaining eighteen degrees of freedom. Since the metric invariance model (Model 2) is nested within the base model (Model 1), it was tested the $\Delta\chi^2$ between measured model (Model 1) and constrained model (Model 2).

Taking into account that the $\Delta\chi^2$ of 68.49 with eighteen degrees of freedom was statistically significant at < 0.05 , the metric invariance was not confirmed. In addition, it was used the goodness of fit model (CFI = 0.93, GFI = 0.93, NFI = 0.90, RMSEA = 0.040), which confirmed the goodness of fit for Model 2; the metric invariance among the samples is not confirmed.

The significance of Model 2 (metric invariance) with respect to Model 1 (configural invariance) precludes their subsequent comparison with the scale invariance (Model 3). Therefore, it has been obtained a common model among the three regions in Chile.

Structural Model

The next step was to test the moderator effect of food safety label between risk perception and quality perceived for fresh vegetables, for males and females. Intrinsic and extrinsic attributes for fresh vegetables conformed perceived quality (H1) for males ($\beta = 0.25, P < 0.05$; $\beta = 0.64, P < 0.01$ respectively) and females ($\beta = 0.10, P < 0.05$; $\beta = 0.35, P < 0.05$ respectively). Risk perception revealed a significant effect on perceived quality (H2) for males ($\beta = 0.45, P < 0.01$) and females ($\beta = 0.44, P < 0.001$).

However, the moderator effect of food safety label between risk perception and perceived quality was different for both sexes (H3). No significant effect was reported in males (figure 2A, page 104); while in a significant effect was found for females ($\beta = 0.22, P < 0.05$). These results indicated that the risk perception predicted perceived quality for fresh vegetables for both sexes. However, the moderator effect of food safety label was observed only for females (figure 2B, page 104).

DISCUSSION

The majority of consumers interviewed expressed the habit of purchasing their fresh vegetables in traditional markets. Consequently, they do not question whether the fresh vegetable is produced under GAP or not, how it is transported (refrigerated truck or not) and stocked (cool storage or not) prior to sale. This consumer habit leads to acceptance of poor food safety conditions and produces market inefficiency in food safety for vegetables (27). This condition reflects that consumers are not worried about food safety until they suffer an incident, in which their health is harmed. This shows that consumers often behave in an irrational and/or illogical way in relation to food safety and risk information (54).

With the objective of addressing the gap found in the consumer behavior literature toward food safety, the present study provides empirical evidence from a gender perspective regarding the influence of the food safety label on both risk perception and perceived quality for fresh vegetables. Three regions in central and south central Chile were selected to test the proposed model which enables the generalization of the results to countries with similar characteristics.

Results support the hypotheses tested

The first hypotheses (H1) shows for both males and females that perceived quality for basic goods, such as fresh vegetables, is composed by intrinsic and extrinsic attributes. Intrinsic attributes are composed by organoleptic characteristics whereas extrinsic attributes are composed by credence attributes such as nutritional content, nutritional label and food safety label. These findings concur with Martínez-Carrasco *et al.* (2012) and Mora *et al.* (2011) whom found similar results for fresh tomatoes and peaches, respectively.

Table 2. Reliability and validity of the standardized confirmatory factor analysis (CFA).
Tabla 2. Confiabilidad y validez del análisis factorial confirmatorio estandarizado (CFA).

Variables	Metropolitana		Maule		Araucanía	
	S.L	t-value	S.L	t-value	S.L	t-value
<i>Perceived Risk</i>						
x1: I would like that vegetables don't have pesticide residuals	0.70	10.59	0.75	12.76	0.91	26.29
x2: I would like that vegetables are not grown with contaminated water	0.84	10.38	0.87	12.85	0.88	25.13
x3: I would like that vegetables are not contaminated with microorganisms	0.65	a	0.72	a	0.91	a
<i>Intrinsic Attributes</i>						
x4: The aroma is important in vegetables	0.71	4.63	0.55	7.22	0.76	7.74
x5: The size is important in vegetables	0.38	4.38	0.78	9.81	0.68	8.23
x6: The color is important in vegetables	0.77	4.50	0.56	7.37	0.60	7.26
x7: The homogeneity is important in vegetables	0.30	a	0.61	a	0.52	a
<i>Extrinsic Attributes</i>						
x8: To what extent do you agree that you use vegetables for their nutritional content?	0.55	6.99	0.51	8.28	0.62	8.56
x9: To what extent do you agree that you use vegetables for their nutritional labeling?	0.68	7.51	0.77	9.95	0.68	8.84
x10: To what extent do you agree that you use vegetables food safety label?	0.64	a	0.81	a	0.72	a
<i>Food Safety Label</i>						
x11: A food safety label gives me credibility on the safety of the vegetables	0.75	22.47	0.52	9.67	0.66	13.98
x12: A Food safety label on vegetable makes me think that the product has better quality	0.97	17.48	0.91	12.37	0.93	17.70
x13: I am willing to pay for food safety label on vegetables	0.86	a	0.79	a	0.87	a

a: Fixed parameter; S.L.: Standardized Loading; CA: Cronbach's Alpha; CR: Composite Reliability; AVE: Average Variance Extracted; Medida de Medida: $\chi^2 = 481,15$ $df = 177$ $\chi^2 / df = 2,72$ $p = 0,000$ RMSEA = 0.039 CFI = 0.94 GFI = 0.94 NFI = 0.91.
a: Parámetro fijo; S.L.: Cargas estandarizadas; CA: Alfa de Cronbach; CR: Confiabilidad Compuesta; AVE: Varianza media extraída. Modelo de Medida: $\chi^2 = 481,15$ $df = 177$ $\chi^2 / df = 2,72$ $p = 0,000$ RMSEA = 0.039 CFI = 0.94 GFI = 0.94 NFI = 0.91.

Table 2 (cont.). Reliability and validity of the standardized confirmatory factor analysis (CFA).
Table 2 (cont.). Confiabilidad y validez del análisis factorial confirmatorio estandarizado (CFA).

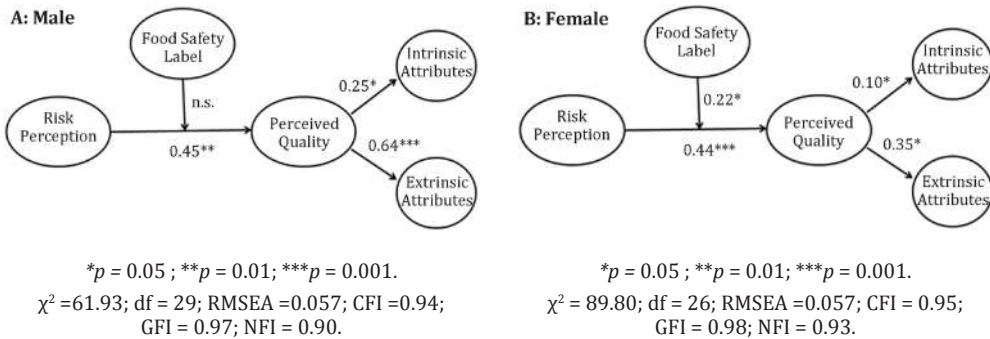
Factors	Metropolitana		Maule		Araucanía	
	CA	CR	CA	CR	CA	CR
<i>Perceived Risk</i>	0.77	0.78	0.82	0.83	0.93	0.93
<i>Intrinsic Attributes</i>	0.61	0.64	0.71	0.72	0.73	0.74
<i>Extrinsic Attributes</i>	0.65	0.66	0.73	0.75	0.72	0.71
<i>Food Safety Label</i>	0.88	0.90	0.75	0.79	0.85	0.87
α : Fixed parameter						
S.L.: Standardized Loading	Measurement model		$\chi^2 = 481.149$	$df = 177$	$\chi^2 / df = 2.718$	$p = 0.000$
CA: Cronbach's Alpha						RMSEA = 0.039
CR: Composite Reliability						
AVE: Average Variance Extracted						

S.L.: Standardized Loading	CFI = 0.940	GFI = 0.938	NFI = 0.910
CA: Cronbach's Alpha			
CR: Composite Reliability			
AVE: Average Variance Extracted			

α : Fixed parameter; S.L.: Standardized Loading; CA: Cronbach's Alpha; CR: Composite Reliability; AVE: Average Variance Extracted; Measurement Model: $\chi^2 = 481.15$ $df = 177$ $\chi^2 / df = 2.72$ $p = 0.000$ RMSEA = 0.039 CFI = 0.94 GFI = 0.94 NFI = 0.91.
 α : Parámetro fijado; S.L.: Cargas estandarizadas; CA: Alfa de Cronbach; CR: Confiabilidad Compuesta; AVE: Varianza media extraída. Modelo de Medida: $\chi^2 = 481,15$ $df = 177$ $\chi^2 / df = 2,72$ $p = 0,000$ RMSEA = 0,039 CFI = 0,94 GFI = 0,94 NFI = 0,91.

Table 3. Invariance tests across three samples.**Tabla 3.** Prueba de invarianza a través de las tres muestras.

Model description	χ^2	df	χ^2 / df	p	CFI	GFI	NFI	RMSEA	(90% CI)
Metropolitana sample	183.34	59	3.10	0.00	0.92	0.93	0.89	0.075	(0.063; 0.088)
Maule sample	146.81	59	2.49	0.00	0.94	0.94	0.90	0.063	(0.050; 0.076)
Araucanía sample	151.00	59	2.56	0.00	0.96	0.94	0.93	0.066	(0.053; 0.079)
Configural invariance (Model 1)	481.15	177	2.72	0.00	0.94	0.94	0.91	0.039	(0.035; 0.044)
Metric invariance (Model 2)	549.64	195	2.82	0.00	0.93	0.93	0.90	0.040	(0.036; 0.044)
Scalar invariance (Model 3)	726.09	215	3.38	0.00	0.90	0.91	0.86	0.046	(0.043; 0.050)

**Figure 2.** Food safety label as moderator of the effect of risk perception on perceived quality for gender.**Figura 2.** Etiqueta de inocuidad alimentaria como moderador del efecto de la percepción del riesgo sobre la calidad percibida para el género.

Thereby, food safety for fresh vegetables is part of extrinsic attributes and hence of the perceived quality by consumers as well.

The second hypotheses (H2) established the effect of risk perception on perceived quality for males and females.

The risk perception is a latent variable present in the consumers mind. In that sense, the findings suggest that consumers are aware of risks associated with fresh vegetables, which is in line with previous studies of Bearth *et al.* (2014); Costa-Font and Gil (2009) and Lagerkvist *et al.* (2013).

Moreover, the findings determined that risk perception affects perceived quality

toward fresh vegetables for consumers, which is in line with the Consumer Theory (28), since the utility provided by intrinsic and extrinsic attributes as perceived quality (benefits) are affected by disutility associated to risk perception of fresh vegetables.

The third hypotheses (H3) revealed that moderator effect of food safety label between risk perception and perceived quality was found only for females. Therefore, females consider that the food safety label as credence attributes reduced the effect of risk perception on perceived quality for fresh vegetables.

The main reason for this is that females are more aware than men of higher levels of threat and concern from food safety point of view, because they usually have more responsibility in food preparation and consumption (12, 47, 58, 63). This difference between males and females is supported in the Theory of Planned Behavior, because females report more favorable attitudes and perceived behavioral control towards fruit and vegetables intake (18).

In the same line, Taylor *et al.* (2012) highlight that the perceptions of the females mainly place upon the safety and quality of food are important in their food buying choices.

In terms of the limitations of the study, it is worth noting that the sample is not representative of the population distribution of Chile. However, the sample is composed of consumers who are responsible for buying vegetables for the household, as acknowledged by a higher proportion of female interviewees, a situation similar to that in developed countries (42, 44, 45).

In addition, the use of a general category of fresh vegetables instead of a specific single vegetable could affect consumer perception of intrinsic attributes.

CONCLUSIONS

The findings reveal that fresh vegetables are purchased mainly on traditional markets. However, the females considered food safety label for fresh vegetables as a credence attribute. This sort of attribute is able to reduce the effect of risk perception on perceived quality.

In consequence, the communicational strategy of the food safety label should be addressed to target females, because this group searches attributes to reduce asymmetry of information, more than males.

In terms of implications, for the demand side, the food safety label for fresh vegetables could be a potential tool for females to recognize unsafe vegetables; at the same time, it can influence the purchase decision of those consumers worried by certain types of risk associated with fresh vegetables such as use of pesticides, irrigation water and microorganism contamination.

On the other hand, considering the supply side, our results suggest that the food safety label for fresh vegetables could be an attribute required by marketers in the wholesale and retail sector from the traditional channel, as a credence attribute that reduces risk perception and gives trust to consumers, especially for females.

Therefore, food safety label could have a positive impact on domestic markets, such as the modernization of the traditional fresh vegetables market, improvement in the quality assurance systems such as chemical residues controls, cold chain, conservation and food storage among others, as well as compliance with existing rules and control of commercialized products. The above is relevant, considering the growing level of development in Chile will put pressure on the public sector to invest in a quality control system, especially within the traditional fresh vegetable market.

As for the limitations of the study, it is worth noting that the research was conducted with convenience sample in a South American country. Nevertheless, the findings are relevant for both developing economies and international trade.

REFERENCES

1. Adasme-Berríos, C.; Sanchez, M.; Mora, M.; Schnettler, B.; Lobos, G.; Díaz, J. 2016. Segmentation of consumer preference for food safety label on vegetables. *British Food Journal*. 118(10): 2550-2566.
2. Akgüngör, S.; Miran, B.; Abay, C. 2001. Consumer willingness to pay for food safety labels in urban Turkey: a case study of pesticide residues in tomatoes. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*. 12(1): 91-107.
3. Alphonse, R.; Alfnes, F. 2012. Consumer willingness to pay for food safety in Tanzania: an incentive-aligned conjoint analysis. *International Journal of Consumer Studies*. 36(4): 394-400.
4. Angulo, A. M.; Gil, J. M. 2007. Risk perception and consumer willingness to pay for certified beef in Spain. *Food Quality and Preference*. 18(8): 1106-1117.
5. Bagozzi, R. P.; Yi, Y.; Phillips, L. W. 1991. Assessing construct validity in organizational research. *Administrative Science Quarterly*. 36(3): 421-458.
6. Barrena, R.; Sánchez, M.; Gil, J. M.; Gracia, A.; Rivera, L. M. 2003. La certificación como estrategia para la recuperación de la confianza del consumidor en la adquisición de la carne de ternera. *Economía Agraria y Recursos Naturales*. 3(1): 7-29.
7. Barrena, R.; Sánchez, M. 2006. Análisis de los factores que influyen en la disposición a pagar un sobrepago por la certificación de calidad en productos cárnicos. *Revista Española de Investigación de Marketing*. 10(2): 91-116.
8. Barrena, R.; Sánchez, M. 2009. Consumption frequency and degree of abstraction: A study using the laddering technique on beef consumers. *Food Quality and Preference*. 20(2): 144-155.
9. Barrena, R.; Sánchez, M. 2010. Differences in consumer abstraction levels as a function of risk perception. *Journal of Agricultural Economics*. 61(1): 34-59.
10. Bearth, A.; Cousin, M. E.; Siegrist, M. 2014. Poultry consumers' behaviour, risk perception and knowledge related to campylobacteriosis and domestic food safety. *Food Control*. 44: 166-176.
11. Berger, C. N.; Sodha, S. V.; Shaw, R. K.; Griffin, P. M.; Pink, D.; Hand, P.; Frankel, G. 2010. Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology*. 12(9): 2385-2397.
12. Boza, S.; Muñoz, T.; Cortés, M.; Rico, M.; Muñoz, J. 2018. Development programs for female farmers: identifying clusters for the case of Chile's "Education and training program for rural women". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(1): 141-155.
13. Brewer, M. S.; Prestat, C. J. 2002. Consumer attitudes toward food safety issues. *Journal of Food Safety*. 22(2): 67-83.
14. Byrd-Bredbenner, C.; Abbot, J. M.; Wheatley, V.; Schaffner, D.; Bruhn, C.; Blalock, L. 2008. Risky eating behaviors of young adults-implications for food safety education. *Journal of the American Dietetic Association*. 108: 549-552.
15. Byrne, B. M. 2010. 2^o ed. *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. Routledge. 396 p.
16. Chambers, S.; Lobb, A.; Butler, L. T.; Traill, W. B. 2008. The influence of age and gender on food choice: a focus group exploration. *International Journal of Consumer Studies*. 32(4): 356-365.
17. Costa-Font, M.; Gil, J. M. 2009. Structural equation modelling of consumer acceptance of genetically modified (GM) food in the Mediterranean Europe: A cross country study. *Food Quality and Preference*. 20(6): 399-409.
18. Emanuel, A. S.; McCully, S. N.; Gallagher, K. M.; Updegraff, J. A. 2012. Theory of planned behavior explains gender difference in fruit and vegetable consumption. *Appetite*. 59(3): 693-697.
19. Espejel, J.; Fandos, C.; Flavián, C. 2007. The role of intrinsic and extrinsic quality attributes on consumer behaviour for traditional food products. *Managing Service Quality: An International Journal*. 17(6): 681-701.

20. Faiguenbaum, S.; Berdegué, J. A.; Reardon, T. 2002. The rapid rise of supermarkets in Chile: effects on dairy, vegetable, and beef chains. *Development Policy Review*. 20(4): 459-471.
21. Fandos, C.; Flavián, C. 2006. Intrinsic and extrinsic quality attributes, loyalty and buying intention: an analysis for a PDO product. *British Food Journal*. 108(8): 646-662.
22. Grunert, K. G. 2005. Food quality and safety: consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics*. 32(3): 369-391.
23. Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W. 1999. 5° ed. *Análisis Multivariante*. Prentice Hall International Inc. 832 p.
24. Hodgkins, C.; Barnett, J.; Wasowicz-Kirylo, G.; Stysko-Kunkowska, M.; Gulcan, Y.; Kustepeli, Y.; Akgungor, S.; Chryssochoidis, G.; Fernandez-Celemin, L.; Bonsmann, S. S. G.; Gibbs, M.; Raats, M. 2012. Understanding how consumers categorise nutritional labels: A consumer derived typology for front-of-pack nutrition labeling. *Appetite*. 59(3): 806-817.
25. Jahn, G.; Schramm, M.; Spiller, A. 2005. The reliability of certification: quality labels as a consumer policy tool. *Journal of Consumer Policy*. 28(1): 53-73.
26. Kline, R. B. 2011. *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford press. 427 p.
27. Lagerkvist, C. J.; Hess, S.; Okello, J.; Hansson, H.; Karanja, N. 2013. Food health risk perceptions among consumers, farmers, and traders of leafy vegetables in Nairobi. *Food Policy*. 38(1): 92-104.
28. Lancaster, K. J. 1966. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*. 74(2): 1342-1357.
29. Lira Saldivar, R. H.; Méndez Argüello, B.; Vera Reyes, I.; Villarreal, G. de los S. 2018. Agronotecnología: una nueva herramienta para la agricultura moderna. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 50(2): 395-411.
30. Lobb, A. 2005. Consumer trust, risk and food safety: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section C-Economy*. 2(1): 3-12.
31. Luque, T. 2000. *Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados*. Ediciones Pirámide. 557 p.
32. Martínez-Carrasco, L.; Brugarolas, M.; Martínez-Poveda, A.; Ruiz, J.; García-Martínez, S. 2012. Modelling perceived quality of tomato by structural equation analysis. *British Food Journal*. 114(10): 1414-1431.
33. Moerbeek, H.; Casimir, G. 2005. Gender differences in consumers' acceptance of genetically modified foods. *International Journal of Consumer Studies*. 29(4): 308-318.
34. Mora, M. 2008. Análisis comparado de la calidad e inocuidad de frutas y hortalizas frescas en los principales mercados mayoristas, otros agentes de comercialización y consumidores en Chile. Ediciones Universidad de Chile. 68 p.
35. Mora, M.; Espinoza, J.; Schnettler, B.; Echeverría, G.; Predieri, S.; Infante, R. 2011. Perceived quality in fresh peaches: an approach through structural equation modeling. *Ciencia e Investigación Agraria*. 38: 179-190.
36. Moussa, S.; Touzani, M. 2008. The perceived credibility of quality labels: a scale validation with refinement. *International Journal of Consumer Studies*. 32(5): 526-533.
37. Nelson, P. 1970. Information and consumer behavior. *Journal of Political Economy*. 78(2): 311-329.
38. Olson, J.; Jacoby, J. 1972. Cue utilization in the quality perception process. *Proceeding of the Third Annual Conference of the Association for Consumer Research*. Available in: [<http://acrwebsite.org/volumes/11997/volumes/sv02/SV-02.html>] (Consulta 28 Septiembre 2016).
39. Oude Ophuis, P. A.; Van Trijp, H. 1995. Perceived quality: a market driven and consumer oriented approach. *Food Quality and Preference*. 6(3): 177-183.
40. Pires, S.; Vieira, A.; Perez, E.; Wong, D.; Hald, T. 2012. Attributing human foodborne illness to food sources and water in Latin America and the Caribbean using data from outbreak investigations. *International Journal of Food Microbiology*. 152(3): 129-138.
41. Röhr, A.; Lüddecke, K.; Drusch, S.; Müller, M. J.; Alvensleben, R. V. 2005. Food quality and safety-consumer perception and public health concern. *Food Control*. 16(8): 649-655.
42. Schnettler, B.; Miranda, H.; Lobos, G.; Sepúlveda, J.; Denegri, M. 2011. A study of the relationship between degree of ethnocentrism and typologies of food purchase in supermarkets in central-southern Chile. *Appetite*. 56(3): 704-712.

43. Schnettler, B.; Crisóstomo, G.; Sepúlveda, J.; Mora, M.; Lobos, G.; Miranda, H.; Grunert, K. G. 2013. Food neophobia, nanotechnology and satisfaction with life. *Appetite*. 69(1): 71-79.
44. Schnettler, B.; Velásquez, C.; Lobos, G.; Orellana, L.; Sepúlveda, J.; Salinas-Oñate, N.; Adasme-Berríos, C.; Grunert, K. G. 2016. Acceptance of beef obtained through genetic modification and cloning in university students and working adults in southern Chile. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 48(2): 141-159.
45. Schnettler, B.; Sánchez, M.; Miranda, H.; Orellana, L.; Sepúlveda, J.; Mora, M.; Lobos, G.; Hueche, C. 2017. "Country of origin" effect and ethnocentrism in food purchase in Southern Chile. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 49(2): 243-267.
46. Snoj, B.; Korda, A. P.; Mumel, D. 2004. The relationships among perceived quality, perceived risk and perceived product value. *Journal of Product & Brand Management*. 13(3): 156-167.
47. Socrates-Grundtvig, 2006. Savoury dishes for adult education and counselling: food literacy guidelines and toolbox. European Commission. 6 p.
48. Steenkamp, J. B. E. M.; Baumgartner, H. 1998. Assessing measurement invariance in cross-national consumer research. *Journal of Consumer Research*. 25(1): 78-90.
49. Taylor, A. W.; Coveney, J.; Ward, P. R.; Dal Grande, E.; Mamerow, L.; Henderson, J.; Meyer, S. B. 2012. The Australian Food and Trust Survey: Demographic indicators associated with food safety and quality concerns. *Food Control*. 25(2): 476-483.
50. Tucker, M.; Whaley, S. R.; Sharp, J. S. 2006. Consumer perceptions of food-related risks. *International Journal of Food Science & Technology*. 41(2):135-146.
51. Valdes Salazar, R. 2018. Measuring market integration and pricing efficiency along regional maize-tortilla chains of Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 279-292.
52. Van Boxstael, S.; Habib, I.; Jaccsens, L.; De Vocht, M.; Baert, L.; Van de Perre, E.; Rajkovic, A.; Lopez-Galvez, F.; Sampers, I.; Spanoghe, P.; De Meulenaer, B.; Uyttendaele, M. 2013. Food safety issues in fresh produce: Bacterial pathogens, viruses and pesticide residues indicated as major concerns by stakeholders in the fresh produce chain. *Food Control*. 32(1): 190-197.
53. Van Rijswijk, W.; Frewer, L. J. 2008. Consumer perceptions of food quality and safety and their relation to traceability. *British Food Journal*. 110(10): 1034-1046.
54. Verbeke, W.; Frewer, L. J.; Scholderer, J.; De Brabander, H. F. 2007. Why consumers behave as they do with respect to food safety and risk information. *Analytica Chimica Acta*. 586(1-2 SPEC. ISS.): 2-7.
55. Verbeke, W.; Velde, L.; Mondelaers, K.; Kühne, B.; Huylenbroeck, G. 2008. Consumer attitude and behaviour towards tomatoes after 10 years of Flandria quality labeling. *International Journal of Food Science and Technology*. 43(9): 1593-1601.
56. Wongprawmas, R.; Canavari, M.; Waisarayutt, C. 2014. Are Thai consumers willing to pay for food safety labels? Choice experiment on fresh produce. *Proceeding of the 2014 Congress European Association of Agricultural Economists*. Disponible en: http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/182739/2/Wongprawmas-Are_Thai_consumers_willing_to_pay_for_food_safety_labels_Choice_experiment-293_a.pdf (Consulta 7 Julio 2016).
57. World Health Organization. 2017. Promoting fruit and vegetable consumption around the world. Available in: [<http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en.html>]. [Consulta 11 Agosto 2017].
58. Worsley, A.; Wang, W. C.; Hunter, W. 2013. Gender differences in the influence of food safety and health concerns on dietary and physical activity habits. *Food Policy*. 41: 184-192.
59. Yeung, R.; Morris, J. 2001. Food safety risk: consumer perception and purchase behavior. *British Food Journal*. 103(3): 170-187.
60. Yeung, R.; Morris, J. 2006. An empirical study of the impact of consumer perceived risk on purchase likelihood: a modelling approach. *International Journal of Consumer Studies*. 30(3): 294-305.

61. Yeung, R; Yee, W; Morris, J. 2010. The effects of risk-reducing strategies on consumer perceived risk and on purchase likelihood. A modelling approach. *British Food Journal*. 112(3): 306-322.
62. Zeithaml, V. A. 1988. Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*. 52(3): 2-22.
63. Zorba, N. N. D.; Kaptan, M. 2011. Consumer food safety perceptions and practices in a Turkish community. *Journal of Food Protection*. 74(11): 1922-1929.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed by the Agricultural Science PhD Program, Universidad de Talca and the Office of the Vice-Rector for Research and Postgraduate Studies, Universidad Católica del Maule, Chile.

A model of agricultural sustainable added value chain: The case of the Dominican Republic value chain

Modelo de cadena de valor agraria sostenible: La cadena de valor de la República Dominicana

Cristino Alberto Gómez-Luciano ¹, Wim De Koning ², Frank Vriesekoop ³, Beatriz Urbano ⁴

Originales: *Recepción: 03/03/2018 - Aceptación: 27/09/2018*

ABSTRACT

The aim of this paper is to develop a model of sustainable added value chain (SAVC). The model i) considers consumers expectations, ii) analyses the determinant producers' factors to perform the SAVC and iii) ranks the agricultural subsectors according the SAVC. The value chain methodology was used to assess the sustainability of the agricultural value chain and develop the model. The model was tested in the Dominican Republic's agricultural value chain. The results showed i) producers' access to SAVC depends on the subsector, location and resources, ii) organic banana and avocado are the subsectors with the best potential SAVC while sweet potatoes and rice have the lowest potential and iii) producers are in an early stage to adopt the consumers' expectations endangering SAVC. Using mixed methods to investigate the SAVC this paper provides an approach that reflects the complex and iterative nature of a real supply chains and can be used by researchers, policymakers and practitioners to better understand and describe decision making and to develop informed policies and interventions beyond SAVC. This research challenges the innate complexity of local supply chains and the presence of barriers for SAVC.

Keywords

Agricultural value chain model • consumers' expectations • logit • subsectors ranking • producers' sustainability

-
- 1 Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola. Padre Ángel Arias #1. San Cristóbal. República Dominicana.
 - 2 HAS University of Applied Sciences. Faculty of Business Administration & Agribusiness. Spoorstraat 62. 5911 KJ Venlo. The Netherlands.
 - 3 Department of Food Science. Harper Adams University College. Newport. Shropshire TF10 8NB. United Kingdom.
 - 4 Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Av. Madrid. 57. 34004 Palencia. Universidad de Valladolid. España. beaturb@iaf.uva.es

RESUMEN

Este artículo tiene por objeto el desarrollo de un modelo de cadena de valor agraria sostenible (CVS). El modelo tiene en cuenta, i) la demanda de los consumidores, ii) los factores determinantes para que los productores accedan a la CVS y iii) ordena los sectores en la CVS. En el desarrollo se empleó la metodología de la cadena de valor y el modelo fue validado en la cadena de valor agraria de la República Dominicana. Los resultados muestran que, i) el acceso a la CVS por los productores dominicanos depende del sector, la localización y los medios disponibles, ii) sectores como el plátano orgánico y el aguacate están mejor posicionados en la CVS y los sectores del arroz y la batata están peor situados y iii) los productores consideran poco la demanda de los consumidores alejándose de la CVS. Este trabajo ayudará a investigadores, políticos y gestores en la toma de decisiones para alcanzar la CVS.

Palabras clave

Modelo de cadena de valor agraria • preferencias de los consumidores • logit • clasificación de sectores • sostenibilidad de los productores

INTRODUCTION

Globalization has changed the structure of supply chains significantly (14), however little is known about the determinant factors for producers to perform Sustainable Added Value Chain (SAVC). The sustainability of the agricultural value chain of developing countries requires further research to take into account the innate complexity of the local supply chains, the uncertainty of the value added by intermediaries, the lack of efficient aggregation of associations, the presence of barriers for direct access to the chain and the consumers' perception of foodstuffs originating from developing countries (17, 29). The risks faced by producers in SAVC originate from the interactions between the consumers' expectation and global competition. The majority research the impact of global changes on local agricultural value chains focused on short-term adaptations to reduce losses or enhance benefits (31). However, there is a need to consider more holistic approach to conceptualize a global

SAVC. Various authors presented a range of institutional, social, environmental and economic challenges (7, 15) that have emerged around SAVC in developing countries (31).

Conventional value chain analysis approaches single value chains one at the time; while a SAVC analysis requires a thorough understanding of the intricate relationships between several supply chains (2). Additionally, an empirical investigation of key value chain factors embedded in particular places and institutional settings are required (6). In order to accomplish a more sustainable value chain, theoretical approaches must be tested on practical applications (26). Fold (2008) remarked the necessity to consider the way in which local agricultural systems are currently positioned into SAVC. This paper seeks to study a model of SAVC and its validation in the Dominican Republic agricultural supply chain.

Theoretical framing, hypotheses and model

Agricultural added value chain and consumers expectations

A social SAVC understands the consumers' expectations. However, the relationship between rural agricultural producers and urban food consumers is unbalanced in favor of the urban consumer at the expense of the rural stakeholder (26). Tolentino-Zondervan *et al.* (2016) remarked the need to dedicate more attention to the feedback of information and more specific production requirements from consumers to producers because the producers rarely consider the consumers' expectations due to the distance and asymmetric flow of information between those stakeholders (8, 17). The agricultural SAVC needs to become more buyer-driven, consumer-quality-focused and more aware of public and private standards (16, 19). Fold (2008) showed that Ghanaian producers differentiated their products, developed a sense of corporate social responsibility, implemented the notion of fair trade pineapple plantations, ready-to-eat product design, health and ethical concerns among consumers to adapt to consumers. Walsh-Dilley (2013) described how Bolivian quinoa producers became more aligned with markets and supply chains opportunities. Furthermore, Warner (2016) analyzed the Costa Rican rice producers' livelihood goals that influence their adaptation to free trade agreements chains. The relationship between consumers' expectations and the resulting behavior by producers is not simple, direct or linear (23). Producers are starting to adopt consumer expectations into their agricultural practices (17) enriching the

agricultural SAVC (26). Therefore, a SAVC has to consider global consumers' expectations (2), while remaining mindful of the dumping of agricultural surpluses and low-price imports from other countries. The first of the hypotheses that this study seeks to test is as follows: H_1 : If producers do not adopt the consumers' expectations they are endangering the SAVC.

Globalization and developing countries agricultural added value chain

Globalization has been intensely researched although the ongoing debate about its intrinsic benefits on the one hand and inequalities of international agricultural value chains continue in developing countries on the other hand (12, 15). Some benefits emerge from the extension of markets that offers a more viable and stable livelihood to producers, which is contrasted by the unfair local middlemen which often results in oversupply and unsustainably low, fluctuating prices within local markets (3). Some authors have viewed the SAVC through the lens of producers "upgrading" and in doing so capture more value for their products by accessing added-value chains (8, 20). Tobin *et al.* (2016) exposed the process in which smallholders are integrated into high value markets to contribute to poverty alleviation that offer income opportunities for smallholding. However, in order to gain access and advantages from these high value chains, the development and marketing of non-traditional agricultural products and/or broader changes in supply chain dynamics behind global consumers' expectations have to be undertaken (31).

For example, Leguizamón (2016) highlighted the reorganization of soybean production and marketing in Argentina; while Malawian tobacco growers adapted their production and commercialization (19), and Chilean raspberry growers changed their business model (6) in order to access added-value chain opportunities. On the other hand, producers' transformative adaptations to global markets could also involve arable land left fallow, the rent of land to other farmers, or the sale of fixed assets (land, buildings, machinery, etc.) (31). Second hypothesis that this study seeks to test is as follows: H_2 : Producers perform of a SAVC depends on the subsector, location and resources.

Sectors SAVC

The transformative adaptations to a SAVC could be accompanied by elevated levels of stress and despair for producers. In developing countries it would require the accompaniment of vulnerable subsectors (17), especially not to displace smallholder farmers (31). The analysis and ranking of local subsectors, will allow support the producers' in the adaptation to SAVC (6). The literature to-date rarely considers the local context of producers' participation in, or exclusion from, the value chain; neither a proactive and forward-looking planning of subsectors in order to orient producers (23) to ensure producers' viability (7). Scoones (2009) highlights that a number of studies persistently ignored producers' forward-looking plan in a SAVC, and as such failed to connect with issues of governance and management of the supply chain and subsequently failed to address the longevity of agricultural sustainability. The third of the hypotheses that the study seeks to test is as follows: H_3 : The management of

SAVC needs to rank subsectors according producers' viability. Based on the before mentioned hypotheses the following model was proposed (figure 1, page 115). In a first stage, it evaluates the consumers' expectations in order to adjust the SAVC to the consumers demand (H_1). Then, the model characterizes the producers' factors (criteria 1, 2 and 3) to perform a SAVC (H_2). Later, the model applies the factors to agriculture subsectors to rank vulnerability of SAVC (H_3).

METHODS

Data collection

The value chain methodology developed by Gereffi and Fernández-Stark (2016) was used to validate the SAVC model in the Dominican agricultural value chain. The Dominican Republic's agricultural chain was chosen due to its current transition to the Caribbean and America Free Trade Agreement-Dominican Republic (CAFTA DR) and the lack of studies of the agricultural value chain in the country (11). A value chain analysis means a whole-of-chain perspective (25). Four stages in collecting data were employed. First, residents of Santo Domingo, were selected to study the consumers' agricultural chain expectations, being the main food supply chain in the country. A total of 402 Santo Domingo consumers were surveyed, which means for the 787129 Santo Domingo inhabitants in a 95% of significance level, a standard error of 4.9%, during November 2016-January 2017.

Considering a sampling with a standard error lower than 5%, 425 surveys were launched and 402 valid answers were obtained.

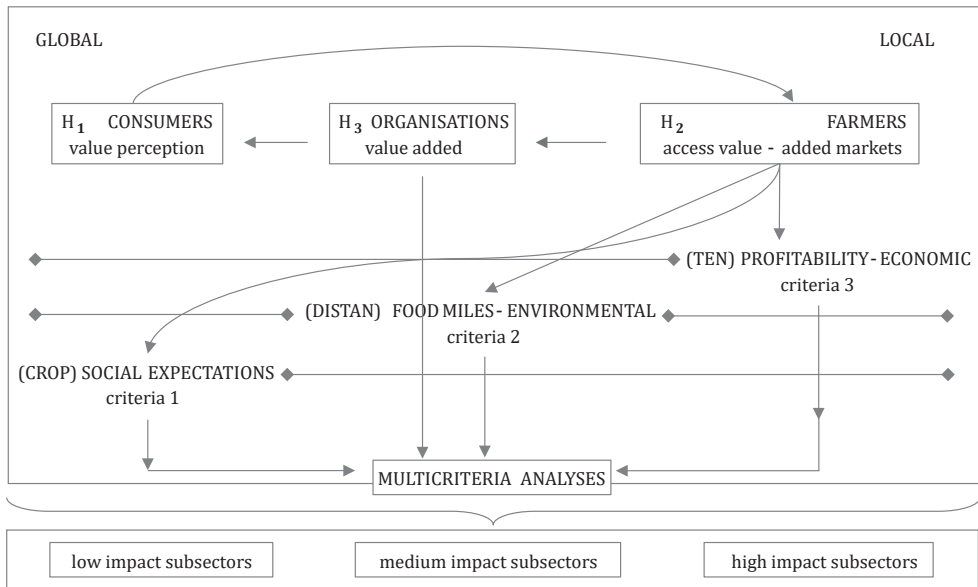


Figure 1. Model of Sustainable Added Value Chain (SAVC), based on three explicit hypotheses taking into account (global) consumers, (local) farmers, and supporting organizations.

Figura 1. Modelo de cadena de valor sostenible (SAVC), considerando las hipótesis de partida, los consumidores (global), los productores (local) y las organizaciones de apoyo.

Secondly, 207 producers from the Barahona region were interviewed (from which 30 produced rice, 31 organic bananas, 31 common beans, 30 pigeon peas, 46 coffee, 9 avocado and 30 sweet potatoes) to analysis the producers' adaptation to a SAVC. The Barahona region represents a typical Dominican Republic rural region where 63.3% of households are rated as poor (not able to purchase the basic food basket); while 21% of the population is described as impoverished (not able to acquire the basic foods in regards to adequate proteins and energy sustenance). A survey was conducted in the light of [1] farm tenure and management and [2] access to added value chains (table 1, page 116).

In a third stage of the research a Delphi study was developed in order to

collect data of the determinant factors in the agricultural subsectors of rice, sweet potatoes, avocado, coffee, pigeon pea, common beans and organic banana. This Delphi two-round expert panel started on the April 19th, 2017 was conducted with 18 experts from producers' associations, managers of the Santo Domingo supplies chain, scholars and civil society representatives. Finally, an expert focus group discussed the results of the comprehensive sustainability of Dominican agricultural value chain and validated the findings. This focus group was developed on March 10nd, 2017 in San Cristobal city. The group consisted of eleven experts including technicians, agriculture sector advisers, agriculture ministry technicians, producers and consumer representatives.

Table 1. Distribution of frequencies of the farm tenure, management and access to the markets variables for the sample of farmers in Barahona province, express in average and percentage (%).

Tabla 1. Distribución de frecuencias de la propiedad, manejo y acceso al mercado de las explotaciones de la muestra de la provincia de Barahona expresada en porcentajes y medias.

Variable	Value	%	Variable	Value	%
Age (AGE)	30 to 45 years	30.0	Organization (INT)	Sole operator	42.2
	46 to 60 years	46.7		Co-operative	16.6
	61 to 75 years	20.0		Association	41.2
	75+	3.3	Land tenure (TEN)	Ownership	34.9
Number children (N)	N (average 4.34)	Occupation		9.2	
Education (EDU)	No formal	4.8		Rented	15.5
	Start primary	46.4		State cession	4.4
	Primary finish	10.6		Others	34.1
	Secondary	15.0		Legal and rented	1.9
	University	16.5	Distance (DISTAN)	Less 1 km	42.0
	Other	6.7		1-5 km	8.2
Size farm (SIZE)	1-50 ta *	16.7		More 5 km	49.8
	51-200 ta	40.0	Credit (CRED)	Public	18.9
	201-500 ta	30.0		Private	25.2
	501-1000 ta	13.3		No credit access	55.9
Technical assist (ASIS)	No assistance	23.2	Crops (CROP)	Rice	14.5
	Public assistance	55.8		Sweet potatoes	14.5
	Private assistance	9.1		Avocado	4.3
	Private and public	12.0		Coffee	22.2
Crop system (CSYS)	Organic	10.6		Pigeon pea	14.5
	Conventional	89.4		Common beans	15.0
Market (COMERC)	Local	49.0	Organic Bananas	15.0	
	Global	51.0	Workers (W)	Number (average 0.99)	

*ta = tarea = 628 sq m / *ta = tarea = 628 metros cuadrados

Logistic regression model: Determinant factors to access SAVC

To obtain the significant variables to access to added-value chains a two-way dependence was calculated, SPSS v.23.0 software package was used. The farm variable to be explained and the explanatory dichotomous outcome variable a, "COMERCIALIZATION" or "not COMERCE" was calculated by means of a chi-squared (χ^2) test of significance between the items. To accept or reject the hypothesis H_0 , which implies no relation between the variables, the value of the χ^2 statistics and the respective *p-values* were considered.

The significant variables obtained were included in a logistic regression model, logit. In the logit model the log odds of the outcome was modelled as a linear combination of the predictor significant farm variables: i) crop, ii) distance to market, iii) land tenure and iv) crop system to obtain the determinant factors to access to added-value chains. The dataset has a binary response (outcome, dependent) variable called "COMERC", which was equal to 1 if the farm accessed to external added-value chain and 0 otherwise.

Electre I method: Subsectors outranking

The subsectors were outranked according the determinant factors using Electre I method (10). The crop criteria were given a 10% higher consideration for decision makers (0.4) than the distance (0.3) and tenure (0.3) considering the crop profitability strong decision factor for producers. The weight vector resulted was:

$$W = [W_{CROP} = 0.4, W_{DISTAN} = 0.3, W_{TEN} = 0.3]$$

The crop (CROP) criteria were measured as crop profitability calculated as crop gross profit. The gross profit was calculated as the selling price of a crop, less the costs of cultivation. The selling price was obtained as the average price paid to producers. The crop costs were calculated considering the crop’s labors, work force and inputs needed in a year per *tarea* (628 s.q.m.) and recorded in February 2017 from producers. The distance criteria (DISTAN) was calculated as the transport kilometers paid by producers, from the main production areas to current added value chains. Fruits and vegetables are transported to country main markets in

Santo Domingo and Santiago, where some of them are also shipped for export, such as bananas to Europe, avocados to USA or sweet potatoes to Puerto Rico. The legumes are sent to near destinations like Santo Domingo. Commodity crops like rice are transported to the rice processors located in Santo Domingo and Santiago. Coffee is mostly used for the domestic market (table 2).

The tenure (TEN) criteria was calculated as the percentage of land legally owned by producers in front of the percentage of land rented, occupied or owned by the state, declared by the Delphi panel. Based on the data, the resulted performance matrix (table 3, page 118) was obtained.

All the criteria were coded in numerical scales with identical ranges. Considering the logit model, the criteria except the distance were considered “more of the criteria better” (+). ELECTRE concordance algorithm $c_{average} = 0.5$ and ELECTRE discordance algorithm $d_{average} = 0.64680127$ were considered and the concordance-discordance matrix obtained.

Table 2. Distance (DISTAN) in km from origin to consumption considering main crop production area shipped from the main national markets, Santo Domingo and Santiago de los Caballeros, to destiny.

Tabla 2. Distancia (DISTAN) expresada en kilómetros desde el origen hasta el consumo, considerando la zona de producción y los principales mercados de Santo Domingo y Santiago de los Caballeros.

	Origin	Santo Domingo (km)	Santiago(km)	Export-Destination	Average (km)
Rice	Constanza	141	117	S. Domingo-Santiago	129
Sweet potatoes	La Vega	141	117	Puerto Rico	129
Avocado	Cambita	40	175	USA	107
Coffee	Barahona	216	320	Punta Cana	304
Pigeon pea	San Juan	189	-	Santo Domingo	189
Common beans	San Juan	189	-	Santo Domingo	189
Org. Bananas	Azua	83	112	EU Amsterdam	98

Table 3. Decisional multi-criteria matrix. Performance matrix.**Tabla 3.** Matriz decisional multicriterio.

	Profitability (US\$/ha) (CROP) (+)	Food miles (km) (DISTAN) (-)	% Land ownership (TEN) (+)
Rice	511	129	22.2
Sweet potato	717	129	13.8
Avocado	1694	107	41.9
Coffee	2102	304	25.6
Pigeon pea	1433	189	28.5
Common beans	795	189	14.8
Organic Banana	1917	98	43.5

RESULTS AND DISCUSSION

Consumers' expectations

Results show that the 53.8% of respondents do not prefer local foodstuffs and nearly quarter more only when they have the same price and quality of imports (18). The consumers expressed a need to improve the local foodstuffs (8) and food safety practices. The experts pointed out the consumers distrust on the national products motivated by the consumers' perception of lack of traceability and quality control of local productions, moreover heterogeneity and absence of hygiene (16). They expressed that some Dominican products can improve their quality but some others are comparable with imports, being a matter of consumers' value perception of foodstuffs quality (24) (table 4, page 119).

Moreover, most of the consumers declared to buy preferentially in supermarkets due to their convenience, cleanliness and hygiene although many consumers expressed best fruits and vegetables are sold on green markets (5). They pointed out the need to improve the hygiene, organization and infrastructures of the green markets. An asymmetric flow of information between supply chain

stakeholders was found (8, 17), while there is a need to increase the consumers' confidence on local grown food (7).

Table 4, page 119, has confirmed the first of the hypotheses that the research study sought to test: H_1 : The producers do not adopt the consumers' expectations endangering SAVC.

Producers' determinant factors to access to added-value chains

The principle aim of the logistic regression analysis was to run an overall model with the significant variables obtained to perform SAVC. The original dataset in the logit model included the following variables: Crop system (CS) (p -value=0.000); Crop (CROP) (p -value=0.000); farm tenure (TEN) (p -value=0.003) and distance to the market (DISTAN) (p -value=0.000).

The analysis was developed in two steps. The first model in the output is a null model, that is, a model with no predictors, a univariate logistic regression analysis. The second model output the determinant variables to access to added-value chain (p -value<0.05).

Table 4. Distribution of frequencies of consumer’s agrifood consumption habits and preferences in Santo Domingo city, express in average and percentage (%).

Tabla 4. Perfil de los hábitos de consumo y preferencias de los consumidores de la ciudad de Santo Domingo, expresado en porcentajes y medias.

Variable	Value	%	Variable	Value	%
Household members	1 to 2	20.4	Best green products	Supermarket	37.5
	3 to 4	48.9		Green market	39.6
	5 to 6	30.7		Greengrocer	22.9
Agrifood aquisition	Produce	4.1	Move for preference	Yes	35.3
	Purchase	5.9		No	64.7
Often of purchase	Once a week	63.3	Surcharge for preference	Yes (5-10%)	51.9
	Twice a week	26.5		No	48.1
	+ 15 days	10.2		Private	25.2
Green supply in city	Adequate	40.0	Local improvement needs	Freshness	29.7
	Inadequate	58.2		Cleanliness	18.7
	Unknown	1.8		Support local	17.2
Local preference	No	53.8		Prices control	10.9
	If same price	21.2		Increase variety	3.1
	If same quality	21.2		No intermediaries	1.6
	Same price and quality	3.8		More storage	1.6
Purchase place	Supermarket	55.6		Fairs organize	1.6
	Greengrocer	28.4		Unknown	15.6
	Street market	16.0			

The odds ratio revealed that being a producer of rice, sweet potatoes, common beans or pigeon pea, *versus* a producer of coffee, organic banana or avocado decreases the log odds of perform a SAVC by 0.113.

Being an owner of the land *versus* being a renter or occupier increases the log odds of added-value markets by 0.744. Addi-

tionally, selling over 5 km increases the log odds of selling in added-value supplies chain by 2.035 (table 5).

The overall model includes these predictors. The chi-square value of 203.733 with a *p-value* of 0.000, less than 0.001 tells that the model as a whole fits significantly better than an empty model (a model with no predictors).

Table 5. Significance analyses of the logistic model in two steps: Wald Forward. Logistic regression analyses of the significant producers’ variables.

Tabla 5. Análisis de regresión logística en dos pasos, Wald hacia delante para las variables significativas.

Variables	Coef. (β_i)	<i>p-value</i>	Wald	Odds-Ratio		
				Lim. _{lower95%}	OR	Lim. _{superior95%}
Crops (CROP)	-2.178	0.000	39.829	0.058	0.113	0.223
Land tenure (TEN)	-0.296	0.037	4.357	0.564	0.744	0.982
Distance (DISTAN)	0.711	0.031	4.669	1.068	2.035	3.878

The crops (CROP), the land tenure (TEN) and the distance to the markets (DISTAN) provides significant variables in the overall model equation to access to added-value supply chains ($p\text{-value}=0.000$; $p\text{-value}=0.037$; $p\text{-value}=0.031$). The outcome overall logit model is, p_i (Access to an added-value supply chain): *

Fold (2008) demonstrated how the nature of the crop, such as storability and transportability, impacts on a potential performance of SAVC. He also pointed out that financial capacity and logistic capability of producers are key parameters on upgrading added-value chains (8, 17, 23). Clark and Inwood (2016) also indicated capability of farm increases distribution radius becoming larger and increases the potential SAVC.

Fold (2008) argued that a set of requirements has to be satisfied by farmers to perform SAVC covering various issues from availability and suitability of land (TEN) to personal qualifications and reputation (21). Caceres (2015) agreed with results indicating land ownership is less important than land control in flexibility and efficient crop production in global chains. Moreover, the Dominican producers argue lack of transportation and storage resources to perform SAVC.

Smallholders' barriers are becoming considerably higher as they need to qualify for inclusion in organized producers' schemes (8). The smallholders weaken financial access, important for purchasing food and travel to make those purchases (27) and for them the implementation of even basic technical norms is a significant challenge. Reducing the distance food is

transported is also of concern in SAVC (26). The Dominican SAVC requires for some products (CROP) increase long-distance interconnectivity (DISTAN), owning of capital and technology (TEN), change in the organization of production and in the role of the state in the producers perform of SAVC (2).

The logit model has confirmed the second of the hypotheses that the research study sought to test: H_2 : Producers perform of a SAVC depends on the subsector, location and resources.

Subsectors ranking for SAVC management

The multi-criteria analysis ranked subsectors according SAVC vulnerability (table 6, page 121). The organic banana for exportation and the avocado concluded the best positioned crops to a SAVC. The organic banana is indifferent to coffee.

The coffee was preferred to the rice and common beans. The pigeon pea is preferred positioned to rice, sweet potatoes and common beans. Common beans are preferred to sweet potatoes.

The electre graphic (figure 2, page 121) concluded less positioned subsectors to SAVC were rice and sweet potatoes.

The Electre graphic concluded a high vulnerability of SAVC in sweet potatoes and rice subsectors while a moderate impact could be expected in pigeon pea and common beans subsectors.

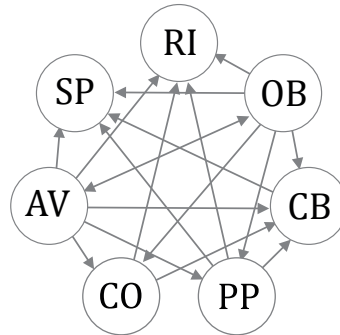
In order to face a SAVC model is needed subsectors restructuration to become sustainable. In this adaptation the existence of multiple livelihood strategies must be considered (17).

*
$$\ln \frac{p_i}{1-p_i} = 10.156 - 2.178 * CROP - 0.296 * TEN + 0.711 * DISTAN$$

Table 6. Dominance Concordance-Discordance Matrix, contained a “1” whenever both concordance and discordance indexes for a pair of crops were 1, otherwise valued 0.

Tabla 6. Matriz de dominancia agregada (concordante-discordante) donde “1” significa que la matriz de concordancia y discordancia toma el valor 1 para cada par de cultivos, “0” en el resto de casos.

		Attribute 2 under the influence of subordinate						
		RI	SP	AV	CO	PP	CB	OB
Attribute 1 influencing dominator	Rice (RI)	–	0	0	0	0	0	0
	Sweet Potatoes (SP)	0	–	0	0	0	0	0
	Avocado (AV)	1	1	–	1	1	1	1
	Coffee (CO)	1	0	0	–	0	1	0
	Pigeon Pea (PP)	1	1	0	0	–	1	0
	Common Beans (CB)	0	1	0	0	0	–	0
	Organic Banana (OB)	1	1	1	1	1	1	–



Within each of the pair-combinations an arrow pointing towards a member indicates dominance over that member. RI, rice; OB, organic bananas; CB, common beans; PP, pigeon peas; CO, coffee; AV, avocado; SP, sweet potatoes.

Entre cada par de cultivos la flecha señala la dominancia de un cultivo frente al otro. RI, arroz; OB, bananas ecológicas; CB, habichuela; PP, guandul; CO, café; AV, aguacate; SP, batata.

Figure 2. Domination between pairs of alternative agricultural produce in the Dominican Republic by the electre method.

Figura 2. Dominancia del método Electre entre los cultivos analizados en la República Dominicana.

Decisions for adaptation to SAVC need to be taken at various scales: by producers’ individual in horizontal integration to reduce collective risks and by governments on behalf of society (23). The experts declared that these subsectors could approach the SAVC improving the presentation, cleanliness and safety of the products. The producers must comply with specific

products requirements, meet the food safety requirements, quality and reduce wastages and inefficiencies improving their production management, practices and income (28). It is needed to improve in marketing (19). New and higher-value crops SAVC have to be sought and introduced (6), switch to more profitable alternatives, ongoing SAVC diversification.

The experts also proposed to SAVC enhance the agro-food products local transformation adding value (1) due to the considerable profits made from processing (19). Table 6 (page XXX) and figure 2 (page 121) have confirmed the third of the hypotheses that the research sought to test: H_3 : The management of SAVC needs to rank subsectors according viability.

CONCLUSIONS

A divide between subsectors that hinder a SAVC in the Dominican Republic was proven. The increasing perception by consumers of low quality of produce within some subsectors, the lack of collaborative efforts, and capability of producers to SAVC confirm these trends. Producers will face heterogeneously a SAVC model. For producers who are in position to meet standards this can be a source of competitive advantage, while those without the necessary capital to meet the requirements from buyers will face exclusion from the chain. The SAVC requires get advantage of the benefits of integration with the control and the governance and tasks of local small scale productions to ensure and emphasis the social and environmental sustainability. To create a SAVC that avoids the capital accumulation elsewhere in the chain, interventions could be needed to equate stakeholders. In doing so, technological and financial constraints of the local producers might be overcome, or at least significantly reduced.

Practical implications

Using mixed methods to investigate the SAVC this paper provides an approach that reflects the complex and iterative nature of real value chains and can be used by researchers, policymakers and practitioners to better understand and

describe decision making and to develop informed policies and interventions in SAVC scenarios. The approach used in this paper can assist to address SAVC challenges by helping to understand the underlying issues and consider more inclusive interventions. It hopes to contribute to a better understanding of the local implications in developing countries of SAVC restructuring beyond sustainability.

Future research lines

The perceived limitations of governance in the Dominican supply chain and the regulation through private mechanisms led to further research to harmonize both achieving development and resources sustainability goals. Governing sustainability through value chains implies a set of regulatory practices that use the chain as a medium for influencing producer decision making and strategies for upgrading their practices for sustainable production. The guideline of future researches is the critical role played by institutions in securing the viability of SAVC. This study also highlights the importance of national agricultural policies to diminish the supply chain uncertainties. It is also of interest to investigate how the producers can access resources necessary to perform a SAVC and to achieve long-term goals such as improvement in producers' livelihoods and agriculture sustainability. Extent to the analysis of the factors that facilitate and constrain the willingness and capacity of those they target to adopt pre-defined or standardized upgrading strategies it is of interest. It is of interest and unresolved the resulting of regional inequities, marginalized areas, smallholders' poverty in the adaptation to SAVC. The promotion of the creation of local organization, cooperation and collaboration are crucial to achieve the knowledge, background and expertise of SAVC.

REFERENCES

1. Bloom, D.; Hinrichs, C. C. 2010. Moving local food through conventional food system infrastructure: Value chain framework comparisons and insights. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 26: 13-23.
2. Borrás, S. M.; Franco, J. C.; Isakson, S. R.; Levidow, L.; Vervest, P. 2016. The rise of flex crops and commodities: Implications for research. *Journal of Peasant Studies*. 43: 93-115.
3. Burnett, K.; Murphy, S. 2014. What place for international trade in sovereignty?. *Journal of Peasant Studies*. 22: 1065-1084.
4. Caceres, D. M. 2015. Accumulation by dispossession and socio-environmental conflicts caused by the expansion of agribusiness in Argentina. *Journal of Agrarian Change*. 15: 116-147.
5. Castillo-Valero, J. S.; Villanueva, E. C.; García-Cortijo, M. C. 2018. Regional reputation as the price premium: estimation of a hedonic model for the wines of Castile-La Mancha. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 293-310.
6. Challies, E. R. T.; Murray, W. E. 2011. The interaction of Global Value Chains and Rural Livelihoods: The case of smallholder raspberry grower in Chile. *Journal of Agrarian Change*. 11: 29-59.
7. Clark, J. K.; Inwood, S. M. 2016. Scaling-up regional fruit and vegetable distribution: potential for adaptative change in the food system. *Agriculture and Human Value*. 33: 503-519.
8. Fold, N. 2008. Transnational sourcing practices in Ghana's perennial crop sectors. *Journal of Agrarian Change*. 8: 94-122.
9. Gereffi, G.; Fernández-Stark, K. 2016. *Global value chain analysis: A primer*. Durham, UK: Center on Globalization, Governance and Competitiveness at the Social Science Research Institute.
10. Hatami-Marbini, A.; Tavana, M. 2011. An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega*. 39: 373-386.
11. IICA. 2009. *Strategic plan for the agrarian sector in Dominican Republic*. Dominican Republic Agriculture Ministry. Santo Domingo. Dominican Republic.
12. Jarosz, L. 2011. Defining world hunger: Scale and neoliberal ideology in international food security. *Food Culture and Society*. 14: 117-139.
13. Leguizamon, A. 2016. Disappearing nature? Agribusiness, biotechnology and distance in Argentine soybean production. *The Journal of Peasant Studies*. 43: 313-330.
14. Los, B.; Timmer, M. P.; Vries, G. J. 2015. How global are global value chains? A new approach to measure international fragmentation. *Journal of Regional Science*. 55: 66-92.
15. Murmis, M.; Murmis, M. R. 2012. Land concentration and foreign land ownership in Argentina in the context of global land grabbing. *Canadian Journal of Development Studies*. 33: 490-508.
16. Nicolae, C. G.; Isfan, N.; Bahaciu, G. V.; Marin, M. P.; Moga, L. M. 2016. Case study in traceability and consumer's choices on fish and fishery products. *AgroLife Scientific Journal*. 5: 103-107.
17. Pegler, L. 2015. Peasant inclusion in global value chains: economic upgrading but social downgrading in labour processes?. *The Journal of Peasant Studies*. 42: 929-956.
18. PROCHILE. 2013. *Dominican Republic Food distribution channel Study 2013*. Santo Domingo. Dominican Republic: Comercial Chile Office in Santo Domingo ProChile.
19. Prowse, M.; Moyer-Lee, J. 2014. A comparative value chain analysis of smallholder Burley Tobacco Production in Malawi - 2003/4 and 2009/10. *Journal of Agrarian Change*. 14: 323-346.
20. Rutherford, D. D.; Burke, H. M.; Cheung, K. K.; Field, S. H. 2016. Impact of an agricultural value chain project on smallholder farmers, households, and children in Liberia. *World Development*. 83: 70-83.
21. Sánchez-Toledano, B. I.; Kallas, Z.; Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 49(2): 269-287.
22. Scoones, I. 2009. Livelihoods perspectives and rural development. *The Journal of Peasant Studies*. 36: 171-196.

23. Singh, C.; Dorward, P.; Osbahr, H. 2016. Developing a holistic approach to the analysis of farmer decision-making: Implications for adaptation policy and practice in developing countries. *Land Use Policy*. 59: 329-343.
24. Schnettler, B.; Sánchez, M.; Miranda, H.; Orellana, L.; Sepúlveda, J.; Mora, M.; Lobos, G.; Hueche, C. 2017. "Country of origin" effect and ethnocentrism in food purchase in Southern Chile. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 49(2): 243-267.
25. Soosay, C.; Fearne, A.; Dent, B. 2012. Sustainable value chain analysis – a case study of Oxford Landing from "vine to dine". *Supply Chain Management: An International Journal* 17: 68-77.
26. Soper, R. 2016. Local is not fair: indigenous peasant farmer preference for export markets. *Agriculture and Human Value*. 33: 537-548.
27. Tobin, D.; Brennan, M.; Radhakrishna, R. 2016. Food access and pro-poor value chains: a community case study in the central highlands of Peru. *Agriculture and Human Value*. 33: 895-909.
28. Tolentino-Zondervan, F.; Berentsen, P.; Bush, S.; Idemne, J.; Babaran, R.; Lansink, A. O. 2016. Comparison of private incentive mechanisms for improving sustainability of Filipino Tuna Fisheries. *World Development*. 83: 264-279.
29. Valdes Salazar, R. 2018. Measuring market integration and pricing efficiency along regional maize-tortilla chains of Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 279-292.
30. Walsh-Dilley, M. 2013. Negotiating hybridity in highland Bolivia: Indigenous moral economy and the expanding market for quinoa. *Journal of Peasant Studies*. 40: 659-682.
31. Warner, B. P. 2016. Understanding actor-centered adaptation limits in smallholder agriculture in the Central American dry tropics. *Agriculture and Human Value*. 33: 785-797.

A first approach to the design component in the agri-food industry of southern Spain

Una primera aproximación a la componente "Diseño" en la industria agroalimentaria del sur de España

Óscar González-Yebra, Manuel A. Aguilar, Fernando J. Aguilar

Originales: *Recepción: 10/08/2016 - Aceptación: 23/08/2017*

ABSTRACT

This work raises the need to open new research lines to bring closer "Design" and "Agri-food Industry", understanding design as a structured and multidisciplinary working process headed up to create products, images, spaces, etc. Within this framework, the following objectives have been outlined: i) Identification of the major design areas with regards to the agri-food sector; ii) Estimation of the importance of the "Design" component and iii) Definition of the possible lines of action. After carrying out a previous bibliometric analysis, which highlighted the lack of relevant bibliography regarding the design component in the agri-food sector; the Delphi method was selected as a suitable working methodology to interactively and systematically answer the aforementioned questions by relying on a panel of experts. The obtained results pointed out to the need of providing incentives for design in agri-food industry as a non-technological innovation aimed at increasing the added value and development of the sector. This should also help promote the design culture and push forward the creation of innovative business strategies.

Keywords

agri-food sector development • agricultural and rural change • design • non-technological innovation • Delphi method

Universidad de Almería. Departamento de Ingeniería. Ctra. de Sacramento s/n
04120, La Cañada de San Urbano. Almería, Spain. oglezyebra@ual.es

RESUMEN

Este trabajo plantea la necesidad de abrir nuevas líneas de investigación en las que se relacione "Diseño" e "Industria Agroalimentaria", entendiendo el diseño como un proceso de trabajo estructurado y multidisciplinar orientado a crear productos, imágenes, espacios, etc. En dicho contexto, se han planteado los siguientes objetivos: i) Identificación de las principales áreas de diseño dentro del sector agroalimentario. ii) Estimación de la importancia de la componente "Diseño". iii) Definición de las principales líneas de acción. Tras un análisis bibliométrico previo, que puso de relieve la carencia de bibliografía relevante en cuanto a la componente de diseño en el sector agroalimentario, se decidió establecer como metodología de trabajo el método Delphi para responder de forma interactiva y sistemática a las cuestiones planteadas, mediante la consulta a un panel de personas expertas. Los hallazgos obtenidos apuntan a la necesidad de proporcionar nuevos incentivos para el diseño en la industria agroalimentaria, como innovación no tecnológica dirigida a aumentar el valor añadido y el desarrollo del sector. Lo que ayudaría además a promover la cultura del diseño y avanzar en la creación de estrategias empresariales innovadoras.

Palabras clave

desarrollo sector agroalimentario • cambio agrícola y rural • diseño • innovación no-tecnológica • método Delphi

INTRODUCTION

At the beginning of the 21st century, design has begun to be a determinant differentiating element for stimulating innovation and competitiveness in any sector or area of research and development, and is being added to the term R&D&I&D (Research, Development, Innovation and Design). As Ferruzca Navarro *et al.* (2013) suggested, the most representative example of this situation is the fact that the first speech on the agenda of the World Innovation Forum, in June 2013, was entitled: "Design Thinker: A different breed of innovators". In a very competitive environment characterized by fast changes and technologies in continual evolution, businesses must differentiate themselves and provide value based on strategies and creative thinking. It is here where the "Design" discipline can and must have

an important role. According to Boztepe (2007), it would be needed a special design research effort to develop efficient tools, applicable in the design practice, which allow designers to actively participate in enhancing value creation. This is particularly relevant in the context of this study headed up to strengthen the link between "Design" and "Agri-food Industry".

The added value of design should result in an increased dynamism and development in all areas of agriculture as well as throughout the rural sector.

Furthermore, the agri-food industry has a high specific weight in the European economy, especially in the Spanish economy. In fact, the agri-food industry is the main industrial manufacturing activity in Europe, representing 14.6% of total invoicing and over 1,048,000 million Euros (19).

In Spain, the food and drink industry is the first branch of the industry, representing 20.6% of net product sales, 18.2% of employment, 16.8% of investments in material assets and 15.3% of added value (38).

Important Considerations: Research/Design/Agri-food Industry

This paper is intended to contribute to the beginning of a nexus, today very weak or inexistent, between design practice and the Spanish agri-food industry, in order to improve competitiveness and sustainability in this sector. To contextualize the term "Design" in this study, and underlining that it is extremely difficult to provide a precise definition of this very wide and multidimensional concept (41, 58), it has been approached within the context of this study by taking the definition proposed by

Rose *et al.* (2007), who claimed that design concept includes all activities associated with the creation of a design as a specification for a solution, product, service, system or organization. This point of view conceives design as a structured working process which is additionally understood as creative, technological and multidisciplinary process headed up to create and develop products, images, spaces, etc. This view of design also fits the widely known Herbert Simon's definition and can be easily extended to the design of innovation systems, business processes and technology platforms (55).

However, and focusing on Spain, the entrepreneur has a biased perception of design excessively inclined towards its artistic side. In this sense, only the big companies hire, with some regularity, third-party design services (14).

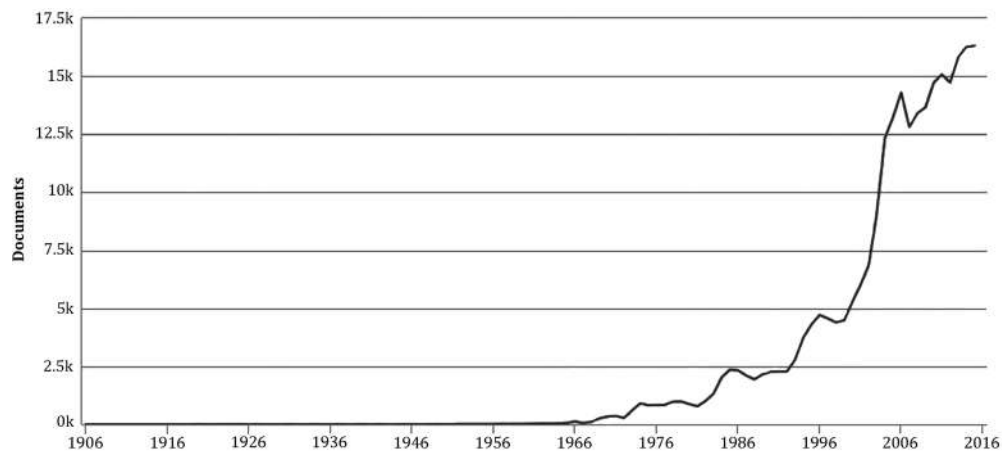
For instance, and in the particular case of industrial design, the term "Design" does not

only concern the purely visual or aesthetic, but also with the study of ergonomics, production, efficiency of the use of materials, and a long list of others (58).

After this brief introduction, two main issues arise in relation to the concept of design held by the experts of the agri-food sector: Firstly, what is the perception that the experts have about the concept of design? Something simply aesthetic or a structured working process? And secondly, what design activities do they consider to be more present in the sector?

As a first step in this direction, a brief review was done of existing publications in this area of knowledge by entering the keywords "Design" and "Agri-food Industry" in the Web of Science (WoS) and Scopus databases. The studies that appeared in these searches were found to really have very little to do with the subject matter posed. To summarize, 95 publications were indexed in the WoS (74 of these were articles) and 58 in Scopus (39 articles) from using the search fields "topic" (first database), "title", "abstract" and "keywords" (second database).

When we entered the keywords "Design" and "Product" (figure 1, page 128), however, the increase in recent years in publications related to product design was clearly seen to be a new and driving discipline of scientific-technical research, although work directly related to the specific field of the agri-food industry was practically nonexistent. Thus, briefly highlighted, design research is a relatively new discipline compared to traditional disciplines (Chemistry, Biology, Geometry and Topology, etc.). This is the reason why Gemser *et al.* (2012) stated that design is still in growth phase to be recognized as a legitimate scientific discipline, being also a drawback which prematurely confined the places and patterns of publication.



Source: Scopus database (search date: until 2015 (included)), keywords "Design" and "Product".
 Fuente: Base de datos Scopus (fecha de búsqueda: hasta 2015 (incluido)), palabras clave "Diseño" y "Producto".

Figure 1. Evolution of the number of documents per year related to product design.
Figura 1. Evolución del número de publicaciones por año en relación al diseño de producto.

This leads implicitly to a very different scenario from the rest of the areas of knowledge, since the conditions for its development (financial aid, research centers, specific postgraduate programs, etc.) are infinitely more limited. Nevertheless, design research is an activity which is going to develop significant momentum in the midterm due to the challenges arising from globalization, multiculturalism and the dizzying advance of technology, becoming an essential component of innovation and sustainable development in many economies and regions (54).

Contextual framework

As a general theoretical framework that justifies the importance of undertaking a first diagnosis about how the agri-food sector perceived design, it is necessary to highlight that there are only a few works

covering this topic, most of them finding a positive correlation between design application and business results (23, 30, 31, 53).

In this way, it is worth noting the work carried out by Hertenstein *et al.* (2005) in EEUU where the authors analyzed up to 93 companies belonging to 9 different industrial sectors to study the relationship between effectiveness in design and business results.

In this paper, it was pointed out that companies promoting "Good design" were more powerful in all the financial parameters, except in the ratios of growth. Focusing on Spain, and according to a study carried out in 2005 by "la Sociedad Estatal para el Desarrollo del Diseño y la Innovación (DDI)" [State Society for the Development of Design and Innovation], the companies that grew the most were those showing a closer relationship between investment in design and increase in turnover (56). This

could be partly explained by the fact that the identification and integration of design in companies allow the development of products and services consistent with emerging cultural and social trends (2).

Moreover, design can be useful to influence on consumer response (11), an aspect that has become a key factor since the technological differences of the companies have become smaller and they are able to produce similar goods (57).

A good example of this could be the horticultural production model in south-eastern Spain. In addition, on an aggregate scale, design has an impact on the quality of life of people through the design of better products, processes and services (56).

Consequently, identifying and disseminating the design component within the agri-food sector is a first important step to introduce design management as a tool to be developed in the field of business management. Notice that this issue turns out to be central to Michael Porter's analysis of the dynamics of industry (1980), in particular to achieve the types of competitiveness included in its classic "Competitive Strategy" (1982). This methodological approach based on improving competitiveness has allowed that several authors relate design, explicitly or implicitly, with the model of Porter (7, 18, 39).

In fact, the three Porter's generic strategies (cost leadership, market niches and differentiation) are associated with three clear design strategies: design-cost strategy, design-image strategy, and brand-design strategy (4). Under this approach, design becomes a fundamental tool in business strategy to cope with the increasing competition and the globalized market. As pointed out by Buil *et al.* (2005), one of the main pillars in this line of work would be to raise awareness of the possible benefits for the

different fields of action (public administrations, businessmen, managers, etc.) provided by including design in their productive chain.

Continuing with the state of the art of the importance of design in the Spanish agri-food industry, a review of about ten years found that: (i) Design as a strategic line of the Spanish agri-food industry is practically nonexistent, (ii) A large part of the publications indexed are about the Spanish wine industry, (iii) The most representative studies have to do with packaging (containers and packing), product trademark and denomination of origin.

Packaging design in the agri-food industry has a primordial presence throughout the life cycle of any agricultural product. Considering the importance of packaging related to product acceptance by the final consumer, bibliographic production about it is currently not very extensive. Some of the more outstanding studies related to product packaging and the consumer were published by Ares and Deliza (2010) on dairy desserts, and the study by Puyares *et al.* (2010) on wine bottles.

Along this same line, Eldesouky and Mesias (2014), who studied the influence of packaging on cheese consumers, concluded that the design and color of the packaging are the most attractive and differentiating factors in the process of purchasing the product.

Therefore, design is an added value which must be understood by all direct and indirect stakeholders in this industry, not just because of its esthetics, but its presence throughout product development, and even more so for perishable products. At this point, the importance of a good packaging design, without doubt determinant for good conservation of the product, its transport, distribution, storage, etc., should be stressed.

Probably the most advanced sectors in Spain in the area of packaging are wine and olive oil, where not only an enormous progress has been made with respect to designing packaging according to market requirements, but they are also working to understand the direct relationship with the so-called "protected designations of origin (PDO)". There are some significant contributions in this field. For example, Errach *et al.* (2014) and Hinojosa-Rodríguez *et al.* (2014), in the cases of Spain and Andalusia respectively, reported interesting research works about the olive-oil market.

In this regard, García-Galán *et al.* (2014) found that winemakers try to promote their brands using the territorial origin of the product itself as a strategy directly related to corporate design of the business. This becomes a possibility for improving market ranking from the point of view of sustainability, quality and territorial differentiation.

Furthermore, Parras-Rosa *et al.* (2013) studied the packaging of olive oil from a marketing perspective, analyzing the ranking of different packaging and exploring the attributes. These topics would have to be very present in packaging for extra virgin olive oil from the consumer point of view.

Although there have occasionally been studies directly related to design as a tool for innovation in the agri-food industry, there is an absence of a body of doctrine which specifically links design and the agri-food industry. Neither has the question of the presence of design in the Andalusian agri-food industry been posed explicitly.

Therefore, this study attempts to cover this important gap with a first approximation contributing to the creation of a line of research that favors inclusion of the design vector as a tool for innovation and

improving added value in both agri-food and rural sectors as a whole, because design, as a differentiating element with high added value, is present directly or indirectly in all of its activities. In reality, as a first approximation, this study includes basic aspects which should be part of a new line of research directed at analysis of the relationship between the design component and the agri-food industry from an exclusively academic/research perspective.

The point of view of the private sector (small and medium enterprises that make up the agri-food sector), which we understand to be crucial, and comparative analysis of the results, will be approached in a following study.

As seen above, hardly any work has previously been done on the design approach to the agri-food industry as a proposal for a new line of research, and therefore, it requires reflection and group analysis. Thus this study poses the following basic goals: (i) Identification of areas of design in the Andalusian agri-food sector, (ii) Estimation of the importance of the "Design" component in different areas of agri-food activity, such as training centers, R&D&I centers, SMEs, large companies and government. (iii) Definition of the main lines of action in design in the agri-food industry.

METHODOLOGY

The Delphi method is especially appropriate for finding information on a specific subject matter with no tabulated data or specific bibliography (28). The number of persons consulted may vary from seven to thirty (34), although it is not the number of experts consulted but the quality of the expert panel which enables reliable results to be obtained.

The validity of the technique was evaluated by Ono and Wedemeyer (1994), who concluded that the results of the forecasts correlated significantly with their evaluation of the trends in the cases studied. It is a method that offers the advantages of group response, efficiency and flexibility, since the new technologies enable individuals who are geographically far away from each other to participate (22, 42). This is indispensable for our study because the experts belonged to nine different institutions.

Sample

To achieve the goals posed in the study, and taking as a reference the theoretical hypotheses of the Delphi method (3, 6, 45), the two working groups necessary to develop the method, *i. e.*, the coordinating group and the expert group were formed.

The coordinating group consisted of members of Andalusian Research, Development and Innovation Plan Research Group RNM-368 and the Agri-food Campus of International Excellence (ceiA3).

Expert panel characterization

The expert panel was made up of 22 participants, 20 members of the Agrifood Campus of International Excellence (ceiA3) from the following institutions: “*Consejo Superior de Investigaciones Científicas*” [Higher Council for Scientific Research] (2), “*Instituto de Investigación Agraria y Pesquera*” [Agrarian and Fishing Research Institute] (7), University of Almeria (3), University of Cadiz (2), University of Cordoba (4), University of Huelva (1) and University of Jaen (1).

Two more experts belonging to organizations outside the ceiA3, the Palmerillas Experimental Station (Cajamar Foundation) (1) and the Andalusian Regional Ministry of Agriculture, Fishing and Rural

Development (1). Of the total number of participants, 23% were women and 77% men.

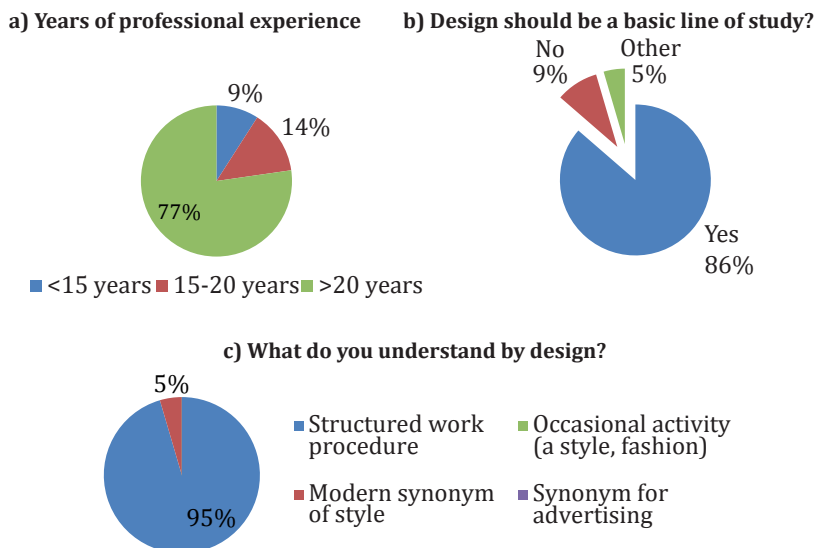
In the preliminary profile selection stage, it was attempted to find an equitable percentage of men and women so in the exploratory stage there would be a significant number of female experts, but in most cases, this was not possible due to lack of availability for participation. Most of them are Ph.Ds. (91%) in very diverse areas of knowledge, given the interdisciplinary nature of this study (*e. g.*, Marketing and Market Research, Graphic Expression of Engineering, Postharvest Technology, Agricultural Economy and Sociology, etc.). They can also be classified by their professional category: senior researchers, senior specialist technicians, technical consultants, university department chairs and full professors, etc. Figure 2a (page 132), shows how 77% of the experts on the panel had had over 20 years' professional experience. 68% of the participants knew of or had worked with the Delphi method.

Figure 2b (page 132), shows that 86% stated that design should be a basic line of study, regardless of the sector (*industrial, social, academic, etc.*) dealt with. And finally, figure 2c (page 132), shows the results of the question “What do you understand by design?” posed in the first part of the questionnaire.

95% answered that design is a structured work procedure and a minority considered it a modern synonym of style. None of the experts considered design an occasional activity (a style or fashion), or a synonym for advertising.

Procedure

As suggested by several authors (3, 6, 45), the Delphi method used here was comprised of the following three basic stages: i) Preliminary stage (preparatory), ii) Exploratory stage (consultation), and iii) final stage (results).



Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

Figure 2. Characterization of the experts included in the Delphi panel.
Figura 2. Caracterización de los expertos incluidos en el panel Delphi.

i) Preliminary stage

In this first stage, the coordinating group, which undertook responsibility for selecting the expert panel based on their knowledge and competence, was formed, and made a shortlist for the first contact round. Among its functions was to interpret the partial and final results of the study and supervise how it was running, making any adjustments or corrections necessary. In this preliminary stage, the first version of the questionnaire was drafted. The questionnaire consisted of two parts, one part for characterization of the experts and the other for the main subjects of study (three questions), such as: "Evaluate how much you think design is present in the following fields of action related to design", or "In your opinion, how important do the various stakeholders in the agri-food industry think design is?"

ii) Exploratory stage

This stage consisted of two rounds of consultation. In the 1st round, the question was subjected to validation by the expert panel selected to collect the information posed in the goals of research.

Questions were sent and received by email in attached files.

The questions were raised and answered in based on a Likert scale (36) with a five-point type response: "very important", "quite important", "important", "not very important" and "not important". This stage was designed following the recommendations reported by different studies such as Osborne *et al.* (2003), Rossouw *et al.* (2011) and Kokthi *et al.* (2015). It was also added an open-ended question for feedback and qualitative assessment by each expert.

Later, a qualitative analysis was done of the opinions expressed by the participants in answer to the open question included in the consultation instrument.

The statistically processed results and the questionnaire modified in view of the suggestions made by the experts, were returned to the panel for a second round of consultation to give each panel member the opportunity to reconsider his answers in the light of his original answer and the overall group position, and if necessary, change his answers in the second round.

Table 1 (page 134), shows the final item list. Finally, a space was left for each expert to state his main conclusions and overall observations with regard to the research.

The deadline for answering each of the rounds was 30 days, assigning a number to each expert to ensure anonymity.

It was decided to carry out only two rounds in order to prevent an excessive and forced centralization of opinions that could result from the reiteration of rounds. In other words, more than two rounds could contribute to a loss of information and the artificial construction of a fictitious consensus. In fact, this is a modified version of Delphi method in which are usually performed only two rounds (37, 40).

iii) Final Stage

When the experts had completed the two consultation rounds described above, the research group coordinator analyzed and prepared the final results. The results found by the Delphi procedure were analyzed quantitatively and qualitatively using descriptive statistics and the simple correspondence exploratory method, respectively, using the SPSS statistical package (version 22).

Notice that the definition of the items depicted in table 1 (page 134), are based on an adaptation of the different areas of application of the design included in the Manual on Design Management published by Lecuona (2009): "Industrial or product design", "Graphic design" and "Design of spaces or environments".

Analysis of results

In order to provide an answer to a first approximation for identifying the design vector in the Andalusian agri-food industry, a quantitative descriptive statistical analysis was carried out. First, the relative frequencies of each answer to the items were computed. Second, the median (m) was calculated as the measure of expert panel's central tendency. At the same time, the interquartile range (κ) was entered to measure the dispersion of the sample.

Finally, the arithmetic mean (μ) and the standard deviation (σ) were included as the supporting criterion to put in relative order the different items in the first two questions.

Furthermore, a qualitative study based on the Simple Correspondence Analysis (SCA) exploratory method was carried out. This technique is very useful for exploratory studies such as ours, where there are few or no prior hypotheses, in either correlational or experimental respects (10).

Correspondence analysis (simple or multiple) is done to reduce a large amount of data to a smaller number (principal components) with the least loss of information possible. This graphic representation can show simply qualitative conclusions on relationships existing among the variables studied.

Table 1. Items raised in the Delphi questionnaire.
Tabla 1. Ítems planteados por el cuestionario Delphi.

Fields of action/Areas of design (First question)	Abbrev.
- Development of agro-industrial buildings and secondary industries. Landscape integration. (Industrial and environment design)	DALI
- Facilities and equipment. (Industrial design)	FE
- Development of agricultural machinery. (Industrial design)	DAM
- Agri-food packaging, manufacturing of packaging. (Graphic and product design)	AP
- Trade fair stands and materials. (Graphic and spaces design)	TFSM
- Corporate identity of agri-food companies and sector associations. (Graphic design)	CI
- Product communication. (Graphic design)	PC
* Proposed by the experts: Conception of products and trademarks. (Graphic design)	CPT
Importance by area (Second question)	
- Training centers (Study plans)	TC
- R&D&I centers	RDIC
- Government authorities	GA
- Small and medium enterprise	SME
- Large companies	LC
* Proposed by the experts: Consumers	CO
Lines of design-sector action / Case studies (Third question)	
- Design as an instrument of analysis for integrating agri-food buildings into landscape. (For example type of agri-food model based on greenhouses, "Almeria Model")	IAB
- Design management as part of the strategy of the agri-food sector and agri-food companies. (Determining the level occupied by the design in the most representative organization charts)	DM
- To investigate in new methodological proposals in the area of codesign directly related to the agri-food sector. (Proposal for a particular sector associations)	MPCD
- Eco-design as a differentiating tool in developing new packaging. (Identification of life cycles that are repeated)	EDP
* Proposed by the experts: Graphic design in the agri-food sector: needs and trends, territorial aspects. (Historical development and proposals for improving the labeling in the agri-food industry)	GDNT
* Proposed by the experts: The cross-section design. Market needs. (Ethnographic study for the acceptance of a particular agri-food product)	CSD
* Proposed by the experts: Design related to the area of agricultural machinery and equipment. (To identify and assess whether the processes and design methods used are adapted to the sector)	AME

Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

The represented variables come from two categories: i) The different items outlined in the Delphi study (e.g., for first question would be agri-food packaging, corporate identity, facilities and equipment...), ii) the scale of possible categorical answers for each of the previous items (e.g., for first question would be very present, quite present, present...).

RESULTS

First question: Presence of the design component in the agri-food industry

Table 2, shows that 68.2% of the experts considered design quite or very present in the

corporate identity of agri-food companies. On the contrary, 54.6% stated that the design component is very little or not present at all in development of agro-industrial buildings and secondary industries.

Along general lines, the experts found that the items related to graphic design are those which are perceived most clearly in the agri-food industry design component.

With regards to the results depicted in the table 2 and in the tables 3 and 4 (page 137), it is recommended to relativize the values of the mean (μ) and the standard deviation (σ) since, from a purely statistical point of view, the treatment of categorical data from a 5-point Likert scale is a subject that raises some debate.

Table 2. Presence of the design component in the agri-food industry.

Tabla 2. Presencia del vector diseño en la industria agroalimentaria.

Order	Fields of action	VP	QP	P	LP	NP	κ	m	μ	σ
1	Corporate identity	27.3	40.9	22.7	9.1	0	1.8	4	3.9	0.9
2	Agri-food packaging	0	63.6	31.8	4.5	0	1	4	3.6	0.6
3	Stands and materials	13.6	40.9	36.4	9.1	0	1	4	3.6	0.9
4	Conception of products and trademarks	4.5	54.5	27.3	13.6	0	1	4	3.5	0.8
5	Communication	18.2	27.3	36.2	18.2	0	1	3	3.5	1
6	Development of agricultural machinery	9.1	31.8	27.3	31.8	0	2	3	3.2	1
7	Facilities and equipment	4.5	22.7	40.9	27.3	4.5	1.8	3	3	1
8	Development of agro-industrial. Landscape integration	4.5	18.2	22.7	45.5	9.1	1	2	2.6	1

Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

VP: Very Present. QP: Quite Present. P: Present. LP: Little Present. NP: Not Present (Values expressed in %). κ : Interquartile Range. m: Median (1=NP 2=LP 3=P 4=QP 5=VP). μ : Arithmetic Mean. σ : Standard Deviation.

VP: Muy Presente. QP: Bastante Presente. P: Presente. LP: Poco Presente. NP: Nada Presente (Valores expresados en %). κ : Rango Inter cuartílico. m: Mediana (1=NP 2=LP 3=P 4=QP 5=VP). μ : Media Aritmética. σ : Desviación Estándar.

In this study they have been used mainly to determine the relative order between items of equal median.

Second question: Importance of design by area

Most of the experts said that neither government nor training centers consider design important. 81.8% revealed that design is quite or very important for large agri-food companies, an aspect which is related directly to the importance given consumers (table 3, page 137).

Third question: What lines of design-sector action do you think are necessary?

Table 4 (page 137), shows that practically the entire panel coincided in the need for eco-design as a differentiating tool in developing new packaging. 63.6% considered research in new methodological proposals in the area of codesign directly related to the agri-food sector to be very necessary, while 77.3% stated that a line of work pushing design as an instrument of analysis for integrating agri-food buildings into landscape is very necessary or quite necessary, and was one of the lines of action with the highest consensus.

Finally, the whole panel considered the least necessary line of action to be related to the area of agricultural machinery and equipment.

DISCUSSION

This type of activity is emerging as a growing economic sector in countries such as Australia, New Zealand or the United States (42). Thus, interest in the product, wine in this case, is transformed into the desire to visit the production area (24). Within the same context (20) analyzed two different wine routes in Italy,

pointing out that the study of the tourists' profile would allow the improvement of marketing strategies, this being an aspect transversally related to the field of design.

Before beginning the discussion, it is important to highlight the current situation in Spain, and particularly in Andalusia, where it is becoming necessary to change the production and economic model to one in which design and innovation play a fundamental role. In fact, many countries (Germany, Great Britain, Norway, Sweden, Australia, Korea and Japan) are turning their attention more and more to both these pillars as drivers of renovation toward sustainable development and progress. In the present economic context, where resources for innovation are scarce, design, as a non-technological instrument of innovation, is particularly relevant and interesting, since it is less capital-intensive and requires shorter investment return periods. Keeping this scenario in mind, this study tries to provide a first approach to demonstrate the importance of design as an indispensable tool for the future of the whole agri-food industry in Andalusia, Spain, although its findings could be extended to other Latin American countries sharing similar realities where the new paradigm based on R&D&I&[d] is beginning to arise.

First Question: Presence of the design component in the agri-food industry

From the results of the exploratory stage of the study, design was found to be present in the agri-food industry in, from most to least: (1) Corporate identity of agri-food companies and sector associations, (2) agro product packaging, (3) trade fair stands and materials, (4) conception of these products and trademarks, (5) their communication (6) development of agricultural machinery, (7) facilities and equipment, and (8) design as an agro-industry spatial and esthetic concept.

Table 3. Importance of design by area.
Tabla 3. Importancia del diseño por ámbitos.

Order	Area	VI	QI	I	LI	NI	κ	m	μ	σ
1	Large companies	31.8	50	18.2	0	0	1	4	4.1	0.7
2	Consumers	36.4	27.3	18.2	13.6	4.5	2	4	3.8	1.2
3	Small and medium enterprise	13.6	18.2	40.9	22.7	4.5	1.8	3	3.1	1.1
4	R&D&I centers	9.1	27.3	22.7	36.4	4.5	2	3	3	1.1
5	Training centers (Study plans)	9.1	4.5	22.7	59.1	4.5	1	2	2.5	1
6	Government authorities	4.5	4.5	13.6	72.7	4.5	0	2	2.3	0.8

Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

VI: Very Important. QI: Quite Important. I: Important. LI: Little Important. NI: Not Important (Values expressed in %). κ: Interquartile Range. m: Median (1=NI 2=LI 3=I 4=QI 5=VI). μ: Arithmetic Mean. σ: Standard Deviation.

VI: Muy Importante. QI: Bastante Importante. I: Importante. LI: Poco Importante. NI: Nada Importante (Valores expresados en %). κ: Rango Intercuartílico. m: Mediana (1=NI 2=LI 3=I 4=QI 5=VI). μ: Media Aritmética. σ: Desviación Estándar.

Table 4. Main lines of action involving design and agri-food sector.

Tabla 4. Principales líneas de acción del diseño en el sector agroalimentario.

Lines of action	VN	QN	N	LN	NN	κ	m	μ	σ
Design as an instrument of analysis for integrating agri-food buildings into landscape	27.3	50	18.2	4.5	0	0.8	4	4	0.8
Design management as part of the strategy of the agri-food sector and agri-food companies	4.5	31.8	13.6	9.1	0	1	4	4.1	1
To investigate in new methodological proposals in the area of codesign directly related to the agri-food sector	63.6	22.7	9.1	4.5	0	1	5	4.5	0.9
Eco-design as a differentiating tool in developing new packaging	45.5	54.5	0	0	0	1	4	4.5	0.5
Graphic design in the agri-food sector: needs and trends, territorial aspects	40.9	40.9	9.1	9.1	0	1	4	4.1	0.9
The cross-section design. Market needs	40.9	32.8	27.3	0	0	1.8	4	4.1	0.8
Design related to the area of agricultural machinery and equipment.	13.6	36.4	40.9	9.1	0	1	3.5	3.5	0.9

Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

VN: Very Necessary. QN: Quite Necessary. N: Necessary. LN: Little Necessary. NN: Not Necessary (Values expressed in %). κ: Interquartile Range. m: Median (1=NN 2=LN 3=N 4=QN 5=VN). μ: Arithmetic Mean. σ: Standard Deviation.

VN: Muy Necesaria. QN: Bastante Necesaria. N: Necesaria. LN: Poco Necesaria. NN: Nada Necesaria (Valores expresados en %). κ: Rango Intercuartílico. m: Mediana (1=NN 2=LN 3=N 4=QN 5=VN). μ: Media Aritmética. σ: Desviación Estándar.

This order can be related to the aforementioned contextualization framework where it is indicated that the most representative studies found in the literature turn out to be packaging, product brand and denomination of origin.

In the two-dimensional map provided by the SCA (figure 3, page 139), it may be observed that the variables with the content most related to pure "graphic design" [CI, TFSM and PC] appear to be clustered, as they are perceived by the expert panel, in a cluster located in Quadrant IV. On the contrary, landscape and design of agroindustrial buildings [DALI] is clearly isolated in Quadrant I, very near the situation of the evaluation category "not very present", showing low expert panel perception of the presence of design in esthetic and spatial conception (mainly architectural conception) of buildings and agroindustrial equipment. This is obvious, for example, in the lack of planning and territorial zoning related to deployment and integration of greenhouses in the landscape in the province of Almeria and the coast of Granada.

A third group of variables may be seen near the origin of the coordinates, made up of machinery design [DAM] and facilities and equipment [FE]. These variables could be framed within the area of industrial design, and that is how they seem to be perceived by the expert panel.

Finally, stress another group of variables located in Quadrant II which appear to be clearly related to product design and graphic design. This is the case of agri-food packaging, manufacturing of packaging [AP] and conception of products and trademarks [CPT].

The "very present" and "quite present" [VP and QP] answer choices may also be observed in figure 3 (page 139), which shows them located near the variables most related to graphic and product design [CI, PC, AP and CPT], while those most related to industrial design and environments [DAM, FE and DALI]

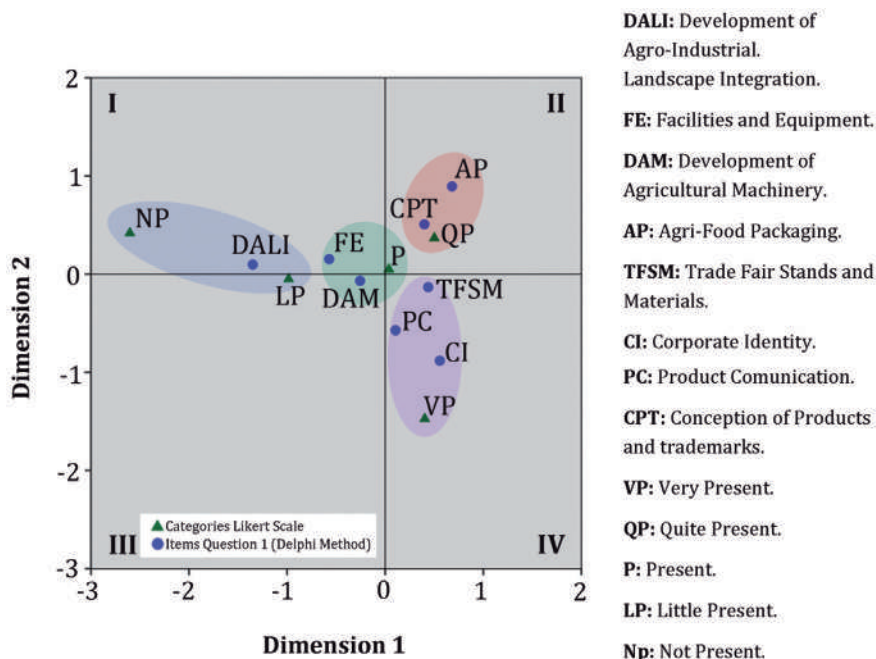
hold positions near the choices "present" and "little present" [P and LP].

Again we find the variable related to planning and integration in the landscape of agroindustrial buildings and secondary industry [DALI] located outside the main cluster, with very low [NP and LP] presence of design in project development. This result can be explained by the following factors: (i) Agri-food industry project engineers lack training in Agrarian Industrial Heritage, a field of research very little explored by engineering. (ii) In general, a striking lack of importance of esthetics in agricultural industries and their insertion in the landscape, since these disciplines are not usually included in undergraduate agricultural engineering courses of study.

However, a positive correlation was detected between the esthetics of the agri-food industries and success in marketing their products, such as design wineries in La Rioja.

As Gómez (2009) suggests, the design of wineries of this denomination of origin attributes high importance to architectural conception and integration in the landscape as part of the region's industrial architectural heritage. Related to the specific type of model, "Almeria Greenhouses" or "plastic sea", and although the experts consulted argued that there is no landscape design, it could be a paradigmatic case that offers huge attractiveness for visitors.

Some of the experts consulted stressed that a secondary industry could be very attractive to the visitor, so a standard of design ordered for visitors could be a good idea to strengthen the image of the business and/or cluster. This is already happening in the wine industry where the concept of wine tourism, defined as the experience of visiting vineyards, wineries, festivals, etc., in which wine is tasted and/or the wine's attributes are experienced, are the main visitor attraction (29).



Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

Figure 3. Bidimensional plots provided by the Simple Correspondence Analysis (Question 1: Activity fields).

Figura 3. Mapa bidimensional obtenido mediante el Análisis de Correspondencia Simple (Pregunta 1: Áreas de actividad).

This type of activity is emerging as a growing economic sector in countries such as Australia, New Zealand or the United States (43). Thus, interest in the product, wine in this case, is transformed into the desire to visit the production area (25).

Finally, another point on which most of the experts agree is the need for continual improvement in the design of agri-food labelling and on the lack of industry knowledge of market requirements. Among these requirements is the absence or only slight presence of ecolabelling as a strategy leading to product differentiation and improved competitiveness.

Among the studies done along this line are those by Gunilla *et al.* (2015), on the connection between ecolabels and clothing design from a life-cycle perspective. Chamorro and Bañegil (2003) evaluated the importance of ecolabelling in Spain compared to other countries, while Fernández Sánchez *et al.* (2014) analyzed their specific implementation in fishery and aquatic products. In all cases, the conclusion arrived at was that there is little implantation of ecolabelling in Spanish business.

Second question: Importance of design by area

On the two-dimensional map found with the SCA for the second question (figure 4), it is observed that the closest design-importance relationship in variables [LC and CO] appears, as perceived by the expert panel, clustered in Quadrant IV. The variable "small and medium enterprise" [SME] is located in Quadrant II, very close to the location of the category "important" on the evaluation scale, showing low perception of the expert panel concerning the importance of design for this type of business compared to large companies [LC].

A third group of variables may be seen between Quadrants I and III, made up of government authorities [GA], training centers and R&D&I centers [RDIC]. These variables could be clustered together in a group related to activities directed at administration, training, public information and research.

From the analysis of the importance of design by area, practically the only area where design is perceived as relevant by the expert panel is in large companies. Thus the direct relationship between large agri-food companies [LC] and consumers [CO] may also be seen in figure 4.

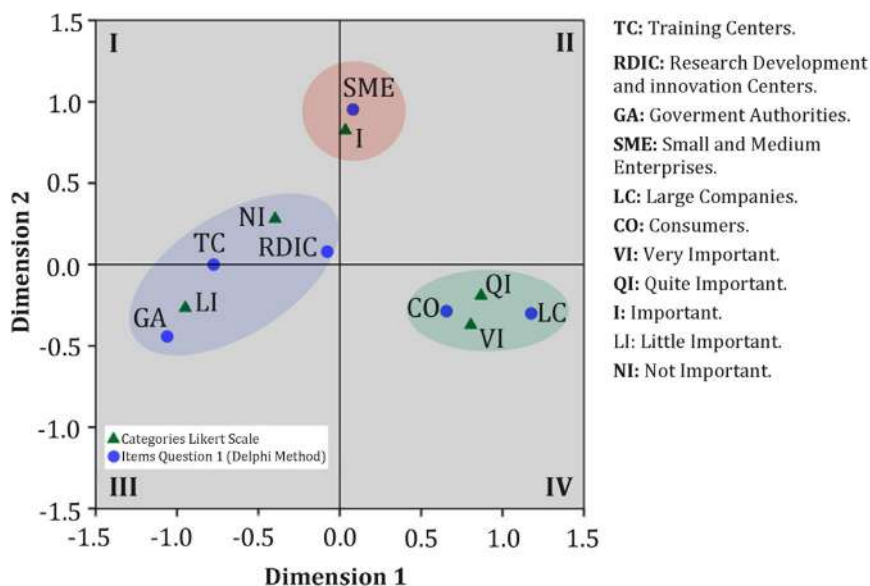


Figure 4. Bidimensional plots provided by the Simple Correspondence Analysis (Question 2: Importance of the different areas).

Figura 4. Mapa bidimensional obtenido mediante el Análisis de Correspondencia Simple (Pregunta 2: Importancia por ámbitos).

The categorical answers "very important" and "quite important" [VI and QI] are observed to be located near the variables which attribute the most importance to design [LC and CO], while those most related to the area of promotion, public information, teaching and design development [GA, TC and RDIC] are near the categorical positions "little important" and "not important" [LI and NI].

At a distance from these two clusters, the variable related to "small and medium enterprise [SME] is clearly associated with the valuation "important" (I), which shows that the Delphi panel understands that the medium and small agri-food businesses do not perceive design as a fundamental tool to their success.

Considering that nearly 96% of the Spanish agri-food sector is made up of small businesses (15), this information is a matter for concern and could be related to the lack of importance given to design by training centers and government.

In the study done by the DDI only 13.7% of Spanish companies say they know of some type of assistance or aid program for incorporating design in their production activity (56). Although the information did not include the agri-food industry, it does give us a vision of the current situation in this respect.

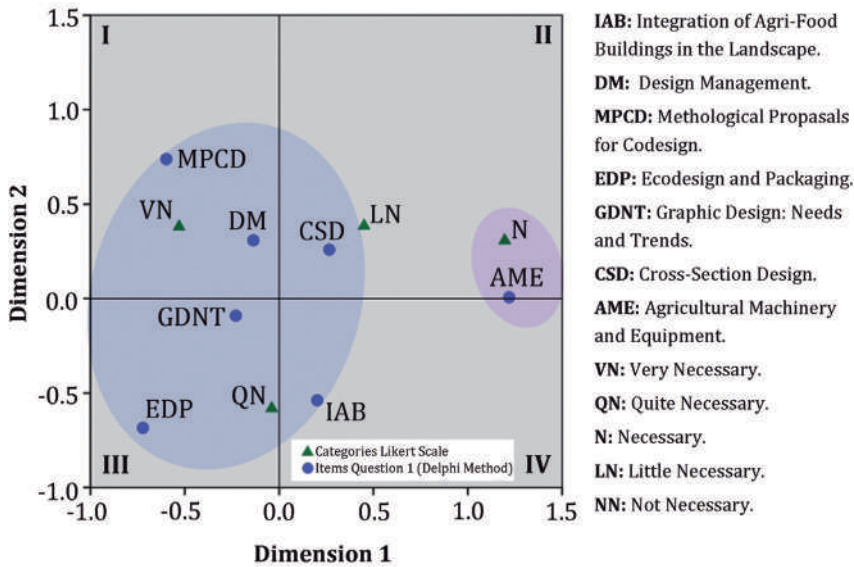
Therefore, among the main evaluations and feedback from the experts, it is essential to underscore that: (i) Most Spanish businesses, although they recognize the importance of design, do not give it the priority it should have because they do not really see the added value it can provide, which fits the postulates introduced in relation to the concept of design where it was explained that many companies have a vision of the design only related to the aesthetic. Add to this the lack of financial resources, and it is easy to explain the

scant presence of the design vector in most companies. (ii) Design is not being taught in public agricultural training courses, which would transfer to agri-food businesses the need to include design as an indispensable tool in the sector.

Third question: What lines of design-sector action do you think are necessary?

This question tried to identify possible lines of work related to incorporating design in the Andalusian agri-food industry. In this case, with regard to the SCA two-dimensional map of the third question (figure 5, page 142), we concentrate on the location of the categorical answers to determine the evaluation offered by the expert panel concerning the need for lines of action proposed. At this point, a correlation is found between the results for the first two questions and this one, since the lines for action are intended to respond to the starting hypothesis.

Therefore, examining the categorical variables "very necessary" and "quite necessary" [VN and QN] it may be observed that they include practically all the lines of action proposed [IAB, DM, MPCD, EDP, GDNT and CSD] in a major cluster. It should be noted that although graphically, the Cross-Section Design variable [CSD] appears near the "not very necessary" category, which may be due to the lack of consensus in the experts' answers on this particular item. It should be emphasized that the experts value so positively practically all the lines of action, especially the one related to the management of the design since it is very relevant for the strategy of the companies, as it is gathered in the general contextual framework.



Source: own elaboration. / Fuente: elaboración propia.

Figure 5. Bidimensional plots provided by the Simple Correspondence Analysis (Question 3: Action lines).

Figura 5. Mapa bidimensional obtenido mediante el Análisis de Correspondencia Simple (Pregunta 3: Líneas de acción).

Aside from this, a second cluster is clearly formed only by the line of action related to design and machinery development [AME]. This is located on the horizontal axis of the coordinates, very near the location of the categorical evaluation scale "necessary", which shows low expert panel perception of the need for design in this line compared to the others. However, it is also true that the attribute "not necessary" [NN] does not appear in the diagram, a point which shows that all the experts believe that all the lines proposed are unavoidable.

Other considerations that form the two-dimensional map (figure 5) are, for example, that the variables related to the training and management areas [MPCD

and DM] appear clustered together, as they are perceived by the expert panel, near Quadrant I.

On the contrary, the Agroindustrial Design [IAB] variable is located in Quadrant IV, far from the variables with a more theoretical-analytical inclination. The same may be said of the AME variable.

Finally, and taking up the two questions initially raised, the experts' perception regarding the concept of design coincides with the one outlined in this line of study, understanding design as a structured working process.

Regarding the second question, the design activities that the experts consider to be more present in the agri-food sector are closely related to graphic design.

CONCLUSIONS

In conclusion, 68.2% of the experts consulted believed that design is quite or very present in the corporate identity of agri-food businesses (component related to graphic design), while 54.6% were of the opinion that design is very little or not present in the conception and development of agroindustrial buildings (space design and production). In view of these results, a proposal for a research line aimed at the development of efficient tools for the analysis and integration of agroindustrial buildings in landscape would be of interest.

The role of graphic design and its specific application to agri-food industry would also be an interesting contribution, keeping in mind trends, needs and territory. 81.8% of the panel members revealed that design is quite or very important for large companies in the sector, and on the contrary, most of them said that both training centers (undergraduate and postgraduate courses of study) and government consider design not to be very important as a fundamental element for innovation and improving competitiveness in the agri-food industry.

The exploratory results gave a first approximation to the need of providing incentives for design and innovation as a compulsory content in new undergraduate and postgraduate courses, as well as the exploration and formulation of new methodological proposals for teaching and disseminating information about the importance of managing design in the context of the agri-food industry.

Summing up, this study has proved the interest and feasibility to advance forward the construction of a promising work line focused on determining the impact

and possibilities of the design application in order to increase added value, sustainability and development of the agri-food and rural sectors, thus helping define guidelines for an action strategy.

Recommendations for further work

Although we have worked on a sample of 22 cases, a sample sufficiently representative as to meet the objectives of characterization proposed in this study, it would be appropriate to extend the obtained results with new consultations including: (i) participation of experts from different fields and sectors, (ii) questions that relates design and economics. Thus, in the short term, it has been planned to carry out another Delphi study similar to this one, but based on an expert panel made up of stakeholders in the private sector in the Andalusian agri-food industry (CEOs and managers of agri-food businesses as well as design professionals). This new study would contribute, on one hand, to a much more complete definition of the design vector in the agri-food industry. On the other, it would enable a comparative analysis of the perception and transcendence of design in the agri-food industry between the private and public sectors.

In the same way, it would be advisable to explore the tangible and intangible benefits that could be obtained from the application of design in the agri-food sector.

Additionally, it would be also beneficial to extend the measurement range from 5 to 9 points to achieve a more accurate identification. In the mid-term, and to keep on going through this research line, it would be very interesting to take a fixed photograph of a specific agro-food cluster headed up to know how the design is

present in the companies of the sector, so being able to relate the experts' opinions and the real decisions taken at the corporate level. This research line could

be extended to Latin America countries bearing in mind that both agri-food model and consumer market actually share many characteristics with the Spanish ones.

REFERENCES

1. Ares, G.; Deliza, R. 2010. Studying the influence of package shape and colour on consumer expectations of milk desserts using word association and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*. 21(8): 930-937.
2. Berkowitz, M. 1987. Product shape as a design innovation strategy. *Journal of Product Innovation Management*. 4: 247-283.
3. Blasco, J. E.; López, A.; Mengual, S. 2010. Validación mediante Método Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al Windsurf. *Revista Ágora para la Educación Física y el Deporte*. 12(1): 75-96.
4. Borja, B. 2002. *Design management*. Paris, Francia. Éditions d' Organisation.
5. Boztepe, S. 2007. User value: Competing theories and models. *International Journal of Design*. 1(2): 55-63.
6. Bravo, M. L.; Arrieta, J. J. 2005. El Método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. *Revista Iberoamericana de Educación*. 35 (3).
7. Bruce, M.; Bessant, J. 2002. *Design in business: strategic innovation through design*. England. Harlow Financial Times Prentice Hall, cop.
8. Buil, I.; Martínez, E.; Montaner T. 2005. Importancia del diseño industrial en la gestión estratégica de la empresa. *Universia Business Review*. (8): 52-67.
9. Chamorro Mera, A.; Bañegil Palacios, T. M. 2003. La industria española y el etiquetado ecológico. *Boletín Económico de ICE*. 2782: 13-22.
10. Cornejo, J. M. 1998. *Técnicas de investigación Social: El análisis de correspondencia (teoría y práctica)*. Barcelona: Biblioteca Universitaria de Ciencias Sociales, PPU.
11. Crilly, N.; Moultrie, J.; Clarkson, P. J. 2004. Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. *Design Studies*. 25(6): 547-577.
12. Eldesouky, A.; Mesias, F. 2014. An insight into the influence of packaging and presentation format on consumer purchasing attitudes towards cheese: a qualitative study. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12(2): 305-312.
13. Errach, Y.; Sayadi, S.; Gómez, A. C.; Parra-López, C. 2014. Consumer-stated preferences towards Protected Designation of Origin (PDO) labels in a traditional olive-oil-producing country: the case of Spain. *New Medit*. 13(4): 11-19.
14. Federación Española de Entidades de Promoción del Diseño (FEEPD). 2001. *El diseño en España. Estudio Estratégico*. Madrid. Spain.
15. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB) 2011. *Informe Económico 2011*. Madrid. Spain.
16. Fernández Sánchez, J. L.; Luna Sotorrió, L.; Fernández Polaco, J. M.; Llorente García, I. 2014. Implantación del ecoetiquetado en productos pesqueros y acuícolas en España y su efecto sobre el desempeño empresarial. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 238: 13-36.
17. Ferruzca Navarro, M. V.; Ruíz Díaz, M. R.; Sanz Ramírez, C. M. 2013. Una aproximación al estado del arte sobre indicadores de diseño para Latinoamérica. IX Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Bogotá (Colombia).
18. Finizio, G. 2002. *Design & Management, gestire l'idea*. Milano, Italia. Skira editore.
19. Food Drink Europe. 2013. *Annual Report 2013*. Available in: <http://goo.gl/GifWu8>. Retrieved September, 2015.

20. Galletto, L. 2018. A comparison between tourists' profiles in two Italian wine routes. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 50(1): 157-170.
21. García-Galán, M. M.; Moral-Agúndez, A.; Galera-Casquet, C. 2014. Valuation and importance of the extrinsic attributes of the product from the firms' perspective in a Spanish wine protected designation of origin. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 12(3): 568-579.
22. Geist, M. R. 2010. Using the Delphi method to engage stakeholders: A comparison of two studies. *Evaluation and Program Planning.* 33(2): 147-154.
23. Gemser, G.; Leenders, M. A. A. M. 2001. How integrating industrial design in the product development process impacts on company performance. *Journal of Product Innovation Management.* 18: 28-38.
24. Gemser, G.; de Bont, C.; Hekkert, P.; Friedman, K. 2012. Quality perceptions of design journals: The design scholars' perspective. *Design Studies.* 1(33): 4-23.
25. Getz, D. 2000. *Explore wine tourism: management, development and destinations.* New York: Cognizant Communication Corporation.
26. Gómez, J. 2009. *Análisis metodológico del diseño de bodegas de Rioja.* Doctoral thesis. Univ. de La Rioja. Spain.
27. Gunilla, C.; Morgan, F.; Gregory, P. 2015. Ecolabels as drivers of clothing design. *Journal of Cleaner Production.* 99: 345-353.
28. Gupta, U.; Clarke, R. 1996. Theory and applications of the Delphi technique: A Bibliography (1975-1994). *Technological Forecasting and Social Change.* 53(2): 185-211.
29. Hall, C. M.; Johnson, G.; Cambourne, B.; Macionis, N.; Mitchell, R.; Sharples, L. 2004. *Wine Tourism: An Introduction.* In Hall, C. M.; Sharples, L.; Cambourne, B.; Macionis, N. (eds.), *Wine tourism around the world. development, management and markets.* Oxford: Butterworth-Heinemann. 1-23.
30. Hertenstein, J. N.; Platt, M. B.; Brown, D. R. 2001. Valuing design: Enhancing corporate performance through design effectiveness. *Design Management Journal.* 12(3): 10-19.
31. Hertenstein, J. H.; Platt, M. B.; Veryzer, R. W. 2005. The impact of industrial design effectiveness on corporate financial performance. *Journal of Product Innovation Management.* 22: 3-21.
32. Hinojosa-Rodríguez, A.; Parra-López, C.; Carmona-Torres, C.; Sayadi, S. 2014. Protected Designation of Origin in the olive growing sector: adoption factors and goodness of practices in Andalusia. Spain. *New Medit.* 13(3): 2-12.
33. Kokthi, E.; González Limón, M.; Vázquez Bermúdez, I. 2015. Origin or food safety attributes? Analyzing consumer preferences using Likert Scale. Empirical evidence from Albania. *New Medit.* 14(4): 50-57.
34. Landeta, J. 1999. *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre.* Barcelona: Ariel Practicum.
35. Lecuona, M. 2009. *Manual sobre gestión del diseño para empresas que abren nuevos mercados.* Barcelona, Spain. BCD, Barcelona Centro de Diseño.
36. Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology.* 22(140): 1-55.
37. Linstone, H. A.; Turoff, M. 1975. *The Delphi Method, Techniques and Applications.* Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
38. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) 2014. *Industria alimentaria en 2013-2014.* Available in: <http://goo.gl/1jYIV4>. Retrieved September, 2015.
39. Montaña, J.; Moll, I. 2007. *Diseño e innovación. La gestión del diseño en la empresa.* Madrid, España. Fundación COTEC.
40. Murry, J. W.; Hammons, J. O. 1995. Delphi: A versatile methodology for conducting qualitative research. *The Review of Higher Education.* 18(4): 423-436.
41. Nixon, B. 1999. Evaluating design performance. *International Journal of Technology Management.* 17(7/8): 814-829.
42. Okoli, C.; Pawlowski, S. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and application. *Information & Management.* 42(1): 15-29.
43. O'Neill, M.; Palmer, A. 2004. Wine production and tourism: adding service to a perfect partnership. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly.* 45(3): 269-284.

44. Ono, R.; Wedemeyer, D. 1994. Assessing the validity of the Delphi technique. *Futures*. 26(3): 289-304.
45. Oñate, N.; Ramos, L.; Díaz, A. 1998. Utilización del Método Delphi en la pronosticación: Una experiencia inicial. *Cuba: Economía Planificada*. 3(4): 9-48.
46. Osborne, J.; Ratcliffe, M.; Collins, S.; Millar, R.; Duschl, R. 2003. What ideas about science should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of research in science teaching*. 40(7): 692-720.
47. Parras-Rosa, M.; Vega-Zamora, M.; Torres-Ruiz, F. J.; Murgado-Armenteros, E. M.; Gutiérrez-Salcedo, M. 2013. Posicionamiento de envases en el mercado del aceite de oliva virgen extra: un estudio exploratorio. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*. 109(1): 107-123.
48. Porter, M. E. 1980. Industry structure and competitive strategy: keys to profitability. *financial Analysts Journal*. 36 (4): 30-41.
49. Porter, M. E. 1982. Estrategia competitiva. México. CECOSA.
50. Puyares, V.; Ares, G.; Carrau, F. 2010. Searching a specific bottle for Tannat wine using check-all-that apply question and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*. 21(7): 684-691.
51. Rose, M. B.; Love, T.; Parsons, M. 2007. Path-dependent foundation of global design-driven outdoor trade in the northwest of England. *International Journal of Design*. 1(3): 57-68.
52. Rossouw, A.; Hacker, M.; de Vries, M. 2011. Concepts and contexts in engineering and technology education: an international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*. 21: 409-424.
53. Roy, R. 1994. Can the benefits of good design be quantified? *Design Management Journal*. 5(2): 9-17.
54. Rubio, M. A.; Santamaría, A.; Utrilla, S. A. 2015. Estrategias de Responsabilidad Social (RS) en la enseñanza del Diseño. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.
55. Simon, H. A. 1981. *The sciences of the artificial* (2nd ed.). Cambridge, Massachusetts. MIT Press.
56. Sociedad Estatal para el Desarrollo del Diseño y la Innovación (DDI). 2005. Estudio del impacto económico del Diseño en España. Madrid. Spain.
57. Veryzer, R. W. 1995. The place of product design and aesthetics in consumer research. *Advances in Consumer Research*. 22: 641-645.
58. Walsh, V. 1996, Design, innovation and the boundaries of the firm. *Research Policy*. 25: 509-529.

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been supported and financed by an FPI predoctoral fellowship (first author) granted in the framework of University of Almeria Research Programme. It also takes part of the general research lines promoted by the Agri-food Campus of International Excellence ceiA3 (further information can be retrieved from <http://www.ceia3.es/en>).

It is also due to thank the experts who made up the Delphi panel for their very valuable contribution to the results obtained in this work. Finally, we would like to thank the reviewers for their constructive comments and suggestions.

Genetic diversity and pathogenicity on root seedlings from three soybean cultivars of *Fusarium graminearum* isolated from maize crop residues

Diversidad genética y patogenicidad a nivel de raíz en plántulas de soja de tres cultivares de cepas de *Fusarium graminearum* aisladas de rastrojos de maíz

Martín Bonacci ^{1,2}; German Barros ^{1,2}

Originales: *Recepción:* 12/10/2016 - *Aceptación:* 28/06/2017

ABSTRACT

Crop residues are an important source of maintenance of *Fusarium graminearum* inoculum in the soybean agroecosystem. Given that these populations can interact in the substrate through mechanisms of mycelial recognition and that they can come into direct contact with the implanted seed and cause disease, the following objectives were set: (1) to evaluate the genetic diversity through of the mycelial compatibility of *F. graminearum* strains isolated from maize crop residues; (2) to analyze the pathogenicity of *F. graminearum* strains isolated from crop residues towards soybean seedlings from different cultivars treated and untreated with fungicide. Mycelial compatibility studies showed a unique pattern of mycelial compatibility for each strain, indicating a great heterogeneity in the population evaluated. Pathogenicity tests in all strains tested were capable of causing symptoms of root rot with varying degrees of severity and reductions in the height of seedlings. In the factorial statistical analysis, the greatest effect was marked by the soybean cultivar effect. A clear decline in the severity index was also observed with the fungicide application, so this would be a useful prevention tool to reduce the intensity in soybean seedling diseases.

Keywords

Fusarium graminearum • crop residues • soybean • fungicide • pathogenicity • mycelial compatibility

-
- 1 Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales. Departamento de Microbiología e Inmunología. Ruta Nacional 36 Km 601, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
 - 2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). gbarros@exa.unrc.edu.ar

RESUMEN

Los rastrojos de cultivos antecesores son una fuente importante de mantenimiento del inóculo de *Fusarium graminearum* en el agroecosistema de la soja. Teniendo en cuenta que estas poblaciones pueden interactuar en el sustrato a través de mecanismos de reconocimiento micelial y que las mismas pueden entrar en contacto directo con la semilla implantada y causar enfermedad, se plantearon los siguientes objetivos: (1) Evaluar la diversidad genética a través de la compatibilidad micelial en cepas de *F. graminearum* aisladas de rastrojos de maíz; (2) Analizar la patogenicidad de cepas de *F. graminearum* aisladas de rastrojos respecto de la podredumbre de raíz en plántulas de distintos cultivares de soja tratadas y no tratadas con fungicida curasemillas. Los estudios de compatibilidad micelial mostraron un único patrón de compatibilidad micelial para cada cepa, indicando una gran heterogeneidad en la población evaluada. En los ensayos de patogenicidad todas las cepas evaluadas fueron capaces de provocar síntomas de podredumbre de la raíz con distintos grados de severidad y reducciones en la altura de plántulas. El análisis estadístico factorial demostró que el mayor efecto observado en las variables independientes estuvo marcado por el efecto del cultivar de soja evaluado. También se observó una clara disminución en el índice de severidad con la aplicación de un fungicida curasemilla, por lo que esta sería una herramienta útil de prevención para disminuir la intensidad en las enfermedades de plántulas de soja.

Palabras Clave

Fusarium graminearum • rastrojos • soja • fungicida • patogenicidad • compatibilidad micelial

INTRODUCTION

Fusarium is a cosmopolitan fungal genus that includes agronomically important plant pathogens. Among them, most relevant pathogens are within four species complex: *F. fujikuroi*, *F. oxysporum*, *F. solani* and *F. graminearum* (5). The *F. graminearum* species complex is composed of at least sixteen lineages separate structural and biogeographically, however previous work on soybean in Argentina have shown that *F. graminearum sensu stricto* is the predominant species (6, 10, 11).

In Argentina, more than 90% of soybean is grown using conservative tillage practices, involving reduced tillage or no-tillage in order to reduce erosion and maintain soil moisture, conserve energy, reduce costs and increase crop yields (21).

As consequence, a greater amount of crop residue on the soil surface after harvest creates a favorable environment for maintaining high inoculum levels of *F. graminearum* which survives in saprophytic way between hosts. During favorable conditions, *F. graminearum* produces perithecia with ascospores (sexual spores) which are expelled and dispersed over long distances by air movements (29) and together with conidia (asexual spores) are the primary sources of inoculum (Shaner, 2003). The conidia are produced in large quantities on the crop residues spreading through the rain, and thus arrive at hosts in which produce disease, mycotoxins, or both (28). According to Chiotta *et al.* (2015a), the crops residues would be the

main source of *F. graminearum* inoculum in soybean agroecosystem compare to the surrounding air crop.

Several studies have analyzed the genetic diversity of *F. graminearum* populations isolated from grains both wheat and soybean (3, 6, 26, 27); however this diversity has not yet been evaluated in populations isolated from crop residues. One approach that has been used successfully in many filamentous fungi to examine the population structure, clonality and potential gene flow is the study of vegetative incompatibility. Mycelial incompatibility assay at macroscopic level is a simple and reliable way to indicate a reaction of self or non-self-recognition and has been used in several fungal genera. Thus, the ability of strains from crop residues to recombine poses the danger of introducing virulence and/or toxigenic genes into local pathogen populations (16). Assessing genotypic diversity is therefore important to align plant protection to the existing and potentially changing pathogen population, especially where sexual reproduction play a role in the pathogen life cycle. An understanding of the genetic structure of *F. graminearum* populations may provide insights into their epidemiology and evolutionary potential and may lead to improved strategies for their management (1).

The focus of studies on *F. graminearum* species complex in Argentina largely has been directed to wheat and maize since these species produce Fusarium head blight and ear or stalk rot, respectively (8). In soybean, reports about the pathogenicity of *F. graminearum* strains have been contradictory. In some cases, these strains were considered to be secondary colonizers of soybean seeds previously damaged by other fungi or by freezing (15, 22). At present different investigations in the America carried out in Brazil (18),

United States (9, 12, 14) and Argentina (7, 25) have recognized to *F. graminearum* as a primary pathogen of soybean. Considering that the crop residues are the main source of maintenance of *F. graminearum* inoculum in the soybean agroecosystem, these populations can interact in the substrate and that they may come into direct contact with the implanted seed and cause disease. For this reason, the active ingredients used in seed-treatment fungicides would be an important strategy to prevent diseases in soybean seedlings. Of these fungicides, fludioxonil was the only one that inhibited mycelial growth (9).

The objective of the present study was: to assess the genetic diversity through the mycelial compatibility of *F. graminearum* strains isolated from maize crop residues; and to analyze the pathogenicity of *F. graminearum* strains toward soybean seedlings from different soybean cultivars treated and untreated with fungicide.

MATERIALS Y METHODS

Evaluation of mycelial compatibility in *F. graminearum* strains from maize crop residues

Mycelial compatibility testing of 50 *F. graminearum* strains isolated from maize crop residues in a previous study in Cordoba Province (Argentina) (10), was carried out following the methodology described by Akinsanmi *et al.* (2008). The mycelial compatibility was evaluated on V8-soybean medium (150 ml V8 juice (Campbell's, UK), 20g agar, 20g of ground soybean seed and distilled water to a liter). A maximum of nine mycelial plugs of the isolates were placed equidistant from one another on agar medium in a single 90-mm Petri dish and incubated at 25°C for 7 days.

Two replicates of each isolate were paired with every other isolate in all possible combinations and themselves in a repeated experiment. A compatible reaction was indicated by mycelium continuity between the interacting colonies without a zone line, while an incompatible reaction was evidenced by the formation of a barrier between the interacting isolates (Figure 1a and 1b).

Mycelial reactions for each strain were recorded in a binary matrix where 1 represented a compatible reaction and 0 an incompatible one. Compatibility was scored 1 because it requires a higher level

of matching between mycelial compatibility than incompatibility, which can occur from differences at a few loci. The mycelial compatibility group data were transported to obtain a complete matrix.

The genetic similarity was estimated using the SinQual program (NTSYS.pc version 2.01), taking into account all pairs of strains tested according to Dice coefficient. The dendrogram of genetic similarity was constructed using the method of arithmetic means UPGMA and comparison program NTSYS matrices (NTSYS.pc version 2.01).

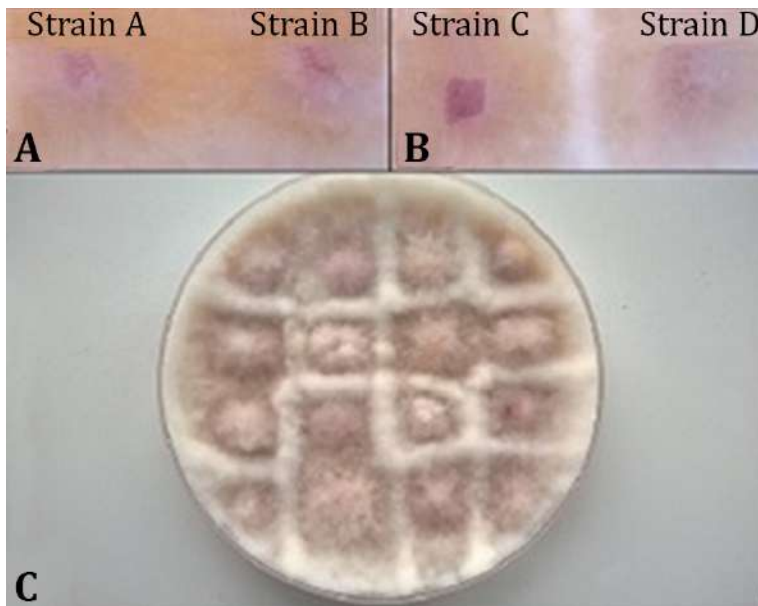


Figure 1. Compatibility (A) and incompatibility (B) reactions between *Fusarium graminearum* strains on V8-soybean medium. Multiple crosses among different *Fusarium graminearum* strains in V8-soybean plate (C).

Figura 1. Reacciones de compatibilidad (A) e incompatibilidad (B) entre cepas de *Fusarium graminearum* sobre medio V8-soja. Placa de medio V8-soja donde se observan múltiples cruzamientos entre distintas cepas de *Fusarium graminearum* (C).

Pathogenicity assays

Out of 50 *F. graminearum* strains included in the compatibility analysis we arbitrarily selected 10 strains to perform the pathogenicity tests. Two *F. meridionale* strains (F5043 y F5048) were included as positive control since were highly aggressive in a previous study on soybean seedlings (6). Three soybean cultivars were used in the present study: Nidera 5009, Nidera 5258 and Don Mario 5.1 i. The evaluation of seedlings height and disease severity was performed in a rolled-towel assay described by Xue *et al.* (2007). Soybean seeds were surface disinfected by soaking in 0.5% (v/v) NaOCl for 30 sec and rinsed twice in sterile distilled water.

Then disinfected seeds were spread evenly on two layers of sterilized paper towels moistened with 50 ml of sterilized water and covered with two layers of paper towels in plastic containers to allow the germination. Containers were covered with plastic lids and kept in darkness at 24°C for 3-4 days until plants were at the early VE growth stage and root hairs were visible. Visually healthy seedlings were selected and disinfected as described above. Seedlings were infested by transferring agar plugs (5 mm in diameter) with a sterilized metal needle from 7-day-old fungal cultures to the root-hair zone, about 1.5 cm behind the primary-root tip.

Control plants were inoculated with agar plugs from sterile PDA. Inoculated plants were each placed vertically on precut covering sheets consisting of two layers of the sterilized paper tissue laid on top of an aluminum foil sheet. The entire root along with the attached agar disc of an individual plant was then covered by folding the covering sheets in the middle. A growth unit for each plant was formed by further folding the covering sheets on the opening side.

The growth units were placed in plastic trays containing sterilized distilled water at a depth of 0.5 cm. The open top of the growth unit allowed for plant growth and the open bottom for root development and water absorption. The aluminum foil sheet was used to separate each unit and for moisture retention. The trays were placed in a growth chamber operated at 24°C with a 16 hour photoperiod of fluorescent light.

The water level in the tray was checked daily and the water was added as needed. Ten days after inoculation, plants were removed from the growth unit and visually assessed for root-rot severity. Symptoms were rated using a 0-4 scale (figure 2, page 152): 0, no visible disease symptoms; 1, lesion visible, but infection confined to the inoculation site, with normal seedling growth; 2, lesion size extended and the plant growth retarded; 3, infection of the entire root, and the plant growth halted; and 4, massive infection of the entire root resulting in plant death.

The experiments were repeated twice in independent way. In seedlings subjected to fungicide treatment, the seeds from the three cultivars were not superficially disinfected and were directly treated with the fungicide prior to inoculation of the fungal isolate using the above methodology for the untreated seed with fungicide.

The fungicide used was MAXIM®XL (Syngenta, Brazil) containing Fludioxonil (4- (2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl) -1H-pyrrole-3-carbonitrile) and metalaxyl - M (N- (2,6-dimethylphenyl) -N- (2'-methoxyacetyl) alanine methyl ester-D) as active agents. The application was performed according to the manufacturer's recommendation: per 100 g of seeds, 0.15 ml of fungicide and 0.35 ml of water were added.



0, no visible disease symptoms; 1, lesion visible, but infection confined to the inoculation site with normal seedling growth; 2, lesion size extended and plant growth retarded; 3, infection of the entire root, and plant growth halted; 4, massive infection of the entire root resulting in plant death.

0, sin síntomas visibles de la enfermedad; 1, lesión visible, pero con infección confinada al sitio de la inoculación y crecimiento normal de plántula; 2, tamaño de la lesión extendida y crecimiento de planta retardado; 3, infección de toda la raíz, se detuvo el crecimiento de planta; 4, la infección masiva de toda la raíz, que resulta en muerte de la planta.

Figure 2. Ordinal scale used to evaluate disease severity.

Figura 2. Escala ordinal utilizada para evaluar la severidad de la enfermedad.

Statistical analysis

Data from the two independent pathogenicity experiments were combined and analyzed as one.

Dependent variables seedling height and disease severity were subjected to an analysis of variance (ANOVA) and treatment means were separated by Fisher's least significant difference (LSD) test at a probability level of $P < 0.05$ using the INFOSTAT software version 2012 (13). For disease severity, multifactorial analyses across soybean cultivar, isolates,

fungicide treatment and their interactions were subjected to an analysis of variance (ANOVA)(13).

RESULTS AND DISCUSSION

During the 1990s, agriculture changed significantly in Argentina through the adoption of transgenic crops such as soybeans, maize and cotton under no-tillage system (23).

The adoption of this type of conservation tillage was a major change affecting the *F. graminearum* populations that can colonize easily crop residues of wheat, maize and soybeans (10, 24). Soybean is often part of a succession using wheat and other cereal crops in Argentina, therefore, *F. graminearum* strains colonizing soybean residues could provide the primary inoculum for infections wheat and maize and *vice versa*. For this reason, it was considered analyzing genetic diversity and pathogenicity of *F. graminearum* strains that colonize crop residues.

In filamentous fungi, the ability of self-recognition is essential for vegetative growth, sexual reproduction and defense against invading pathogens. Thus, the mycelial compatibility test can serve as a tool to measure the ability of self-recognition and in this study we used that tool to assess the genetic diversity and the potential of different genotypes to interact in the crop residues. A total of 1275 pairings were performed, representing all possible combinations between *F. graminearum* isolates, in which all isolates were self-compatible.

Regardless self-compatibility reactions, out of 1225 pairings between *F. graminearum* strains, 104 were compatible representing 8.4% of crosses (figure 3, page 154).

In Argentina, similar results were found by assessing the diversity of *F. graminearum* populations from wheat and soybean using VCG analysis (Vegetative Compatibility Groups) (26) and neutral molecular markers AFLP_s (polymorphism amplified fragment length) (6), respectively. Other findings in the world have shown that none of *F. graminearum* populations are completely panmictic or clonal (2, 19, 32). Taking into account that the strains included in the mycelial

compatibility analysis were isolated from maize crop residues recovered from a single field, the population showed a high degree of genetic diversity. This suggests that sexual recombination is probably the main factor affecting the genetic diversity of this population. Moreover, balancing selection between parasitic and saprophytic subpopulations can generate genetic variation.

Naef and Défago (20) compare the genetic diversity within a saprophytic field population from maize stubbles with a pathogenic population from wheat using SSR markers. The study found that genetic diversity of the saprophytic population was significantly higher than parasitic population. This result may partly explain the high genetic diversity found in this study considering the origin of our strains.

In the present study it was observed that mutually compatible isolates had very different patterns of compatibility with other isolates (figure 1c, page 150), and this fact suggest that many factors are involved in the control of compatibility and incompatibility reactions (2). However, we found the presence of "multi-compatible" strains (figure 3, page 154) that showed hyphal anastomosis with several others strains which could have implications for gene flow through somatic recombination, which could contribute to increase genetic diversity.

In the present study, the pathogenicity of 10 *F. graminearum* strains isolated from maize crop residues and 2 *F. meridionale* used in a previous study, were evaluated under controlled conditions in seedlings from three soybean cultivars widely sown by growers in the Cordoba Province. The pathogenicity of each strain was assessed by two parameters: seedling height and severity in terms of root rot.

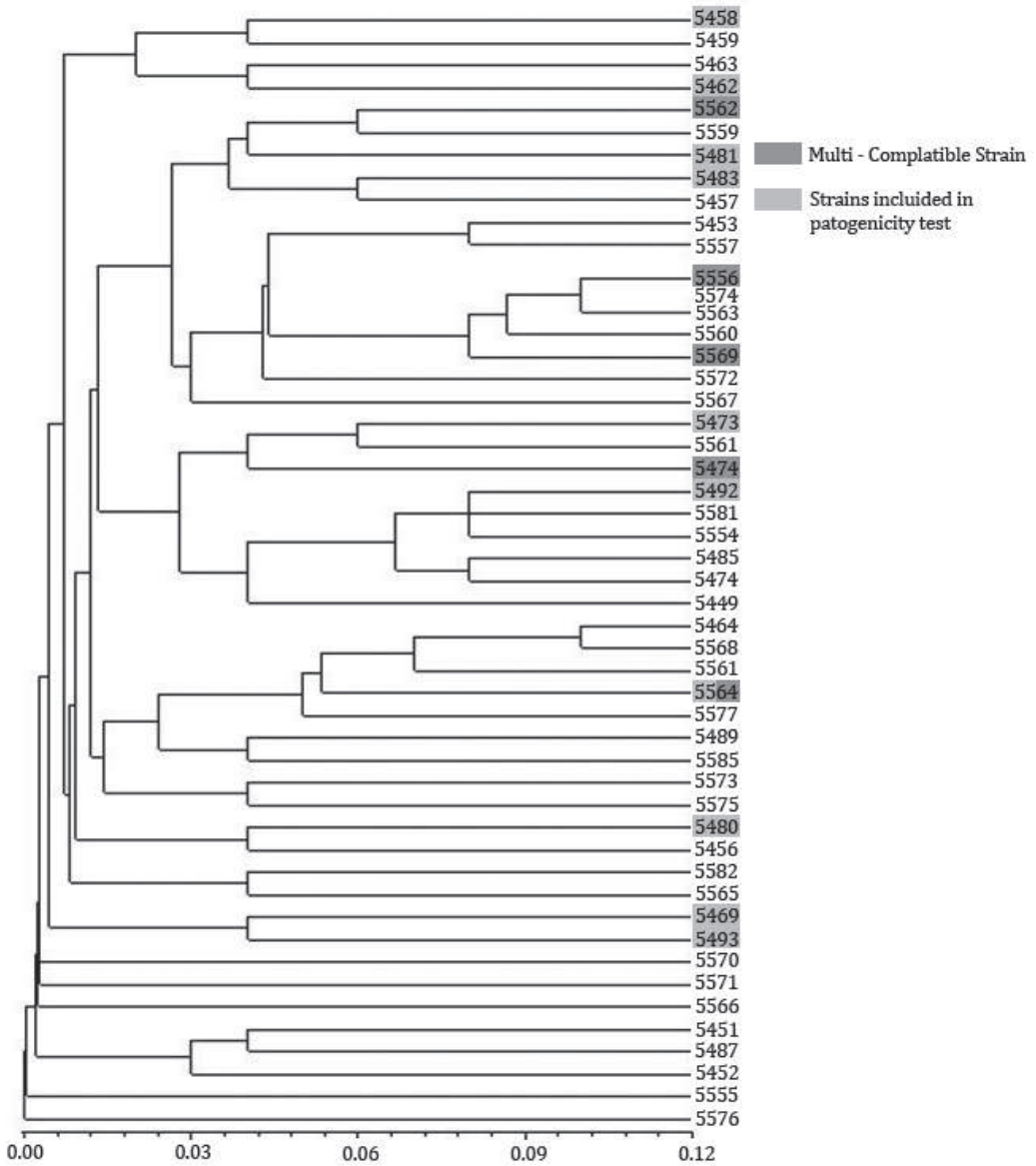


Figure 3. Cluster analyses of mycelial reactions of compatibility and incompatibility of the 50 *Fusarium graminearum* strains.

Figura 3. Análisis de *cluster* con base a las reacciones miceliales de compatibilidad/incompatibilidad en las 50 cepas de *Fusarium graminearum*.

Regarding the seedling height, it was significantly reduced ($P < 0.05$) by all strains compared to the control non-inoculated seedlings (table 1).

Table 1. Variation among *Fusarium graminearum* and *Fusarium meridionale* strains in relation to the growth parameters evaluated in the pathogenicity assays.

Tabla 1. Variabilidad en las cepas de *Fusarium graminearum* y *Fusarium meridionale* analizadas respecto de las variables altura de plántula y severidad de la enfermedad.

Isolate	Seedling Height (cm) ^a	Severity ^b
<i>F. graminearum</i> 5458	13,0c	1,7c
<i>F. graminearum</i> 5462	14,7d	1,6c
<i>F. graminearum</i> 5464	14,9d	1,3c
<i>F. graminearum</i> 5469	12,4c	1,6c
<i>F. graminearum</i> 5473	9,3a	2,2d
<i>F. graminearum</i> 5480	10,4ab	2,4de
<i>F. graminearum</i> 5481	12,5c	1,9cd
<i>F. graminearum</i> 5483	10,1ab	2,3de
<i>F. graminearum</i> 5492	11,8c	1,9cd
<i>F. graminearum</i> 5493	14,4d	1,2b
<i>F. meridionale</i> 5043	9,61a	3,0e
<i>F. meridionale</i> 5048	10,0ab	2,9e
Control	19,6e	0a

^a Within a column, values not sharing a common letter are significantly different ($p < 0.05$).

^b Disease Severity (root rot): rated on a 0-4 scale described by Xue *et al.* (2007).

^a Dentro de una columna, los valores que no comparten una letra común son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

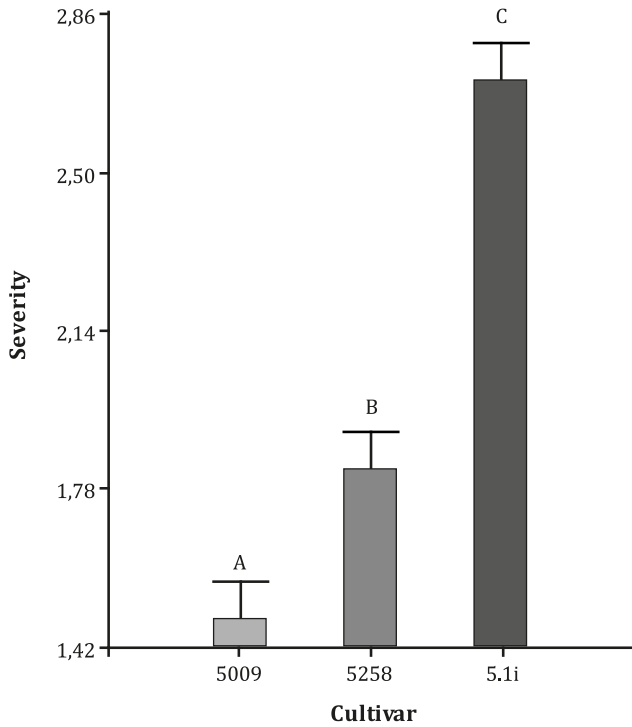
^b Severidad de la enfermedad (podredumbre de raíz): escala de 0-4 descripta por Xue *et al.* (2007).

Reductions in the seedlings heights ranged from 24% to 52.5%. However, it was not observed in seedling height parameter significant differences among soybean cultivars and treatment with and without fungicides.

By the other hand, significant differences ($P < 0.001$) were detected for cultivar, isolate, fungicide treatment and their interactions for disease severity. All genotypes tested showed symptoms of root rot with all the strains evaluated and were significantly different ($P < 0.05$) respect to control treatment, in which non-inoculated seedlings remained healthy throughout the experience.

Don Mario 5.1i was the most susceptible cultivar; while the cultivar Nidera 5009 showed lower severity index with all strains tested (figure 4, page 156). These results are not coincidental with those obtained by Xue *et al.* (2007), who showed no differences in behavior for root rot in three soybean cultivars widely used in Canada. According to these authors, the lack of differences between cultivars is not compatible with the notion that *F. graminearum* is pathogen to soybean in a strict sense, coinciding with other authors who considered to this fungus secondary colonizer of soybean seeds previously damaged by other fungi or by freezing (15, 22). However, in the present work we observed not only significant differences between cultivars, but also in the multi-factorial statistical analysis, the greatest effect was marked by the cultivar effect, with a value F twice that the fungicide treatment (table 2, page 156). The fact that *F. graminearum* generate differences in disease severity among cultivars makes us think that it could be a primary pathogen in roots of soybean seedlings as has been observed by other researchers in Brazil (18), United States (9, 12, 14) and Argentina (7, 25).

The strains included in the pathogenicity assay were scattered throughout the dendrogram (figure 3, page 154) and showed varying degrees of aggressiveness.



Bars showing different letters were significantly different ($P < 0.05$).

Las barras que muestran letras diferentes fueron significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figure 4. Differences in performance of the three soybean cultivars evaluated for the root rot severity.

Figura 4. Diferencias en el comportamiento de los tres cultivares evaluados respecto de la severidad en la podredumbre de raíz.

Table 2. Analyses of variance of the disease severity of soybean cultivars inoculated with *Fusarium graminearum* strains.

Tabla 2. Análisis de la varianza para la variable severidad en los tres cultivares inoculados con cepas de *Fusarium graminearum*.

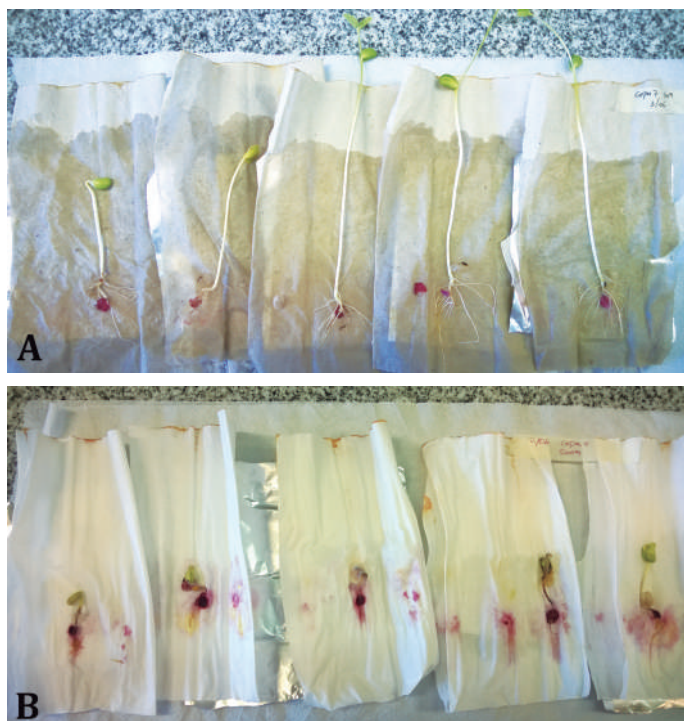
Source	Sum of quares	Freedom Degree	Mean squares	F value	P value
Fungicide	43.0	1	43.02	45.42	<0.0001
Cultivar	190.4	2	95.20	100.51	<0.0001
Isolate	221.4	11	20.13	21.25	<0.0001
Fungicide*Cultivar	126.2	22	63.11	66.63	<0.0001
Fungicide*Isolate	21.1	11	1.92	2.03	<0.0001
Cultivar*Isolate	95.1	22	4.32	4.56	<0.0001
Fungicide*Cultivar*Isolate	86.8	22	3.95	4.17	<0.0001
Error	613.8	648	0.95		
Total	1397.95	719			

In both experiments, it was found less aggressive strains such as *F. graminearum* F5464 and highly aggressive strains as *F. graminearum* F5480 (figure 5) and the two *F. meridionale* F5043 and F5048 evaluated in previous studies using Don Mario 4613 cultivar (7). However, in the multi-factorial analysis it was observed that the isolate effect was significantly lower than the cultivar and fungicide treatment effect.

The mean disease severity averaged

over the isolates evaluated in this study was approximately 2. This result indicates that the majority of the isolates, although showed low aggressiveness, produced a decrease in the seedling growth of that could influence the future crop production.

The value of mean disease severity found in the present study is similar to the average reported by Xue *et al.* (31) for Canadian wheat isolates evaluated on different soybean cultivars.



(A) low aggressive strain of *Fusarium graminearum* (5464): infection confined to the site of inoculation and normal growth of seedlings or slightly affected seedling; (B) aggressive strain of *Fusarium graminearum* (5480): highly affected plants, and dead plants with entire root, cotyledons and first pair leaves rot 10 days after inoculation.

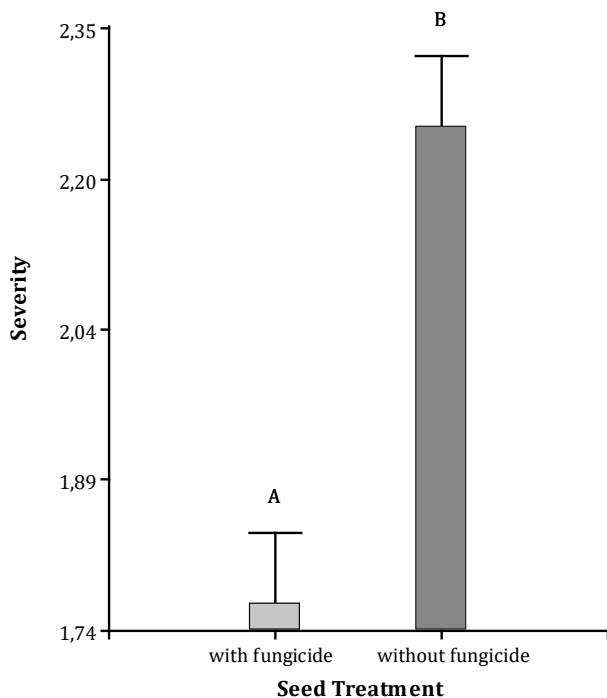
(A) cepa poco agresiva de *Fusarium graminearum* (5464): se observan plántulas con infección confinada al sitio de la inoculación y crecimiento de plántulas normales o levemente afectadas; (B) cepa muy agresiva de *Fusarium graminearum* (5480): se observan plántulas muy afectadas o muertas con podredumbre de toda la raíz, cotiledones y las primeras hojas, 10 días después de la inoculación.

Figure 5 Seedlings with different symptoms at the root level.

Figura 5 Las plántulas con diferentes síntomas a nivel de raíz.

The seed treatment with fungicides is the most common practice for handling problems related to soil-borne, seeds and seedlings pathogens, including pathogenic *Fusarium* species (17). In this study, fungicide treatment of seed was carried out using fludioxonil, the active ingredient recommended to protect soybean against fungi belonging to the *Fusarium* genus (28).

In the present study, disease severity was affected by fungicide treatment, showing higher severity levels the seedlings not treated with the fungicide (figure 6). Similar results were obtained by Broders *et al.* (9) and Ellis *et al.* (14) who tested 4 and 6 fungicides respectively, in the treatment of soybean in the US and found that fludioxonil was more effective fungicide in preventing damage by *F. graminearum*.



Bars showing different letters were significantly different ($P < 0,05$).

Las barras que muestran letras diferentes fueron significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figure 6. Assessment of disease severity according to seed treatment with and without fungicide treatment.

Figura 6. Evaluación de la severidad de acuerdo con el tratamiento de la semilla con y sin fungicida curasemilla.

CONCLUSIONS

Given that no-tillage system in wheat/soybean or maize/soybean rotations has allowed an increase in the primary inoculum of *F. graminearum*, the use of fludioxonil as the active ingredient could be seen as a prevention tool to reduce

seedling diseases by an emerging potential pathogen of soybean in Argentina. So far four species within the *F. solani* complex (*F. virguliforme*, *F. tucumaniae*, *F. crassistipitatum* and *F. brasiliense*) are considered the most important pathogens

in causing sudden death syndrome and root rot of soybean Argentina (4). However, considering the present work, further studies are needed to determine the contribution of *F. graminearum* isolates in these soybean diseases in different agro-ecological zones showing high inoculum rates.

REFERENCES

1. Akinsanmi, O. A.; Backhouse, D.; Simpfendorfer, S.; Chakraborty, S. 2006. Genetic diversity of Australian *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum*. *Plant Pathol.* 55: 494–504.
2. Akinsanmi, O. A.; Backhouse, D.; Simpfendorfer, S.; Chakraborty, S. 2008. Mycelial compatibility reactions of Australian *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum* isolates compared with AFLP groupings. *Plant Pathol.* 57: 251-261.
3. Alvarez, C. L.; Somma, S.; Proctor, R. H.; Stea, G.; Mulè, G.; Logrieco, A.; Fernandez Pinto, V.; Moretti, A. 2011. Genetic diversity in *Fusarium graminearum* from a major Wheat-producing region of Argentina. *Toxins* 3: 1294-1309.
4. Aoki, T.; O'Donnell, K.; Scandiani, M. M. 2005. Sudden death syndrome of soybean in South America is caused by four species of *Fusarium*: *Fusarium brasiliense* sp. nov., *F. cuneirostrum* sp. nov., *F. tucumaniae* and *F. virguliforme*. *Mycoscience* 46:162-183.
5. Aoki, T.; O'Donnell, K.; Geiser, D. 2014. Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. *J. Gen. Plant Pathol.* 80:189-201.
6. Barros, G.; Alaniz Zanon, M. S.; Abod, A.; Oviedo, S.; Ramirez, M. L.; Reynoso, M. M., Torres, A.; Chulze, S. 2012. Natural deoxynivalenol occurrence and genotype and chemotype determination of a field population of the *Fusarium graminearum* complex associated with soybean in Argentina. *Food Add. Contam.* 29: 293-303.
7. Barros, G.; Alaniz Zanon, M. S.; Chiotta, M. L.; Reynoso, M. M.; Scandiani, M. M.; Chulze, S. 2014. Pathogenicity of species in the *Fusarium graminearum* complex on soybean seedlings in Argentina. *Eur. J. Plant Pathol.* 138: 215-222.
8. Bottalico, A.; Perrone, G. 2002. Toxicogenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 611-624.
9. Broders, K. D.; Lipps, P. E.; Paul, P. A.; Dorrance, A. E. 2007. Evaluation of *Fusarium graminearum* associated with corn and soybean seed and seedling in Ohio. *Plant Dis.* 91: 1155-1160.
10. Chiotta, M. L.; Chulze, S.; Barros, G. 2015. Inoculum sources of potential toxigenic *Fusarium* species in the soybean agroecosystem. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 47 (2): 171-184.
11. Chiotta, M. L.; Alaniz Zanon, M. S.; Gaj-Merlera, G.; Tessmann, D.; Barros, G.; Chulze, S. 2015b. Phylogenetic analyses of the *Fusarium graminearum* species complex isolated from soybean in Argentina and Brazil. *Australasian Plant Dis. Notes* 10:32.
12. Diaz Arias, M. M.; Leandro, L. F.; Munkvold, G. P. 2013. Aggressiveness of *Fusarium* species and impact of root infection on growth and yield of soybeans. *Phytopathology* 103: 822-832.
13. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2012. INFOSTAT. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
14. Ellis, M. L.; Broders, K. D.; Paul, P. A.; Dorrance, A. E. 2011. Infection of soybean seed by *Fusarium graminearum* and effect of seed treatments on disease under controlled conditions. *Plant Dis.* 95: 401-407.
15. Jacobsen, B. J.; Harbin, K. S.; Swanson, S. P.; Lambert, R. J.; Beasley, V. R.; Sinclair, J. B.; Wei, L. S. 1995. Occurrence of fungi and mycotoxins associated with field mold damage soybeans in the Midwest. *Plant Dis.* 79: 86-88.
16. Leslie, J. F. 1993. Fungal vegetative compatibility. *Annual Rev. Phytopathol.* 31: 127-50.
17. Lipps, P. E.; Dorrance, A. E.; Milles, D. 2004. Corn disease management in Ohio. *Ohio Agric. Res. Dev. Cent. Bull.* 802.
18. Martinelli, J. A.; Bocchese, C. A. C.; Xie, W.; O'Donnell, K.; Kistler, H. C. 2004. Soybean pod blight and root rot caused by lineages of *Fusarium graminearum* and the production of mycotoxins. *Fitopatol. Bras.* 29: 492-498.

19. Monds, R. D.; Cromey, M. G.; Lauren, D. R.; di Menna, M.; Marshall, J. 2005. *Fusarium graminearum*, *F. cortaderiae* and *F. pseudograminearum* in New Zealand: molecular phylogenetic analysis, mycotoxin chemotypes and co-existence of species. *Mycol. Res.* 109: 410-20.
20. Naef, A.; Défago, G. 2006. Population structure of plant-pathogenic *Fusarium* species in overwintered stalk residues from Bt-transformed and non-transformed maize crops. *Eur. J. Plant Pathol.* 116: 129-143.
21. Nocilli Pac, S. Estimación de superficie en siembra directa. Campaña 2014-2015. AAPRESID (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa). 9 p. Available in: www.aapresid.org.ar/superficie/
22. Osorio, J. A.; McGee, D. C. 1992. Effect of freezing damage on soybean seed mycoflora and germination. *Plant Dis.* 76: 879-882.
23. Pengue, W. 2005. Transgenic crops in argentina: the ecological and social debt. *Bull. Sci. Tech. Soc.* 25: 314-322.
24. Pereyra, S. A.; Dill-Macky, R. 2008. Colonization of the residues of diverse plant species by *Gibberellazeae* and their contribution to *Fusarium* head blight inoculum. *Plant Dis.* 92 (5): 800-807.
25. Pioli, R. N.; Mozzoni, L.; Morandi, E. N. 2004. First report of pathogenic association between *Fusarium graminearum* and soybean. *Plant Dis.* 88: 220.
26. Ramirez, M. L.; Reynoso, M. M.; Farnochi, M. C.; Chulze, S. 2006. Vegetative compatibility among *Fusarium graminearum* (*Gibberellazeae*) isolates from wheat spikes in Argentina. *Eur. J. Plant Pathol.* 115: 129-138.
27. Ramirez, M. L.; Reynoso, M. M.; Farnochi, M. C.; Torres, A. M.; Leslie, J. F.; Chulze, S. N. 2007. Population genetic structure of *Gibberellazeae* isolated from wheat in Argentina. *Food Addit. Contam.* 24: 1115-1120.
28. Scandiani, M. M. 2014. Tratamiento de la semilla de soja con curasemillas. Available in http://www.rizobacter.com/assets/ensayos_rizobacter/10_tratamiento_con_fungicidas.pdf
29. Schmale, D. G.; Leslie, J. F.; Zeller, K. A.; Saleh, A. A.; Shields, E. J.; Bergstrom, G. C. 2006. Genetic structure of atmospheric populations of *Gibberellazeae*. *Phytopathology* 96: 1021-1026.
30. Shaner, G. E. 2003. Epidemiology of *Fusarium* Head Blight of small grain cereals in North America. In: Leonard, K. J., Bushnell, W. (Eds), *Fusarium* Head Blight of Wheat and Barley. APS Press. St. Paul. MN USA. 88-119.
31. Xue, A. G., Cober, E., Voldeng, H. D., Babcock, C.; Clear, R. M. 2007. Evaluation of the pathogenicity of *Fusarium graminearum* and *Fusarium pseudograminearum* on soybean seedlings under controlled conditions. *Canadian J. Plant Pathol.* 29: 35-40.
32. Zeller, K. A.; Vargas, J. I.; Valdovinos-Ponce, G.; Leslie, J. F.; Bowden, R. L. 2003. Population genetic differentiation and line age composition among *Gibberellazeae* (*Fusarium graminearum*) in north and South America. *Fun. Gen. News.* 50 (Suppl.):143.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grants from Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Río Cuarto and Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2457/11).

Salicylic acid and *Bacillus subtilis* as control of early blight (*Alternaria solani*) in tomato plants (*Solanum lycopersicum*)

Ácido salicílico y *Bacillus subtilis* como control del tizón temprano (*Alternaria solani*) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Miguel Ángel Espinosa-Vázquez ¹, Eduardo Estanislao Espinoza-Medinilla ¹, Carolina Orantes-García ^{2*}, Eduardo Garrido-Ramírez ³, Tamara Mila Rioja-Paradela ¹

Originales: *Recepción*: 29/11/2017 - *Aceptación*: 11/10/2018

ABSTRACT

Alternaria solani is the causal agent of early blight disease in tomatoes (*Solanum lycopersicum*) and every year is responsible for significant economic losses suffered worldwide by the producers of this crop. Since salicylic acid and *Bacillus subtilis* are resistance-inducing agents in plants, they were evaluated in order to know their effect on the infection caused by early blight in the tomato crop. Plants of 75 days old were transplanted in furrows 8 m wide by 43.2 m long, the exogenous application of treatments were made, growth variables (plant height and stem diameter), yield (total fruits) and damage in tomato plants were evaluated. The results show significant statistical differences between treatments compared with the control ($P \leq 0.000$). *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage, reduced the severity of *A. solani* in tomato plants, and caused a significant increment in the crop growth and yield. The use of resistance inducers can represent an alternative of sustainable production and efficient control against pathogens, aimed at reducing the use of agrochemicals and production costs.

Keywords

inductors of resistance • *Alternaria solani* • sustainable production

-
- 1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ingeniería. Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos. Libramiento Norte Poniente no. 1150. Colonia Lajas Maciel. C. P. 29039. Chiapas. Mexico. ingenierocomitan@yahoo.com.mx; eduardo.espinoza@unicach.mx
 - 2 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Instituto de Ciencias Biológicas (Institute of Biological Sciences). * carolina.orantes@unicach.mx
 - 3 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Ocozocoautla International Highway - Cintalapa Km. 3. Ocozocoautla de Espinosa, C. P. 29140. Chiapas. Mexico. egarrido_ramirez@hotmail.com

RESUMEN

Alternaria solani es el agente causal de la enfermedad del tizón temprano en el tomate (*Solanum lycopersicum*) y cada año es responsable de pérdidas económicas significativas sufridas por los productores de este cultivo a nivel mundial. Debido a que el ácido salicílico y *Bacillus subtilis*, son agentes inductores de resistencia en las plantas, estos fueron evaluados con la finalidad de conocer su efecto en la infección causada por el tizón temprano en el cultivo de tomate. Plantas de 75 días de edad se trasplantaron en surcos de 8 m de ancho por 43,2 m de largo, se realizó la aplicación exógena de los tratamientos, se evaluaron variables de crecimiento (altura de la planta y diámetro del tallo), rendimiento (frutos totales) y daño en plantas de tomate. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos comparados con el testigo ($P \leq 0,000$). *B. subtilis* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje, redujo la severidad de *A. solani* en plantas de tomate, al mismo tiempo que causó un incremento significativo en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La utilización de inductores de resistencia puede representar una alternativa de producción sustentable y eficiente para el control de patógenos, a fin de reducir el uso de agroquímicos y los costos de producción.

Palabras clave

inductores de resistencia • *Alternaria solani* • producción sustentable

INTRODUCTION

In Mexico, the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important edible and nutritious plant crops and sources of income (29). Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food reported that the tomato is the agricultural product of major exportation in the country, between January and October 2016 it got an income of 1 742 million dollars, which represented a growth at an annual rate of 15 percent (40).

The expected production of tomato in the State of Chiapas was of 47,736 t (42), by the spring-summer period of 2017. Specifically, in the plateau of Comitán, the production of tomato is 31,224.90 t/year (10,320 t/year in La Trinitaria) (41).

The vulnerability of growers engaged in the production of tomatoes that face health phenomena (pests or diseases) is a reality since they depend on the primary sector. The pests' invasion has been a disturbing phenomenon in nature, whose ecological and economic consequences are the negative effect on the ecosystem (1, 4).

In agriculture, fungal diseases have a devastating effect on food production. Among the diseases that affect the tomato crop, it can find the anthracnose caused by the fungus *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) of Bary and early blight caused by *Alternaria tomatophila* E. G. Simmons and *Alternaria solani* Sorauer (7, 37).

Early blight, caused by the fungus *Alternaria solani* Sorauer, is one of the most

important tomato diseases worldwide (33). It can affect foliage, stems, and fruits of the infected plants (16). Early blight is responsible for a large proportion of the total monetary losses suffered by tomato producers each growing season. If the incidence of the disease is high, the fungus can cause extensive defoliation, which leads to a reduction in the economic performance of the crop (16). Historically, the control of early blight disease has been achieved mainly through the application of chemical fungicides, long crop rotations and efforts to cultivate resistant tomato varieties (3, 12, 16, 27).

Salicylic acid can be particularly valuable for crops of hydroponic tomatoes susceptible to infection by *A. solani* and *Botrytis cinerea* (gray mold) (17), since its exogenous application activates the acquired systemic resistance against *A. Solani* (44). Tobacco plants resistant to the Tobacco mosaic virus synthesize various pathogenesis related proteins soon after infection and exogenous application of salicylic acid induces the expression of the genes and the resistance of plants to virus (21) or other phytopathogens such as bacteria and fungi (5).

In pumpkins, it has also been found that salicylic acid could function as a compound that transmits the resistance signal against Tobacco necrosis virus (21, 24).

In addition to this, nowadays it is known that several species of bacteria of the genera *Pseudomonas* and *Bacillus* have been used to induce systemic resistance against diseases caused by different fungi, bacteria, nematodes and viruses in crops such as tomato, cucumber, chili, peanut and strawberry (9, 10, 11, 18, 39, 46, 47).

Objective

To evaluate the effect of *B. subtilis* and acetylsalicylic acid against early blight (*A. solani*) in tomato plants (*S. lycopersicum*), as an alternative to the application of fungicides in order to reduce the negative effect that these have on the ecosystem and on human health (36, 43, 45).

MATERIALS AND METHODS

This work was carried out in the plateau of Comitán, in the community of Victorico R. Grajales, Road to Lagos de Montebello at Km 26.5, municipality of La Trinitaria, Chiapas, Mexico, at 16°7'16.71" N and 91°49'0.48" W, an altitude of 1534 m a. s. l. (14).

Tomato transplant

Tomato plants of 75 days old, from the determined growth hybrid Pony Express F1 (Harris Moran®), were transplanted in 36 rows of 8 m wide by 43.2 m long (345.2 m²), at a distance of 0.40 m between plants and 1.20 m among rows, with 20 plants per row and under a canopy of antiaphids mesh (15).

Treatments application

Nine treatments were established under a completely randomized design with four repetitions (each repetition with 20 tomato plants).

The treatments evaluated were: a) *B. subtilis* applied to the root; b) *B. subtilis* applied to the foliage; c) salicylic acid applied to the foliage; d) salicylic acid applied to the root; e) *B. subtilis* and salicylic acid applied to the foliage; f) *B. subtilis* and salicylic acid applied to the root; g) *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage;

h) Chemical control applied to the root and foliage, and i) control without application.

In the case of *B. subtilis*, the commercial product Probacil® was used, which consisted of a liquid concentrate of this bacterium with 100 million cells per mL of the LPbs1 strain.

The application was repeated weekly, by spraying at a dose of 10 mL / L of water with a manual sprinkler, starting from the transplant until the end of the experiment, 90 days after the transplant. For salicylic acid evaluation, the commercial product Aspirin Bayer® (500 mg) was used, at a dose of 1 g/L of water. The application of this product was carried out in the same way as *B. subtilis*, at a dose of 1 mL / L.

The chemical treatment was applied according to the different fungicides and doses usually used by the tomato producers of La Trinitaria (Plateau of Comitan), Chiapas: metalaxyl 25% EC (1 mL / L), gentamicin 2% + Oxytetracycline 6% WP (2 g / L), mancozeb 80% WP (10 g / L), chlorothalonil 72% + cymoxanil 8% WP (10 g / L), dimetomorph 25% + chlorothalonil 50% WG (8 mL / L) and tebuconazole 50% + trifloxystrobin 25% WG (1.25 mL / L). For the application of all the treatments tulle blankets were used between the plots, to avoid errors in

the spraying of the treatments. The control consisted of tomato plants without application of the aforementioned products.

Evaluated variables

Plant growth, yield and disease damage were evaluated, during a period of 90 days after the transplant (30). Growth variables evaluated were plant height (cm) from ground level to the top of the plant, with the help of a Trupper® measuring tape; and stem thickness (cm) 5 cm above the substrate, for which a Santaley® digital vernier caliper was used.

The yield variable was total fruit production, by counting all the bunches for each plant. Finally, disease damage was evaluated, using the scale developed by the British Mycological Society, cited by Mendoza and Tórriz (2005) (table 1).

Statistical analysis

The normality test was carried out using the Shapiro Wilks test (34). Because of data abnormality, treatments comparison and the determination of the possible statistical differences between them were carried out by means of a Kruskal Wallis and Mann Whitney analysis (26). All calculations were made in the statistical package R and RStudio (32, 35).

Table 1. Damage scale based on British Mycological Society applied to tomato plants.

Tabla 1. Escala de daño basada en British Mycological Society, aplicada para las plantas de tomate.

Scale	%Damage	Foliar area with spots
0	0-0	the entire leaf area of the plant without spots
1	0.1-5	from 5 to 10 spots on the leaf area
2	6-10	¼ of the plant is affected
3	11-25	½ of the plant is affected
4	26-50	¾ of the plant is affected
5	51-75	75% of the whole plant is affected
6	76-100	all dead leaves, dead or dying stems

RESULTS AND DISCUSSION

According to the studies, there were significant differences between the control and all the treatments for tomato plants height, except for salicylic acid treatment applied in the foliage (K = 97.3, df = 8, p < 0.000). Chemical treatment, *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage differed significantly from control for stem thickness (K = 34.6, df = 8, p = 0.000). Tomato plants showed significant differences between the control and all treatments in

the number of fruits and disease damage (K = 162.6, df = 8, p < 0.000, K = 96.5, df = 8, p < 0.000, respectively) (figure 1). For plant height chemical fungicides was the most efficient treatment (74.2 cm ± 5.5), followed by *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage (70.1 cm ± 7.1), compared with the control (56.5 cm ± 5.2). Regarding the stem thickness, *B. subtilis* applied to the root (1.2 cm ± 0.1) presented the best results compared with the control (0.8 cm ± 0.1).

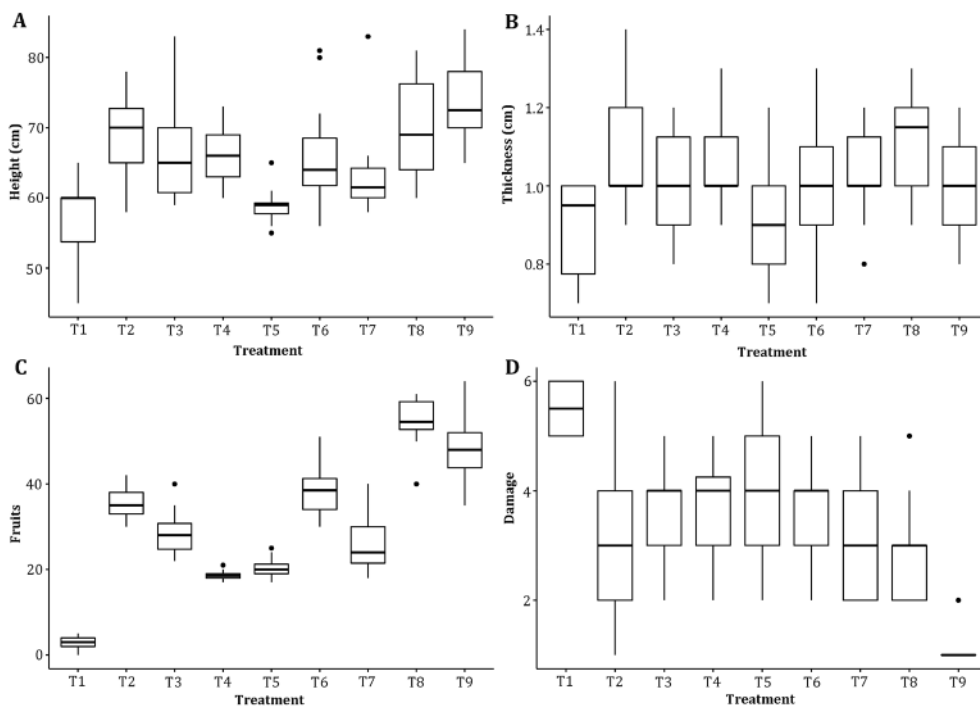


Figure 1. The difference in the distribution of the data of each treatment for the variables: Plant height (A), Stem thickness (B), Fruit number (C) and damage level (D).

Figura 1. Diferencia en la distribución de los datos de cada tratamiento para las variables: Altura de planta (A), Grosor del tallo (B), Número de frutos (C) y nivel de daño (D).

Tomato plants treated with *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage had a higher yield (55.0 ± 4.9) (photo 1, page 167).

Similar results have been reported by Avilés (2008), who achieved an increase in the tomato yield (1.38 kg/plant) with the application of salicylic acid at a concentration of 0.01 mM, compared to the control. Analyzing the performance of the lettuce crop (*Lactuca sativa* L.), it was observed that the treatment with salicylic acid (0.01 mM) caused an increase of 1.02 kg.m² with respect to the control (8).

In jalapeño pepper, salicylic acid in concentrations of 0.1 mM and 0.2 mM, showed an increase of root biomass (43%) and foliar biomass (36%); and an increase of 17% and 28% in fruit production in relation to the control (39). Matos (2004), evaluated applications of salicylic acid at concentrations of 0.005 and 0.01 mM in tomato plants and achieved an increase in the dry biomass of leaves, stem, and root. So also Mex *et al.* (2010) when using salicylic acid in concentrations of 1 µM in petunia increased the number of flowers by 72% and induced early flowering in comparison with the control. Applications of salicylic acid in the tomato crop significantly increased plant height, leaf area, stem fresh and dry weight, as well as the root length, perimeter and area (19). Crops yield is the main objective in any production (6). Vallad and Goodman (2004), mention that some inducers of resistance in addition to activating defense mechanisms promote a favorable effect on quality and yield on the fruits.

Regarding the damage caused by early blight, the treatment with chemical fungicides used by the producers was the most efficient (1.2 ± 0.4), however, the application of *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid to the foliage reduced the damage caused by this fungus (2.8 ± 0.7), compared

to the control (5.5 ± 0.5). Due to heavy rains and excess moisture in the study area, the fungus *Alternaria solani*, which causes an early blight on tomato plants, was observed 45 days after transplant (photo 2, page 167). It is worth mentioning that for all the treatments and variables evaluated, the results were outstanding in relation to the control (table 2, page 168).

Vallad and Goodman (2004) mention that some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) activate the jasmonic acid and ethylene routes, activating defense responses of the plants. With the use of these two resistance inducers, the severity of the pathogens was inhibited as observed in this study. Agreeing with works carried out by Ji *et al.* (2006), where they observed that 14 days after having inoculated PGPR (*P. fluorescens* 89B-61 and *Bacillus pumilus* SE34) in the soil at the time of transplant and after inoculation of tomato plants leaves with *Pseudomonas syringae* pv. tomato, the plant generated a protection of 60% and a greater protection (82.2%) when making a combination with *P. fluorescens* 89B-61. Raupach and Kloepper (2000), applied *Bacillus subtilis* strain GB03, *B. pumilus* INR7 and *Curtobacterium flaccumfaciens*, to evaluate induction of resistance system against *P. syringae* pv. *lachrymans* in cucumber crop. They observed a significant growth promotion in plants inoculated with these bacteria compared to the untreated control.

In zucchini plants (*Cucurbita pepo* L. var. Zucchini gray), mechanically inoculated with *Cucumber mosaic virus* (cucumber mosaic virus), the application of *B. subtilis* Biologic® at a dose of 5 mL/L to the soil and acetyl salicylic acid (1 g/L) to the foliage, generated a significant increase (21.4 g and 21.3 g respectively) in the weight of fresh biomass compared with the control (14.3 g).



Photo 1. Fruit yield in tomato plants treated with *B. subtilis* and salicylic acid applied to the root/foliage, in the plateau of Comitán, La Trinitaria, Chiapas, Mexico.

Foto 1. Rendimiento de frutos en plantas de tomate tratadas con *B. subtilis* y ácido salicílico aplicado a la raíz/follaje, en zona de la Meseta Comiteca, La Trinitaria, Chiapas, México.



Photo 2. Early blight disease caused by *Alternaria solani* in leaf (A) and stem (B) of tomato plants 45 days after transplant.

Foto 2. Enfermedad del tizón temprano causado por *Alternaria solani* en hoja (A) y tallo (B) de plantas de tomate a 45 días después del trasplante.



Table 2. Means and standard deviations for height, thickness, number of fruits and damage in each treatment evaluated for the control of *Alternaria solani* in tomato plants.
Tabla 2. Medias y desviaciones estándar por tratamientos para la altura, el grosor, número de frutos y daño evaluados para el control de *Alternaria solani* en plantas de tomate.

Tratamiento	Variable							
	Height (cm)		Thickness (cm)		Fruit number		Damage	
	X sd	M	X sd	M	X sd	M	X sd	M
T1	56.5±5.2 ^e	60.0	0.8±0.1 ^c	0.9	3.0±1.2 ^f	3.0	5.5±0.5 ^e	5.5
T2	69.4±5.6 ^{ab}	70.0	1.2±0.1 ^{ab}	1.0	35.1±3.5 ^c	35.0	3.1±1.4 ^{bc}	3.0
T3	66.3±6.6 ^{bc}	65.0	1.0±0.1 ^{abc}	1.0	28.8±4.7 ^d	28.0	3.4±0.8 ^{bcd}	4.0
T4	66.1±3.9 ^{bc}	66.0	1.1±0.1 ^{ab}	1.0	18.6±1.1 ^e	18.5	3.8±0.9 ^{cd}	4.0
T5	58.8±2.2 ^{de}	59.0	0.9±0.1 ^{bc}	0.9	20.4±2.1 ^e	20.0	4.1±1.3 ^d	4.0
T6	65.6±6.5 ^{bc}	64.0	0.9±0.2 ^{abc}	1.0	38.2±5.7 ^c	38.5	3.7±0.9 ^{bcd}	4.0
T7	63.1±5.3 ^{cd}	61.5	1.0±0.1 ^{ab}	1.0	26.0±6.5 ^d	24.0	3.3±1.1 ^{bcd}	3.0
T8	70.1±7.1 ^{ab}	69.0	1.1±0.1 ^a	1.3	55.0±4.9 ^a	54.5	2.8±0.7 ^b	3.0
T9	74.2±5.5 ^a	72.5	0.9±0.1 ^{abc}	1.0	47.8±6.4 ^b	48.0	1.2±0.4 ^a	1.0

X = Medium; sd = Standard deviation; M = Median; Media with unequal letters are statistically different.

X = Media; sd = desviación estándar; M = mediana; Medias con letras desiguales son estadísticamente diferentes.

Control (T1), *B. subtilis* applied to the root (T2), *B. subtilis* applied to the foliage (T3), salicylic acid applied to the root (T4), salicylic acid applied to the foliage (T5), *B. subtilis* and acid salicylic applied to the root (T6), *B. subtilis* and salicylic acid applied to the foliage (T7), *B. subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage (T8), chemist applied to the root and foliage (T9).

Control (T1), *B. subtilis* aplicado a la raíz (T2), *B. subtilis* aplicado al follaje (T3), ácido salicílico aplicado a la raíz (T4), ácido salicílico aplicado al follaje (T5), *B. subtilis* y ácido salicílico aplicado a la raíz (T6), *B. subtilis* y ácido salicílico aplicado al follaje (T7), *B. subtilis* aplicado a la raíz y ácido salicílico aplicado al follaje (T8), químico aplicado a la raíz y follaje (T9).

In addition the application of *B. subtilis* reduced the concentration of *Cucumber mosaic virus* in plants (21). The results of the damage caused by *Alternaria solani* coincide with those of Tlatilpa (2010), who observed that *Bacillus subtilis* applied to the root controlled the severity of *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* and did not affect the growth or yield of tomato plants. However, it would be more convenient to apply *B. subtilis* to the root,

than to the foliage, since higher yield and stem thickness can be obtained; and a considerable decrease in damage caused by *A. solani* in tomato plants because bacteria of this genus commonly inhabit soils and not foliage (28). *B. Subtilis* and acetylsalicylic acid can be an alternative for the management of diseases in tomato plants, in order to reduce the use of agrochemicals, problems to the ecosystem and health.

CONCLUSIONS

B. subtilis treatment to the root showed better results than applied to the foliage. In the other hand acetylsalicylic acid was more efficient applied to the foliage than applied to the root.

The combined use of resistance inducers, such as *Bacillus subtilis* applied to the root and salicylic acid applied to the foliage, reduced the severity of *Alternaria solani* in tomato plants, and caused a significant increase in crop growth and yield.

REFERENCES

1. Andrade-Bustamante, G.; Manelik García-López, A.; Cervantes-Díaz, L.; Afil-Catzim, C. E.; Borboa-Flores, J.; Rueda-Puente, E. O. 2017. Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México: control de fitopatógenos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(1): 127-142.
2. Avilés, Y. 2008. Efectos de diferentes productos bioactivos sobre algunos indicadores agro productivos en el cultivo de tomate, var. Amalia, en condiciones semicontroladas. Trabajo de diploma. Universidad de Granma. Cuba. 38 p.
3. Barksdale, T. H. 1971. Field evaluation for tomato early blight resistance. Plant Dis. Rep. 55: 807- 809.
4. Chidege, M.; Al-zaidi, S.; Hassan, N.; Julie, A.; Kaaya E.; Mrogoro, S. 2016. First record of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tanzania. Agriculture and Food Security. 5(17): 2-7.
5. Chivasa, S.; Murphy, A. M.; Naylor, M.; Carr, J. P. 1997. Salicylic acid interferes with tobacco mosaic virus replication via a novel salicylhydroxamic acid-sensitive mechanism. The Plant Cell. 9: 547-557.
6. Datta, M.; Palit, R.; Sengupta, C.; Kumar, M.; Banerjee, S. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) under field conditions. Australian Journal of Crop Science. 5(5): 531-536.
7. Dodson, J.; Gabor, B.; Himmel, P.; Kao, J.; Stravato, V.; Watterson, J.; Wiebe, W. 1997. Enfermedades del tomate. Guía práctica para agricultores, productores y comercializadores de semillas y asesores agrícolas. Seminis Vegetables Seeds, Inc. Saticoy, California. USA. 61 p.
8. Estrada, P. W.; Álvarez F. A.; Lescay, B. E.; Rodríguez, L. L.; González, G. G.; Castro, G. R. P. 2012. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Centro Agrícola. 39(4): 85-89.
9. Gonzáles, M. A. 2012. *Bacillus subtilis* como promotora del rendimiento y calidad de fresa. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Jiquilpan. Michoacán. México.
10. González Silva, G. R.; Concha Espinoza, C. M.; Valenzuela Bustamante, M. A.; Cordero Alday, L. C.; Pico Mendoza, J. N.; Cáceres Ruz, P. A.; García González, R. 2017. Distribution and frequency of *tomato ringspot virus* (ToRSV) in different varieties of *Rubus idaeus* in the Maule Region, Chile. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(1): 143-156.
11. Hernández, M. 2008. Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* con microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su efecto en el crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Tesis de grado en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Antonio Narro. Saltillo. Coahuila. México. 76 p.
12. Hernández Montoya, A.; Rodríguez Ortiz, J. C.; Díaz Flore, P. E.; Alcalá Jáuregui, J. A.; Moctezuma Velázquez, E.; Lara Ávila, J. P. (en prensa). Sodium N-methylthiocarbamate impact on soil bacterial diversity in greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.

13. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>
14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2017. Guía para la asistencia Técnica Agrícola de Nayarit. Disponible en: <http://cesix.inifap.gob.mx/guias/JITOMATE.pdf>
15. Ji, P. H. L.; Campbell, J.; Kloepper, W.; Jones, J. B.; Suslow, T. V.; Wilson, M. 2006. Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using biological control agents and plant growth promoting rhizobacteria. *Biological Control*. 36: 358-367.
16. Jones, J. B. 2001. Plagas y enfermedades del tomate. Serie The American Phytopathological Society. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España. 74 p.
17. Jones, J. B.; Jones, J. P.; Stall, R. E.; Zitter, T. A. 1991. Infectious antifungal. *Plant Physiology*. 108: 17-27.
18. Kloepper, J. W.; Ryu, C. M.; Zhang, S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus spp.* *Phytopathology*. 94: 1259-1266.
19. Larqué, A.; Martín, R.; Nexticapan, A.; Vergara, S.; Gutiérrez, M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 16(3): 183-187.
20. Malamy, J.; Carr, J. P.; Klessig, D. F.; Raskin, I. 1990. Salicylic acid: A likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. *Science*. 250: 1002-1004.
21. Maldonado-Cruz, E.; Ochoa-Martínez, D. L.; Tlapal-Bolaños, B. 2008. Efecto del ácido acético salicílico y *Bacillus subtilis* en la infección causada por Cucumber mosaic virus en calabacita. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 14(1): 55-59.
22. Matos, J. 2004. Efectos de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico a semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. variedad Vyta) sobre algunos indicadores fisiológicos y agroquímicos. Tesis de diploma. Universidad de Granma. Cuba. 35 p.
23. Mendoza, F. D.; Tórrez, A. P. 2005. Evaluación de cinco fungicidas para el manejo de enfermedades foliares y su rentabilidad en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). C.V. Butte. Sébaco. Matagalpa. Nicaragua. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. 61 p.
24. Metraux, J. P.; Signer, H.; Ryals, J.; Wrad, E.; Wyss-Benz, M.; Gaudin, J.; Raschdorf, K.; Schmid E.; Blum, W.; Inverardi, B. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science*. 250: 1004-1006.
25. Mex, R. M.; Vergara, S.; Nexticapan, A.; Larqué, A. 2010. Bajas concentraciones de ácido salicílico incrementan el número de flores en *Petunia híbrida*. *Agrociencia*. 44: 773-778.
26. Myles, H.; Wolfe, A. D. 1999. *Nonparametric Statistical Methods*. Second Edition. New York. Ed. John Wiley & Sons. 115-120.
27. Nash, A. F.; Gardner, R. G. 1988. Tomato early blight resistance in a breeding line derived from *Lycopersicon esculentum* PI 126445. *Plant Disease*. 72: 206-209.
28. Olsen, C. M.; Baker, K. F. 1967. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*. 58: 79-87.
29. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. La Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/>
30. Ortega-Martínez, L. D.; Sánchez-Olarte, J.; Ocampo-Mendoza, J.; Sandoval-Castro, E.; Salcido-Ramos, B. A.; Manzo-Ramos, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Rev. de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable Ra Ximhai*. México. 6(3): 339-346.
31. Raupach, G. S.; Kloepper, J. W. 2000. Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation. *Plant Disease*. 84: 1073-1075.
32. R Core Team. 2017. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.

33. Ricardo, P. N. S.; Polanco, A. A. G.; Reyes, G. S.; Noris, N. P. 2013. Comportamiento del tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*) en las condiciones del municipio de Holguín, Cuba. Rev. Fitosanidad. Cuba. 17(2): 75-81.
34. Royston, P. 1982 An extension of Shapiro and Wilk's W test for normality to large samples. Applied Statistics. 31: 115-124.
35. RStudio Team. 2016. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, Inc. Boston. MA. Disponible en: <http://www.rstudio.com/>.
36. Ruiz, N. R. E.; Ruiz, N. J. A.; Guzmán G. S.; Pérez, L. E. J. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa. Chiapas. México. Rev. Int. Contam. Ambie. 27(2): 129-137.
37. Salas, A.; Rusconi, J. M.; Camino, N.; Eliceche, D.; Achinelly, M. F. 2017. First record of *Diploscapter coronata* (Rhabditida), a possible health significance nematode associated with tomato crops in Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(1): 167-173.
38. Sánchez E.; Barrera, R.; Muños, E.; Ojeda, D. L.; Anchondo, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre la biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Rev. Chapingo serie Horticultura. 17(1): 63-68.
39. Santoyo, G.; Orozco-Mosqueda, M.; Govindappa, M. 2012. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. Biocontrol Science and Technology. 22(8): 855-872.
40. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Boletín de Prensa de la SAGARPA. Jalisco. México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/2017/enero/Documents/2017B01008.pdf>.
41. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
42. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Producción agrícola. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
43. Servicio de Información Toxicológica (SINTOX). 2015. Diagnóstico y tratamiento de intoxicación por productos para la protección de los cultivos (plaguicidas). México. Disponible en: <http://www.cesaveg.org.mx/new/normatividad/SINTOX%20PRESENTACION%20PA%202015-04-29.pdf>.
44. Spletzer, M. E.; Enyedi, A. J. 1999. Salicylic acid induces resistance to *Alternaria solani* in hydroponically grown tomato. Phytopathology. 89: 722-727.
45. Tilman, D.; Cassman, K. G.; Matson, P. A.; Naylor, R.; Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature. 418: 671-677.
46. Tlatilpa, M. I. 2010. Estrategias de manejo de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en jitomate. Tesis de grado en Fitosanidad Fitopatología. Colegio de postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 71 p.
47. Vallad, G. E.; Goodman, R. M. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. Crop Science. 44: 1920-1934.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the National Council of Science and Technology (CONACYT) known by its Spanish acronym for the Scholarship awarded for the completion of the Postgraduate Program, Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Effect of chitosan coating enriched with oregano essential oil on the quality of refrigerated meat hamburgers

Efecto de un recubrimiento de quitosano con aceite esencial de orégano en la calidad de hamburguesas vacunas refrigeradas

Claudia Amadio ¹, Silvina Farrando ², Mónica Zimmermann ¹

Originales: *Recepción:* 04/08/2017 - *Aceptación:* 01/06/2018

ABSTRACT

Antimicrobial and antioxidant properties of oregano essential oil (OEO) have been extensively reviewed. Its application may adversely impact the sensory perception of food. In this sense, an interesting approach to reduce its dose, while maintaining effectiveness, could be to incorporate these compounds into coatings. To determine the antioxidant and antimicrobial potential of chitosan coatings with OEO in hamburgers stored at 4°C, 3 batches were elaborated with 1% v/v acetic acid in water (control), pure chitosan (1%), chitosan with addition of 2% OEO. Stability was assessed by radical-scavenging activity (DPPH), thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), pH, color, microbiological analysis and sensory evaluation (hedonic scale of 5 points). The addition of OEO to the coating improved the antioxidant property and the red color (a*) of these burgers was always higher. The pH was not significantly affected by treatments. All samples showed similar yeast and fungal counts, while the psychrophilic bacteria increased with the addition of OEO to the coating. Sensorially, the treatment with chitosan + OEO coating obtained the highest score in color and smell, along with the control. Taste and acceptability deteriorated over time. The addition of OEO to the coating of chitosan allowed improving the antioxidant property of chitosan and therefore the color of the hamburgers, while sensorially accepted. There was no evidence of a preservative effect.

Keywords

chitosan • conservation • oregano essential oil • hamburger • edible coatings • food quality

1 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Industrias Agrarias. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB. camadio@fca.uncu.edu.ar

2 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Microbiología Agrícola e Industrial. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB.

RESUMEN

Las propiedades antimicrobianas y antioxidantes del aceite esencial de orégano (AEO) han sido ampliamente revisadas. Su aplicación en los alimentos puede tener un impacto adverso en la percepción sensorial. En este sentido, un enfoque interesante para reducir su dosis, manteniendo su efectividad, podría ser incorporar estos compuestos en los recubrimientos. Para determinar el potencial antioxidante y antimicrobiano de recubrimientos de quitosano con aceite esencial de orégano (AEO) en hamburguesas almacenadas a 4°C, se elaboraron 3 lotes que fueron formulados con: ácido acético al 1% v/v en agua (control), quitosano puro (1%), quitosano adicionado de 2% de AEO. La estabilidad se valoró mediante capacidad de secuestro de radicales libres (DPPH), sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), pH, color, análisis microbiológico y evaluación sensorial (escala hedónica de 5 puntos). La adición de AEO al recubrimiento, mejoró la propiedad antioxidante y el color rojo (a^*) de estas hamburguesas fue siempre superior. El pH no fue afectado significativamente por los tratamientos. Todas las muestras presentaron similares recuentos de levaduras y hongos, mientras que las bacterias psicrófilas aumentaron con el agregado de AEO al recubrimiento. Sensorialmente, el tratamiento con recubrimiento de quitosano+AEO obtuvo el mayor puntaje en color y en olor junto con el control. El sabor y la aceptabilidad se deterioraron a través del tiempo. El agregado de AEO al recubrimiento de quitosano permitió mejorar la propiedad antioxidante del quitosano y por lo tanto el color de las hamburguesas, siendo aceptadas sensorialmente. No se evidenció efecto conservante.

Palabras clave

quitosano • conservación • aceite esencial de orégano • hamburguesa • recubrimiento comestible • calidad de alimentos

INTRODUCTION

Meat and especially ground meat products, are rich in protein, lipids and have suitable moisture content, which make them highly susceptible to microbial growth. Meat is also susceptible to lipid oxidation that can deteriorate its sensorial properties, by generation of compounds such as aldehydes, ketones, alcohols, acids, and hydrocarbons which are associated with a rancid taste and odor (36). Lipid oxidation in red meat also results in color losses. Ground beef is a significant part of meat products, particularly when used for hamburger production. When the beef meat is grounded to form the burger,

the integrity of the muscle membrane is broken, increasing the surface area that promotes lipid oxidation and microbial growth of this stored meat products (23).

The potential source of contamination depends on the condition of the animal before, during and after slaughter and the transportation, marketing and consumer handling of the meat. Microorganisms such as *Pseudomonas* spp., and *Enterobacteriaceae* can cause spoilage (29). Contamination can also be caused by psychrotrophic and pathogenic species such as *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*,

Campylobacter jejuni and *Yersinia enterocolitica* and by enteropathogenic bacteria such as *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. (15). Consequently, controlling microbial growth and lipid peroxidation in beef patties is a crucial strategy for sustaining the safety, nutritional and sensory potential of these products.

Although synthetic additives have been widely used in the meat industry to inhibit both process of lipid oxidation and microbial growth, natural additives are preferred in place of them in recent years because of the growing concern among consumers about such chemical additives (29).

An edible coating is a thin layer of edible material formed as a coating on a food product, used to mechanically protect food, prevent the contamination from microorganisms and prevent quality loss of food due to mass transfer (*e.g.* moisture, gases, flavours, etc.).

In addition, coatings by themselves or acting as carriers of food additives (*i.e.*: antioxidants, antimicrobials), have been particularly considered in food preservation, given their ability to extend the shelf life. Many different substances have suitable properties for coating use, namely polysaccharides, lipids and protein-based polymers. They can be applied by different methods: with a paint brush or by spraying, dipping-dripping, fluidizing, etc. Coating is the most commonly used method for fruits, vegetables and meat products. Chitosan, a fibre of animal origin (*i.e.*: exoskeleton of crustaceans, insects), is one of such substances. Chitosan is a polysaccharide obtained by deacetylation chitin with the advantage of being considered a biobased environmentally friendly material (9). Chitosan has been reported to have antimicrobial activity against bacteria, fungi and yeasts (2), and antioxidant properties measured by

DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) free radical scavenging activity, hydroxyl radicals scavenging, ferrous ion chelating ability tests and 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test (21).

Origanum vulgare (Lamiaceae) is a perennial herb distributed in Europe, North Africa, America and Asia. This herb have wide culinary uses and industrial applications due to the high antioxidant and antimicrobial activity of their main essential oil compounds, thymol and carvacrol.

The ability of plant essential oils (EOs) to protect food against pathogenic and spoilage microorganisms and oxidation, have been reported by several researchers (4, 5). Nevertheless, the amount of essential oils used in order to achieve effective antimicrobial and antioxidant activity is determinant for the sensory acceptance, as strong aromas of essential oils might be imparted to food products (12). Therefore, new research should focus on incorporation of essential oils to edible coatings as a supplementary application in food packaging (10).

It has been shown that chitosan films enriched with oregano essential oil, are an excellent system to control the release of active compounds (26). A combined application of chitosan and OEO, (containing two important active compounds thymol and carvacrol) was shown to have antioxidative and antimicrobial effects in different mediums (11).

To the best of knowledge, the application of chitosan as a single agent, or in combination with OEO, has not been studied to date in meat patties. Thus, the objective of the present work was to determine the effect of chitosan and OEO on microbiological, physicochemical and sensory parameters of meat patties.

MATERIALS AND METHODS

Natural antioxidants and chemicals

It was worked with the aerial parts of flowering plants of a monoclonal variety of oregano: Alpa Sumaj, grown in La Consulta, Mendoza (INTA Experimental Station: coordinates 33°73' S 69°12' W), Argentina.

The essential oil of oregano (OEO) was extracted by steam distillation process. The essential oils obtained were stored at 4°C until further tests.

Low molecular weight chitosan (LMW, 50-190 kDa, Degree of deacetylation; DD = 75-85%), in powder form, was obtained (Sigma-Aldrich. Co., Germany).

All reagents used were of analytical grade or the highest grade available and were obtained either from Sigma-(Sigma-Aldrich, USA) or Merck (Darmstadt, Germany).

Chitosan solutions and films preparation

Chitosan (1% or 2%, w/v) was dispersed in an aqueous solution of glacial acetic acid (1%, v/v). The solution in beakers was placed on a Decalab magnetic stirrer (Argentina) with heating. Glycerol was added to chitosan at a concentration of 0.75 ml/g as a plasticizer and stirred for 10 min. Then, the OEO, mixed with Tween 20, to help distribute and completely incorporate the oregano oil, was added to the chitosan solution. The chitosan solution was prepared without addition of OEO.

To prepare the films, 30 mL of each solution were cast onto 90 mm Petri dishes and placed in an oven at 20°C for 72 h; they were subsequently stored at 20°C and 54% RH, in a desiccator containing a saturated solution of Mg (NO₃)₆H₂O (34), until further use.

Hamburger manufacture and treatment

Ground beef was purchased from a local grocery store and stored at 4°C before patty preparation. The meat was blended by hand and was moulded in Petri dishes (6 cm diameter) to obtain the hamburgers.

The beef patties were prepared all with 1% (w/w) added NaCl, and coating using a sponge brush, with the following solutions: aqueous solution of glacial acetic acid (1%, v/v) (control), chitosan solution (Ch), chitosan and 2% OEO (Ch+2%OEO). Afterwards, they were dried at room temperature under natural convection for 2-3 h, separately wrapped with polyvinyl chloride (PVC) films and stored in temperature-controlled laboratory refrigerator (4°C) for up to 9 days. Sampling and storage conditions records from each treatment took place at 0, 3, 6 and 9 days.

DPPH radical scavenging activity

The free radical scavenging activity of chitosan film was measured by 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH•) using the method of Byun *et al.* (2010) with a slight modification. Film (0.1 g) was mixed with 2 mL of ethanol for 3 min and allowed to stand at room temperature for 3 h. Then, it was vigorously vortexed for another 3 min and centrifuged at 2300 rpm for 10 min. An aliquot of ethanol extract (3 mL) was mixed with 10 mL of 0.1 mM DPPH in ethanol.

The absorbance at 517 nm was measured after the solution had been allowed to stand in the dark at room temperature for 30 min.

The radical scavenging activity (RSA) of the chitosan films was calculated according to the equation:

$$\text{RSA (\%)} = \left(\frac{\text{Absorbance}_{\text{blank}} - \text{Absorbance}_{\text{sample}}}{\text{Absorbance}_{\text{blank}}} \right) \times 100$$

where:

Absorbance_{sample} = represents the absorbance of the sample solution

Absorbance_{blank} = represents the absorbance of DPPH solution without the addition of the film

Agar diffusion method

The sensitivity of *Listeria*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Bacillus cereus*, *Lactobacillus*, *E. coli* O157:H7, *Pseudomonas* and *Campylobacter* to the chitosan solution, was determined by agar diffusion methods. For experimental use, an overnight culture was adjusted by comparison against McFarland 0.5 standard 1.5×10^6 CFU (colony forming units) mL⁻¹. 100 µL were inoculated by spreading to plates on Mueller Hinton Agar, in triplicate. 20 µL of extracts were poured into 4-mm agar-well. All inoculated plates were incubated at 30°C for 24 hours. After incubation, diameter of the inhibition zone was measured by using calipers.

The sensitivity to the extracts was classified by the diameter of the inhibition halos as: not sensitive (-), diameters less than 8 mm (+); sensitive, diameters 9 -14 mm (++); very sensitive, diameters 15-19 mm (+++); and extremely sensitive, diameters larger than 20 mm (++++) (34).

Lipid oxidation measurement

The thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay was performed as described by Buege and Aust (1978). 1.0 g beef paty was mixed with 3.0 ml

of stock solution containing 0.375% (w/v) thiobarbituric acid, 15% (w/v) trichloroacetic acid, and 0.25 N HCl.

The mixture was heated for 10 min in a boiling water bath to develop a pink color, cooled in tap water and then centrifuged (4,300 g for 10 min).

The absorbance of the supernatant was measured spectrophotometrically at 532 nm. The amount of TBARS was expressed as milligrams of malondialdehyde per kilogram of sample.

pH values

The measurement of pH was carried out on 10 g of sample homogenized in distilled water (1:5 sample/water). The pH value of the sample was determined using a Sper Scientific 850081 pH meter (Sper Scientific Ltd, Scottsdale, AZ).

Color values

The colour coordinates were determined employing CIELab scale: lightness (L*), redness (a*, +/- red/green), and yellowness (b*, +/- yellow/blue). Colour determinations were made at $12 \pm 2^\circ\text{C}$ by means of a Minolta CR-400 (Minolta Camera Co., Osaka, Japan) Chroma Meter with illuminant D₆₅, 10° observer, 11 mm aperture of the instrument for illumination and 8 mm for measurement. An average value from eight random locations on each sample surface was used for statistical analysis.

In addition, hue angles (H) were calculated as follows: $H = \arctg(b^*/a^*)$.

Microbiological analyses

A 25 g portion from each treatment were aseptically added a 225 mL of 0.1% peptone water, homogenized and appropriate serial decimal dilutions were prepared in the same diluent.

Psychotropic heterotrophic bacteria (PB), total coliform bacteria (CB), thermo-tolerant coliform bacteria (TCB) and yeast and mould (YM) were tested according to ICMSE, 2000. PB were enumerated using plate count agar medium by the plate method and the plate incubated for 48 h at 15°C. CB were enumerated using the Most Probable Number technique (MPN) and series of 3 tubes per dilution.

Corresponding dilutions were inoculated in Mac Conkey Broth, with Durham bell. It was incubated at 35°C for 48 h. Tubes showing gas production were recorded as positive. Results were then interpreted by using tables of most probable number (MPN), and the index of coliforms per gram of food sample was obtained.

Positive Mac Conkey broth tubes were sub-cultured to brilliant green bile (2%) broth tubes, each with a Durham bell. After incubation at 44.5°C for 24-48 h, tubes showing gas production were recorded as positive. MPN tables were used to obtain the index of thermotolerant coliform bacteria per gram of original food sample.

Detection of *Escherichia coli* was performed from the positive tubes of thermotolerant coliforms, isolated in Methylene Blue Eosin Agar and incubated for 24 to 48 h at 37°C.

For the identification of this microorganism, the typical colonies of *E. coli* were tested IMViC (Indol, Methyl Red, Voges-Proskauer and Citrate).

YM were enumerated using Mould and Yeast agar medium by the pour plate method, with plate incubation for 5 days at 28°C following inoculation.

Sensory evaluation

Six experienced panelists were chosen from the staff members of the Faculty of Agricultural Sciences, National University of Cuyo, Mendoza, Argentina. Panelists

were selected according to their habits, their familiarity with the patties to be analyzed, their sensitivity and the ability to reproduce the evaluation made.

The color and odor evaluations were performed on the raw samples and their attributes were rated with five-point descriptive scales (1-very bad, 2-bad, 3-acceptable, 4-good, 5-very good). Later, patties were cooked on conventional electric oven. The temperature of the centre of patties reached approximately 75°C. Each panelist received one-quarter portions of patties that were coded and served warm on ceramic plates. Panelists were invited to clean and rinse the palate between samples with unsalted cracker and lemon juice. Cooked burgers were evaluated for odor, taste and overall acceptability. Odor following the same scale described for raw burgers, and the others using a five-point hedonic scale, where 5= like very much, and 1= dislike very much.

Statistical analysis

All measurements were done in triplicates except color, that was measured eight times. The data is presented as means \pm SD. Data collected for antioxidant test DPPH was analyzed by one-way ANOVA according to treatment type (chitosan, chitosan+1% OEO, chitosan+2% OEO).

For shelf-life, two factors ANOVA, type burger coating (control, Ch, Ch + 2% OEO) and storage time (0, 3, 6 and 9 days), were applied for each parameter. Means were compared with Tukey's test.

The sensory analysis data was analysed by the Friedman test and the existence of significant differences was established at $\alpha=0.05$ level.

RESULTS AND DISCUSSION

DPPH radical scavenging activity

The RSA of chitosan films with and without incorporated OEO was determined and it is presented in table 1.

DPPH tests were conducted to evaluate whether the OEO retained its antioxidant capacity during incorporation in chitosan films and to determine their optimum concentration. Chitosan films showed radical scavenging activity, which may be mainly attributed to the capacity of residual free amino groups of chitosan to react with free radicals forming stable macromolecular radicals and ammonium groups (30).

Films with OEO exhibited a moderate level of radical scavenging activity. In the present work, the increased antioxidant activity occurred because of the effectiveness of the OEO incorporated within chitosan films, and dependent on its concentration. Earlier studies in this laboratory (3) have shown that OEO is a potent antioxidant and its

radical-scavenging activity (48-94%) was comparable to that of the standard synthetic (89%), TBHQ (tertiary butylhydroquinone). Therefore, the antioxidative effect of chitosan was enhanced by the addition of OEO.

Because the film with 2% of OEO presented the highest % of sequestration, it was decided to continue working with this concentration.

Agar diffusion method

Effects of OEO addition on antimicrobial properties of chitosan solution are shown in table 2 (page 180).

Pure edible coatings solutions and pure OEO were served as control to determine the potential antimicrobial effects of these solutions *per se*.

Solutions containing only chitosan were not effective against Gram-negative tested bacteria. These results agree with Fernandez-Saiz, *et al.* (2009), who reported that chitosan showed stronger bactericidal effects against Gram-positive bacteria than Gram-negative bacteria, at a concentration of 0.1% in agar medium.

Although available literature information varies, and occasionally, contradictory findings have been reported, it is generally recognized that yeasts and moulds are the most sensitive group to chitosan, followed by Gram-positive (1). Essential oils extracted from spices and herbs are generally recognized as containing active antimicrobial compounds. Carvacrol and thymol are phenolic compounds in oregano with antimicrobial activity (27).

Table 1. Radical scavenging activity of the chitosan films with different concentrations of OEO.

Tabla 1. Actividad de secuestro de radicales libres de películas de quitosano con distintas concentraciones de AEO.

Treatment	% DPPH scavenging activity
Chitosan film	18±0.9a
Chitosan film + 1% AEO	31±1.6b
Chitosan film + 2% AEO	40±1.2c

Different letters indicate significant differences by Tukey's test at $P < 0.05$.

Letras diferentes indican diferencias significativas con test de Tukey ($P < 0,05$).

Table 2. Antibacterial activity (inhibitory zone) of OEO, chitosan solution, and their combination.**Tabla 2.** Actividad antimicrobiana (zona de inhibición) del AEO, solución de quitosano y su combinación.

	OEO	Chitosan	Chitosan + 1% OEO	Chitosan + 2% OEO
	Diameter (mm)			
<i>Listeria</i>	+++	+	+++	+++
<i>Escherichia coli</i>	+++	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Salmonella</i>	++	-	+	+
<i>Bacillus cereus</i>	+++	+++	+++	+++
<i>Lactobacillus</i>	+++	+++	+++	+++
<i>E. coli</i> O157:H7	+++	-	-	+
<i>Pseudomonas</i>	++	-	-	-
<i>Campylobacter</i>	++	-	-	-

Key: (-): no sensitive; (+): sensitive, diameters; (++) : very sensitive, diameters; (+++): extremely sensitive.

Clave: (-): no sensible; (+): diámetro sensible; (++) : diámetro muy sensible; (+++): extremadamente sensible.

The essential oils were more effective against gram-positive bacteria than the gram-negative bacteria. This difference is due to the cell wall structures of bacteria. Gram-negative cells should be more resistant because they possess lipopolysaccharides in the outer membrane, which protects them from hydrophobic components of the EOs. Gram-positive bacteria have a thicker peptidoglycan layer but lack the outer membrane and may be more permeable, interrupting the proton motive force, the electron flow, the active transport and the coagulation of cellular content (17). Among the bacteria examined, *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Lactobacillus* were the most susceptible to OEO. Incorporation of OEO into chitosan solutions at higher than 1% (v/v) exhibited a clear inhibitory area by the absence of bacterial growth with diameters larger than 8mm for *Listeria*, *Salmonella*, *S. aureus*, *Bacillus* and *Lactobacillus*. As the concentration increased, the area of inhibition did not

increase. *L. monocytogenes* has the highest mortality rate (20-40%) in humans among other food-borne pathogens, affecting mainly those with underlying immune conditions, such as pregnant women, newborns, and elders, resulting in sepsis, meningitis, and/or meningoencephalitis. It is important to state that it can grow under refrigeration temperatures (4 to 10°C), which are commonly used to control pathogens in food (41).

On the other hand, the incorporation of 2% OEO to chitosans solution did not reduce the growth of Gram negative bacteria like *E. coli*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, except *E. coli* O157 when comparing with solutions without essential oil.

Lipid oxidation measurement

The effect of different treatments on TBARS value of beef patties, over 9 days of refrigerated storage is shown in figure 1 (page 181).

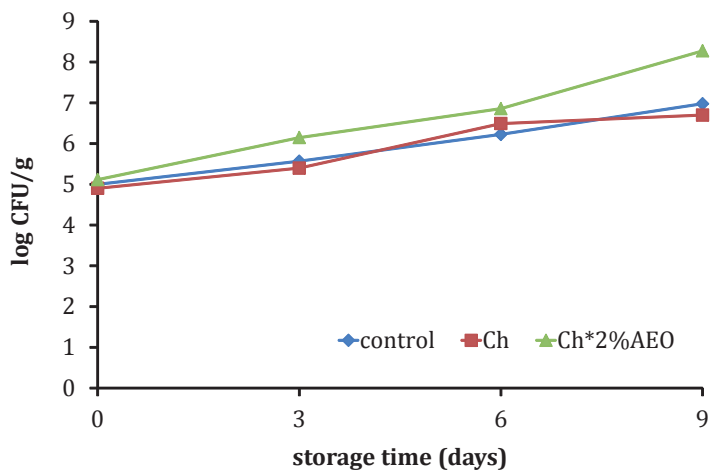


Figure 1. TBARS values of meat hamburger samples during storage at 4°C.

Figura 1. Valores de TBARS en las muestras de hamburguesas durante el almacenamiento a 4°C.

TBA values varied between 0.28 and 1.74 mg MDA kg⁻¹ hamburger. These values are lower than the proposed limit of 2 mg MDA kg⁻¹ above whose rancid off-flavours become sensorily detectible in meat products (8).

TBARS formation increased rapidly with storage time in control and samples coated with chitosan. In control, TBARS value was much higher than the values of the other treatments at the end of storage period ($p < 0.05$). Chitosan by itself has shown chelator antioxidant activity in cooked ground beef, and to inhibit warmed over flavor when mixed with the meat samples (42).

However, they were not effective, as shown in this study, when they were applied on the meat surface as coatings. These results were consistent with studies carried out by Wu, *et al.* (2000), who reported that chitosan coating in precooked beef patties were not effective in controlling lipid oxidation. Addition

of the OEO showed significant ($p < 0.05$) effects compared to control and samples only with chitosan during storage of beef patties. This sample exhibited the lowest ($p < 0.05$) TBARS values. This may be due to strong antioxidant activity of spice extracts and synergistic effect with chitosan. Similar results were reported in fish (43).

pH

There was no significant difference between the samples treated ($P < 0.05$) or storage time (data not shown). As all treatments have acetic acid, this solvent may be influencing the pH value, inhibiting the effect on the microorganisms that metabolize the nitrogenous basic compounds. An increase in pH would indicate an increase in volatile bases because microbial or endogenous enzymes use the amino acids present in the meat and decompose them to alkaline ammonium, *e.g.* trimethylamine and ammonia.

Color

Hunter color L*, a*, b* value of meat hamburger during storage is displayed in table 3.

The ANOVA for the L* data indicates that the values were significantly ($P < 0.05$) affected by the storage period.

In general, as regards control the storage of samples with chitosan increased lightness (L*), probably because chitosan coating increases light reflection on sample surface. During the first three or six days L* values of burgers increased, being the values higher in samples coating with only chitosan.

The above results, however, are in contrast to those of Chounou *et al.* (2013) which reported a decrease in lightness values in ground meat containing chitosan.

The increase in L* during the first days could be related to oxidation increasing metmyoglobin concentration (40). The subsequent decrease in L* may be due

to oxidation of lipids that can increase permeability of the cell membrane and induce juice loss (37).

The major indicator of color stability in red meat and meat products is a* values.

The a* values of beef patties were significantly ($p < 0.05$) affected by treatments and storage time. Samples containing chitosan in combination with OEO had higher a* values than others samples throughout the whole period of storage, indicating that chitosan coating together with OEO inclusion, delayed color deterioration.

Redness preservation due to the use of edible films with OEO has been linked to the control of oxidative changes due to the presence of EO. A decreasing trend was observed as regards to a* values, which is attributed to the gradual oxidation of myoglobin and accumulation of metmyoglobin with time (15).

Table 3. Color parameters (mean \pm standard deviation) in meat hamburger during storage at 4°C.

Tabla 3. Valores de color (media \pm desviación estándar) en hamburguesas durante su almacenamiento a 4°C.

Treatment		Storage period (days)			
		0	3	6	9
Control	L*	37.31 \pm 2.95	39.70 \pm 2.73	41.43 \pm 1.12	38.87 \pm 2.83
	a*	11.35 \pm 2.20	9.15 \pm 2.11	7.43 \pm 1.05	7.16 \pm 1.22
	b*	7.26 \pm 1.65	7.72 \pm 1.80	9.13 \pm 1.55	8.90 \pm 0.49
	Hue angle	32.61 \pm 2.76	40.03 \pm 5.75	50.89 \pm 3.93	51.12 \pm 4.68
Ch	L*	38.69 \pm 0.80	42.26 \pm 2.54	41.89 \pm 2.28	40.55 \pm 2.93
	a*	10.96 \pm 1.12	8.68 \pm 1.75	6.80 \pm 1.42	7.61 \pm 1.11
	b*	7.95 \pm 0.82	8.59 \pm 0.92	8.10 \pm 0.60	8.37 \pm 1.16
	Hue angle	36.13 \pm 3.12	44.71 \pm 4.73	49.96 \pm 3.23	47.73 \pm 7.19
Ch+2% OEO	L*	38.94 \pm 1.22	38.92 \pm 1.43	40.27 \pm 2.40	38.14 \pm 1.67
	a*	11.40 \pm 1.47	13.28 \pm 0.75	9.96 \pm 1.11	9.78 \pm 1.28
	b*	8.06 \pm 1.19	8.84 \pm 0.77	8.23 \pm 0.76	8.05 \pm 0.62
	Hue angle	35.37 \pm 2.47	35.37 \pm 1.89	39.69 \pm 2.36	39.35 \pm 2.21

For yellowness (b^*), storage time and treatments had no significant ($p < 0.05$) effect. The behavior of b^* depends, to a great extent, on the food matrix, and it is known that changes (pH, oxidation extent, water activity, etc.) in the matrix have the greatest influence on this coordinate in many foods (14).

The discoloration of the patties was confirmed by calculation of the hue angle (H^*). The use of H^* is recommended for determination of meat discoloration and precise measure of color because human evaluators are better able to understand color (hue) and lightness (L^*) (28).

Results demonstrated that control and Ch treatment had remarkably higher H^* values ($p < 0.05$) indicating these samples had lower a^* and higher b^* values than other formulation during the storage. The addition of 2% OEO significantly lowered the H^* values and the effect became stronger with increasing storage time, which was attributed to antioxidant effect from OEO.

Microbiological analysis

No significant differences ($p < 0.05$) were detected between samples or storage time in coliform bacteria amounts (data not shown). *Coli fecal* and *E. coli* did not develop in any of the samples tested.

YM amounts of the meat patties during storage are presented in figure 2 (page 184).

In the present study, there was no significant difference among treatments. However, it showed a significant increasing trend during the entire storage period. Tsai, *et al.* (2002), described no antifungal activity *in vitro* for chitosan, at 2000 mg kg^{-1} against *Aspergillus fumigatus* or *A. parasiticus*.

Devlieghere, *et al.* (2004) explained that the effects of chitosan as an antimicrobial preservative for food will be limited to

food products with low protein and NaCl content. Furthermore, Roller *et al.* (2002), reported that the addition of chitosan (0.6%) to sausages did not inhibit YM growth during storage at 4°C.

Aldemir and Bostan (2009), indicated that chitosan (50-500 mg kg^{-1}) added into meatball was no effective on YM. However, in contrast to this findings Georgantelis *et al.* (2007), Petrou *et al.* (2012), reported sensitivity to chitosan for yeast and molds.

The PB for the different treatments are given in figure 3 (page 184), as a function of storage time.

The initial PB value of control patty was 5 lg cfu g^{-1} and no significant differences were found with Ch treatments. All treatments showed slightly increasing bacteria numbers at the end of storage. Among all treatments, Ch+2% OEO had the higher PB during storage, and exceeded the value of 7 log CFU g^{-1} for total bacterial counts on day 6 of storage, which was regarded as the upper acceptability limit for meat products (25), while Ch and control samples didn't reach the value during the whole 9 days storage. According to the results, the treatment with chitosan solution was not significantly different with the treatment control.

There are several explanations for the observed inactivity of chitosan against microorganisms on the meat surface.

The amount of chitosan might be insufficient for inhibition (27). Devlieghere *et al.* (2004), illustrated that the effects of chitosan as an antimicrobial preservative for food will be limited to food products with low protein and NaCl content like these patties. Park *et al.* (2010), and Porter *et al.* (1995), indicated that high affinity for proteins and other substances may cause chitosan-meat complex formations on the meat surface.

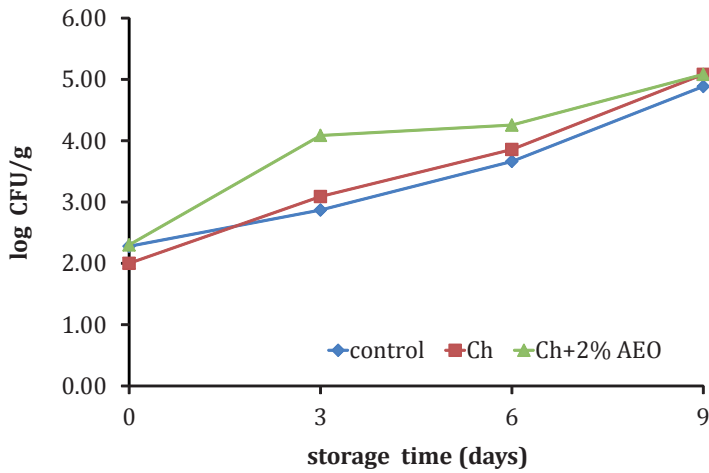


Figure 2. Growth of yeast and moulds in meat hamburger samples during storage at 4°C.

Figura 2. Crecimiento de levaduras y mohos en las muestras de hamburguesas durante su almacenamiento a 4°C.

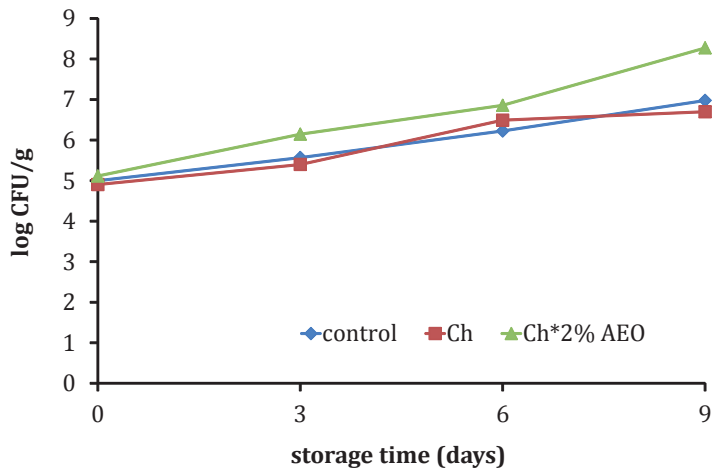


Figure 3. Growth of psychrotrophic bacteria in meat hamburger samples during storage at 4°C.

Figura 3. Crecimiento de bacterias psicrótrofas en las hamburguesas durante su almacenamiento a 4°C.

These interactions between chitosan and meat components may reduce the amount of chitosan interacting with microorganisms on meat surface. Adding NaCl to the medium will also decrease the antimicrobial activity of chitosan because it interferes with the electrostatic forces between chitosan and the microbial surface.

On the one hand, the Cl⁻ ions can neutralize the positive charges on the chitosan, while on the other hand, the Na⁺ ions can compete with chitosan for the negative charges on the cell surface (16). Some authors mention that these compounds are more effective in reducing microbial growth when the food is wrapped in the film than when applied to the surface by spraying or when directly added to the product because of the ability of the active substances of diffuse into the environment (18, 19).

Contrary to expectations, the addition of OEO to the coating significantly increased the count over the other two treatments. This can be attributed to the dilution effect of Ch when OEO is present, or to the bond of the active compounds in the Ch network through the strong interactions with the charged polymer chains, which made their access to the microorganisms difficult (39).

Results of this study (microbiological data) indicate that chitosan, applied via a dipping procedure, leads to a homogenous dispersion of this antimicrobial agent in the meat patties samples, without an efficient action against the microbiota, except coliforms and *E. coli*. Moreover, chitosan dipping when combined with OEO, does not result in antimicrobial properties when it is used as a coating for meat hamburgers.

Sensory characteristics

The results of the sensory evaluation (colour, odour, taste, and general acceptability) of meat patties are presented in table 4 (page 186).

Gradual deterioration of all samples was observed. However, those containing Ch+2% OEO, deteriorated at a slower rate. Results of ANOVA showed that there were no significant differences among the three samples for general acceptability and showed that scores decreased with increasing storage periods. The effect of time can be appreciated from the third day of storage.

The sensory evaluation results appeared to correspond to microbial and chemical value analyses.

Samples coating with Ch+2% OEO could maintain acceptable odor quality until the end of the trial. Control samples reached the lower acceptability limit (score 3) on day 3-6 and samples with chitosan on day 0-3. On the initial day of storage, cooked patties had a pleasant taste.

The results, gave a sensorial shelf-life (based on taste acceptance scores) between days 0-3 for control, while Ch samples exceeded the upper acceptability sensory limit (score 3) between days 3-6 of refrigerated storage. Moreover, Ch+2% OEO samples were sensorially acceptable between days 6-9.

Color evaluation showed significant changes due to formulation and storage time ($p < 0.05$). Throughout refrigerated storage red/pink tones changed to brown tones in all samples. Burgers containing chitosan presented best visual appearance (red), especially those with 2% OEO. Present results, consistently agreed with instrumental color. Therefore, it is possible to say that Ch+OEO prolonged an acceptable odor, taste and color for more time than control and Ch.

Table 4. Results of sensory analyses of meat patties during storage at 4° C.**Tabla 4.** Resultados del análisis sensorial de hamburguesas almacenadas a 4° C.

Sensory parameter	Treatment	Storage time (days)			
		0	3	6	9
General acceptability	Control	3.8±0.8a	2.7±1.0ab	2.5±1.0b	2.3±1.0b
	Ch	3.7±0.5a	2.8±0.8ab	2.3±1.0b	2.3±1.0b
	Ch+2% AEO	3.0±1.0ab	3.7±1.0a	3.0±1.0ab	2.3±1.0b
Odour	Control	3.7±0.8ab	3.0±0.6ab	2.5±1.0a	3.2±1.0ab
	Ch	3.2±1.0ab	2.7±0.8ab	2.7±0.8ab	2.8±1.0ab
	Ch+2% AEO	3.3±0.8ab	3.8±1.0b	3.7±1.0ab	3.5±1.0ab
Taste	Control	4.0±0.6a	2.7±1.0b	2.8±1.0ab	2.5±1.0b
	Ch	3.7±0.5ab	3.2±1.0ab	2.5±1.0b	2.8±1.0ab
	Ch+2% AEO	3.0±1.0ab	3.7±1.0ab	3.3±1.0ab	2.5±1.0b
Color	Control	3.8±0.4ab	3.0±0.6e	2.8±0.8de	2.5±0.5de
	Ch	4.7±0.5c	3.0±0.6e	2.2±1.0d	3.2±1.0be
	Ch+2% AEO	4.5±0.8ac	4.3±0.5ac	3.0±0.6e	3.5±0.5b

^{a-c} means in the same column with different letters for each attribute, are significantly different from the others (P < 0.05).

^{a-c} Medias con letras distintas en la misma columna para cada atributo, indican diferencias significativas (P < 0,05).

CONCLUSIONS

The present work shows that origanum essential oil can be added to chitosan in a concentration of 2%, imparting a good antioxidant activity and increasing its antimicrobial efficacy *in vitro*. This combination showed the highest antimicrobial efficacy. Gram-positive bacteria were more susceptible than Gram-negative bacteria. These results may indicate its use as a natural preservative in foods against the causative agents of foodborne diseases and those of food spoilage.

In meat hamburguers, the results of this study indicate that chitosan coating with 2% of OEO had a significant antioxidant effect. However, no differences were observed between control and chitosan coating.

Considering conservation effects, differences in psychrotrophic bacteria values were not significant on the patties surfaces with chitosan or control and, surprisingly, their combination with OEO decreased the shelf life, being a health risk.

Significant extension of red color shelf life were observed in meat hamburguers coated with chitosan+2% OEO, and its application resulted in better odor and color characteristics of meat patties after long time storage, without affecting sensorial acceptability.

Nevertheless, further improvements are necessary to develop a more successful application of edible coatings enriched with OEO on meat hamburguers.

REFERENCES

1. Aider, M. 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT-Food Science and Technology*. 43(6): 837-842.
2. Aldemir, T.; Bostan, K. 2009. Effects of chitosan on the microbiological quality of ready to cook meatball. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 35(2): 13-21.
3. Amadio, C. 2013. Genotipos de orégano de la provincia de Mendoza: caracterización físico-química y su empleo como aditivos alimentarios naturales (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
4. Amadio, C.; Medina, R.; Dediol, C.; Zimmermann, M. E., Miralles, S. 2011. Aceite esencial de orégano: un potencial aditivo alimentario. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 43(1): 237-245.
5. Amorati, R.; Foti, M.; Valgimigli, L. 2013. Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(46): 10835-10847.
6. Buege, J.; Aust, S. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol*. 52: 02-304.
7. Byun, Y.; Kim, Y.; Whiteside, S. 2010. Characterization of an antioxidant polylactic acid (PLA) film prepared with α -tocopherol, BHT and polyethylene glycol using film cast extruder. *Journal of Food Engineering*, 100(2): 239-244.
8. Campo, M.; Nute, G.; Hughes, S.; Enser, M.; Wood, J.; Richardson, R. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*. 72(2): 303-311.
9. Caner, C.; Cansiz, O. 2007. Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87: 227-232.
10. Cao, Y.; Gu, W.; Zhang, J.; Chu, Y.; Ye, X.; Hu, Y.; Chen, J. 2013. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. *Food chemistry*. 141(3): 1655-1660.
11. Chi, S.; Zivanovic, S.; Penfield, M. 2006. Application of chitosan films enriched with oregano essential oil on bologna—active compounds and sensory attributes. *Food Science and Technology International*. 12(2): 111-117.
12. Chouliara, E.; Karatapanis, A.; Savvaidis, I.; Kontominas, M. 2007. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C. *Food Microbiology*. 24(6): 607-617.
13. Chounou, N.; Chouliara, E.; Mexis, S.; Stavros, K.; Georgantelis, D.; Kontominas, M. 2013. Shelf life extension of ground meat stored at 4°C using chitosan and an oxygen absorber. *International Journal of Food Science & Technology*. 48(1): 89-95.
14. Cofrades, S.; Serrano, A.; Ayo, J.; Solas, M.; Carballo, J.; Jiménez-Colmenero, F. 2004. Restructured beef with different proportions of walnut as affected by meat particle size. *Eur Food Res Technol*. 218: 230-236.
15. Comi, G.; Tirloni, E.; Andyanto, D.; Manzano, M.; Iacumin, L. 2015. Use of bio-protective cultures to improve the shelf-life and the sensorial characteristics of commercial hamburgers. *LWT-Food Science and Technology*. 62(2): 1198-1202.
16. Devlieghere, F.; Vermeulen, A.; Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food microbiology*. 21(6): 703-714.
17. dos Santos, N.; Aguiar, A. J.; de Oliveira, C.; de Sales, C.; Silva, S.; da Silva, R.; de Souza, E. 2012. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food microbiology*. 32(2): 345-353.
18. Dutta, P.; Tripathi, S.; Mehrotra, G.; Dutta, J. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food chemistry*. 114(4): 1173-1182.
19. Elsabee, M.; Abdou, E. 2013. Chitosan based edible films and coatings: a review. *Materials Science and Engineering: C*. 33(4): 1819-1841.
20. Fernandez-Saiz, P.; Lagaron, J.; Ocio, M. 2009. Optimization of the biocide properties of chitosan for its application in the design of active films of interest in the food area. *Food Hydrocolloids*. 23: 913-921.

21. Friedman, M.; Juneja, V. 2010. Review of antimicrobial and antioxidative activities of chitosans in food. *Journal of Food Protection*. 73(9): 1737-1761.
22. Georgantelis, D.; Blekas, G.; Katikou, P.; Ambrosiadis, I.; Fletouris, D. 2007. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science*. 75(2): 256-264.
23. Hawashin, M. D.; Al-Juhaimi, F.; Ahmed, I. A. M.; Ghafoor, K.; Babiker, E. E. 2016. Physicochemical, microbiological and sensory evaluation of beef patties incorporated with destoned olive cake powder. *Meat science*. 122: 32-39.
24. ICMSE. 2000. *Microorganisms in Foods I. Their significance and methods of enumeration*, 2° ed. University of Toronto Press.
25. Kanatt, S. R.; Rao, M. S.; Chawla, S. P.; Sharma, A. 2013. Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage. *LWT-Food science and technology*. 53(1): 321-326.
26. Krkić, N.; Šojić, B.; Lazić, V.; Petrović, L.; Mandić, A.; Sedej, I.; Tomović, V. 2013. Lipid oxidative changes in chitosan-oregano coated traditional dry fermented sausage Petrovská klobása. *Meat science*. 93(3): 767-770.
27. Liu, N.; Chen, X.; Park, H.; Liu, C.; Meng, X.; Yu, L. 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of *Escherichia coli*. *Carbohydrate polymers*. 64(1): 60-65.
28. Mancini, S.; Prezioso, G.; Dal Bosco, A.; Roscini, V.; Szendrő, Z.; Fratini, F. 2015. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa L.*) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. *Meat Science*. 110: 93-100.
29. Martins, J.; Cerqueira, M.; Vicente, A. 2012. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*. 27(1): 220-227.
30. Mokhtar, S.; Youssef, K.; Morsy, N. 2014. The effects of natural antioxidants on colour, lipid stability and sensory evaluation of fresh beef patties stored at 4°C. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 20(3): 282-292.
31. Nychas, G. J. E.; Skandamis, P. N.; Tassou, C. C.; Koutsoumanis, K. P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat science*. 78(1): 77-89.
32. Park, S.; Marsh, K.; Dawson, P. 2010. Application of chitosan-incorporated LDPE film to sliced fresh red meats for shelf life extension. *Meat Science*. 85(3): 493-499.
33. Petrou, S.; Tsiraki, M.; Giatrakou, V.; Savvaidis, I. 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International journal of food microbiology*. 156(3): 264-271.
34. Ponce, A.; Roura, S.; del Valle, C.; Moreira, M. 2008. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *in vitro* and *in vivo* studies. *Postharvest biology and Technology*. 49(2): 294-300.
35. Porter, W.; Conca, K.; Lachica, R.; Mayer, J.; Pariser, E. 1995. Chitin and chitosan as novel protective food ingredients. *Proceedings of 1995 meetings, activities report of the R&D associates*. 47: 252-262.
36. Reda, W.; Abdel-Moein, K.; Hegazi, A.; Mohamed, Y.; Abdel-Razik, K. 2016. *Listeria monocytogenes*: An emerging food-borne pathogen and its public health implications. *The Journal of Infection in Developing Countries*. 10(02): 149-154.
37. Ripoll, G.; Joy, M.; Muñoz, F. 2011. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat science*. 87(1): 88-93.
38. Roller, S.; Sagoo, S.; Board, R.; O'mahony, T.; Caplice, E.; Fitzgerald, G.; Fletcher, H. 2002. Novel combinations of chitosan, carnocin and sulphite for the preservation of chilled pork sausages. *Meat Science*. 62(2): 165-177.
39. Sánchez-González, L.; Cháfer, M.; Hernández, M.; Chiralt, A.; González-Martínez, C. 2011. Antimicrobial activity of polysaccharide films containing essential oils. *Food Control*, 22(8): 1302-1310.

40. Sayas-Barberá, E.; Quesada, J.; Sánchez-Zapata, E.; Viuda-Martos, M.; Fernández-López, F.; Pérez-Alvarez, J. A.; Sendra, E. 2011. Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat science*. 88(4): 740-749.
41. Tsai, G.; Su, W.; Chen, H.; Pan, C. 2002. Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation. *Fisheries science*. 68(1): 170-177.
42. Turgut, S. S.; Soyer, A.; Işıkçı, F. 2016. Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat science*. 116: 126-132.
43. Vatavali, K.; Karakosta, L.; Nathanailides, C.; Georgantelis, D.; Kontominas, M. 2013. Combined effect of chitosan and oregano essential oil dip on the microbiological, chemical, and sensory attributes of red porgy (*Pagrus pagrus*) stored in ice. *Food and Bioprocess Technology*. 6(12): 3510-3521.
44. Wu, Y.; Rhim, J.; Weller, C.; Hamouz, F.; Cuppett, S.; Schnepf, M. 2000. Moisture loss and lipid oxidation for precooked beef patties stored in edible coatings and films. *Journal of food science*. 65(2): 300-304.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Research and Technology Council (SECyT) of Cuyo University (UNCUYO), Mendoza, Argentina.

Catalog of the type material in the Herpetology Collection of the Instituto de Biología Animal (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo)

Catálogo del material tipo de la Colección Herpetológica del Instituto de Biología Animal (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo)

Sofía Literas ¹, Matías Rodríguez ¹, Enrique Pereyra ¹, Sergio Roig-Juñent ^{1,2}

Originales: *Recepción*: 03/06/2017 - *Aceptación*: 22/08/2017

ABSTRACT

The Herpetology Collection of the Instituto de Biología Animal of Mendoza (IBA-FCA UNCuyo) is one of the most important of Argentina, for the type material deposited there and because includes a large number of specimens from central-western Argentina and Patagonia. The collection is in a process of ordering for it to the scientific community to access the material with ease. This arrangement allows recognizing the deposited type material, most of it corresponding to Argentina's species described by J. M. Ceí, who conducted his investigations at this institute between 1955 and 1980. Also developed research in the Institute R. Donoso-Barros, J. A. Scolaro, F. Videla, L. P. Castro, G. Macola and V. Roig, among others. The type material comprises a total of 295 specimens, belonging to 38 species, 32 of them being holotypes and 263 paratypes. The materials designated as Neotypes of *Liolaemus anomalus* Koslowsky, 1896 and *Liolaemus melanops* Burmeister, 1868 do not constitute type material since the original types were found. Fourteen types that should have been deposited in the collection were not found, including the holotype of *Homonota andicola* Ceí, 1978.

Keywords

type material • IBA-UNCuyo • amphibia • reptilia • herpetology

-
- 1 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Biología Animal (IBA). Almirante Brown. Luján de Cuyo. CP 5505. Luján de Cuyo. Mendoza. Argentina. M5528AHB. sofi.literas@hotmail.com
 - 2 Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas y Semiáridas (IADIZA, CCT CONICET Mendoza). Parque Gral. San Martín. Mendoza. CC 507. CP 5500. Argentina.

RESUMEN

La Colección Herpetológica del Instituto de Biología Animal de Mendoza (IBA-FCA, UNCuyo) es una de las más importantes de la Argentina, por el material tipo en ella depositado, y por la gran cantidad de ejemplares del centro-oeste argentino y de la Patagonia. La colección está en un proceso de ordenamiento lo que permitirá que la comunidad científica pueda acceder al material con facilidad. Este ordenamiento ha permitido reconocer los ejemplares tipos en ella depositados, que en su mayor parte corresponde a especies de la Argentina descritas por J. M. Cei. Este investigador desarrolló sus investigaciones en el instituto entre 1955 y 1980. También desarrollaron investigaciones en el Instituto R. Donoso-Barros, J. A. Scolaro, F. Videla, L. P. Castro, G. Macola y V. Roig entre otros. En total hay 295 ejemplares tipo pertenecientes a 38 especies, 32 de ellos holotipos y 263 paratipos. Los materiales designados como neotipos de *Liolaemus anomalus* Koslowsky, 1896 y *Liolaemus melanops* Burmeister, 1868 no se consideran tipos ya que los ejemplares tipos originales fueron localizados posteriormente. Catorce tipos que deberían estar depositados en la colección no fueron encontrados, entre ellos el holotipo el *Homonota andicola* Cei, 1978.

Palabras clave

material tipo • IBA-UNCuyo • amphibia • reptilia • herpetología

INTRODUCTION

Dr. José Miguel Cei in 1955 is appointed Professor at the Department of Scientific Research by the Universidad Nacional de Cuyo. From then on, and until his retirement, he conducted intensive teaching and research activities at the Schools of Medicine and Agrarian Sciences, creating the Instituto de Biología Animal (IBA-UNCuyo), of which he was its first Director. During this fruitful period he conducted several investigations that resulted in more than 370 publications, and deposited part of the material of these investigations in the Herpetology Collection of the Instituto de Biología Animal (IBA-UNCuyo).

Currently the Facultad de Ciencias Agrarias has undertaken the task of ordering and arranging the 3811 specimens that make up the IBA collection, most of them preserved in alcohol 70°.

Until now, no review of the material has been carried out, which is why has been tackled this task, with the first contribution being the catalog of type material.

MATERIALS AND METHODS

To establish what material has been deposited in the Collection of the Instituto de Biología Animal, the original register books of the collection and other annotations of Dr. Cei were revised. Also, all the works published by Dr. Cei and by other researchers where new species were reported were compiled. As for materials, we searched the collection for possibly-existing type specimens, both those labeled as type and those that were not and which appeared in the original publications as deposited in the collection.

The criterion for determining which material should be considered as type is that set by the International Code of Zoology (26) in article 72.1.1 "type series: all specimens on which the author established a nominal species-group taxon (with the exception of those excluded [Article 72.4.1]); In the absence of holotype designation, or the designation of syntypes, or the subsequent designation of a lectotype, all are syntypes and collectively they constitute the name-bearing type; "... (ICZN, 1999).

The following information is provided for each type material: Scientific Name designated in the original description, author or authors, year, publication page and pictures or figures; current status, category of type contained in the original publication, acronym and catalog number assigned in the IBA-UNCuyo collection. In the case of paratypes, the number of specimens present in the IBA-UNCuyo collection is placed in brackets.

The textual transcription of the original tag is done, including in some cases, country, province, locality, date (day / month / year), altitude and name of the collector.

Observations continue by detailing data that appear in the original publication and that do not match the label or any other information that is relevant.

The line jump is designated with a bar, and the reverse of the label with two bars. In all cases, the label contents were respected, and literally transcribed.

The current status of the species was taken from the "Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference" and Reptile database (2017) (1, 31).

RESULTS

Studying the IBA-UNCuyo collection allowed us to recognize 295 type specimens, of which 32 are holotypes and 263 paratypes. Within the Amphibia class there are 14 species, all described by José M. Cei, some coauthored by Alejandro Scolaro, Osvaldo Reig and Virgilio Roig, with a total of 14 holotypes and 74 paratypes, some of which are designated as allotypes. In the Reptilia class, the collection has 24 species described by authors such as José M. Cei, Alejandro Scolaro, Fernando Videla, Roberto Donoso Barros and Luis P. Castro, with 18 holotypes and 189 paratypes among which some are designated as allotypes.

Sixteen types specimens should have been deposited in the collection but could not be found, the holotype of *Homonota andicola* (15), five paratypes of *Telmatobius praebasalticus dobeslawi* (8), four paratypes of *Telmatobius praebasalticus luisi* (8), three paratypes of *Liolaemus elongatus petrophilus* (25) and three paratypes of *Phymaturus patagonicus somuncurensis* (20).

Six specimens designated as Neotypes are not type material. In the IBA collection there are five Neoparatypes of *Liolaemus anomalus* (27) designated by Cei (1979) (IBA-UNC 1239, IBA-UNC 0072, IBA-UNC 423, IBA-UNC 1237-1 and 2). Later, Williams and Cei (1983) rediscovered in the Museo de La Plata the materials studied by Koslowsky (1896) and which constitute series of *L. anomalus*. According to article 75.8 of the International Code of Zoological Nomenclature when rediscovering the original types, the neotypes should be set aside. For this reason, these five neoparatypes are not type material. Anyway, their information is provided. Also the neotype of *Liolaemus melanops* (2) designated by Cei (1975) (IBA-UNC 943-1)

was deposited in the IBA. Later, at the Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" of Buenos Aires, Cei (1998) (19) rediscovers the material that Burmeister (1888) studied and that constitutes the holotype of *L. melanops*. According to the same article for the previous case, the material designated as neotype does not constitute type material.

Two specimens designated as Topotypes of *Liolaemus melanops* (2) (IBA-UNC 943-2 and 3) are not type material either.

List of Type Material

- Class Amphibia
- Order Anura
- Family Alsodidae
- Genus *Alsodes* Bell

Alsodes gargola neuquensis

- Cei 1976: 161.
- Current status - *Alsodes neuquensis* (13).
- Holotype: IBA-UNC 1963-1.
- Planicie Lonco Luán/ Neuquén. Mts 1550/ Argentina/ 7-1-68./ J. M. Cei
- Paratypes (two): IBA-UNC 1963- 2 and 3.
- Same data as Holotype.
- Remarks: The holotype is a male and the two paratypes are females. All are in good condition.

Alsodes pehuenche

- Cei 1976: 162.
- Current status - *Alsodes pehuenche* (13).
- Holotype: IBA-UNC 1646-1.
- Mts. 2400- a 15 km de/ los limites-Ruta a Talca/ Chile-/13-III-1964/ Legit J. M. Cei- V. Roig.
- Remarks: Male specimen. In the original description, the locality cited is "Pehuenche Valley, in Andean mountains of southern Mendoza Province, Argentina, 2000 up to 2500 m", and also the date is 14 november 1973.

- Paratypes (four): IBA-UNC 1646-3, 5, 6 and 7.
- Dos machos enviados (1646-2 y 1646-4) / Dr. Lynch para estudios anatómicos// a Universidad Nebraska el 14/XI/1973.
- Same data as Holotype.
- IBA-UNC 1643-1.
- Vertientes de aguas sulfurosas/ a 2-3 km antes de la frontera/ con Chile. / Ruta pehuenche- 2300 mts/ Malargüe Mendoza. / 13-III-64. / Leg Cei-Roig.
- Remarks: This material, belonging to IBA-UNC, is not in the collection.
- Paratypes (three): IBA-UNC 1642- 1 to 3.
- Arroyos a 10 km del límite- 2300 m/ Paso Pehuenche- Talca-Chile/13-III-64/ Leg. Cei- Roig.
- Remarks: In the original publication the locality is the same as that of the holotype. All paratypes are in good condition.

- Family Batrachylidae
- Genus *Atelognathus* Lynch

Telmatobius reverberii

- Cei 1969: 8, figure. 5, a-b.
- Current status - *Atelognathus reverberii* (6).
- Holotype: IBA-UNC 1980-1.
- Meseta somuncura/Río Negro-L. Miñuelo/ mt 1400. / 9-4-1968//Legit J. M. Cei
- Remarks: Male. In the original publication the author cites that it was collected on 10/04/1968 which differs from the label.
- Paratypes (four): IBA-UNC 1980- from 2 to 5.
- Same data as Holotype.
- Remarks: In the original publication, the authors cited that they were collected on 10/04/1968 but the label is dated 09/04/1968. All specimens are preserved in the same vial.
- Paratypes (two): IBA-UNC 1981-1 and 2.

- *Telmatobius/ reverberii /Meseta Somuncura /Río Negro. L. Raimunda. / mt. 1400. 20/12/1967// Legit J. M. Cei.*
- Remarks: IBA-UNC 1981-1 was designated as Allotype. In the original description, it says it was collected on 19/12/1967 but in the label it is dated 12/20/1967.
- Laguna Chica. Casa de/ Piedra. m1500/ Neuquén. 7-1-70/ Legit J. M. Cei - L. Cei
- Paratypes (five): IBA-UNC-1, 2, 3, 4 and 6.
- Same data as holotype
- Remarks: There are two paratypes cited in the publication, IBA-UNC 2124-7 and 8, which are not currently deposited in the IBA Collection.

Telmatobius solitarius

- Cei 1970: 19, Figs. 2 and 3.
- Current status - *Atelognathus solitarius* (7).
- Holotype: IBA-UNC 2045-1.
- *Telmatobius solitarius*/(Typus) / A 5 km de Pilcaniyen/ Río Negro/A° Las Bayas/ 6-1-1969// Legit J.M. Cei
- Remarks: In the original description is only cited IBA-UNC 2045-1. In addition to this specimen there are two specimens in the same vial labeled as "Typus" that would not be type material because they are not mentioned in the original publication and, besides, they were collected *a posteriori* from the description of the species (January 10, 1970).

Telmatobius praebasalticus

- Cei 1968: 275, Lam. 4, 1-2.
- Current status - *Atelognathus praebasalticus* (4).
- Holotype: IBA-UNC 1845-6.
- Lag. Del Tero/Neuquén/ Oct. 1966. / Leg. Cei. Roig.
- Remarks: The type material is in good condition, but the labels are deteriorated. In the original description, the locality is Laguna del Teru.
- Paratype: IBA-UNC 1845-8.
- Remarks: 1845-8 was designated as allotype in the original description.

Telmatobius praebasalticus agilis

- Cei 1972: 434, figure 3, Lam. 6.
- Current status - *Atelognathus praebasalticus* (8).
- Holotype: IBA-UNC 2124-5.

Telmatobius praebasalticus dobeslawi

- Cei 1972: 439, Figs. 4, Lam. 5 and 6.
- Current status - *Atelognathus praebasalticus* (8).
- Holotype: IBA-UNC 2130-1.
- *Telmatobius/ Laguna del Piojo. 1000m./ Barda de S. Tomas/ Neuquén. Argentina/ 2-5-1970// Legit J. M. Cei - R. Cei.*
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (eighteen): IBA-UNC 2130-2 to 19.
- Same data as Holotype.
- Remarks: In the IBA Collection there are currently only 18 paratypes of the 23 cited in the original publication, but specimens numbered 2130-20 to 24 are missing. All specimens are preserved in the same vial.

Telmatobius praebasalticus luisi

- Cei 1972: 437, Figs. 4, Lam. 3 and 4.
- Current status - *Atelognathus praebasalticus* (8).
- Holotype: IBA-UNC 2126-2.
- *Telmatobius/ Laguna Overa. 1500m. / (Lagunas basálticas a 12km NE Catan Lil.) / Neuquén-/26-01-70. // Legit J. M. Cei - L. Cei*
- Remarks: In a good state of preservation.
- Paratypes (fifteen): IBA-UNC 2126-1; 3 to 9; 11; 12; 14; 16; 19; 21; 23.
- Same data as Holotype
- Remarks: In the IBA-UNC collection currently there are only 15 specimens labeled as paratypes of the 22 cited in the original publication. In the jar of

the collection there is a label that says: "N° 2126-10; 2126-17 y 2126-22 se encuentran en U.S. National Museum Washington". This would add 18 paratypes. It has not been possible to find the IBA-UNC paratypes 2126-13, 15, 18, 20. Mixed in the same vial with all the paratypes. There are also five unlabeled specimens that belong to the same species, but cannot be assigned the category of type.

- Family Bufonidae
- Genus *Rhinella* Fitzinger

Bufo achalensis

- Cei 1972: 237, figure 2 a-b.
- Current status - *Rhinella achalensis* (9).
- Holotype: IBA-UNC 1284-3.
- Pampa de Achala / m 2200- Córdoba / 22-XI-68 / Legit J. M. Cei
- Remarks: Holotype male. In the original description J. M. Cei and L. P. Castro are listed as collectors. In good condition.
- Paratypes (five): IBA-UNC 1284-1, 2, 4, 5 and 6
- Same data as Holotype
- Remarks: Allotype 1284-2. 1284-1 and 4 males. In the original publication, within the designated paratypes are cited as "1284-6-6, 3 females", specimens 1284-5 and 1284-6 are among the remaining adult specimens in the collected series, so it is inferred that 1284-5 is one of the females.

Bufo spinulosus atacamensis

- Cei 1962: 77.
- Current status- *Rhinella atacamensis* (3).
- Holotype: IBA-UNC 422-1.
- Río Huasco. Vallenar/Atacama (Chile)/ 9-XI-59/ Legit J. M. Cei
- Remarks: Female in good condition.
- Paratype: IBA-UNC 421-1.
- Río Huasco. Vallenar/ Atacama (Chile)/9-XI-59/ Legit J. M. Cei
- Remarks: Male in good condition.

- Family Ceratophryidae
- Genus *Lepidobatrachus* Budgett

Lepidobatrachus llanensis

- Reig & Cei 1963: 199, Lam. 1.
- Current status - *Lepidobatrachus llanensis* (30).
- Holotype: IBA-UNC 037-1. Punta de los Llanos. La Rioja/ 30-III-'51/ Legit J. M. Cei// IL 01016.
- Remarks: Holotype male. In the original description J. M. Cei, J. Grecco and S. Tomsic are cited as collectors.
- Paratype: IBA-UNC 037-2
- Same data as Holotype.
- Remarks: Female designated as Allotype. In the original description J. M. Cei, J. Grecco and S. Tomsic are cited as collectors. In good condition.

- Family Craugastoridae
- Genus *Psychrophrynella* Hedges, Duellman & Heinicke

Syrrophus laplacai

- Cei 1968: 139, figure 2.
- Current status- *Psychrophrynella wettsteini* (5).
- Holotype: IBA-UNC 1251-1.
- Unduavi. Transición a las/yungas. / Altura: 3400 mts./ 13-2-63/ Leg: Dr. J. M. Cei- R. Cei.
- Remarks: They are in a good state of conservation.
- Paratypes (eight): IBA-UNC 1251-2 to 5 and 7 to 10.
- Remarks: Four females and five males. IBA-UNC 1251-2 was designated as Allotype. Specimen 1251-6 of the series is not present. In the original publication, aside from the locality, the author added "On the road to Coroico (National road to Beni Valley) at 3 km West of Pongo".
- Family Leptodactylidae
- Subfamily Leiuperinae
- Genus *Pleurodema* Tschudi

Telmatobius somuncurensis

- Cei 1969: 14, figure 5, g-h.
- Current status- *Pleurodema somuncurensis* (6)
- Holotype: IBA-UNC 1982-1.
- *Telmatobius somuncu/rensis* (Typus) /Arroyo el Rincón/ 700 m./ Meseta Somuncurá/ Río Negro/ 10- 04-68 / Legit J. M. Cei.
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (four): IBA-UNC 1982-2 to 5.
- Same data as Holotype.
- Remarks: All specimens are preserved in the same vial.
- Family Telmatobiidae
- Genus *Telmatobius* Wiegmann
- Remarks: Holotype is not present in the vial.
- Paratypes (three): IBA-UNC 1100-2, 3 and 4.
- Same data as Holotype.
- Paratype: IBA-UNC 1109.
- 15- 20 km Norte/ del límite de Mendoza- San Juan/ 1850 m// 17-01/75/ Legit J. M. Cei/ L. P Castro. A. Roig.
- Remarks: In The original publication, the locality is 25 km north of the San Juan- Mendoza border. The specimen is in a good state of conservation.
- Paratype: IBA-UNC 0367.
- Angualasto/San Juan/ Enero 1977// Gend. Nac.
- Remarks: The National Gendarmerie collected the material.

Telmatobius contrerasi

- Cei 1977: 359, figure 1.
- Current status - *Telmatobius contrerasi* (14).
- Holotype: IBA-UNC 2420-1.
- *Telmatobius/contrerasi/ Cerro Madrid/ Valle del Río Gualcamayo/3050 m/ San Juan (Jachal)// 2-2-1976/ Legit/J. Contreras.*
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 2420-2 and 2124-3.
- Same data as Holotype.
- Remarks: All specimens are preserved in the same vial.
- Class Reptilia
- Order Squamata
- Suborder Gekkota
- Family Phyllodactylidae
- Genus *Homonota* Gray
- Suborder Iguania
- Family Leiosauridae
- Genus *Diplolaemus* Bell

Diplolaemus sexcintus

- Cei, Scolaro & Videla 2003: 143.
- Current status- *Diplolaemus sexcintus* (24).
- Holotype: IBA-UNC 605-1.
- Meseta pedregosa- 1100m/ 10 km Sur de Las Bayas/ Río negro/ 24-1-70 // Legit J. M. Cei- L. Cei.
- Remarks: Identified as *Diplolaemus darwini* on the label which does not have the coordinates mentioned in the original publication.
- Paratype: IBA-UNC 605-2.
- Same data as Holotype
- Paratypes (two): IBA-UNC 1412-1 and 2.
- Entre Pto Alvarado y Cruz / de Piedra/ 22-3-82/ Leg. Castro- Mácola- García.
- Remarks: Identified as *Diplolaemus darwini* on the label which does not have the altitude at which it was collected cited in the original publication.
- Paratype: IBA-UNC 926.
- 40 km Norte/Uspallata- Mendoza / 2500m- roquedales/ 17-1-75// Legit J. M. Cei/ L. P. Castro/ A. Roig.

Homonota andicola

- Cei 1978: 1.
- Current status - *Homonota andicola* (15).
- Holotype: IBA-UNC 1100-1.
- 40 km Norte/Uspallata- Mendoza / 2500m- roquedales/ 17-1-75// Legit J. M. Cei/ L. P. Castro/ A. Roig.

- Portillo Argentino/ 2500m Tunuyán/ Mendoza / 12-II-1973// Legit A. Mataloni.
 - Remarks: In good condition.
 - Paratype: IBA-UNC 461.
 - L. Raimunda / Meseta Somuncura / Río Negro 20-12-67 // Legit J. M. Cei.
 - Paratype: IBA-UNC 418.
 - Laguna Blanca / Neuquén / 1965 // Legit T. A. Antil
 - Remarks: while the specimen's label has the same location as that in the original publication, it has no data on altitude, distance, day of collection or the collector's name is not the same either.
 - Paratype: IBA-UNC-513.
 - Meseta Somuncura/Cerro Merlo/Río Negro/ 18-XI-68// Legit J. M. Cei/ L. P. Castro
 - Híbrido/*Diplolaemus darwini* x *Diplolaemus bibroni*.
 - Remarks: in good condition.
 - Paratypes (two): IBA-UNC 1177-1 and 2.
 - Observations: Identified as *Diplolaemus darwini*/ Antiplanicie 1800 m./ 80 km Sur Nihuil/ 15 km W Nevado/ Mendoza // Legit J. M. Cei/ N. Tuzi/ F. Videla.Paratypes (two): IBA-UNC 611-1 and 2.
 - A° Las Bayas y bardas vasálticas [sic] (850-1100 m)/ Río Negro/ 9-1-70// Legit J. M. Cei- L. Cei.
 - Remarks: Identified as *Diplolaemus darwini* and date of collection does not match that in the original publication, this being 9-1-1975.
 - Genus *Pristidactylus* Fitzinger
- Pristidactylus nigroiugulus***
- Cei, Scolaro & Videla 2001: 600, figure 3.
 - Current status - *Pristidactylus nigroiugulus* (23).
 - Paratype: IBA-UNC 784.
 - Ruta Paso de Indios-Sombrero/ empalme a Horqueta/ Chubut/ 15-1-1972/ J. M. Cei- L. Cei- R. Ferreira.
- Remarks: In good condition.
 - Paratype: IBA-UNC 934.
 - Callejas- borde/ Meseta Canquel/ Chubut/ 900 m/ Enero 1972// Legit J. M. Cei, L. Cei y Ferreira.
 - Remarks: In good condition.
 - Paratype: IBA-UNC R 1477.
 - Remarks: Material presumably lost.
- Family Liolaemidae
 - Genus *Liolaemus* Wiegman
- Ctenoblepharis donosobarrosi***
- Cei 1974: 72, figure 2, a-b.
 - Current status - *Liolaemus donosobarrosi* (10).
 - Holotype: IBA-UNC 824-1.
 - Mantacilla/ SE Mendoza/ Médanos salobres/ 1000 m/ XII-1972// Legit J. M. Cei, L.P. Castro/ T. Ferreyra.
 - Paratype: IBA-UNC 824-2.
 - Same data as Holotype.
 - Remarks: All are in good condition.
- Ctenoblepharis rabinoi***
- Cei 1974: 73, figure 3 and 4.
 - Current status - *Liolaemus rabinoi* (10).
 - Holotype: IBA-UNC 818-1.
 - Arenales SE Dique Nihuil/ 1200 m. Mendoza/ Abril 1974// Legit A. Rabino.
 - Paratype: IBA-UNC 818-2.
 - Same data as Holotype
 - Remarks: In good condition.
- Liolaemus archeforus***
- Donoso-Barros 1971: 93, figure 2, e-h.
 - Current status - *Liolaemus archeforus* (25).
 - Holotype: IBA-UNC 517-3.
 - Puesto Lebrun/ Meseta Lago B. Aires/ 1500 m. S. Cruz/ 24- XII-68 // Legit J. Cei- L. P. Tuzi.
 - Remarks: In good condition.
 - Paratypes (two): IBA-UNC 516-1 and 2.
 - Meseta Lago B. Aires / 800 mt. de la Laguna Cisnes Cuello Negro/ Santa Cruz/ 25-XII-1968 // Legit J. M. Cei- N. P. Tuzi.

- Paratypes (five): IBA-UNC 517-1, 2, 4, 5 and 6.
- Same data as Holotype
- Paratype: IBA-UNC-518-2.
- Meseta L. B. Aires / S. Cruz. M 1500 / Central Plain / 23-XII-68 / Legit J. M. Cei-Tuzi.
- Remarks: Juvenile. Specimen in a good state of conservation.

Liolaemus austromendocinus

- Cei 1974: 224, figure 5, 1-4.
- Current status- *Liolaemus austromendocinus* (11)
- Holotype: IBA-UNC 826-1.
- 70 km S Nihuil/Mendoza-/20-XII-72// J. M. Cei- L P Castro/ T. Ferreira.
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 826-2 and 3.
- Remarks: In good condition.

Liolaemus ceii

- Donoso-Barros, 1971: 49, figure 1.
- Current status - *Liolaemus kriegi* (25).
- Holotype: IBA-UNC 452.
- Planicie Lonco Luan/Neuquén- 1550 m/ 7-1-67. Legit J. M. Cei.
- Remarks: In good condition.

Liolaemus duellmani

- Cei 1978: 1.
- Current status - *Liolaemus duellmani* (16).
- Holotype: IBA-UNC 0139.
- El Choique-mt 2400/ MENDOZA 22-XI-61/ Legit Cei J- V. Roig
- Det. A. Donoso.
- Remarks: It is in a good state of conservation.

Liolaemus elongatus petrophilus

- Donoso-Barros & Cei, 1971: 224, figure 4, 5.
- Current name - *Liolaemus petrophilus* (11).
- Holotype: IBA-UNC 496-3.
- Entre L. Raimunda y/ L. Chara m.1400 Meseta Somuncura/ R. Negro. 16-XI-1968/ Legit Cei- Castro- Tuzi.

- Paratype: IBA-UNC 496-2.
- Remarks: Paratypes 496-1, 4 and 5 should be deposited in the IBA collection but they are not present.

Liolaemus famatinae

- Cei 1980: 61, figure 4.
- Current name - *Liolaemus famatinae* (18).
- Paratypes (ten): IBA-UNC 1344- 1 to 10.
- Cueva de Perez- 4.200 mts /Sierra de Famatina/ L Rioja- 3-III-79/ Legit J. M. Cei.
- Remarks: In good condition.

Liolaemus fitzingeri canqueli

- Cei 1975: 220, figure 3 b.
- Current status - *Liolaemus canqueli* (12).
- Holotype: IBA-UNC 861-9.
- E° Callejas- Borde N/ Meseta Canquel/ Chubut/ 19-1-1973// Legit J. M. Cei- L. Cei / T. Ferreira.
- Paratypes (ten): IBA-UNC 861-1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 and 12.
- Same data as Holotype
- Remarks: In good condition
- Paratype: IBA-UNC 689.
- Meseta Canquel- 800-900m / Chubut- 11-4-70 // Leg: J. M. Cei- L. P Castro
- Paratypes (two): IBA-UNC 804-1 and 2.
- Paso de Indios- Sombrero/ Chubut/ 15-1-72 / Leg: J. M. Cei, L. Cei, T. Ferreira
- Remarks: The altitude mentioned for this locality in the original publication (12) is not on the label. In good condition.

Liolaemus fitzingeri cuyanus

- Cei & Scolaro 1980: 38, figure 1.
- Current status - *Liolaemus cuyanus* (22).
- Paratypes (fifteen): IBA-UNC 1271-1 to 15.
- Carrizal del / Medio/ Mendoza/ 7-XII-76 // J. M. Cei / L. P. Castro.
- Remarks: All in good condition.
- Paratypes (nine): IBA-UNC 1322- 1 to 9.
- Carrizal del Medio/ Mza, 12 Marzo 1978// Legit J. M. Cei /L. P Castro.

- Remarks: There are nine specimens in the vial of which only one has no label, which should be IBA-UNC 1322-9. All in good condition.
- Paratypes (sixteen): IBA-UNC 1206-1 to 16.
- Carrizal del Medio / Mendoza / 10-III-76 / Legit L. P. Castro.
- Remarks: All in good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 1245-1 and 2.
- Lagunas de Guanacache- Algarrobita/ Mendoza / 5-XI-76 // Legit J. M. Cei. L. P. Castro/ E. Otmeño.
- Remarks: The month of collection does not match the one cited in the publication. In good condition.
- Paratype: IBA-UNC 0073.
- Mendoza/ a 30 km Desaguadero/ 10 Diciembre 1955// Legit F. Roig.
- Remarks: In good condition.
- Paratype: IBA-UNC 1269.
- Embarcadero El Alpero/ Dep. Lavalle- Mendoza/ Argentina (Médanos) / 23-IX-77/ Legit J. M. Cei- E. Ormeño.
- Paratypes (five): IBA-UNC 1229-1 to 5.
- Médanos 10 km cruce/ Baldecitos – 1400m/ Ruta Villa Unión- Patquia- La Rioja 15-XI- 76/ L. M. Cei- L. P. Castro.
- Remarks: In the original description this series of paratypes appears as IBA-UNC 1929, possibly a typing mistake since the registers do not reach beyond number 1900.

Liolaemus fitzingeri xanthoviridis

- Cei & Scolaro 1980: 39, figure 2.
- Current status - *Liolaemus xanthoviridis* (22).
- Paratypes (four): IBA-UNC 1080 1 to 4.
- 7km Sur de Trelew/ Río Chubut/ 20-XII-75/ Legit. A. Scolaro.
- Remarks: All in good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 1081 and 1082.
- Same data of IBA-UNC 1080.

Liolaemus multimaculatus riojanus

- Cei 1979: 300.
- Current status - *Liolaemus riojanus* (17).

- Paratypes (nine): IBA- UNC 1238-1 to 9.
- Médanos entre/Baldecitos y/ Pagancillo- La Rioja/ Argentina/ 13-XI-1976/ Legit Cei J. M.- L. P. Castro.
- Remarks: All are in good condition.

Liolaemus ruizleali

- Donoso-Barros & Cei, 1971: 93, figure 2, c-d.
- Current status- *Liolaemus rothi* (28)
- Holotype: IBA-UNC 483.
- Cerro Corona- Mta. Somuncura. Río Negro/ m 1500. /Ladera Sierra Paileman/ 16-XI-68/ Cei-Castro-Tuzi.
- Remarks: Holotype is in good condition. On the label, the altitude does not match that in the original publication, neither does the month of collection, and Tuzi does not appear as a collector in the publication.
- Paratypes (two): IBA-UNC 484-2 and 3.
- Frente a Cerro Corona/ Mta. Somuncura/ Río Negro/ 16-XI-68 / Cei- Castro-Tuzi// Coironal-Poa-Festuca. m 1400/ 4 km L. Blanca. Mta Somuncura/ Río Negro. 16-XI-68/ Cei- Castro- Tuzi.
- Remarks: The specimens are in good state of conservation. Two reference locations are given on the same label, in neither location do the months of collection match those cited in the publication and neither does the altitude. Again, Tuzi does not appear as a collector in the original publication.
- Paratypes (two): IBA-UNC-482 1 and 2.
- Same data as Holotype
- Remarks: In good condition.

Liolaemus uspallatensis

- Macola & Castro 1982: 1, Lam. 1.
- Current status - *Liolaemus uspallatensis* (28).
- Holotype: IBA-UNC 1407-1
- Estancia el Tambillo/ Uspallata- 10-11-81/ Leg. Castro-Mácola- García
- Paratypes (five): IBA-UNC 1407-2 to 6.
- Same data as Holotype.

- Remarks: Specimen 1407-3 is designated as Allotype.
- Paratypes (two): IBA-UNC 1408-1 and 2.
- A° Ranchillo- Uspallata/4-3-82/ Leg. Castro- Mácola.
- Remarks: In good condition.
- Paratype: IBA-UNC 1414-1
- Remarks: In good condition. Paratypes IBA-UNC 1414-2 and 3 are not present.

Liolaemus vallecurensis

- Pereyra 1992: 11, figure 1 and 2.
- Current status - *Liolaemus vallecurensis* (29).
- Holotype: IBA-UNC 1468-3.
- *Liolaemus* sp.-(Grupo Ruibali)/ "La sepultura"- Valle del/ Cura (3500 m s. n. m.)/ Dpto. Iglesia. San Juan / 24 y 25-III-89/ Col: Enrique y Carlos Pereyra.
- Paratypes (four): IBA-UNC 1468- 1, 2, 4, and 7.
- Same data as Holotype
- Remarks: The specimen IBA-UNC 1468-7 is designated as Allotype. Paratypes IBA-UNC 1468-8 to 25 mentioned in the original publication are not present in the collection.

- Genus *Phymaturus* Gravenhorst.

Phymaturus patagonicus indistinctus

- Cei & Castro 1973: 241, figure 7, a-a'.
- Current status- *Phymaturus indistinctus* (20).
- Holotype: IBA-UNC 666-1.
- 2 km Oeste. Las Pulgas / (Lago Musters)- Chubut /700-800 m. 23-1-70/ Legit J. M. Cei- L. Cei
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 666-2 and 3.
- Remarks: In good condition.

Phymaturus patagonicus nevadoi

- Cei & Roig 1975: 256.
- Current status- *Phymaturus nevadoi* (21).
- Holotype: IBA-UNC 999-1.

- Agua de la India Muerta/ 1750- Macizo Nevado/ SE Mendoza-/ XII -1973/ Legit Willoud, Stassi, Castro.
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (two): IBA- UNC 999-2 and 3.
- Same data as Holotype

Phymaturus patagonicus payuniaie

- Cei & Castro 1973: 244, figure 7, a-a'.
- Current status- *Phymaturus payuniaie* (20).
- Holotype: IBA-UNC 769-6.
- Payún-2000 m-/Mendoza/ 7-XII-1971// Legit J. M. Cei/ L. P. Castro- R. Ferreira.
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (eight): IBA-UNC 769-1, 2, 3, 4, 5, 7, 15 and 28.
- Same data as Holotype
- Remarks: In good condition. The original publication mentions a paratype IBA-UNC 769-13 which should be held in the collection but is not present.
- Paratypes (four): IBA-UNC 726-1 to 4.
- Arroyo Seco- Base Cam/ pamento- Payún/ Mendoza/ ARGENTINA- 5-1-71/ Legit: L. P. Castro.
- Remarks: In good condition. There are three embryos in the vial, possibly removed from the specimens.
- Paratypes (five): IBA-UNC 787-1 to 5.
- Payún- Volcán- 2000m/ Mendoza/ 28-1-1972/ Legit- J. M. Cei- L. P. Castro- P. Furieri/ R. Ferreira
- Remarks: In good condition.
- Paratypes (two): IBA-UNC 734- 1 and 2
- Base campamento/ Lado SW Payún- Mendoza- Argentina/ 6-1-71/ Legit: L. P. Castro.

Phymaturus patagonicus somuncurensis

- Cei & Castro 1973: 242, figure 5, a-a'.
- Current status- *Phymaturus somuncurensis* (20).
- Holotype: IBA-UNC 470-1.
- Laguna Raimunda/ Mta. Somuncura. Río Negro /10-4-68 /Legit J. M. Cei- N. P. Tuzi
- Remarks: In good condition.

- Paratype: IBA-UNC 470-2.
 - Same data as Holotype.
 - Remarks: In good condition.
 - Paratype: IBA-UNC 433.
 - L. Raimunda R. N- Meseta Somuncura/ 20-12-67
 - Remarks: Three specimens (IBA-UNC 433-1, 2 and 3) are included in the original publication. There is only one IBA-UNC 433, without serial number.
 - Paratypes (two): IBA-UNC 495-1 and 2.
 - Laguna Raimunda/ Mta Somuncura- Río Negro/15-XI-68/ Legit L. P. Castro
 - Remarks: In good condition.
 - Paratypes (five): IBA-UNC 507-1 to 5.
 - Entre L. Raimunda y / L. Chara/ Mta Somuncura. Río Negro./ 17-XI-1968/. Legit Cei- Castro Tuzi
 - Paratypes (four): IBA-UNC 508 2 to 5.
 - Cerro Corona- m 1500/ Meseta Somuncura/ Argentina/ Río Negro/ 18-XI-68/ Legit Cei- Castro- Tuzi.
 - Remarks: Five specimens of this series appear in the original publication (IBA-UNC 508-1 to 5). In the Collection the specimen IBA-UNC 508-1 is missing.
- Phymaturus patagonicus zapalensis***
- Cei & Castro 1973: 243, figure 6, a-a'.
 - Current status- *Phymaturus zapalensis* (20).
 - Holotype: IBA-UNC 792-2.
 - Laguna Teru (L. Blanca)/ 6-1-1972/ Legit. J. M. Cei.- R. Ferreira.
 - Remarks: In good condition.
 - Paratypes (three): IBA-UNC 792-1, 3 and 4.
- Same data as Holotype
 - Paratype: IBA-UNC 349-1.
 - Laguna del Burro/ Neuquén. 16-X-66.
 - Remarks: In the original publication, J. M Cei and V. G. Roig are mentioned as collectors.
 - Paratype: IBA-UNC 436-1.
 - Laguna Blanca-Zapala / Neuquén-8-1-68 // Legit J. M. Cei.
 - Remarks: In the original publication, the Locality appears as 30 km W Zapala.
 - Paratypes (four): IBA-UNC 590-1 to 4.
 - Laguna Chica- m 1500/ Casa de Piedra/ 70 km SE Zapala/ Neuquén/ 8-1-70. // J. M. Cei- L. Cei.
 - Paratypes (seven): IBA-UNC 681- 1 to 7.
 - Laguna del Teru- Zapala/ Neuquén/ 7-4-70/ Leg. J. M. Cei- L. P. Castro.
- Vilcunia silvanae***
- Donoso-Barros & Cei, 1971: 91, figure 2, a-b.
 - Current name - *Liolaemus silvanae* (25).
 - Holotype: IBA-UNC 519.
 - Laguna del Sello/ Mta L. B. Aires- 1500/ 24-XII-68/ s. Cruz/ Legit Cei. Tuzi
 - Remarks: In good condition
 - Paratypes (two): IBA-UNC 520-1 and 2.
 - Laguna del Sello/ Mta L. B. Aires- 1600/ 24-XII-68/ s. Cruz/ Legit Cei. Tuzi
 - Paratype: IBA-UNC 534.
 - Laguna del Sello/ Mta L. B. Aires- 1500/ 24-XII-68/ s. Cruz/ Legit Cei. Tuzi
 - Remarks: Juvenile. In good condition.

CONCLUSIONS

The ordering of the Herpetological collection of the IBA allows not only to have the knowledge of the wealth of the same but also that facilitates its use and conservation.

The realization of this catalog represents part of this work of ordering and has repercussion at national and international level since the users can know the present type material and its state of conservation, reason why will be a tool for the scientific community.

The bibliographic records show that from 1961 to 2003, type material

was deposited in the Collection. In the exhaustive review of the original publications and the labels contained in the flasks it was observed that the information corresponds faithfully in most cases.

Some differences were in years of collection and other errors that could be typography.

The deposited type material is in good condition. The preparation of this catalog allowed to establish that 14 of them are lost. The disclosure of this information will allow the herpetological community to seek out its search.

REFERENCES

1. Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference. 2017. Available at: <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (Accessed January 2017).
2. Burmeister, H. 1888. Algunas noticias sobre la fauna de la Patagonia. *Anales. Museo Nacional Buenos Aires*. 3: 237-252.
3. Cei, J. M. 1962 (1961). *Bufo arunco* (Molina) y las formas chilenas de *Bufo spinulosus* Wiegmann. *Investigaciones Zoológicas Chilenas*. 7: 59-81.
4. Cei, J. M. 1968. Telmatobiinos de las lagunas basálticas de Neuquén (Anura, Leptodactylidae). *Physis*. 24(75): 265-284.
5. Cei, J. M. 1968. A new frog of the genus *Syrrhophus* from the Bolivian Plateau. *Journal of Herpetology*. 2(3/4): 137-141.
6. Cei, J. M. 1969. The Patagonian Telmatobiid fauna of the volcanic Somuncura Plateau of Argentina. *Journal of Herpetology*. 3(1/2): 1-18.
7. Cei, J. M. 1970. *Telmatobius solitarius* N. SP: a new rare Telmatobiid frog from the highland patagonian territories (Río Negro, Argentina). *Herpetologists' League*. 26(1): 18-23.
8. Cei, J. M. 1972. Herpetología patagónica. 5. Las especies extra-cordilleranas alto patagónicas del género *Telmatobius*. *Physis*. 31(83): 431-449.
9. Cei, J. M. 1972. Segregación corológica y procesos de especiación por aislamiento en anfibios de la Pampa de Achala, Córdoba. *Acta Zoológica Lilloana*. 29: 234-246.
10. Cei, J. M. 1974. Two new species of *Ctenoblepharis* (Reptilia: Iguanidae) from the arid environment of central Argentina (Mendoza Province). *Journal of Herpetology*. 8(1): 71-75.
11. Cei, J. M. 1974. Revision of the Patagonian Iguanids of the *Liolaemus elongatus* complex. *Journal of Herpetology*. 8: 219-229.
12. Cei, J. M. 1975. *Liolaemus melanops* Burmeister and the subspecific status of the *Liolaemus fitzingeri* group (Sauria: Iguanidae). *Journal of Herpetology*. 9(2): 217-222.
13. Cei, J. M. 1976. Remarks on some neotropical amphibians of the genus *Alsodes* from southern Argentina. *Atti della Società italiana di scienze naturali e del Museo civico di storia naturale di Milano*. 117(34): 159-164.
14. Cei, J. M. 1977. A new species of *Telmatobius* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) from the Northern Mountains of San Juan, Argentina. *Journal of Herpetology*. 11(3): 359-361.

15. Cei, J. M. 1978. *Homonota andicola*, nueva especie de Gekkonidae (Sauria, Reptilia) de la región Andina de Uspallata, Argentina. Publicaciones Ocasionales del Instituto de Biología Animal, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. (1): 1-2.
16. Cei, J. M. 1978. A new species of *Liolaemus* (Sauria: Iguanidae) from the Andean Mountains of the southern Mendoza volcanic region of Argentina. Occasional Papers of the Museum of Natural History University of Kansas. (76): 1-6.
17. Cei, J. M. 1979. A reassessment of the genus *Ctenoblepharis* (Reptilia, Sauria, Iguanidae) with description of a new subspecies of *Liolaemus multimaculatus* from western Argentina. Journal of Herpetology. 13(3): 297-302.
18. Cei, J. M. 1980. New endemic iguanid lizards from the Famatina Mountains of western Argentina. Journal of Herpetology. 14(1): 57-64.
19. Cei, J. M. 1998. La mélanocéphalie chez les Lézards liolaemines et redécouverte de l'holotype de *Liolaemus melanops* Burmeister, 1888 longtemps considéré comme perdu (Reptilia: Squamata: Iguania: Tropiduridae). Revue Fr. Aquariol. 25(1-2): 59-62.
20. Cei, J. M.; Castro, L. P. 1973. Taxonomic and serological researches on the *Phymaturus patagonicus* complex. Journal of Herpetology. 7(3): 237-247.
21. Cei, J. M.; Roig, V. G. 1975. A new lizard from the Sierra del Nevado Mountains, Central Argentina. Journal of Herpetology. 9 (2): 256.
22. Cei, J. M.; Scolaro, J. A. 1980. Two new subspecies of the *Liolaemus fitzingeri* complex from Argentina. Journal of Herpetology. 14(1): 37-43.
23. Cei, J. M.; Scolaro, J. A.; Videla, F. 2001. The present status of Argentinean polychrotid species of the genus *Pristidactylus* and description of its southernmost taxon as a new species. Journal of Herpetology 35(4): 597-605.
24. Cei, J. M.; Scolaro, J. A.; Videla, F. 2003. A taxonomic revision of recognized Argentine species of the leiosaurid genus *Diplolaemus* (Reptilia, Squamata, Leiosauridae). Facena 19: 137-155.
25. Donoso-Barros, R. 1971. A new *Liolaemus* from Neuquén (Argentina). Herpetológica. 27: 89-95.
26. International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN). 2017. Available at: <http://www.iczn.org/code> (Accessed January 2017).
27. Koslowsky, J. 1896. Sobre algunos reptiles de Patagonia y otras regiones argentinas. Revista del Museo de La Plata. 7: 447-457.
28. Mácola, G.; Castro, L. P. 1982. Una nueva especie del género *Liolaemus* del área subandina-Uspallata, Mendoza, Argentina. *Liolaemus uspallatensis* n. sp. (Iguanidae). Publicaciones Ocasionales del Instituto de Biología Animal, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. (15): 1.
29. Pereyra, E. A. 1992. Nueva especie de lagarto andino: *Liolaemus vallecurensis* (Tropiduridae, Liolaeminae). Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago (Chile). 321: 10-14.
30. Reig, O. A.; Cei, J. M. 1963. Elucidación morfológica-estadística de las entidades del género *Lepidobatrachus* Budgett con consideraciones sobre la extensión del distrito chaqueño del dominio zoogeográfico subtropical. Physis. 24: 181-204.
31. Reptile database. 2017. Available at: <http://reptile-database.org/> (Accessed January 2017).
32. Williams, J. D.; Cei, J. M. 1983. Redescubrimiento de los sintipos de *Liolaemus anomalus* Koslowsky, 1896: comentarios sobre la distribución de la especie. Boletín de la Asociación Herpetológica Argentina. 1(1): 7-8.

ACKNOWLEDGMENTS

We express our gratitude to Dr. Laspiur Alejandro and Dr. Barrasso Diego for providing the original publications. To Dr. Flores Gustavo for the revision of the document and for his valuable comments.



**DOSSIER DE
AGROECOLOGÍA**



COORDINADORES

Alejandro Javier Tonolli | UNCuyo

Silvina Greco | UNCuyo

Santiago Sarandón | UNLa Plata

EVALUADORES

Esteban Abbona | UNLa Plata

Adriana Abril | UNCórdoba

Pablo Alarcon Chaires | UNAMéxico

Marta Astier | UNAMéxico

Narciso Barrera Bassols | ITC (Netherlands)

Margarita Bonicatto | UNLa Plata

Viviane Camejo Pereira | UFRGS (Brasil)

Flavia Charao Marques | UFRGS (Brasil)

Marta Chiappe | Universidad de la República (Uruguay)

Guillermo Debandi | INTA

Leonor Deis | UNCuyo

María Claudia Dussi | UNComahue

Juan Erreguerena | INTA

Claudia Flores | UNLa Plata

Agustina Gargoloff | UNLa Plata

María Inés Gazzano | Universidad de la República (Uruguay)

Miriam Holgado | UNCuyo

María Jose Iermano | UNLa Plata

Elizabeth Juliana Jacobo | UBA

Carina Jofré | CONICET

Rodrigo Lopez Plantey | UNCuyo

Facundo Martín García | CONICET

Mariana Martinelli | INTA

Emilia Mazzitelli | INTA

Luciano Mieres | INTA

José María Molina Rodríguez | Junta de Andalucía (España)

Andrés Nieto | UNCuyo

María Guadalupe Ocampo Guzmán | UNACH (México)

Alfredo Pais | UNSalta

Fernanda Paleologos | UNLa Plata

Gervásio Paulos | EMATER-RS/ASCAR (Brasil)

Liliana Pietrarelli | UNCórdoba

María Lelia Pochettino | UNLa Plata

José Portela | INTA

Lorena Sales | CONICET

Alejandro Tonolli | UNCuyo

Jorge Angel Ulle | INTA

Federico Weyland | UBA

PRÓLOGO

Algunos aspectos emergentes y de importancia para la construcción del enfoque agroecológico. ... 208

AUTORES INVITADOS

Scientific contributions of agroecology in Latin America and the Caribbean: a review. 215

Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. 231

SECCIONES

MANEJO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS

Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina. 249

Modelos de manejo del espacio interfilar en viñedos: percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos. 261

DISEÑO, MANEJO Y EVALUACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CON UN ENFOQUE AGROECOLÓGICO

Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. 273

Evaluación de la transición agroecológica de un establecimiento ganadero a base de pastizal de la cuenca del Salado, mediante indicadores. 295

Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina. Consideraciones para el manejo del hábitat. 309

Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile). 323

LA AGROECOLOGÍA EN PERSPECTIVA DE LOS ASPECTOS SOCIOCULTURALES

The study and use of traditional knowledge in agroecological contexts. 337

Socioecological diagnosis and peri-urban family agriculture typification, with emphasis in the production of peach (*Prunus persica*), in El Jarrillo, Venezuela. 351

Maíces locales; una contextualización de identidad tradicional. 369

PERSPECTIVAS SOBRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN AGROECOLOGÍA

Potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como un nuevo paradigma en las ciencias agrarias. 383

EPÍLOGO

La dimensión simbólica de la agroecología. 395

Algunos aspectos emergentes y de importancia para la construcción del enfoque agroecológico

Alejandro Tonolli, Santiago Sarandón, Silvina Greco

La Agroecología puede ser inscripta dentro de un nuevo paradigma de las ciencias agropecuarias desde el cual generar y/o validar prácticas que promuevan el uso de los recursos naturales a una tasa menor o igual en los cuales estos se regeneran y que fortalezcan las indispensables propiedades emergentes de los agroecosistemas: resiliencia socio-ecológica, productividad y equidad (6, 17). Todas ellas, como formas de contribuir a la sostenibilidad, en términos de sustentabilidad fuerte e integral de los agroecosistemas y de la agricultura, en general (8, 12, 13, 24).

Desde una perspectiva constructivista y alejada de definiciones canónicas, normativas y/o universales, se propone comprender a la Agroecología como un enfoque de la agricultura que opera en tres ámbitos: la ciencia, las prácticas y los movimientos sociales. En su conjunto, estos ámbitos buscan, desde un abordaje sistémico, holístico y transdisciplinario, describir, estudiar y comprender el funcionamiento de los agroecosistemas, rescatar y comprender prácticas socioculturales de los agricultores y las agricultoras y proponer miradas y prácticas socioproductivas que permitan contribuir a la resiliencia socio-ecológica de los agroecosistemas, a la sostenibilidad de la agricultura y al desarrollo de los territorios rurales (3, 14, 15, 18, 20, 23, 25).

Dentro del ámbito científico-académico, la Agroecología opera, desde una mirada pluriepistemológica, en el marco de las ciencias ambientales (5, 14, 17, 19). En ella confluyen los aportes de disciplinas biológicas, en especial la Ecología. Además, estas contribuciones son complementadas por otras disciplinas de las ciencias sociales, tales como la Antropología (en el rescate y comprensión de prácticas culturales), la Sociología (en la comprensión de prácticas sociales, de relaciones sociales y de formas de apropiación y uso de los recursos naturales), la Geografía (en la espacialidad y territorialidad) y la Economía (Economía Ecológica), entre otras (5). Todas ellas con el propósito de lograr estudios, propuestas y herramientas ajustadas socioculturalmente que atiendan problemáticas de la producción agropecuaria y que sean superadoras de los desafíos socioambientales a los que se enfrenta en el presente siglo.

En el ámbito de las prácticas, la Agroecología rescata y valora las prácticas socioproductivas de los agricultores y las agricultoras, y comunidades originarias (4). Considera a estos como actores sociales con trayectorias que disponen de poder para actuar sobre la estructura que los contiene y que poseen un sentido y una lógica práctica, junto a una racionalidad ecológica, que les ha permitido construir estrategias productivas y de reproducción social que se traducen en prácticas singularmente ajustadas a las características de sus agroecosistemas (9, 10).

Por último, en el ámbito movimiento social constituye la fuerza organizada que confronta ideas, debate propuestas y sostiene a la Agroecología como una herramienta para encaminar procesos de transformación ambiental y social (16, 23). La implementación de esta herramienta, desde una mirada inclusiva que considera el rol de las mujeres, muchas veces invisibilizadas y menospreciadas, busca garantizar la seguridad y soberanía alimentaria, la conservación de la naturaleza, la igualdad de derechos y la equidad en la distribución de los recursos naturales y de la producción obtenida por uso de los mismos.

Con este enfoque propuesto, los ámbitos mencionados presentan límites definidos pero actúan en forma cohesionada y solidaria entre sí. Es decir, la Agroecología se construye trabajando en cada ámbito y en el ejercicio de diálogo entre ellos, como forma de comprender

y construir soluciones integrales que contemplen variados condicionantes. A su vez, estos ámbitos pueden ser trabajados en tres niveles de referencia: 1- el agroecosistema en sus componentes ecológicos, sociales y económicos enmarcados en sus correspondientes trayectorias y contextos políticos; 2- la agricultura como proceso productivo que busca alcanzar la seguridad (variados alimentos inocuos y de alta calidad nutricional) y la soberanía alimentaria y 3- El desarrollo rural en sus diferentes aspectos para alcanzar mejores condiciones de existencia de la población rural, igualdad de derechos y equidad en la distribución de la riqueza (14).

En términos ecológicos, la Agroecología se sostiene en un conjunto de pilares que permiten construir agroecosistemas resilientes. Dichos pilares son: 1- mantener, favorecer y promover la biodiversidad funcional (2), 2- mejorar la eficiencia en el uso de la energía (21), 3- mejorar la calidad (salud) del suelo (1) y 4- eficiencia de uso del recurso agua.

Un ecosistema modificado por el ser humano para llevar adelante la producción de alimentos y fibras entre otros productos, conforma un agroecosistema (espacio construido en territorio)(7, 22). Como tal, actores sociales concretos y condicionados por su entorno seleccionan especies, variedades y prácticas a ejercer. En este sentido, el primer pilar de la Agroecología es construir agroecosistemas biodiversos, de modo tal que la composición (riqueza de especies, con alta variabilidad genética) y estructura (abundancia y distribución espacial y temporal de especies) adquiera complejidad, alcance los objetivos buscados por los/las agricultores/as y mantenga la funcionalidad ecosistémica. De esta forma, será la biodiversidad planeada y la asociada la que, por medio de las interacciones ocurridas en una red trófica de mayor dimensión, contribuirá a garantizar la funcionalidad del agroecosistema. Además, este pilar opera con la idea de ajustar el genotipo al ambiente y no el ambiente al genotipo, como lo ha fomentado, desde un principio la Revolución Verde. En este sentido, se promueve la utilización de especies y variedades domesticadas en forma local, ecológicamente adaptadas y socioculturalmente aceptadas.

El segundo pilar consiste en lograr captar la mayor cantidad de energía solar posible mediante el proceso fotosintético que desarrollan los autótrofos y que esta energía se traduzca en sostén de una cadena trófica compleja y de la productividad del agroecosistema. Pero, además, se debe operar en construir y manejar agroecosistemas con una alta eficiencia energética, teniendo en cuenta que más de la mitad de la energía que los seres humanos utilizan es fósil. De este modo las intervenciones: aplicaciones de insumos y labores culturales (disturbios y perturbaciones) sobre los agroecosistemas deben ser disminuidas en su cantidad y los insumos deben ser de bajo requerimiento energético.

El tercer pilar se orienta a promover el mayor reciclaje posible de los materiales volcados al proceso productivo, la incorporación de abonos orgánicos que compensen las salidas de materiales con la cosecha y otras prácticas, la menor intervención física sobre el suelo, la siembra de abonos verdes y la cobertura del suelo para evitar la erosión y proteger su biología. La materia orgánica en el suelo se incrementa en forma óptima mediante una funcional riqueza y abundancia de descomponedores y otros grupos biológicos. El logro de este propósito requiere indispensablemente de una biodiversidad funcional sobre la superficie del suelo, siendo este aspecto el vínculo de este pilar con el primero. De este modo, se sugiere que el primer paso para diseñar un agroecosistema agroecológico es la selección de especies, el establecimiento de su distribución espacial y temporal y sus correspondientes abundancias, bajo un criterio de funcionalidad y con aceptabilidad sociocultural de la comunidad.

El uso eficiente del agua constituye el cuarto pilar, ya que el agua es la principal limitante de la productividad y es un recurso escaso, sobre todo en zonas áridas. Para este pilar una correcta práctica de riego es fundamental, pero se debe considerar que debe cubrir las necesidades del cultivo productivo y las de todos los componentes del agroecosistema, incluidas las de las familias, de modo tal que se garantice el conjunto de funciones ecosistémicas y sociales presentes en el mismo.

La conceptualización y aplicación de estos tres pilares contribuyen al uso apropiado de los recursos naturales y a la obtención de producciones que aporten a la seguridad y soberanía alimentaria, mediante un manejo ecológico que favorezca la resiliencia y la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Finalmente, la práctica agroecológica, como se la concibe en este dossier, es tan antigua como la agricultura, pero desde la revolución industrial, pasando por la primera y la segunda revolución verde, fue paulatinamente invisibilizada y desplazada por la hegemónica agricultura convencional (11, 25, 26). En este sentido, la Agroecología no nace por oposición a la agricultura convencional, sino que es preexistente; ha resistido y desde hace unos 40 años viene creciendo y dialogando permanentemente con las tecnologías modernas que se acomodan a su enfoque. La Agroecología constituye un cuerpo heterogéneo y no universal ("agroecologías") que se ha ido construyendo como un paradigma, como un enfoque y como un concepto que resulta útil, potente e importante y por ello también, en los últimos años, se ha constituido en un objeto de interés y de apropiación por quienes han defendido un modelo extractivista de producción agrícola (agricultura convencional).

La revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, mediante el Dossier "Reflexiones y contribuciones de la Agroecología a las Ciencias Agrarias", asumió el compromiso de continuar y profundizar el camino de la producción de conocimiento científico con enfoque agroecológico.

La convocatoria efectuada permitió recibir 38 contribuciones con múltiples perspectivas de autores radicados en Argentina, Colombia, Ecuador, México, Chile, Nicaragua, Brasil, Venezuela y Perú. Así mismo se hizo extensa la invitación a autores referentes en la temática agroecológica para que expresaran sus avances y reflexiones en esta materia. Los artículos recibidos fueron observados por pertinencia a la convocatoria y posteriormente fueron evaluados por el sistema "doble ciego", mediante la colaboración de numerosos científicos de Latinoamérica y de España. Finalmente se aceptaron 13 artículos (tres de invitados y 10 contribuciones) que se estructuran en un prólogo, un artículo de revisión bibliográfica, un artículo sobre los modelos conceptuales de transición agroecológica, cuatro secciones: 1- Manejo de la agrobiodiversidad en agroecosistemas, 2- Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas con un enfoque agroecológico, 3- La agroecología en perspectiva de los aspectos socioculturales y 4- Perspectivas sobre la investigación científica en agroecología y un epílogo.

En el prólogo se abordan algunos de los aspectos teóricos conceptuales relevantes del enfoque agroecológico, así como su historia y su actual situación. La revisión bibliográfica repasa la producción científica de tipo agroecológica en los principales motores de búsqueda de artículos científicos indagando sobre ¿Cuáles son los principales aportes de las investigaciones en relación con las demandas de la agroecología en América Latina y el Caribe (ALC)? y ¿Qué factores, enfoques, paradigmas y métodos de investigación han utilizado en tiempo y espacio? Por su parte, el trabajo "Transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos" aborda a la transición agroecológica como una sucesión de innovaciones emergentes, analiza las etapas de la transición técnico-institucional y sus forzantes y propone conceptualizar a la transición como una restauración de las funciones y de la resiliencia del socio-ecosistema.

La sección "Manejo de la agrobiodiversidad en agroecosistemas" se nutre de dos artículos. El primero de ellos examina la variación espacial y temporal de las comunidades florales en bordes de huertas agroecológicas de Córdoba, la utilización de estos recursos en función de la identidad taxonómica de los insectos y la abundancia de estos en función de la disponibilidad temporal, abundancia local y origen (nativo vs. exótico) de los recursos florales. El segundo artículo, desde un abordaje multidisciplinario, caracteriza cinco modelos de manejo del interfilas en viñedos donde busca esclarecer los procesos ecológicos que tienen lugar y que pueden determinar un aprovechamiento diferencial de los beneficios de los mismos, según el manejo productivo.

La sección "Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas con un enfoque agroecológico" comprende cuatro artículos. El primero indaga a modo reflexivo sobre las bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. El segundo evalúa, mediante indicadores seleccionados y validados, la factibilidad de la transición de un campo de producción convencional a un campo agroecológico a base de pastizal natural. El tercer artículo aborda el manejo de hábitat en agroecosistemas vitícolas de Mendoza para favorecer a polinizadores y a depredadores. La sección cierra con un artículo que emplea el marco MESMIS para evaluar la sustentabilidad de dos sistemas agrarios campesinos (convencional y agroecológico) en una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile).

La cuarta sección denominada "La agroecología en perspectiva de los aspectos socioculturales" incluye tres artículos. El primero de ellos, con herramientas etnográficas y un abordaje metodológico integrado, logra tipificar y describir, en forma socioecológica, la situación real y sus tendencias en el nivel fenomenológico más inmediato de veintisiete sistemas de agricultura familiar periurbana, con énfasis en producción de durazno, en El Jarillo, Venezuela. El segundo trabajo, y también implementando herramientas de la etnografía, aborda la investigación y la preservación del conocimiento agroecológico tradicional. El último artículo aplica una mirada desde la etnobotánica sobre la polisemia con que se identifican los maíces locales en contextos culturales de México.

La sección "Perspectivas sobre la investigación científica en agroecología" incluye una contribución que aborda las potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como un nuevo paradigma en las ciencias agrarias. El mismo presenta una reflexión sobre las temáticas a investigar, los investigadores y las Instituciones, además de cuestionar sobre la utilidad de las metodologías diseñadas e implementadas, comúnmente, por la investigación y la extensión. Finalmente, el Dossier cierra con un epílogo que invita a pensar y debatir la dimensión simbólica de la agroecología.

Desde el cuerpo editorial se agradece a los autores que sometieron sus importantes trabajos académicos a nuestra convocatoria de publicación, a los evaluadores por su imprescindible y calificada labor evaluativa y a la dirección científica de la revista, al correspondiente comité científico y al personal de edición por la confianza en esta propuesta y por la disposición para atender las particularidades emergentes de este tipo de suplemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*. 72: 203-211.
2. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2004. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. New York: Haworth Press.
3. Álvarez-Salas, L.; Polanco-Echeverry, D.; Ríos-Osorio, L. 2014. Reflexiones acerca de los aspectos epistemológicos de la agroecología. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 11(74): 55-74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.CRD11-74.raea>.
4. Berkes, F. 1993. Traditional ecological knowledge in perspective, en J. T. Inglis, ed. *Traditional ecological knowledge: Concepts and cases*. International Development Research Centre. Ottawa. 1-9.
5. Bordatto, R. S.; Carmo, M. S. 2013. A Agroecologia como um campo científico. *Rev. Bras. Agroecologia* 8: 4-13.
6. Caporal, F.; Costabeber, J.; Paulus, G. 2009. Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade. Recuperado el 17 de junio de 2014. Disponible en: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/
7. Conway, G. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*. 24(2): 95-117.
8. De Schutter, O. 2012. Agroecology, a tool for the realization of the right to food. En: Lichtfouse, E. (ed). *Agroecology and strategies for climate change*. Springer (Dordrecht). p. 1.
9. Flora C. 2001. Interactions between agroecosystems and rural communities. *Adv. in Agroecology*. CRC Press. Boca Raton. FL. Book Series
10. Flora, C.; Poincelot, R. 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *J. Sustain. Agric.*
11. Giraldo, O. F.; Rosset, P. 2018. Agroecology as a territory in dispute: between institutionalization and social movements. *The Journal of Peasant Studies*. 45(3): 545-564. DOI: 10.1080/03066150.2017.1353496
12. Gliessman, S. R. 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. Boca Ratón: CRC Press.
13. Gómez, L. F.; Ríos-Osorio, L. A.; Eschenhagen Durán, M. L. El concepto de sostenibilidad en agroecología. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 18(2): 329-33.
14. Gomes, J. C. 2005. Bases epistemológicas da agroecologia. En: Aquino, A. M.; Assis, R. L. (eds). *Agroecologia. Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Embrapa Informação Tecnológica (Brasília, DF). p. 71-99.
15. González, M. 2012. Algunas notas sobre agroecología y política. *Agroecología*. 6: 9-21.
16. Guzmán-Casado, G.; González, M.; Sevilla, E. 1999. *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid: Ediciones Mundiprensa.
17. León, T. 2009. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. *Agroecología*. 4: 7-17.
18. Méndez, V. E.; Bacon, C. M.; Cohen, R. 2013. La agroecología como un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción. *Agroecología*. 8(2): 9-18.
19. Norgaard, R. B. 1987. *The epistemological basis of agroecology*. En *Agroecology. The scientific basis of alternative agriculture*. London: Wets-view Press. Boulder-IT Publications.

20. Norgaard, R. B.; Sikor, T. 1995. Metodología y práctica de la Agroecología. En *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Santiago de Chile: CLADES.
21. Pimentel, D.; Pimentel, M. 1997. *Food, energy, and society*. 2nd Ed. University Press of Colorado. Niwot. CO.
22. Platas-Rosado, D.; Vilaboa-Arroniz, J.; González-Reynoso, L.; Severino-Lendecky, V. H.; López-Romero, G.; Vilaboa-Arroniz, I. 2017. Un análisis teórico para el estudio de los agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 20: 395-399.
23. Rosset, P.; Martínez Torres, M. E. 2012. Rural social movements and agroecology: context, theory, and process. *Ecol. Soc.* 17(3):17. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05000-17031747>.
24. Salas-Zapata, W.; Ríos-Osorio, L.; Álvarez-Del Castillo, J. 2011. La ciencia emergente de la sustentabilidad. *Interciencia*. 36(9): 699-706.
25. Toledo V. 2012. La agroecología en Latinoamérica: tres evoluciones, una misma transformación. *Agroecología*. 6: 37-45.
26. Tomich, T. P.; Brodt, S.; Ferris, H.; Galt, R.; Horwarth, W. R.; Kebreab, E.; Leveau, J. H.; Liptzin, D.; Lubell, M.; Merel, P.; Michelmore, R.; Wezel, A.; David, C. 2012. Agroecology and the food system. En: Lichtfouse, E. (ed). *Agroecology and strategies for climate change*. Springer. (Dordrecht). 17-33.



AUTORES INVITADOS

Scientific contributions of agroecology in Latin America and the Caribbean: a review

Contribuciones científicas de la agroecología en América latina y el Caribe: una revisión

Felipe Gallardo-López ¹, Mario Alejandro Hernández-Chontal ^{1*}, Ariadna Linares-Gabriel ¹, Pedro Cisneros-Saguilán ²

ABSTRACT

A systematization and a quantitative and qualitative analysis of scientific documents are presented, which respond: What are the main contributions of research in relation to the demands of agroecology in Latin America and the Caribbean (LAC)? What factors approaches and methods have been used in time and space? The quantitative approach predominates, followed by the qualitative one, and the mixed one to a lesser extent. The development of agroecology in LAC is distributed in: a country with greater consolidation (Brazil), a larger group in development, another with initial contributions and, finally, one with minimal contributions. The most considered factors in the investigations are the physical-biological ones, followed by the social, economic, cultural, and political ones. Two thirds of the contributions to agroecological demands were: agroecological management, maintenance of biodiversity, self-management and local self-sufficiency, and soil and water conservation. Some contributions have been intensified at present, while agroecological management has prevailed over time. The predominance of conventional research approaches, methods and techniques is evident; the challenge is to generate new ways of seeing and doing research, which allow addressing the disciplinary interfaces of the complex problem in the society-nature relationship.

Keywords

agroecology • agroecological management • biodiversity • agroecological education

1 Posgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Veracruz 91700. Mexico. * hernandez.mario@colpos.mx

2 Departamento de Ciencias Agropecuarias. Instituto Tecnológico de Pinotepa. Tecnológico Nacional de México. Oaxaca 71600. Mexico.

RESUMEN

Se presenta una sistematización y análisis cuantitativo y cualitativo de documentos científicos, que responden ¿Cuáles son los principales aportes de las investigaciones en relación con las demandas de la agroecología en América Latina y el Caribe (ALC)? ¿Qué factores, enfoques y métodos han utilizado en tiempo y espacio? Predomina el enfoque cuantitativo, seguido del cualitativo y menormente el mixto; el desarrollo de la agroecología en ALC está distribuido en: un país con mayor consolidación (Brasil), un grupo más grande en desarrollo, otro con aportaciones iniciales y, finalmente, uno con mínimos aportes. Los factores más considerados en las investigaciones son los físico-biológicos, seguido de los sociales, económicos, culturales y políticos. Las dos terceras partes de los aportes a las demandas agroecológicas fueron: manejo agroecológico, mantenimiento de la biodiversidad, autogestión y autosuficiencia local y conservación de suelo y agua. Algunos aportes se han intensificado actualmente, mientras que el manejo agroecológico ha prevalecido a través del tiempo. Es evidente el predominio de enfoques, métodos y técnicas de investigación convencionales; el reto es generar nuevas formas de ver y hacer investigación, que permitan abordar las interfaces disciplinares de la compleja problemática en la relación sociedad-naturaleza.

Palabras clave

agroecología • manejo agroecológico • biodiversidad • educación agroecológica

INTRODUCTION

The global ecological movement emerged in the 1960s in the context of an environmental crisis triggered by economic growth and technological progress, which generated the "society of waste and pollution" years later (50). In response to this proterva relationship between society and nature, agroecology arose for the agricultural sector, which is considered as a discipline to better understand the ecological principles of traditional agricultural systems and, with it, the sustainable development of agroecosystems from an ecological and socioeconomic perspective (2, 39). Several authors highlight the importance and benefits of agroecology to ensure the well-being of humanity, as well as the balance and health of the planet's ecosystems. Among these, the systematization of agroecological science stands out as an integral innovative approach for the study, design and management of sustainable agroecosystems (8, 39, 65), as well as the documentation of productive practices that are implemented in various parts of the world (7, 51, 64), and social movements linked to the demand of small producers, peasants and indigenous people (6, 34, 53).

On the other hand, several studies have shown the contribution of agroecology to promote sustainability in agroecosystems, increasing food production in the long term, improving the diet of peasant families and maximizing economic gains. In these systems, minimum inputs are used, and practices are carried out to minimize risks by planting several species and crop varieties that provide the agroecosystem with nutrient enrichment plants, insect predators, pollinators, bacteria that decompose and fix nitrogen, as well as a variety from other organisms that perform various beneficial ecological functions (8, 28, 65).

In general terms, human welfare and the balance and health of ecosystems are aspirations of a society that currently faces the effects of global climate change and, in a certain way, maintains a constant struggle to achieve food security and sovereignty. In this sense, in a particular vision, Toledo (2011) argues that the articulation of the three innovative communities of agroecology (academic, technological and social) achieves a concrete and practical fulfillment with 10 social and ecological demands arising from critical and alternative thinking, formulated at different times and by different communities of thought.

At a global level, agroecology has had a different origin and degree of development in terms of science, movement and practice, according to Wezel *et al.* (2009) and Gallardo-López, Hernández-Chontal (2018).

In the case of Latin America and the Caribbean (LAC), its roots are mainly in social movements, explicitly directed at agrarian empowerment, which emerged as a response to the economic exclusion produced by agricultural modernization (6, 8, 59). Although this territory has been systematized and documented abundant knowledge about the origin and evolution of the concept as well as the main approaches since its re-emergence in the 70's, these have focused mainly on the considered core of development of this discipline: Brazil, the Andean Region, Central America, Mexico, and Cuba (6, 8, 11, 13, 59).

However, little has been systematized and documented on the information of the applied methodological approaches and their main contributions. Therefore, the objective of this review is to provide initial answers for the LAC case to the questions: What are the main contributions generated in scientific research in relation to the demands of agroecology? Which factors have been considered? What are the methodological and technical approaches used in time and space?

MATERIALS AND METHODS

A query was made to the Scopus database on April 3, 2018, using the word "agroecology". The search was limited to scientific research published by countries from Latin America and the Caribbean (LAC). The consulted and downloaded database into an Excel spreadsheet had a list of 429 documents, mainly scientific articles (93.3%), book chapters (0.8%), conference documents (2.2%), misprints (0.3%), and revisions (3.1%), written in English, French, Italian, Portuguese and Spanish. It also contained the name of the authors, title, year of publication, volume, number, pages, authors' affiliations, type of document, summary, link, and digital object identifier (DOI). These last two were used to download the full documents in PDF format.

After a review of documents, investigations conducted outside the LAC countries and those that did not indicate the place where they were carried out were excluded, leaving 338 documents from the period 1992-2018. For each document, a Word file was created, containing a record with the title, author(s), summary, keywords, and conclusions. A text analysis was performed on these documents, identifying the analysis categories in table 1, using the NVivo 11 Pro software for Windows, and applying the content analysis technique to textual citations (37).

The categories of analysis of the contributions of agroecology were established *a priori* according to the Toledo's classification (59), identifying two more after the review (the emerging ones) (table 1). In the same way, the year (1992-2018), country, factors of analysis of agroecology (physical-biological, social, cultural, economic and political) and approaches (quantitative, qualitative or mixed). Methods were considered (introspective reflection, hermeneutics, conceptual modeling, futures scenarios, intensive interviewing, Delphi, historical analysis, case studies, action research, laboratory experimentation, physical modeling, survey research, structural interviewing, field experiments and field studies) according to Meredith, *et al.* (1989).

Table 1. Categories of research analysis in Latin America and the Caribbean.

Tabla 1. Categorías de análisis de investigación en América Latina y el Caribe.

Contributions to the demands of agroecology (55)	Maintenance of biodiversity
	Conservation of forest cover
	Soil and water conservation
	Carbon capture
	Suppression of agro-toxic and transgenic
	Agricultural equity
	Food sovereignty and healthy food
	Local self-management and self-sufficiency
	Fair and organic markets
Dialogue of knowledge and participatory research	
Contributions to the demands based on the review	Agroecological education
	Agroecological management

The number of textual citations for each document was determined by the categories of analysis. In this sense, the documents might contain textual citations of a category of analysis, multiple or null. To answer the questions that guided this research, the results and discussion were obtained from the systematization and quantitative and qualitative analysis of the textual citations, including it in the results some as examples that contextualize the qualitative terms.

The quantitative analysis and the spatial distribution of the researches were carried out according to the country where the methodological approach, the techniques, and the contributions to the demands were undertaken.

The first of these was carried out with the program Statistica® version 7 (2004) through two multivariate techniques to identify groups of countries according to the percentage distribution of the methodological approaches applied in the research (quantitative, qualitative and mixed) and the total number of these by country, for which a dendrogram was made using the Euclidean distances and a complex ligament algorithm (21). As this technique showed the conformation of four groups of countries, the second technique, k-means, was applied to identify the countries that made up these four groups and their descriptive statistics. For the spatial distribution (figure 1), the number of researches by country and the percentage distribution of methodological approaches were used.

RESULTS AND DISCUSSION

Spatial distribution of research approaches and methods in agroecology

Based on the analysis carried out, the researches in agroecology in LAC have a different spatial distribution. The majority applies a quantitative research approach, followed by the qualitative, and a mixed one to a lesser extent (figure 1). The multivariate techniques identified four groups of countries according to the total number of researches and the percentage distribution of the methodological approaches applied.

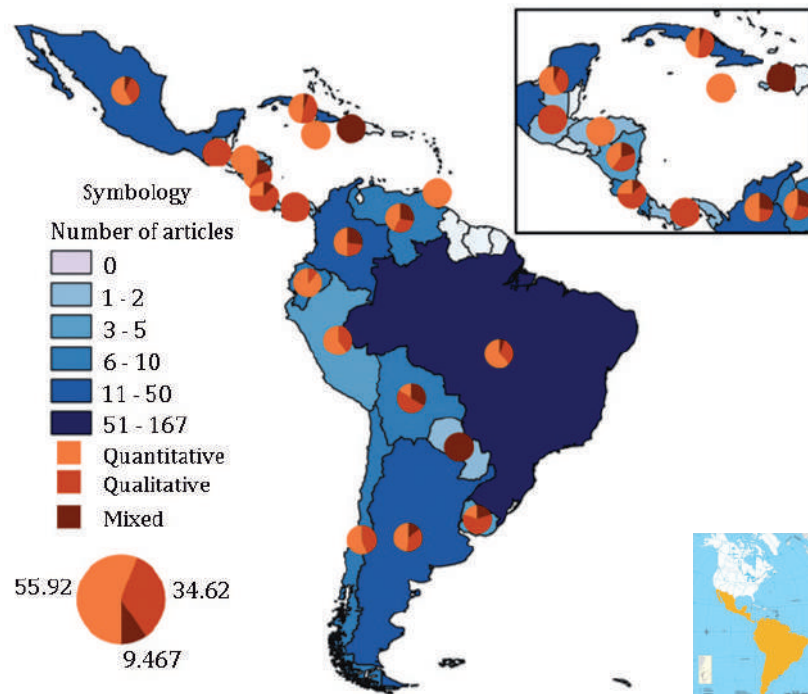


Figure 1. Spatial distribution of publications and methodological approaches in LAC countries.
Figura 1. Distribución espacial de publicaciones y enfoques metodológicos en los países de ALC.

The first group is considered as consolidated, made up only by Brazil with the largest number of researches (n=167), mostly applying a quantitative approach (62.2%), followed by a qualitative approach (32.3%) and a mixed approach to a lesser extent (5.3%). A second group in development consisting of Mexico, Argentina, Colombia, Cuba, Chile, Ecuador, Venezuela, Nicaragua, Perú, Honduras, Jamaica and Trinidad & Tobago with an average of 12 researches, mostly under a quantitative approach (65.7%), followed by a qualitative one (25.6%) and a mixed approach to a lesser extent (8.6%).

The third group with initial and inverse contributions in relation to the first two groups integrated by Costa Rica, Bolivia, Uruguay, Guatemala and Panamá with an average of four researches mostly under a qualitative approach (74.5%), followed by a mixed approach (13.1%) and a quantitative approach to a lesser extent (12.3%). The fourth and last group with incipient contributions composed of Haiti and Paraguay, with an average of one research completely under a mixed approach (100%).

Figure 2 shows the distribution of research methods used in LAC, where Brazil stands out with the highest number of publications and a diversity of research methods, followed by Mexico, Argentina, Colombia, and Cuba. The predominance of conventional research methods is evident. However, agroecology requires research methods from different disciplines to face the complex social and environmental dynamics present in rural areas (18), trying to reverse the reductionist vision of agriculture by alternative research approaches (3). In general, agroecological research should guide researches within a broader context, which not only considers agronomic and biophysical attributes of the farming system, but it also considers socio-economic and political aspects (5); this suggests more and new methods of agroecological research.

Temporary distribution of researches

A slight increase in agroecology research in LAC is observed in recent years (figure 3, page 220), highlighting Brazil with the greatest increase. The decrease observed in the last year is due to the fact that this review only considered the information until April 2018. Mexico, Argentina, and Colombia have also had a moderate increase, although it does not compare to Brazil. On their behalf, Nicaragua and Ecuador have begun to make contributions in recent years.

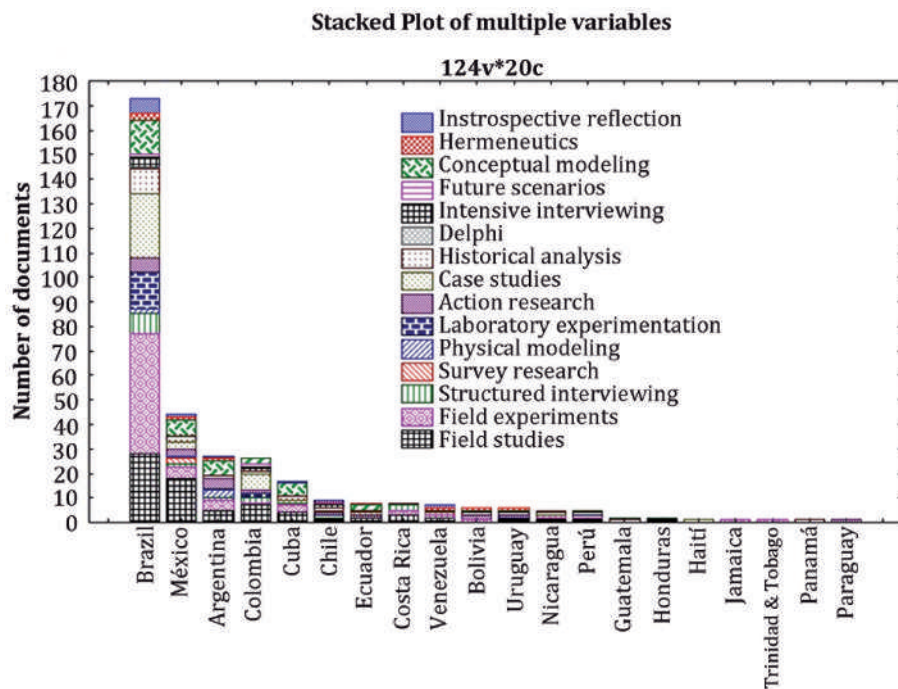


Figure 2. Research methods in publications from LAC countries.
Figura 2. Métodos de investigación en publicaciones de países de ALC.

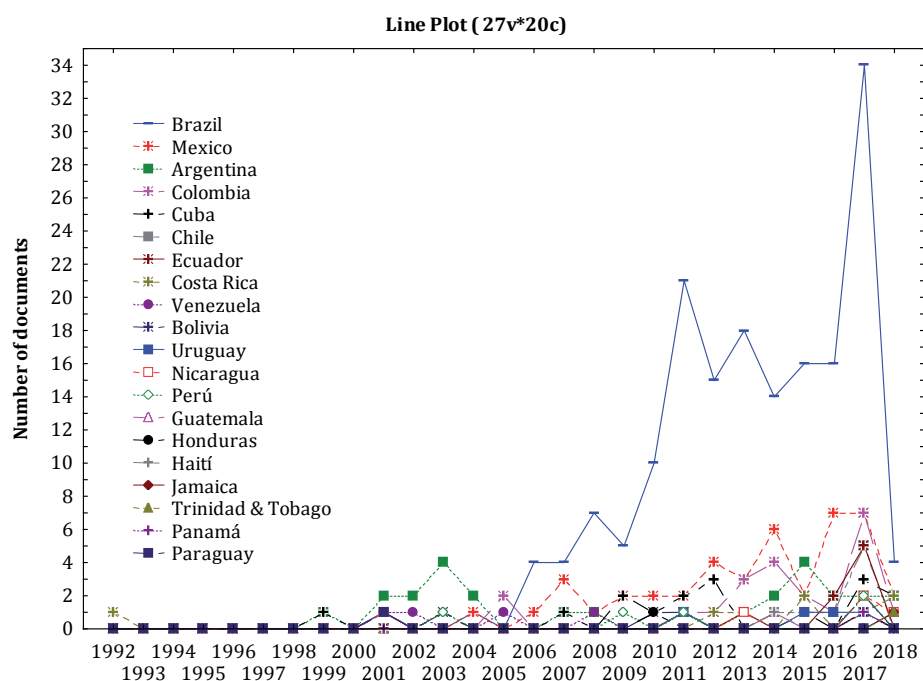


Figure 3. Temporary distribution of publications in the LAC countries.

Figura 3. Distribución temporal de publicaciones en los países de ALC.

Factors of analysis of agroecology

Based on the total number of coded text citations ($n=493$), the predominant factors in the researches are physical-biological (45.2%), social (29.4%), economic (11%), cultural (7.9%), and political (6.5%) in a lesser proportion. The results regarding the factors are similar for the case of the countries of Europe, where the main factor of analysis is the physical-biological. However, social, economic and cultural factors have become relevant, in the same way that political factors have been included in the studies (11, 25). The historical process of agroecology reflects a constant in the physical-biological factor in light of the origin of this discipline since it was focused on the application of ecological principles, the design, and management of sustainable agroecosystems, taking into account the agricultural system as an ecosystem (28).

Contributions of research to the demands of agroecology

According to the citations codified in the documents, it was found that 33.2% corresponds to agroecological management, 15.9% maintenance of biodiversity, 14.7% local self-management and self-sufficiency, 10.2% soil and water conservation, 6.2% agroecological education, 4.7% food sovereignty and healthy food, 4.3% suppression of agro-toxic and transgenic, 2.8% conservation of forest cover, 2.4% fair and organic markets, 2.1% carbon capture, 1.9% agricultural equity, and 1.7% dialogue of knowledge and participatory research. In the review, two more categories emerged (agroecological management and agroecological education) to those determined *a priori*.

In figure 4 (page 221), the distribution of research contributions according to the demands of agroecology in relation to countries is shown, displaying a wide heterogeneity in terms of number and type of contribution. The particular case of Brazil has the highest number of contributions due to the greater number of publications. In this sense, Brazil is a benchmark for agroecology in LAC. It has catalyzed, propped up and stimulated agroecology as a science, movement, and practice thanks to the application of public policies at various levels of government, such as support for family farming, communication and dissemination programs, the creation of organic markets and the training of rural extension workers (59), which has supported the generation of research and, therefore, scientific contributions to agroecology.

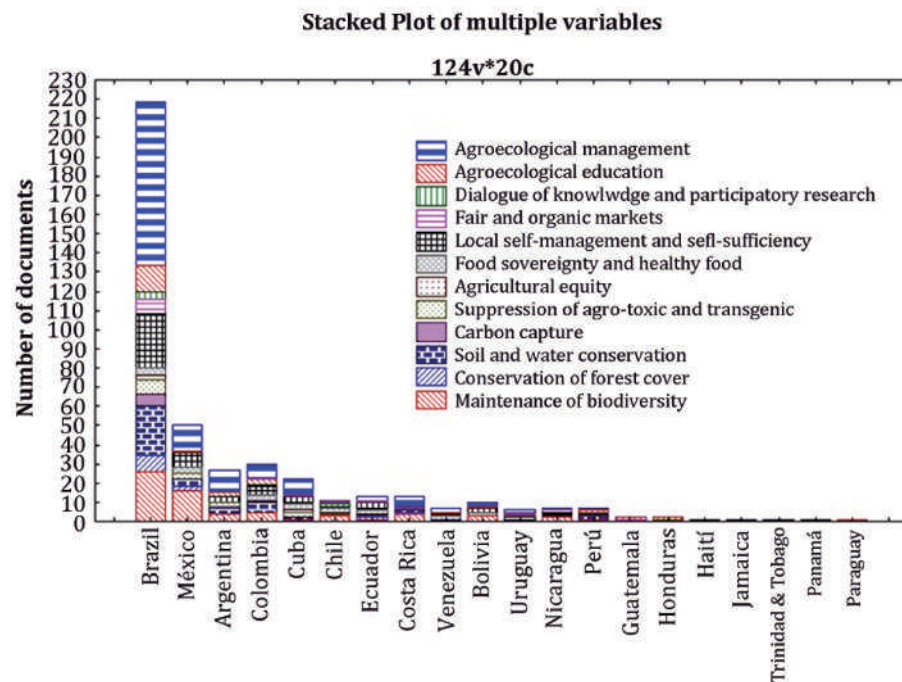


Figure 4. Contributions of research from LAC countries to the demands of agroecology.

Figura 4. Contribuciones de la investigación de los países de ALC a las demandas de la agroecología.

The contributions of the researches found and according to their qualitative importance are described below: with the most relevant citations in relation to the categories of analysis.

Agroecological management: Here contributions are reflected in relation to organic and agroecological production systems which include high yields that include control of pests and diseases, soil quality, cultivars adapted to the environment, use of compost, family gardens, achieve an impact in rural and urban areas in order to increase profitability and seek an insertion in differentiated markets. An agroecological approach to agricultural development goes beyond the yields of crops; it contemplates the complexity of the set of factors that contribute to the sustainability of agroecosystems. It is necessary to obtain indicators of sustainability of agroecosystems that operate conceptually and empirically from a multidimensional and systemic approach (60). In this sense, traditional local agroecosystems have evolved over time, in other words, they are doing more agroecological practices with little dependence on commercial inputs, a greater reliance on renewable resources and management strategies based on ecology (29).

In Ecuador ... *"the productive diversification of cocoa farms and their access to markets are key elements to increase and diversify the income of small producers, while contributing to the improvement of energy efficiency indicators of cocoa farms"* Pérez Neira (2016).

When we talk about agroecological management, it is important to highlight that agroecology works with principles that adopt multiple technological forms according to the local socioeconomic needs of farmers and their biophysical circumstances (8), as in the case of livestock producers in a protected region in Uruguay, where it was found that response capacity is related to the use of agroecological principles and agroecological criteria that guide strategies among producers and within the protected area in which they practice livestock (26).

Maintenance of biodiversity: The contributions mentioned here are mainly shown by the conservation of natural resources, which improve or meet human needs. Research has often been found in terms of the diversification of production areas and associations between species and combinations of land use, as well as resort to seed banks.

Therefore, in order to promote a sustainable agricultural system, progress must be made towards protecting the environment and the rational use of natural resources, based on the management of local resources, in order to stimulate the transition to more economic systems, with a greater family character and a high level of biodiversity (57).

It is important to maintain biodiversity in agriculture to improve the ecological balance of agroecosystems and to achieve a sustainable production. In Brazil, the diversification of the areas of tobacco production is effective, so it needs a socio-environmental/territorial management approach, which shifts the diversification of an instrumental business or state profile, for an instrumental/substantive way that values agricultural multifunctionality (55).

"Coffee agroforestry had a lower proportion of conservation trees, a higher proportion of pioneer trees were dominated by Inga spp., they harbored a lower diversity of tree species at plot level and were composed of different tree species compared to native forests" Rover, *et al.* (2017).

Local self-management and self-sufficiency: In this category the findings show a line that guides self-management and self-sufficiency, this is "social reproduction strategies" in the face of the climate change, food, economic income, use of seeds as an alternative to monopoly crops, among others. In the latter, problems arise that affect the family values associated with religiosity and cosmologies in which movements are triggered by individual and collective affectations, mostly of the peasants. In these contributions, local campesino autonomy is reflected in the events of intervened and/or coerced globalization that throw them into the capitalist markets in which they have not managed to insert themselves due to the very nature of the peasantry. According to Blandi *et al.* (2018), "contextual factors" (social, political and economic) can exert pressure for farmers to choose to incorporate unsustainable technological innovations, such as greenhouses.

In the light of all that, agroecology presents several challenges such as the existence of contradictory interests within the peasantry as a result of social differentiation, the role of the State in the development of conventional development models relatively favorable to small producers, the prevalence of ideologies of modernization in many rural areas, and the need for this paradigm to recognize the importance of small farmers when engaged in industrial agriculture (10). To achieve self-management and local self-sufficiency, farmers carry out their own strategies, in Brazil we can emphasize that local production is... *"a path based on an insurgency to the subordination of dominant capitalism, whose tradition must be rescued as a way to evoke the local values: popular knowledge for the effectiveness of autonomy and independence"* Paulino and Gomes (2015).

In Mexico, *"farmers see goats as a source of income, security, credit, prestige, independence, food, manure and apprentices for young children. Interest is present in all socioeconomic strata. For the poor, goat breeding was one of the main livelihood strategies. The richest and middle households had a wider range of activities"* Oseguera Montiel, *et al.* (2014).

Soil and water conservation

The contributions are oriented to agroecological practices such as soil conservation, soil fertility and soil quality, integrating them to agroforestry systems, conservation agriculture, and intercropping. In other works, comparisons have been made about the before and after of agricultural practices, mostly to reflect the damage that has impacted the soils.

On the other hand, it is discussed on achieving a water balance so as not to waste water, since in agricultural practices a significant percentage is used for production. The use of bioremediation for the use of water in a second moment is also discussed. It is clear that research in Nicaragua is helping to understand soil conservation, an example is expressed in the following quote: *"Agricultural expansion and common practices of land management contribute to the degradation of soil resources in the dry tropical forest region of Central America. We find the conversion of the forest to traditional agricultural systems to reduce biodiversity and to increase the compaction of soils on the slopes of the region"* Rousseau, *et al.* (2013).

In the case of water conservation in Mexico... *"The Mexican agricultural sector is the main consumer of water resources whose availability is scarce in some areas, so it is necessary to direct bioremediation techniques to reuse wastewater from municipal sources. However, it is advisable to treat wastewater before using it, but it is used without prior treatment in reality"* Mora-Ravelo, *et al.* (2017).

To achieve soil and water conservation and achieve sustainability, agroecological strategies such as crop diversification, maintenance of local genetic diversity, integration of animals, organic soil management, conservation and harvesting of water are required as a way to understand the agroecological characteristics of traditional systems (44).

Specifically, soil conservation has more complex implications. The case of the conservation of agricultural land in Mendoza, Argentina, shows that the contributions of land use to plan and regulate land uses can contribute to maintaining the conditions of urban and rural sustainability (32).

Agroecological education

This section shows the use of tools and workshops used in different social actors such as extension workers, families, schools, farmers, peasants, indigenous people, among others; in some works, it is presumed the need for the intervention of programs directed to these actors, especially those from the rural contexts, in areas of organic agriculture, medicinal plants, empowerment and production of knowledge, changes in their own habits, PET bottles recycling, sustainable supplies of food, and environmental education, to guide these pedagogical results to sustainability as the main objective. According to Boza *et al.* (2018), when evaluating the "Education and Training Program for Rural Women" of the Chilean National Institute of Agricultural Development (NIAD), they found three groups of women, "reticent participants", "participative associative" and "empowered participants", these authors conclude that the characteristics and individual circumstances impact on the perception that the beneficiaries have about the programs, hence the identification of the groups.

"The complementary knowledge of rural inhabitants and indigenous production systems or local knowledge has a transcendental importance not only theoretical, but also to solve the gaps in agroecology as a practice. This contribution is the basis of the alternative agricultural movement in Latin America" Arguello and Cueva (2009).

The transfer of agroecological knowledge is not enough to guarantee a sustainable agriculture, but it is essential to broaden the perspectives of farmers so that they have a position on agroecological practices. These practices are carried out because they have personal issues and reasons; to broaden the perspective can boost the process of internalization, externalization, and objectification of farmers (58). Education is central to the agroecological extension, in the case of Brazil, the importance of considering the political and institutional environments in extension reforms is highlighted, and it indicates the need for an additional reflection on the strategies to expand an agroecological and oriented extension to sustainability proposals (23).

Food sovereignty and healthy food

The contributions highlight three important points, first nutrition, the demand for fast food and, finally, local food production. What is proposed in these contributions is the empowerment of the communities, the foregoing reflects the idea that under these headings the achievement of food sovereignty is geospatially linked to local consumption. On the other hand, armed conflicts in agriculture have intrinsically affected LAC, since these directly disrupt the peasant community, causing a change in the strategies of the producers in the realization of their activities and therefore in the acquisition of food. In LAC, organizations such as Vía Campesina and the Latin American Coordination of Farm Organizations (CLOC, in its Spanish acronym) are struggling to transform global and regional agro-food conditions; in addition, they are fighting for the reintegration of peasants as producers of staple foods. This leads to a crisis that constitutes a historic opportunity for the transformation of the decadent neoliberal model, but it requires a great deal of strength to achieve it (56).

In the Darien region of Colombia, in less than 35 years, changes in leasing and land use have transformed a settlement of self-supply, in a place dependent on the external market (9), unlike Uruguay, where agroecology emerges as a critique of the dominant industrial agriculture model and linked to the development of alternative thinking by multiple actors ... "Its objective is to strengthen ecological processes in agricultural systems while the phenomena of concentration, alienation and access to land, along with the problems of family farming and food sovereignty" Gazzano and Gómez Perazzoli (2017).

The case of the Dominican Republic shows the sustainable agricultural value chain model (SAVCM), shows how different factors determine the access of producers to the SAVCM, as well as the potential of the subsectors (organic bananas and avocados), but also to know the stage in which producers are to adopt the expectations of consumers (31).

In a research carried out in Ecuador, the authors mention that... *"we find a continuous promise in the heterogeneity of the practices small-holder farms, particularly in small farms, where agrobiodiversity appears to increase nutritionally important species, as they maintain a relatively high profile in production systems and family diets"* Oyarzun, *et al.* (2013).

Suppression of agro-toxic and transgenic

The contributions in this category marked two items. First, the qualities of transgenics are perceived in the face of pests, diseases, climatic alterations, as well as high yields. It also alludes to mestizo producers who are the ones to access the purchase of commercial seeds. Second, a mention is made on the conservation of wild seeds, the culture of the peasants, and it is emphasized that the indigenous producers are those who maintain local races of seeds and a mixture of colors. In this sense, the authors emphasize the repercussions brought by agriculture based on the green revolution and compare it with local agroecological practices.

Therefore, it is stated that public policies are in favor of conventional agriculture, which have been unleashing a series of social movements of non-governmental organizations and groups of ecologists. In LAC, transgenic crops represent a recent and powerful threat to biodiversity, ecological integrity and food security, which is why it is necessary to implement an integral agrarian reform that assures farmers access to water, seeds and other productive resources, as well as to undertake national agrarian and food policies that respond to the needs of peasants and consumers, especially of the poor ones (4).

"The budgetary resources destined to this type of public policies are unfortunate in comparison with those destined to the conventional agriculture. This indicates that despite some important advances in the public policies of organic agriculture and agroecology, the Brazilian government continues to prioritize agribusiness, pesticides, and uses of GMOs" Candiotto (2018).

In the case of Brazil, the use of agro-toxics is greater in systems of production of transgenic maize in relation to the conventional one, which leads to the need for technologies and practices that contribute to reduce the nitrogen fertilization of chemical synthesis and the application of agro-toxics in those systems (17). Unlike transgenics, in Mexico, it is argued that local races of corn are probably better than transgenic crops to adapt to climate change...

"These autochthonous varieties could be lost with rapid climate change if they cannot evolve fast enough (through natural and farmer-mediated selection) or respond plastically to climate change" Mercer, *et al.* (2012).

Conservation of forest cover: This section shows contributions related to agroforestry, agrosilviculture and agrosilvopastoral systems, which have the purpose of conserving native species, replacing monocultures, contributing to the nutrient cycle and moderating extreme temperatures. The former as a response to problems of deforestation and forest fires that result in the abandonment of peasant lands.

In the same way, it is proposed to carry out public policies that address the aforementioned problems. It is important to emphasize the conservation of vegetation cover, because in tropical regions the extensive conversion of forests to pastures and agricultural intensification are typically identified as the most important drivers of change in land use, with consequent loss of quality and biodiversity (62). There are several proposals, as in the case of Brazil research results mention the following... *"we propose the establishment of rows of agroforestry systems in the surrounding crops as hedges and additional sources of food and products that contribute to the food security of small farmers"* Harterreiten-Souza, *et al.* (2014).

In this sense, *"Brazil should develop a science-based forestry code that requires an adequate restoration to guarantee the resilience of forests and the provision of essential ecosystem services, while at the same time preventing non-compliance"* Trevisan, *et al.* (2016).

Fair and organic markets: The contributions in this category are inclined to an integral trade, in other words, to achieve a specialized market where the agreements in the prices

are favorable mainly for producers who are evolving in local dynamics. Since this sector is more vulnerable to food prices, certification of their organic products and most are those that cushion environmental problems. In this sense, the contributions propose policies related to local markets. In relation to fair and organic markets, Latin America stands out initiatives linked to social, economic, political, and environmental claims that arise in indigenous communities, Afro, peasants and other groups, and excluded populations that have been fighting for recognition. This poses challenges in terms of recreating ways of satisfying human needs beyond the material, questioning the logic of capitalist accumulation and its effects on nature and human relationships (52). In the case of Brazil, the rules of fair trade and organic markets have contributed to the institutional strengthening of organic agriculture and agroecology, however...

"The budgetary resources destined to this type of public policies are regrettable in comparison with those destined to the conventional agriculture. This indicates that despite some important advances in the public policies of organic agriculture and agroecology, the Brazilian government continues to prioritize agribusiness, pesticides and uses of GMOs" Candiotto (2018).

Unlike Brazil, in the case of Ecuador, *"direct marketing in Pachano Square has allowed the partners' agricultural and livestock work to be revalued, to persist in their decision of production under the principles of agroecology, to reduce the costs of transaction, to receive training, to access credit and to acquire political prominence through integration with other producer organizations and with local state institutions, which was not possible as each one of them individually delivered their products to the wholesaler"* Contreras Díaz, et al. (2017).

Carbon capture: The contributions are aimed precisely at carbon capture basically in silvopastoral practices, family gardens, use of legumes, as well as the importance of soil in the structure of the landscape, in public policies and their impact on the use of renewable energies. Various agroecological practices can contribute to increase the carbon sequestration in vegetation and soil, for example, the restoration and recovery of disturbed areas through agroforestry (20). In this sense, ecological agriculture in LAC began to develop as a strategy aimed at addressing the rural crisis based on three objectives: family food self-sufficiency, the care of natural resources, and the reduction of production costs. Initiatives carried out by peasant and indigenous groups, usually accompanied by community and non-governmental organizations (19).

"The agrosilvopastoral system contributes to the nutrient cycle through the constant supply of nutrients through the litter, the weeding of the herbaceous vegetation and the cutting of the legumes, which produces the return of a large part of the nutrients extracted by the crops to the system" Aguiar, et al. (2014).

Agrarian equity: Regarding the contributions of research to agrarian equity, we find that the empowerment of women and men in the struggles for land, the strategies of their use in conservation areas and the importance of ecological processes are relevant in relation to concentration, alienation, and access to land. Therefore, in LAC, agroecology is now understood and practiced as the approach for the unification of the peasant movement and the struggle for land, constituting a movement of political organization, a recovery of self-esteem, and an affirmation of sociocultural identities (24). In the case of Uruguay, agroecology has been considered as a criticism of the dominant industrial agriculture model and oriented to the alternative thinking of different actors...

"The different actors drive the development of a National Agroecology Plan. A process of agroecological transition is proposed through the construction of sustainable development options, which emerges from agriculture and extends to the whole society" Gazzano and Gómez Perazzoli (2017).

When referring to Ecuador... *"the adoption of agroecology as a form of resistance on the part of indigenous and peasant movements played a key role in its development"* Intriago, et al. (2017).

Dialogue of knowledge and participatory research: Contributions in this category are based on local knowledge, mainly of farmers, represented in dialogue spaces of knowledge applied to agroecological practices and movements. They show how the actions can arouse the interest of the inhabitants for the techniques and practices friendly to the environment.

The social movements of small farmers show great interest in developing agroecology as an integral alternative, which responds to the education of rural men and women and in this way to build a dialogue of knowledge, a pedagogy that values the knowledge of ancestral peoples and peasant cultures present in the rural world (42). This is a necessary proposal to face, from the local space, the effects of the current planetary ecological crisis and the culturally homogenizing capacity of the current model of globalization, based on economic growth and the unsustainable and inequitable accumulation of material wealth (12).

In the case of Brazil, dialogical spaces have an educational function that supports the transformation of society... *"the creation of dialogical spaces results in learning within the movements, the movement of rural workers without land learned, after the occupation of Syngenta, that many organizations abandoned the Agroecology Day because they would not support direct confrontation with Agribusiness"* Meek and Simonian (2017).

These dialogues also have to do with the strategies of action and cultural transmission, we give as an example the case of the ethnobotanical use of plant resources in Chile, where it is established that ... *"the main mechanism of cultural transmission, referred to the use and properties of resources floristic is vertical type, with the family being the main socialization agency"* Peredo and Barrera (2017).

CONCLUSIONS

This review allowed us to explore the main contributions generated in scientific research in relation to the demands of agroecology, the factors considered, their approaches and methods, as well as their spatial and temporal distribution. In this context, it was possible to identify that most of the agroecological research in LAC is carried out under the quantitative approach, followed by the qualitative approach, and the mixed approach to a lesser extent; according to the number of publications and approaches applied, there is a differentiated degree of distribution in these countries, identifying a country with greater consolidation (Brazil), a larger group in development, another with initial contributions and finally one with minimal contributions. Most of these publications have been developed in recent years (2011-2018).

The most considered factors in research are the physical-biological, followed by social, economic, cultural and, to a lesser extent, political. Regarding the contributions of research to the demands of agroecology, Brazil has the largest contribution given to the largest number of publications and, along with Mexico, Argentina, Colombia, Cuba, Ecuador, Costa Rica, and Venezuela, is mainly in relation to agroecological management, maintenance of biodiversity, self-management and local self-sufficiency, and conservation of soil and water. In a smaller proportion, the contributions of the research are in relation to the remaining of the categories analyzed.

It is worth stressing that these contributions in LAC countries have intensified in recent years, mainly regarding the elimination of agro-toxic and transgenic, soil and water conservation, maintenance of biodiversity and local self-management and self-sufficiency, while the contribution in agroecological management has prevailed over time. It is evident that the research in agroecology in LAC, the predominance of conventional research approaches, methods and techniques, so the challenge should not be just a simple diversification, as a mere juxtaposition of these, but generating new ways of seeing and doing research that allow addressing the disciplinary interfaces of the complex problem in the relationship between society and nature.

REFERENCES

1. Aguiar, M. I.; Fialho, J. S.; Campanha, M. M.; Oliveira, T. S. 2014. Carbon sequestration and nutrient reserves under different land use systems. *Revista Árvore*. 38: 81-93.
2. Altieri, M. A. 1989. Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 27(1):37-46. Available in: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90070-4](https://doi.org/10.1016/0167-8809(89)90070-4)
3. Altieri, M. A. 2003. Dimensiones éticas de la crítica agroecológica a la biotecnología agrícola. *Acta Bioethica*. IX(1): 47-61.

4. Altieri, M. A. 2009. Transgénicos y agrocombustibles en América Latina. In: F. R. Funes-Monzote y E. F. Freyre Roach, editor. *Cultivos transgénicos ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde? Textos para un debate en Cuba*. La Habana. Cuba: Centro Félix Varela. p. 235.
5. Altieri, M. 2013. Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls, C. I.; Ríos, L. A.; Altieri, M. A., eds) Proyecto REDAGRES Medellín, Colombia. 94-104.
6. Altieri, M. A.; Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*. 38(3): 587-612. 10.1080/03066150.2011.582947
7. Altieri, M. A.; Funes-Monzote, F. R.; Petersen, P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*. 32(1): 1-13. 10.1007/s13593-011-0065-6
8. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2017. Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 41(3-4): 231-7. 10.1080/21683565.2017.1287147
9. Álvarez-Salas, L.; Gálvez-Abadía, A. 2014. Food Sovereignty in a Socioecological Transformation Context in the Caribbean Darién of Colombia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 38(7):812-38. 10.1080/21683565.2014.881951
10. Antonio, C. N.; Kees, J. 2018. Is oil palm expansion a challenge to Agroecology? Smallholders practising industrial farming in Mexico. *Journal of Agrarian Change*. 18(1): 132-55. doi:10.1111/joac.12195
11. Argüello, A. H. 2015. Agroecology: scientific and technological challenges for agriculture in the 21st century in Latin America. *Agronomía Colombiana*. 33: 391-8.
12. Arguello, M.; Cueva, K. 2009. La revalorización de la Agroecología andina: estrategia local de diálogo de saberes para enfrentar problemas globales. *Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. (5): 12-4.
13. Astier, M.; Quetzal Argueta, J.; Orozco-Ramírez, Q.; González, M. V.; Morales, J.; Gerritsen, P. R. W.; Escalona, M. A.; Rosado-May, F. J.; Sánchez-Escudero, J.; Martínez Saldaña, T.; Sánchez-Sánchez, C.; Arzuffi Barrera, R.; Castrejón, F.; Morales, H.; Soto, L.; Mariaca, R.; Ferguson, B.; Rosset, P.; Ramírez, H.; Jarquin, R.; García-Moya, F.; Ambrosion Montoya, M.; González-Esquivel, C. 2017. Back to the roots: understanding current agroecological movement, science, and practice in Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 41(3-4): 329-48. 10.1080/21683565.2017.1287809
14. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J. 2018. Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(1): 203-216.
15. Boza, S.; Muñoz, T.; Cortés, M.; Rico, M.; Muñoz, J. 2018. Development programs for female farmers: identifying clusters for the case of Chile's "Education and training program for rural women". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(1): 141-155.
16. Candioto, L. Z. P. 2018. Organic products policy in Brazil. *Land Use Policy*. 71:422-30. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.014>
17. Capellesso, A. J.; Cazella, A. A. 2013. Indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas: estudo de caso em áreas de cultivo de milho. *Ciência Rural*. 43:2297-303.
18. Cárdenas Grajales, G. I. 2009. Investigación participativa con agricultores: una opción de organización social campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. *Revista Luna Azul*. (29): 95-102.
19. Casado, G. G.; Hernández, J. M. 2011. Agroecología y agricultura ecológica. Aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. *Agroecología*. 6: 55-62.
20. Casanova-Lugo, F.; Petit-Aldana, J.; Solorio-Sánchez, J. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 17: 133-43.
21. Chalate-Molina, H.; Gallardo-López, F.; Pérez-Hernández, P.; Paul Lang-Ovalle, F.; Ortega-Jiménez, E.; Vilaboa Arroniz, J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia tropical*. 28(3): 329-39.
22. Contreras Díaz, J.; Paredes Chauca, M.; Turbay Ceballos, S. 2017. Circuitos cortos de comercialización agroecológica en el Ecuador. *Idesia (Arica)*. 35: 71-80.
23. Diesel, V.; Miná Dias, M. 2016. The Brazilian experience with agroecological extension: a critical analysis of reform in a pluralistic extension system. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 22(5): 415-33.
24. Fernandez, G. B.; Romano, J. O. 2016. Alianza por la agroecología en América Latina: potencialidades y desafíos. *LEISA Revista de Agroecología Edición especial*. 4-9.
25. Gallardo-López, F.; Hernández-Chontal, M.; Cisneros-Saguilán, P.; Linares-Gabriel, A. 2018. Development of the Concept of Agroecology in Europe: A Review. *Sustainability*. 10(4): 1210.
26. Gazzano, I.; Altieri, M. A.; Achkar, M.; Burgueño, J. 2015. Holistic Risk Index: A case study of cattle producers in the protected area of Farrapos Estuaries-Uruguay. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 39(2): 209-23.

27. Gazzano, I.; Gómez Perazzoli, A. 2017. Agroecology in Uruguay. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 41(3-4):380-400. 10.1080/21683565.2017.1286533
28. Gliessman, S. R. 1986. The ecological element in farm management. *Proceedings of a Conference on Sustainability of California Agriculture* University of California. Davis.
29. Gliessman, S. R. 1992. Agroecology in the tropics: Achieving a balance between land use and preservation. *Environmental Management*. 16(6):681-9. 10.1007/bf02645658
30. Gliessman, S. 2011. Transforming food systems to sustainability with Agroecology. *Journal of Sustainable Agriculture*. 35(8): 823-5. 10.1080/10440046.2011.611585
31. Gómez-Luciano, C. A.; De Koning, W.; Vriesekoop, F.; Urbano, B. (en prensa). A model of agricultural sustainable added value chain: The case of the Dominican Republic value chain. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
32. Gudiño, M. E. 2018. Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 50(2): 155-172.
33. Harterreiten-Souza, É. S.; Togni, P. H. B.; Pires, C. S. S.; Sujii, E. R. 2014. The role of integrating agroforestry and vegetable planting in structuring communities of herbivorous insects and their natural enemies in the Neotropical region. *Agroforestry Systems*. 88(2): 205-19. 10.1007/s10457-013-9666-1
34. Holt-Giménez, E.; Altieri, M. A. 2013. Agroecology, Food Sovereignty, and the New Green Revolution. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 37(1): 90-102. 10.1080/10440046.2012.716388
35. INC, S.S. *Statistica* (data analysis software system) version 7. 2004.
36. Intriago, R.; Gortaire Amézcuca, R.; Bravo, E.; O'Connell, C. 2017. Agroecology in Ecuador: historical processes, achievements, and challenges. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 41(3-4): 311-28. 10.1080/21683565.2017.1284174
37. Kaefer, F.; Roper, J.; Sinha, P. 2015. A Software-Assisted Qualitative Content Analysis of News Articles: Example and Reflections. *Forum: Qualitative Social Research* 16(2). 10.17169/fqs-16.2.2123
38. Meek, D.; Simonian, L. T. 2017. Transforming space and society? The political ecology of education in the Brazilian Landless Workers' Movement's. *Jornada de Agroecologia. Environment and Planning D: Society and Space*. 35(3): 513-32. 10.1177/0263775816667073
39. Méndez, V. E.; Bacon, C. M.; Cohen, R. 2013. Agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 37(1): 3-18. 10.1080/10440046.2012.736926.
40. Mercer, K. L.; Perales, H. R.; Wainwright, J. D. 2012. Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change*. 22(2): 495-504. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003>
41. Meredith, J. R.; Raturi, A.; Amoako-Gyampah, K.; Kaplan, B. 1989. Alternative research paradigms in operations. *Journal of Operations Management*. 8(4): 297-326. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(89\)90033-8](https://doi.org/10.1016/0272-6963(89)90033-8)
42. Minga, N. 2017. Agroecología: diálogo de saberes para una antigua y nueva propuesta para el campo. *Antropología Cuadernos de investigación*. 86-94. N 17.
43. Mora-Ravelo, S.; Alarcon, A.; Rocandio-Rodríguez, M.; Vanoye-Eligio, V. 2017. Bioremediation of wastewater for reutilization in agricultural systems: a review. *Applied Ecology and Environmental Research*. 15(1): 33-50.
44. Nicholls, C. I.; Henao, A.; Altieri, M. A. 2017. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*. 10(1): 7-31.
45. Oseguera Montiel, D.; Keilbach Baer, N. M.; van der Zijpp, A.; Sato, C.; Udo, H. 2014. 'It is better to herd than be herded': making a living with goats in the Bajío region, Mexico. *Pastoralism*. 4(1): 9. 10.1186/s13570-014-0009-2
46. Oyarzun, P. J.; Borja, R. M.; Sherwood, S.; Parra, V. 2013. Making sense of agrobiodiversity, diet, and intensification of smallholder family farming in the highland Andes of Ecuador. *Ecology of Food and Nutrition*. 52(6):515-41. 10.1080/03670244.2013.769099
47. Paulino, J. S.; Gomes, R. A. 2015. Sementes da Paixão: agroecologia e resgate da tradição. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 53: 517-28.
48. Peredo, S.; Barrera, C. 2017. Usos etnobotánicos, estrategias de acción y transmisión cultural de los recursos vegetales en la región del Maule, zona centro sur de Chile. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 16(4): 398-409.
49. Pérez Neira, D. 2016. Energy efficiency of cacao agroforestry under traditional and organic management. *Agronomy for Sustainable Development*. 36(3): 49. 10.1007/s13593-016-0386-6.
50. Porto-Gonçalves, C. W.; Leff, E. 2015. A Ecologia Política na América Latina: a reapropriação da natureza, a reinvenção dos territórios e a construção da racionalidade ambiental. 35. 10.5380/dma.v35i0.43543.
51. Rogé, P.; Friedman, A. R.; Astier, M.; Altieri, M. A. 2014. Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta Region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 38(7):786-811. 10.1080/21683565.2014.900842

52. Roldán Rueda, H. N.; Gracia, M. A.; Santana, M. E.; Horbath, J. E. 2016. Los mercados orgánicos en México como escenarios de construcción social de alternativas. *POLIS. Revista Latinoamericana*. 15(43): 1-18.
53. Rosset, P. M.; Martínez-Torres, M. E. 2012. Rural Social Movements and Agroecology: context, theory, and process. *Ecology and Society*. 17(3). 10.5751/ES-05000-170317.
54. Rousseau, L.; Fonte, S. J.; Téllez, O.; van der Hoek, R.; Lavelle, P. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*. 27: 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.11.020>.
55. Rover, O. J.; Boeira, S. L.; Birochi, R.; Follmann, T. M. 2017. Modos de gestão para a diversificação produtiva em regiões produtoras de tabaco. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. 13(2): 177-201.
56. Rubio Vega, B. A. 2011. Crisis mundial y soberanía alimentaria en América Latina. *Revista de Economía Mundial*. (29): 61-87.
57. Salmón, Y.; Funes-Monzote, F. R.; Martín, O. M. 2012. Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica "Las Palmitas" del municipio Las Tunas. *Pastos y Forrajes*. 35: 321-32.
58. Seminar, A. U.; Sarwoprasodjo, S.; Santosa, D. A.; Kinseng, R. A. 2017. Agroecological education aimed at achieving food sovereignty. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*. 12(1): 34-44. 10.11178/jdsa.12.34.
59. Toledo, V.M. 2011. La agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecología*. 6:37-46.
60. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*.
61. Trevisan, A. C. D.; Schmitt-Filho, A. L.; Farley, J.; Fantini, A. C.; Longo, C. 2016. Farmer perceptions, policy and reforestation in Santa Catarina, Brazil. *Ecological Economics*. 130: 53-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.06.024>.
62. Vallejo Quintero, V. E. 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos a través del componente microbiano: Experiencias en sistemas silvopastoriles. 2013. 16(1): 17. 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06.
63. Wezel, A.; Bellon, S.; Doré, T.; Francis, C.; Vallod, D.; David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29(4): 503-15. 10.1051/agro/2009004
64. Wezel, A.; Casagrande, M.; Celette, F.; Vian, J. F.; Ferrer, A.; Peigné, J. 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 34(1): 1-20. 10.1007/s13593-013-0180-7
65. Wezel, A.; Brives, H.; Casagrande, M.; Clément, C.; Dufour, A.; Vandenbroucke, P. 2016. Agroecology territories: places for sustainable agricultural and food systems and biodiversity conservation. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 40(2): 132-44. 10.1080/21683565.2015.1115799

ACKNOWLEDGMENTS

Authors thank the geomatics laboratory of Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, for support for the realization of the map.

Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos

Agroecological transitions: multiple scales, levels and challenges

Pablo Tittonell ^{1,2,3}

RESUMEN

Transitar hacia una producción de alimentos sostenible a través de los principios de la agroecología implica no una transición, sino varias transiciones simultáneas, a diferentes escalas, niveles y dimensiones; de índole social, biológica, económica, cultural, institucional, política. Este artículo propone utilizar diferentes marcos conceptuales, derivados de la ecología, la agronomía y la ciencia de la innovación, para describir estas transiciones. El artículo aborda a la transición agroecológica como una sucesión de innovaciones emergentes, y analiza las etapas de la transición técnico-institucional y sus forzantes. Se propone además conceptualizar a la transición como una restauración de las funciones y de la resiliencia del socio-ecosistema. Por último, se explora con un par de ejemplos lo que implica la transición en términos de cambios en las prácticas de manejo agropecuario. La transición agroecológica puede involucrar una optimización de prácticas de manejo para aumentar la eficiencia productiva, una sustitución de insumos, o bien el rediseño del sistema. Los ejemplos analizados muestran que la transición no siempre comienza a partir de sistemas altamente industrializados y/o degradados. Muchos productores que no se autodenominan agroecológicos implementan sin embargo muchas de sus prácticas con bases agroecológicas. Se concluye que el tránsito hacia la agroecología implica una transición técnico-productiva a nivel de los subsistemas de la explotación, una transición socio-ecológica a nivel de la familia rural, su comunidad y su paisaje, y una transición político-institucional a nivel de territorios, regiones y países. Entender a la transición de esta forma, como una interdependencia entre escalas y dimensiones, permite conciliar las miradas de las diferentes 'escuelas' de la agroecología, desde las más ecológicas a las más socio-políticas.

Palabras clave

innovación • sistemas socio-ecológicos • modelo de estados y transiciones • régimen socio-técnico • manejo agroecológico • indicadores

- 1 Grupo Interdisciplinario de Agroecología, Ambiente y Sistemas de Producción (GIAASP). Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Bariloche (IFAB). INTA-CONICET. Modesta Victoria 4450. CC 277 (8400). San Carlos de Bariloche. Río Negro. Argentina. tittonell.pablo@inta.gob.ar
- 2 Agroécologie et Intensification Durable (AiDA). Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Université de Montpellier. 34000 Montpellier. France.
- 3 Groningen Institute of Evolutionary Life Sciences. Groningen University. PO Box 11103. 9700 CC Groningen. The Netherlands.

ABSTRACT

Sustainable food production through the principles of agroecology implies several simultaneous transitions at different scales, levels and dimensions, of a social, biological, economic, cultural, institutional, political nature. To describe these transitions the use of different conceptual frameworks, derived from ecology, agronomy and the science of innovation, are proposed. The article addresses the agroecological transition as a succession of emerging innovations and analyses the stages of the technical-institutional transition and its drivers. It is also proposed to conceptualize the transition as a restoration of the functions and resilience of the socio-ecosystem. Finally, we explore with a couple of examples what the transition implies in terms of changes in agricultural management practices. The agroecological transition can involve the optimization of management practices to increase productive efficiency, an inputs substitution, or the redesign of the system. The examples analyzed show that the transition does not always start from highly industrialized and/or degraded systems. Many producers who do not consider themselves agroecological implement however many agroecological-based practices. It is concluded that the transit to agroecology implies a technical-productive transition at the subsystems of the farm, a socio-ecological transition at the level of the rural family, its community and its landscape, and a political-institutional transition to level of territories, regions and countries. Understanding the transition as an interdependence between scales and dimensions, allows to reconcile the looks of the different 'schools' of agroecology, from the most ecological to the most socio-political.

Keywords

Innovation • socio-ecological systems • state and transition model • socio-technical regime • agroecological management • indicators

INTRODUCCIÓN

A menudo se habla de los desafíos de la transición agroecológica. Tales desafíos pueden ser de índole social, biológica, económica, cultural, institucional, política, etc., y afrontar cada uno de ellas requiere de estrategias y de innovaciones tecnológicas, organizacionales e institucionales. En otras palabras, la transición hacia una producción de alimentos sostenible a través de los principios de la agroecología requiere, no de una transición, sino de varias transiciones simultáneas, a diferentes escalas, niveles y dimensiones. Por ejemplo, al mismo tiempo que existe una transición en las comunidades y estructuras tróficas de los organismos del suelo cuando este comienza a ser manejado siguiendo principios ecológicos (9, 21), existe también una transición en términos de roles y responsabilidades que experimentan los miembros de una familia rural que transita hacia la producción agroecológica (22). Podríamos hablar asimismo de la transición que se requiere en los currículos educativos universitarios para formar a profesionales con las habilidades y competencias necesarias para contribuir a la innovación agroecológica (8), o de la transición hacia nuevas formas de comercialización y distribución de los alimentos que implica la agroecología (13). Este artículo se propone explorar las diferentes dimensiones que reviste la transición agroecológica, en términos de escalas, niveles y desafíos, y para ello propone razonar en términos de 'múltiples transiciones'.

Las transiciones en los sistemas agroalimentarios y productivos en general, han sido estudiadas por diferentes escuelas de pensamiento, algunas con un énfasis político-económico (17), otras con mayor énfasis en aspectos sociales y/o tecnológicos (16), y otras desde un punto de vista ecológico y/o ecosistémico (14). En los enfoques económicos y socio-técnicos el estudio de la transición está fuertemente ligado al de la innovación (10). La transición en tales casos se describe aproximadamente como el proceso que lleva a una innovación, a una nueva forma de crear valor, o bien como el proceso de adaptación del sistema productivo luego de adoptada una cierta innovación. Se habla allí de regímenes socio-técnicos, que describen el quehacer sociocultural, tecnológico y productivo vigente en un determinado sector productivo o social, y de nichos de innovación, o los ámbitos

socio-técnicos alternativos, a veces marginales o bien inusualmente productivos e inspiradores donde tienen lugar las innovaciones.

Conceptualmente, la agroecología puede verse hoy como una innovación de nicho (32). Solo conceptualmente, cabe aclarar, porque sabemos bien que la agroecología no es reciente. El conocimiento y la práctica de la agroecología fueron desarrollados desde el inicio de la agricultura por la mayoría de los pueblos originarios en diferentes regiones del mundo (34). También es importante destacar que los pioneros de la agricultura orgánica aparecidos a fines del siglo XXI, y muchos de sus practicantes hasta el día de hoy¹, han seguido y siguen los principios de la agroecología en sus sistemas de producción (27). En este sentido, el enfoque de la perspectiva multi-niveles (multi-level perspective—Geels, 2002) propone tres niveles analíticos para las transiciones tecnológicas: el nicho, el régimen y el paisaje. Las innovaciones radicales de nichos (nivel micro) ocurren en el seno de ciertos "refugios seguros" para el desarrollo tecnológico, libres de las presiones del mercado que se producen a nivel de régimen. Por ejemplo, se dice que el ejército de los EE.UU. ha actuado como un nicho para las principales tecnologías del siglo XXI, como los aviones, la radio e Internet. Más recientemente, el Silicon Valley de California ha brindado un escenario para que surjan tecnologías enfocadas en las TIC. Típicamente, algunas innovaciones de nicho desafiarán el régimen existente mientras que otras fracasarán.

El término agroecología es utilizado en la literatura científica por primera vez en la década del '30 (18), para referirse a la ecología de los sistemas cultivados. En los años '70 aparecen los primeros productores autodenominados 'agroecológicos', notablemente en América del Norte, influidos por pensadores como Wendell Berry o Aldo Leopold. Hacia fines de los '80 aparecen los movimientos sociales agroecológicos, conspicuamente en América Central, fuertemente ligados a otras reivindicaciones de la ruralidad campesina (26, 27).

Entendiendo entonces a la agroecología como una innovación, el objetivo de este artículo es proponer elementos teóricos provenientes de campos disciplinarios diversos, desde la ecología o la teoría del socio-ecosistema hasta la ciencia de la innovación, para analizar las trayectorias de transición agroecológica a diferentes escalas y niveles de integración. Reconociendo que la misma tiene lugar simultáneamente en múltiples dimensiones (socio-cultural, biológica, económica, institucional, política), se analizarán diferentes modelos conceptuales que describan estas transiciones, a saber: (i) la transición agroecológica como una sucesión de innovaciones emergentes, (ii) las etapas de la transición técnico-institucional y sus forzantes, (iii) la transición como una restauración de las funciones del ecosistema, (iv) su relación con la resiliencia del socio-ecosistema, y (v) la transición en términos de prácticas de manejo agropecuario.

Los diferentes modelos conceptuales tienen como objeto de estudio al agroecosistema, al ecosistema o al socio-ecosistema, respectivamente. Estos términos no son sinónimos, aunque tienen mucho en común. El ecosistema es el más genérico e incluye a los elementos bióticos y abióticos del paisaje y sus interacciones; el agroecosistema refiere exclusivamente al ecosistema manejado por el hombre para la producción agropecuaria; el socio-ecosistema reconoce una componente social en interacción con la componente ecológica del ecosistema.

LA AGROECOLOGÍA COMO INNOVACIÓN

Más allá de lo expresado en los párrafos introductorios sobre el origen de la agroecología, en el contexto socio-cultural y tecnológico de la agricultura moderna o convencional surgida a mediados del siglo XX, y que es actualmente practicada en la mayor parte de la superficie agrícola mundial, la agroecología aparece aún como una novedad. (¿Una innovación?). Así lo ve la mayoría de los productores agropecuarios, independientemente de su escala, así lo ven los políticos y los tomadores de decisión del sector, así lo ve la mayoría de los técnicos y de los académicos del agro. Así lo ven también muchos consumidores. Es por ello que propongo conceptualizar a la agroecología, a sus prácticas, tecnologías y organizaciones, como innovaciones de nicho. Para ello utilizaremos el modelo de niveles socio-técnicos de innovación (12) como eje conceptual para el estudio de la transición agroecológica (figura 1, pág. 235).

¹ Sin dejar de reconocer que ha existido también una cierta 'convencionalización' de la agricultura orgánica en los últimos años (Darnhoffer, 2012).

El concepto de régimen socio-técnico es una versión extendida del régimen tecnológico propuesto originalmente por Nelson y Winter (1982) para describir a las rutinas cognitivas compartidas por una comunidad ingenieril a lo largo de lo que se denominan trayectorias de desarrollo tecnológico. La sociología del desarrollo tecnológico amplió luego este concepto, argumentando que no solo los ingenieros sino diversos actores, desde la ciencia, la política, los usuarios y otros grupos de interés, definen los patrones de desarrollo tecnológico (2). El régimen socio-técnico contribuye a estabilizar trayectorias tecnológicas a través de regulaciones y estándares, estilos de vida, demandas de mercado, otras tecnologías, inversiones, etc. El régimen socio-técnico aparece representado en la figura 1 (pág. 235) como un hexágono de lados variables que va fluctuando en el tiempo (la simbología usada en la figura no es aleatoria, responde al código gráfico propuesto por Suarez y Oliva, 2005).

Las innovaciones de nicho surgen constantemente en determinados sectores y ambientes, pero no todas llegan a integrar, ser parte de, o desplazar al régimen socio-técnico vigente. El ingreso de una innovación de nicho al régimen socio-técnico es a veces descrito como 'anclaje' (*anchoring*) (10). Este régimen, sin embargo, no es fijo e invariable, sino que está sujeto a constantes modificaciones impuestas o influidas por lo que se denomina el paisaje socio-técnico, que opera a escalas superiores, y que refleja las grandes tendencias internacionales en términos de mercados, demográficas, geopolíticas, tecnológicas, socio-culturales, de hábitos de consumo, de percepciones y de escalas de valores. El régimen socio-técnico también puede ser modificado desde su interior, por ejemplo, a través de normas y regulaciones que los actores del régimen, la sociedad, se dan a sí mismos. En el sector agropecuario, en el Cono Sud Americano, un ejemplo que ilustra muy bien estos conceptos de nichos, regímenes y paisajes es la aparición, diseminación y masiva adopción del paquete tecnológico de la siembra directa en las últimas dos décadas:

El caso de la siembra directa

La adopción masiva del paquete tecnológico de siembra directa en los países del Cono Sud Americano no tuvo lugar de un día al otro, sino que comenzó tímidamente a mediados de los '70s. Al principio, la adopción de esta práctica de manejo fue incipiente, limitada fuertemente por la baja disponibilidad de tecnologías accesorias, necesarias para vehiculizar su implementación. La siembra directa era entonces una innovación de nicho. Su necesidad era percibida como urgente, en vistas del severo proceso erosivo al que estaban sometidos muchos de los suelos de la región. Pero el régimen socio-técnico entonces imperante pasaba por otro lado, propiciaba otras tecnologías, y no facilitaba la adopción de esta innovación. De a poco, las innovaciones que gradualmente los productores y otros actores del sector llevaron adelante, por ejemplo, a través de la adaptación de la maquinaria, sumadas a la irrupción en el mercado de variedades de soja transgénicas resistentes al herbicida glifosato, y a la liberación del derecho de patente de esta molécula que permitió la producción de genéricos y abarató su precio de mercado, llevaron a un ritmo de adopción exponencial de la siembra directa en las últimas dos décadas. A la soja le siguieron otros cultivos para los cuales aparecieron nuevos cultivares resistentes al glifosato. La siembra directa dejó de ser una innovación de nicho para transformarse en el nuevo régimen socio técnico dominante. Hoy, muchos productores en transición hacia la agroecología, encuentran muy difícil acceder a variedades de soja no transgénicas en su zona de producción.

En la mayor parte de los países del mundo, el régimen socio-técnico vigente dificulta la adopción masiva de la agroecología; ya sea por limitantes tecnológicas, de acceso a la tierra y los recursos productivos, de conocimientos, de cadenas de valor adecuadas, de hábitos de consumo (asociados fuertemente a la urbanización), o de políticas conducentes. Sin embargo, la agroecología encuentra cada vez más apertura y oportunidades. Hoy, el paisaje socio-técnico internacional se presenta turbulento, cambiante, y emite señales que influyen en los regímenes socio-técnicos ², creando oportunidades para la agroecología. Algunas surgen de una concientización creciente de la sociedad acerca de los impactos ambientales y sobre la salud pública asociados con las prácticas de la agricultura y el sistema alimentario actuales. Otras surgen de nuevas regulaciones, como las legislaciones municipales que prohíben el uso de agroquímicos en torno a las zonas urbanas y cursos de agua en Argentina, o las regulaciones tendientes a la conservación de la biodiversidad en la Unión Europea, mientras que otras surgen por la propia motivación de los productores, por su propio deseo de cambio hacia prácticas más inocuas para la salud y el ambiente, o económicamente más viables.

² Un ejemplo claro, reciente e inusitado de tales señales es la encíclica papal *Laudato Si* sobre el cuidado del medio ambiente. Por primera vez en la historia la iglesia católica se pronuncia decidida y públicamente a favor de estos temas.

El esquema fue adaptado de Geels *et al.* (2008) para representar un paisaje socio-técnico turbulento, que genera feedbacks y aperturas (oportunidades) frecuentes para las innovaciones de la agroecología (31).
The scheme was adapted from Geels *et al.* (2008) to represent a turbulent socio-technical landscape, which generates frequent feedbacks and openings (opportunities) for agroecology innovations (31).

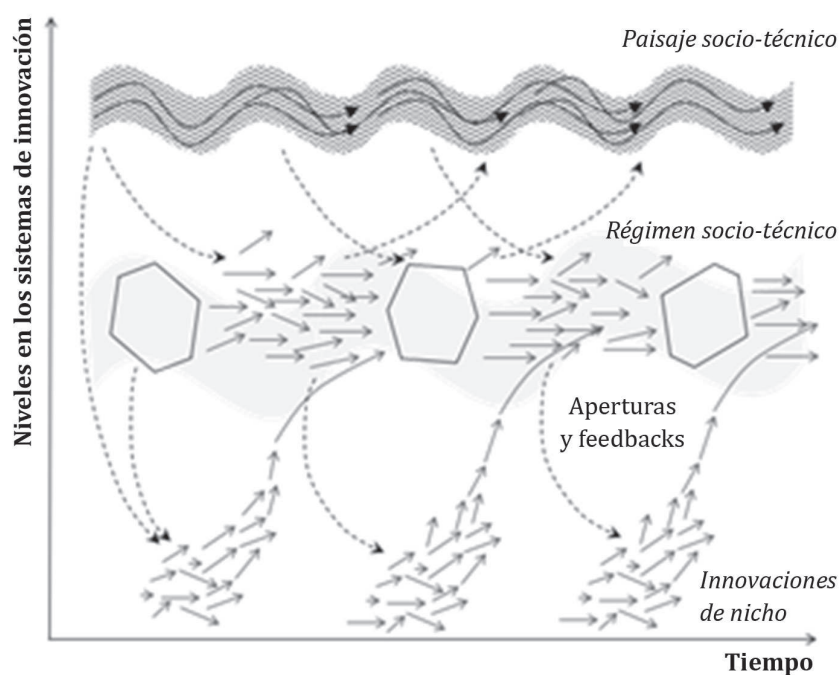


Figura 1. Representación del proceso de 'anclaje' de las innovaciones de nicho dentro el régimen socio-técnico imperante, que es a su vez modificado por el paisaje socio-técnico a escala global (factores demográficos, geopolíticos, mercados, hábitos de consumo, etc.).

Figure 1. Representation of the process of anchorage of the innovations of niche within the prevailing socio-technical regime, which is in turn modified by the socio-technical landscape on a global scale (demographic factors, geopolitical, markets, habits of consumption, etc.).

Uno podría dejar simplemente que las oportunidades para las innovaciones de nicho agroecológicas surjan a partir de estas fuerzas impulsoras, o bien intentar 'generar' o facilitar tanto las innovaciones como las aperturas necesarias en el régimen socio-técnico. En otras palabras, favorecer el anclaje de las innovaciones de nicho en el régimen socio-técnico. Para apoyar a la generación de tales innovaciones y su anclaje existen las plataformas de innovación. Una plataforma de innovación se define como 'un espacio funcional para el aprendizaje y el cambio'. En el contexto de la innovación agropecuaria, se constituye en un grupo de individuos (que a menudo representan organizaciones) con diferentes antecedentes e intereses: agricultores, comerciantes, procesadores de alimentos, investigadores, funcionarios gubernamentales, etc. (31).

Un enfoque de sistemas de innovación que se adapta perfectamente a la idea de la creación horizontal de conocimientos inherente a la agroecología, es el que se conoce como co-innovación (5). La co-innovación combina el enfoque de sistemas complejos, con el aprendizaje social y el monitoreo dinámico de los proyectos de innovación. Las plataformas de co-innovación incluyen diversos actores, desde productores a técnicos científicos, extensionistas, representantes de los gobiernos, de los proveedores de tecnologías e insumos, del mercado, etc. Un ejemplo, entre muchos, de plataformas de co-innovación en torno a la agroecología en la Argentina es la mesa de intensificación ecológica del cinturón verde de Córdoba (https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el-cinturon-verde-de-cordoba_1.pdf), que vincula a productores (individuales y cooperativas) y a técnicos del INTA, del CONICET, del INTI, de la Universidad de Córdoba, del Colegio de Ingenieros Agrónomos provincial y de la Secretaría de Agricultura Familiar en torno a la búsqueda de soluciones socio-técnicas para la producción sustentable de alimentos de proximidad en el territorio periurbano de la ciudad de Córdoba.

LA TRANSICIÓN TÉCNICA E INSTITUCIONAL

La transición a nivel del agroecosistema, y en algunos casos del sistema agroalimentario, ha sido descrita por los autores clásicos de la agroecología. Todas estas descripciones hacen alusión, más o menos directamente, a la necesidad de que la transición biológica y/o tecnológica que tiene lugar en el ecosistema físico sea acompañada de transiciones en las dimensiones sociocultural, de mercado, organizacional, política, etc. A esto último lo llamaremos aquí 'innovación institucional'. Si a la transición la conceptualizamos como una sucesión de innovaciones, la transición agroecológica podría ser representada como en el esquema de la figura 2. De manera simplificada, los sistemas agropecuarios y agroalimentarios transitan por sucesivas etapas en su transición a la agroecología que pueden ser descritas como: (i) etapa de aumento de la eco-eficiencia, (ii) etapa de sustitución de insumos y (iii) etapa de rediseño del sistema. Para transitar de una etapa a otra, los sistemas son 'impulsados' por forzantes o fuerzas impulsoras (*drivers*) que operan tanto en el plano institucional como tecnológico.

La innovación tecnológica agropecuaria, a través de su constante desarrollo, es una primera forzante en esta transición. Necesaria pero no suficiente. La mayor parte de los recursos invertidos en investigación agropecuaria a nivel mundial, tanto pública como privada, apunta a la optimización de técnicas ya existentes con el objetivo de lograr mayores eficiencias, y en algunos casos también eco-eficiencias (figura 2). La eco-eficiencia es un concepto acuñado durante la cumbre de Río de 1992 para referirse a la idea de 'más con menos', a la noción de que es posible crear más valor con menos impacto. En el campo agropecuario esto se tradujo en la idea de más producción con menos impacto ambiental, o bien más producción con menos insumos externos. En esta optimización de técnicas existentes se inscriben tecnologías tales como la agricultura de precisión, los fertilizantes de liberación lenta, los pesticidas de bajo impacto ambiental, etc., todas ellas tendientes a mejorar la eficiencia de los procesos productivos, pero sin modificarlos.

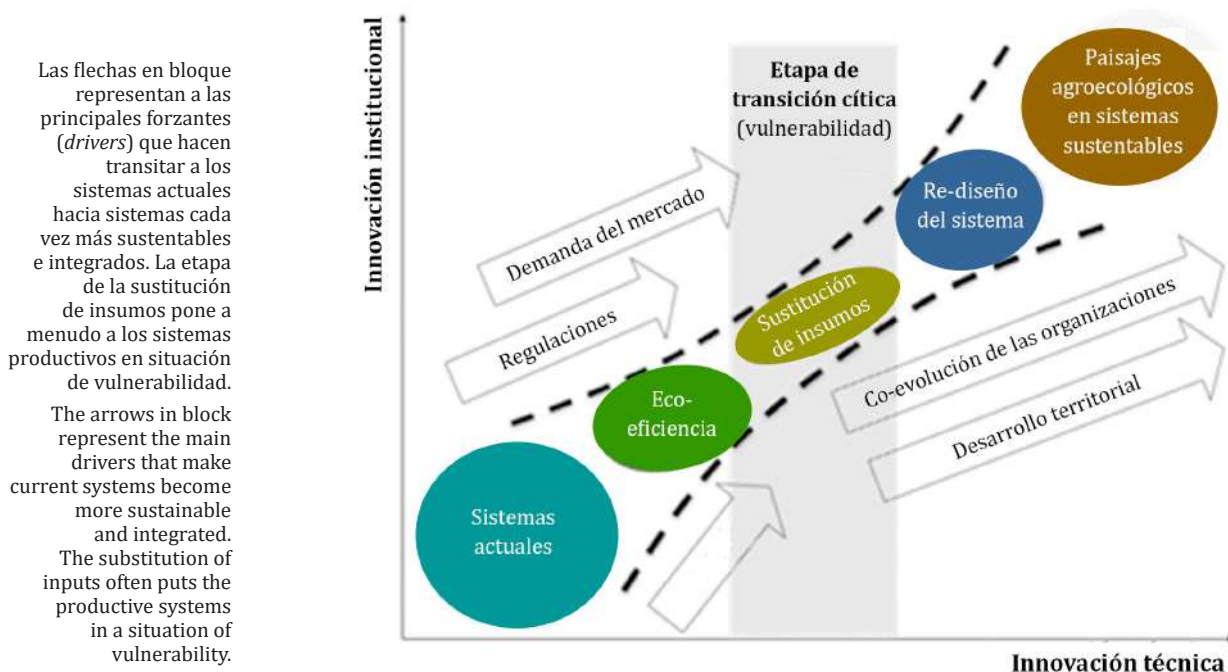


Figura 2. La transición agroecológica como resultado de la interrelación entre innovaciones técnicas e institucionales (adaptado de Tittonell, 2014).

Figure 2. The agroecological transition as a result of the interrelation between technical and institutional innovations (adapted from Tittonell, 2014).

La transición desde la etapa de la eco-eficiencia a la de sustitución de insumos puede ser impulsada por diferentes forzantes, entre las que se destacan dos: las regulaciones y las demandas de los consumidores (figura 2, pág. 236). Las regulaciones suelen apuntar a generar cambios en el régimen socio-técnico vigente; aunque en algunos casos tales cambios sean el resultado de impactos indirectos. Las regulaciones pueden ser tanto públicas, como por ejemplo las leyes de prohibición del uso de agroquímicos en torno a las ciudades, o privadas, sectoriales o de mercado, tales como los sellos de certificación de los alimentos, por ejemplo orgánica. Cambios en la demanda de los consumidores, por productos más saludables e inocuos, libres de pesticidas, con identidad cultural o de proximidad, constituyen otra forzante para la transición hacia la sustitución de insumos. Esta última se define como el reemplazo de insumos de síntesis y/o de elevada toxicidad por insumos biológicos o minerales generalmente aceptados en las normas de certificación orgánica. El reemplazo de unos insumos por otros, sin embargo, no implica necesariamente cambios en la configuración del sistema productivo.

Muchos de los productores que abandonan la transición, lo hacen en la etapa de sustitución de insumos, que puede ser descripta como una zona de la transición crítica, de elevada vulnerabilidad económica y productiva. Sucede que, como la configuración del sistema productivo no ha sido modificada a través del rediseño (ej: persiste el monocultivo), la efectividad de los insumos orgánicos se ve tarde o temprano superada. La transición hacia el rediseño del sistema productivo es tal vez la etapa que más desafíos presenta al productor, y es por ello que muchos abandonan en el camino. El rediseño constituye una etapa que el productor rara vez puede afrontar de manera individual. Esta transición requiere de una co-evolución de las organizaciones que acompañen al rediseño, a la co-innovación y a las nuevas cadenas de valor, y de políticas de desarrollo territorial que apoyen y promuevan estos cambios (figura 2, pág. 236). Además, muchos de los procesos biológicos sobre los cuales descansa la agroecología operan a escala de paisaje, superando en muchos casos los límites físicos del predio productivo, y requiriendo del trabajo conjunto entre predios adyacentes o cercanos (29). Esto último también podría decirse respecto de los procesos de comercialización y de agregado de valor. Una tal organización a escala de paisaje o territorio, es difícil de lograr sin acudir a la innovación institucional.

LA TRANSICIÓN COMO UNA RESTAURACIÓN DE LAS FUNCIONES DEL ECOSISTEMA

La transición agroecológica puede ser descripta también como una restauración de las múltiples funciones del ecosistema (figura 3, pág. 238). Una configuración del sistema tal que se condiga con una alta especialización productiva, conlleva necesariamente a una pérdida de otras funciones. Por ejemplo, la uniformización de los paisajes productivos en el espacio y en el tiempo suele derivar en una pérdida de la capacidad del ecosistema para proveer servicios ecosistémicos como la captación, almacenaje y depuración del agua, el control biológico de plagas, el secuestro de carbono, la provisión de hábitats para las especies silvestres, el valor cultural y recreacional del paisaje, la generación local de empleo, etc. Esta pérdida de las múltiples funciones del paisaje agropecuario es a menudo presentada como un compromiso, o *trade-off*, al que es necesario arribar para poder "*producir alimentos para la humanidad e ingresos económicos para el productor*". Esta afirmación, aunque muy utilizada y difundida, carece de sustento. O, al menos, no puede ser utilizada como una excusa para degradar los recursos y el ambiente. La disponibilidad de alimentos a nivel mundial se mide utilizando como proxy a la producción de cereales (arroz, maíz, trigo), debido a que estos representan el 80% de las calorías ingeridas por los humanos. La contribución argentina -un país productor importante- a la producción mundial de cereales ronda el 3% (FAO Stat). Es decir, si la Argentina dejara de producir cereales, o bien duplicara su producción, el impacto sobre la alimentación mundial en ambos casos sería mínimo.

A partir de este estado degradado, exclusivamente productivo del ecosistema, indicado como estado *C* en la figura 3, la transición agroecológica implica una restauración gradual de sus funciones a través de la recuperación de sus propiedades estructurales (biodiversidad funcional). Esta óptica es la que se utiliza, por ejemplo, en el enfoque de los modelos

de estados y transiciones utilizado en ecología, y descansa sobre el principio de las relaciones estructura-función de la teoría de sistemas. El estado transicional *B* en la figura 3 es altamente inestable por cuanto tiende a *C*, debido a que es más fácil mantener el *statu quo* degradado, o bien regresar a este si los intentos fallan, que invertir trabajo, conocimientos y recursos materiales para arribar al estado *A*, o de elevada independencia y autogestión, compatible con la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. Desde luego que en este modelo simplificado no se tiene en cuenta que, en la realidad, podrían distinguirse muchos sub-estados *B*, algunos de los cuales podrían ser altamente satisfactorios desde los puntos de vista ambiental, social y económico.

El estado *A* presenta una relativamente amplia base de estabilidad, para un rango importante de calidad estructural del ecosistema (figura 3). En otras palabras, el sistema en este estado es capaz de absorber disturbios y degradación sin pérdida de funciones, hasta un umbral crítico de degradación estructural, más allá del cual la pérdida de funciones se acelera. Lo mismo podría decirse del estado *C*, ya que puede ser a veces necesario invertir bastante esfuerzo en restaurar el sistema antes de que este comience lentamente a transitar hacia la multifuncionalidad. Los modelos de estados y transiciones han sido muy utilizados en el estudio de la dinámica de degradación/restauración del ecosistema por intervención antrópica, y permiten generar sistemas de referencia para el monitoreo y la evaluación de los recursos naturales. Su aplicación práctica al estudio de la transición agroecológica aparece como muy prometedora.

La dinámica del ecosistema puede ser representada también a través de lo que se conoce en ecología como paisajes de estabilidad, que describen la trayectoria de los sistemas entre diferentes regímenes (figura 4, pág. 239). De acuerdo con esta teoría el sistema puede encontrarse oscilando entre múltiples estados dentro de un determinado régimen.

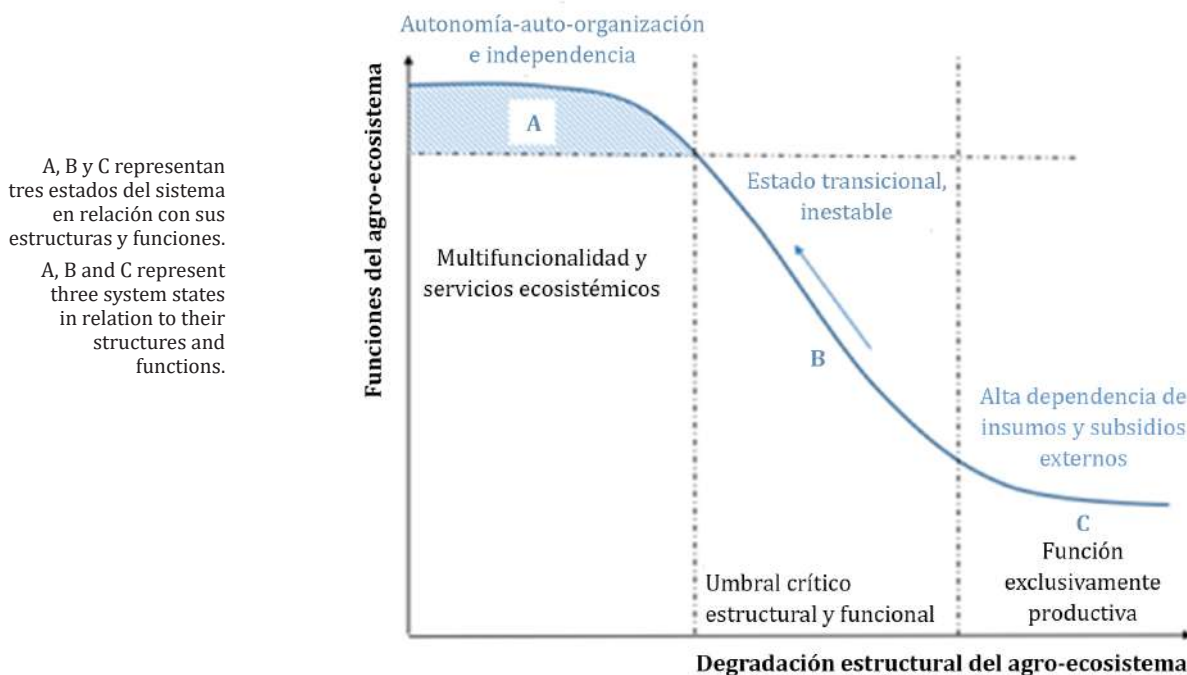
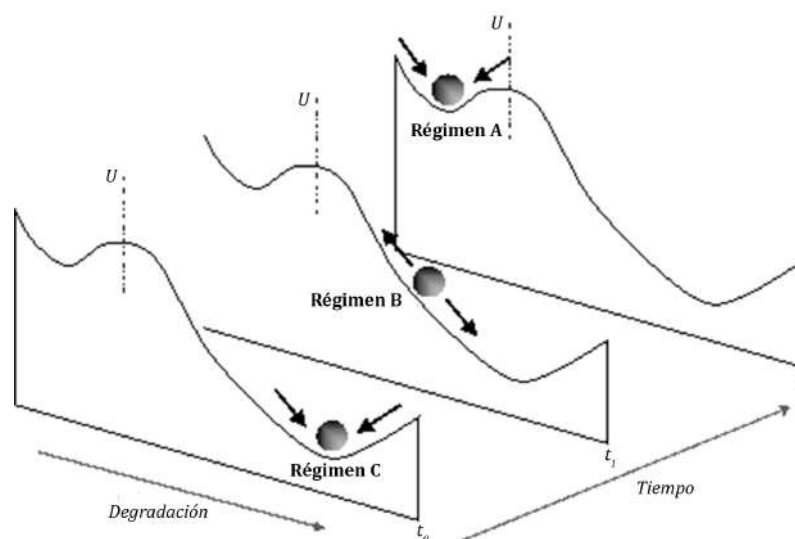


Figura 3. Representación de la transición agroecológica como una restauración de las funciones del ecosistema, a partir de un estado degradado, exclusivamente productivo, hacia un estado multifuncional capaz de proveer diversos servicios ecosistémicos para la humanidad.

Figure 3. Representation of the agroecological transition as a restoration of ecosystem functions, from a degraded, exclusively productive state, to a multifunctional state capable of providing various ecosystem services for the Humanity.

Es decir, no existe una sola configuración posible del sistema (estado) para que este permanezca dentro de un determinado régimen, sino un conjunto de configuraciones estructurales posibles, todas las cuales derivan en resultados similares o comparables (30). Los regímenes representados como valles en la figura 4 corresponden a 'cuencas de atracción' (*attractors*) que confieren cierta estabilidad una vez que el sistema se encuentra en ellas, y de las cuales resulta difícil desplazar al sistema. En la figura 4, tanto el régimen multifuncional *A* como el régimen especializado *C* representan cuencas de atracción. Para desplazar al sistema del régimen *A* es necesario atravesar un umbral de degradación estructural y funcional *U*. El régimen *B* es transicional, y si se lo dejara sin intervención tendería a *C*.

Esta forma de conceptualizar las trayectorias de los ecosistemas, incluyendo la transición agroecológica, permite reflexionar sobre posibles estrategias para el diseño de la transición, conceptualizar el impacto de las políticas públicas, de los mercados, de las condiciones de contexto socioeconómicas y biofísicas en las cuales opera el sistema, etc. (30). Por ejemplo, ciertas políticas públicas pueden permitir que la cuenca de atracción hacia un régimen agroecológico sea más amplia, y/o más profunda. Otras políticas podrían actuar sobre la pendiente del régimen transicional *B*, o bien generar nuevas cuencas de atracción intermedias entre *A* y *C*, etcétera.



El sistema en cuestión es representado por una bola que se desplaza por un paisaje que incluye valles, pendientes y cimas. Cada uno de los regímenes (*A*, *B* y *C*) se corresponden aproximadamente con los tres estados representados en la figura 2 (pág. 236), excepto que en el caso de los regímenes, estos pueden albergar más de un estado del sistema. El régimen *C* corresponde a un conjunto de configuraciones del sistema exclusivamente productivas, simplificadas y altamente dependientes de insumos y subsidios externos. El régimen *A* corresponde a un conjunto de configuraciones diversificadas, multifuncionales, independientes y autogestionadas. Tanto *A* como *C* son regímenes auto-reforzantes. El régimen *B* corresponde a la transición entre *C* y *A* y es una etapa de elevada inestabilidad (figura 1, pág. 235), donde el sistema tiende naturalmente a regresar a *C*. Para llegar al régimen *A* el sistema debe sortear el umbral crítico *U*, que es estructural y funcional, representado por la cima de paisaje.

The system is represented by a ball moving through a landscape that includes valleys, slopes and peaks. Each of the regimes (*A*, *B* and *C*) corresponds roughly to the three states represented in figure 2 (page 236), except that in the case of the regimes, they may contain more than one state of the system. The *C* regime corresponds to a set of system configurations exclusively productive, simplified and highly dependent on external inputs and subsidies. The *A* system corresponds to a set of diversified, multifunctional, independent and self-managed configurations. Both *A* and *C* are self-reinforcing regimes. The *B* regime corresponds to the transition between *C* and *A* and is a stage of high instability (figure 1, page 235), where the system naturally tends to return to *C*. In order to reach the regime *A*, the system must circumvent the critical threshold *U*, which is structural and functional, represented by the top of landscape.

Figura 4. Representación de la transición agroecológica (de t_0 a t_2) a través del concepto de paisajes de estabilidad.

Figure 4. Representation of the agroecological transition (from t_0 to t_2) through the concept of landscapes of stability.

En la actualidad, la mayor parte de las políticas del agro a nivel internacional tienden a favorecer y estabilizar regímenes de tipo *C*. Políticas a nivel municipal, como los edictos y ordenanzas que intentan regular o bien prohíben la aplicación de agroquímicos en torno a las zonas urbanas en la Argentina, y que con buenas intenciones promueven la agroecología, no siempre contemplan que el régimen transicional *B* que los productores deben transitar puede ser muy abrupto, lo cual requiere también de políticas y/o medidas de fomento que favorezcan esta transición. La ausencia de medidas de apoyo para la transición nos podría dejar sin productores periurbanos, por ejemplo.

LA TRANSICIÓN COMO UN INCREMENTO DE LA RESILIENCIA SOCIO-ECOLÓGICA

Independientemente del modelo considerado para describir la dinámica de la transición, de estados y transiciones (figura 3, pág. 238) o de regímenes alternativos (figura 4, pág. 239), la capacidad de un sistema para desplazarse de una situación indeseada, o de mantenerse en una situación deseada, es descripta como la resiliencia del socio-ecosistema. Existen muchas definiciones de resiliencia. Se habla de resiliencia específica (resiliencia de qué variable, frente a qué factor específico de disturbio) y de resiliencia general, y esta última en el caso de los socio-ecosistemas podría definirse como su capacidad de auto-organizarse adaptativamente para preservar sus atributos esenciales luego de una perturbación. Los sistemas socio-ecológicos son sistemas complejos, dinámicos y adaptativos caracterizados por interacciones entre los subsistemas social y ecológico, a menudo descriptas como *feedbacks*, que tienen lugar a múltiples escalas espacio-temporales interconectadas. Se los puede caracterizar a través de patrones y procesos tanto sociales como ecológicos, que responden a estímulos del contexto político, económico y biofísico que los contiene.

La resiliencia del sistema socio-ecológico ha sido y es objeto de estudio de diferentes grupos de trabajo alrededor de mundo, y se han propuesto diferentes marcos conceptuales para hacer operativo -poder medir, evaluar, analizar -este concepto. Uno de los más completos y que reviste un carácter interdisciplinario es el propuesto por Cabell y Oelofse (2012), que consiste en unos nueve atributos o propiedades que apuntan a caracterizar la resiliencia y la adaptabilidad de un socio-ecosistema (tabla 1, pág. 241). La transición agroecológica, bajo esta óptica, puede verse como la suma de los cambios graduales en el socio-ecosistema que permitirían ir mejorando su performance en términos de estos nueve atributos, y así contribuir a una mayor resiliencia y adaptabilidad del mismo (figura 5, pág. 241). Desde luego que muchos de estos atributos suelen estar estrechamente correlacionados, como la redundancia funcional y la diversidad de respuestas, o la organización social y su autonomía. Si bien la figura 5 (pág. 241) ilustra una mejora gradual en todos los atributos simultáneamente, en la realidad pueden existir compromisos o *trade-offs* entre atributos, al menos por un período de tiempo determinado. Por ejemplo, la construcción de capital natural podría ocurrir inicialmente en detrimento de la diversidad de respuestas o de la autorregulación ecológica, como es el caso cuando se realizan movimientos de suelo o se construyen infraestructuras para la captación y el almacenamiento del agua.

LA TRANSICIÓN EN EL DISEÑO Y EL MANEJO DEL SISTEMA AGRO-PRODUCTIVO

Sea cual fuere el modelo utilizado para estudiarla, la transición agroecológica siempre comienza a escala de predio productivo por un cambio en las prácticas de manejo. Idealmente, la transición debería comenzar por el rediseño del agroecosistema, seguido por el cambio en las prácticas de manejo. Sin embargo, la mayor parte de los productores encuentran más difícil rediseñar el sistema que adoptar gradualmente nuevas prácticas. Este es especialmente el caso cuando se trabaja con productores convencionales, con intenciones firmes de hacer sus sistemas cada vez más sostenibles, pero con extrema cautela por aversión al riesgo. Por ejemplo, en mi propia experiencia de trabajo con productores agrícolas en transición, o con intenciones de mejorar la sostenibilidad de sus sistemas, a menudo he utilizado como guía para la transición el decálogo de principios que aparece reproducido en el decálogo. Se trata de 10 principios que los productores pueden ir

Tabla 1. Propiedades de los sistemas socio-ecológicos y su contribución a la resiliencia y adaptabilidad. Adaptado de Cabell y Oelofse (2012).

Table 1. Socio-ecological system properties, their contribution to resilience and adaptability. Adapted from Cabell y Oelofse (2012).

Propiedades o atributos	Contribución a la resiliencia y adaptabilidad del socio-ecosistema
Autorregulación ecológica	Mecanismos de retroalimentación estabilizantes provistos por servicios ecosistémicos que sustentan la recuperación ante eventos de 'shock' y de 'stress' y la adaptación a cambios internos y externos.
Diversidad y redundancia funcional	La diversidad funcional y la redundancia funcional de especies dentro de un grupo funcional (un conjunto de especies que realizan la misma función) amortiguan el stress y permiten la recuperación después del mismo.
Diversidad de respuestas	El rango de respuestas dentro de un grupo de funciones o entre elementos redundantes - contribuye al "efecto de seguro" y a la adaptación.
Heterogeneidad espacial y temporal	El mosaico de componentes paisajísticos manejados y no manejados, las diversas prácticas de cultivo, las rotaciones de cultivos, etc. sustentan la regeneración y amortiguan los shocks, proporcionan hábitats, etc.
Auto-organización social	La capacidad de los componentes sociales del socio-ecosistema de organizarse, formar sus propias instituciones basadas en sus necesidades y aspiraciones.
Construcción de capital natural	El uso responsable de los recursos locales fomenta un sistema de sustento rural compatible con su medio; esto crea un agroecosistema que recicla residuos, se sustenta sobre suelos sanos, conserva agua, etc.
Aprendizaje reflexivo y compartido	La capacidad de los individuos y las instituciones para aprender de las experiencias pasadas y de experimentar para anticipar el cambio y crear futuros deseables.
Autonomía e interdependencia local	Relativa independencia con respecto al control y las influencias de los factores exógenos (globales) y un alto nivel de cooperación entre individuos e instituciones a nivel local.
Conocimientos tradicionales	La configuración actual y las trayectorias futuras de los sistemas son influenciadas e informadas por conocimientos y experiencias pasadas.

Los *shocks* son eventos puntuales, como un granizo, mientras que el stress es constante, recurrente, como la salinidad del agua, o las sequías frecuentes

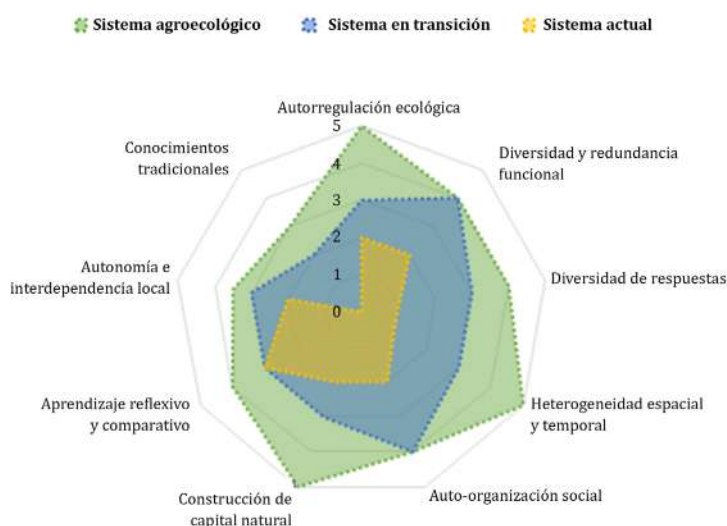


Figura 5. Ilustración del uso de los nueve atributos de resiliencia y adaptabilidad de los socio-ecosistemas (adaptado de Cabell y Oelofse, 2012) para representar (monitorear y evaluar) el proceso de transición agroecológica, a partir del sistema actual. Idealmente, la transición debería representar una mejora gradual en estos nueve atributos.

Figure 5. The use of the nine attributes of resilience and adaptability of socio-ecosystems (adapted from Bell and Oelofse, 2012) to represent (monitor and evaluate) the process of agroecological transition, from the current system. Ideally, the transition should represent a gradual improvement in these nine attributes.

adoptando gradualmente, amortiguando y diluyendo el riesgo en diferentes etapas. El riesgo en la adopción de nuevas técnicas de manejo está estrechamente ligado al proceso de aprendizaje asociado (5). La 'traducción' de estos principios en pautas de manejo prácticas adaptadas a cada zona y cada predio es parte de las actividades de talleres de trabajo participativos con productores y técnicos asesores. Lo interesante de este decálogo reside en su carácter genérico, que permite utilizarlo con productores de diferentes escalas, rubros, regiones y continentes.

El decálogo: principios para la transición agroecológica en sistemas de cultivo

1- *Maximizar el número de especies cultivadas (o espontáneas deseables) en el espacio y en el tiempo, con el objetivo de mantener una alta diversidad genética y funcional (hábitats, enemigos naturales, antagonistas, disponibilidad de néctar, facilitación, complementariedad de nichos, etc.).*

2- *Captar la mayor cantidad de recursos posibles (radiación, agua, nutrientes) en el espacio y en el tiempo a través de la rotación de cultivos, y minimizar el tiempo en que el suelo permanece desnudo o improductivo mediante cultivos de cobertura (gramíneas, leguminosas, crucíferas, etc.).*

3- *Aumentar de manera gradual la producción total de biomasa en el sistema, tanto aérea como subterránea, manteniendo altos niveles de cobertura del suelo (protección física), mayor inhibición de/y competencia contra las malezas, cantidades importantes de nutrientes en la fase vegetal del sistema, reducción de la evaporación improductiva, mayor infiltración del agua de lluvia, mayores aportes de materia orgánica al suelo (mulches + raíces) y mayor actividad biológica.*

4- *Optimizar el uso y la partición de los recursos (radiación, agua, nutrientes), reducir los riesgos y capitalizar las sinergias entre especies mediante policultivos (cultivos asociados, inter-cultivos) o cultivos poli-varietales pensados de manera estratégica, y adaptándolos a las condiciones de cada lote.*

5- *Planificar con horizontes temporales de largo plazo, respetando los planes y reduciendo en la medida de lo posible los impactos de las coyunturas de precios de insumos y productos.*

6- *Manejo integrado del balance de nutrientes, tomando en cuenta horizontes de tiempo superiores a una campaña agrícola, mejorando las relaciones asociativas de plantas con micro-organismos como micorrizas y fijadores simbióticos de nitrógeno a través de inoculaciones, mejoramiento de la materia orgánica del suelo y de su actividad biológica.*

7- *Disminuir progresivamente el uso de agroquímicos, comenzando por los más tóxicos, y utilizando responsablemente aquellos que aún se consideren necesarios, respetando las instrucciones para su manipulación, almacenamiento y manejo de envases, las condiciones óptimas de aplicación (que aumentan además su eficacia), las dosis y las zonas de no aplicación, respetando umbrales de daño (manejo integrado de plagas).*

8- *Evaluación y selección de cultivares (variedades, híbridos) de mejor comportamiento en nuestro sistema de cultivo, que se comporten bien en policultivos, atendiendo a diversos indicadores de performance productiva (no solo el rendimiento: rusticidad, biomasa, exploración radicular, ciclo, etc.).*

9- *De ser posible, integrar la producción de cultivos con la producción ganadera a través de flujos de biomasa y nutrientes entre ambos sistemas, rotación con pasturas, pastoreos de rastrojos para el control de malezas, compostaje y peleteado de residuos animales, introducción de especies forrajeras en las rotaciones y los inter-cultivos, etc.*

10- *Monitorear los impactos y los atributos ambientales del sistema a fin de, gradualmente, minimizar los primeros y maximizar los segundos.*

³ Si bien estos productores pueden ser parte de una comunidad, no es posible sin embargo hablar de agroecología a nivel comunitario, dado que la mayoría de las familias de la comunidad no se encuentran en transición agroecológica.

Uno de los desafíos metodológicos que presenta el estudio y seguimiento de la transición agroecológica en una determinada región es caracterizar tanto el punto de partida como las diferentes etapas de la transición. Esto es relativamente fácil cuando se trabaja con productores agroecológicos individuales, que representan casos aislados, en los cuales un productor o una familia se encuentran en transición, a veces muy avanzada, mientras que los vecinos que los rodean no lo están. En estos casos, que suelen ser la mayoría, no es posible hablar de agroecología a nivel de 'comunidad' como aparece muchas veces en la literatura internacional sobre el tema³.

Cuando existen esfuerzos reales para promover la transición agroecológica a nivel de comunidad, de territorio o de región, ya sea mediante proyectos de desarrollo o políticas públicas, es importante caracterizar el punto de partida agroecológico de la comunidad. En tales casos suelen aparecer al menos tres tipos de productores. Aquellos que se encuentran en transición agroecológica como resultado de una elección consciente y planificada; aquellos que no se encuentran en transición; y aquellos que se encuentran en etapas avanzadas de transición agroecológica, o que directamente emplean un planteo de manejo agroecológico, pero sin saberlo, o sin haber oído jamás hablar del término agroecología.

REFLEXIONES FINALES: LAS TRANSICIONES AGROECOLÓGICAS

La transición puede ser descripta como una secuencia de fases: de pre-desarrollo, despegue, irrupción y estabilización (*pre-development, take-off, break-through, stabilisation*, 25) que describen una trayectoria aproximadamente sigmoidea; tímida al principio, exponencial cuando irrumpe, y de saturación asintótica al estabilizarse. En el caso particular de la transición agroecológica, las etapas de despegue e irrupción aparecen favorecidas por la actividad de los movimientos y las organizaciones sociales, incluyendo a productores y consumidores, y por un apoyo creciente a partir de los organismos del estado ⁴. La etapa de estabilización, sin embargo, suele aparecer limitada por las condiciones de contexto, las tecnologías disponibles, las políticas públicas, las cadenas de valor convencionales y el sistema agroalimentario hegemónico. Esta limitante es a menudo descripta como un 'encerramiento' (*lock-in*) de la agroecología (36) que impide su anclaje al régimen socio-técnico vigente (figura 1, pág. 235).

Sin embargo, y como ha sido ampliamente discutido en el presente artículo, no se trata de una sola transición, sino de múltiples transiciones a diferentes niveles y escalas (4), y en diferentes dimensiones (figura 6, pág. 244). La transición técnico-productiva, a través de las etapas de optimización, substitución de insumos y rediseño (figura 2, pág. 236), es la que tiene lugar a nivel de subsistemas productivos, incluyendo las transiciones en términos de interacciones biológicas a nivel suelo/planta/animal. Esta transición está altamente asociada con los cambios en las prácticas de manejo, como se ilustró con el 'decálogo' de principios para la transición presentado en el decálogo. Ahora bien, muchos productores, aún sin saberlo, pueden exhibir grados avanzados de adopción de prácticas agroecológicas. De manera que el punto de partida para la transición agroecológica no es necesariamente siempre el modelo de producción industrial, ni se trata siempre de sistemas necesariamente degradados.

La transición que he denominado aquí 'socio-ecológica' es la que tiene lugar a nivel de la explotación y la familia rural, como también a escala de paisaje y territorio (figura 6, pág. 244). La transición socio-ecológica es la que confiere verdadera robustez y resiliencia al sistema (tabla 1 y figura 5, pág. 241) operando, entre otras cosas, sobre la estructura y funcionalidad del mismo (figura 3, pág. 238). Un aspecto importante que opera como fuerza impulsora de la transición socio-ecológica es la motivación, que puede ser coercitiva, generada por estímulos externos como las oportunidades de mercado, las regulaciones o la legislación, o bien intrínseca, asociada con las aspiraciones, objetivos y valores de las familias rurales, las comunidades o los productores individuales.

La transición político-institucional tiene lugar a escala territorial (7), pero también regional o nacional, y está fuertemente vinculada con la generación de situaciones conducentes para que tengan lugar los otros dos niveles de transición (figura 6, pág. 244). La transición político-institucional opera a partir de incentivos, oportunidades, regulaciones o 'reglas de juego' en general que pueden resultar de la implementación de políticas públicas diseñadas o no con tal fin, de las reglas que emergen los sectores de la distribución y el comercio (20), o bien de la acción colectiva de diversas organizaciones que representan y canalizan a las demandas sociales (24, 37). Sin olvidar, desde luego, el impacto que pueden tener sobre la transición la acción de los consumidores a partir de sus decisiones de consumo, especialmente cuando estas sean decisiones soberanas (33). La transición político-institucional es la que verdaderamente puede, en última instancia, propender a una verdadera transformación (figura 6, pág. 244), no solo de los sistemas productivos sino también del sistema agroalimentario en su conjunto (15).

⁴ Por ejemplo, en los últimos años, la agroecología ha ganado un espacio cada vez mayor en instituciones públicas tradicionales del sector tecnológico agropecuario como el INRA en Francia, la Universidad de Wageningen en Holanda, el INTA en Argentina, el EMRAPA en Brasil, etc.

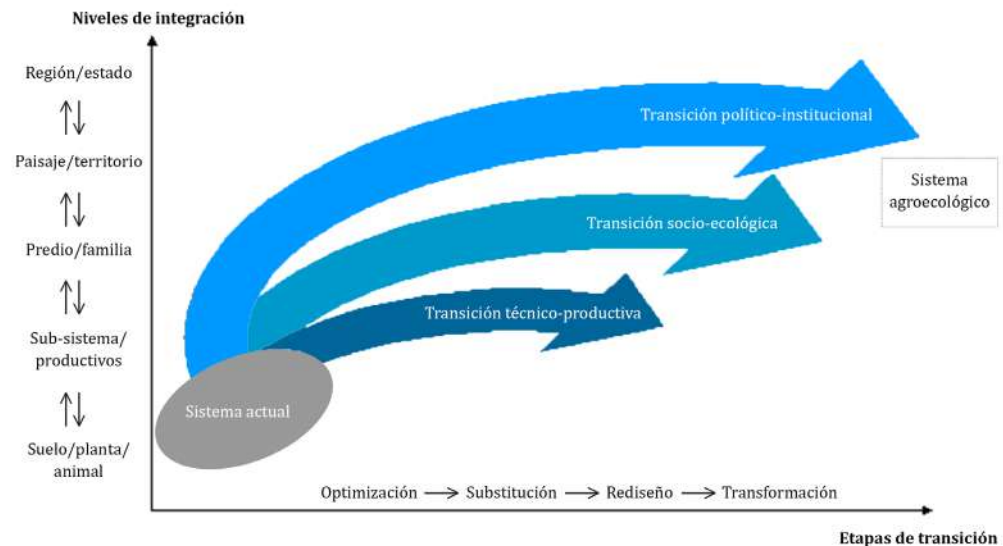


Figura 6. Representación gráfica de los múltiples niveles y etapas de la transición agroecológica a partir del sistema actual.

Figure 6. Representation of the multiple levels and stages of the agroecological transition from the current system.

La optimización, la sustitución de insumos, el rediseño y la transformación describen grados de avance en términos de transiciones agroecológicas, pero no implica que las mismas sean necesariamente secuenciales. Es decir, no es necesario pasar por la sustitución de insumos para llegar al rediseño, ni comenzar por la optimización de prácticas para estimular una transformación. Las transiciones agroecológicas pueden ser disruptivas, y en tales casos no ser transicionales, sino directamente transformacionales. En medio de tantos debates y posiciones encontradas en el seno de los movimientos agroecológicos, entre enfoques más ecológicos y/o productivos (3, 35) *versus* enfoques más sociales y políticos (6, 9, 33), el concepto de múltiples transiciones, a diferentes escalas y en diferentes dimensiones, permite visualizar con claridad que tales enfoques no deberían ser antagónicos. De hecho, ambas visiones deberían ser percibidas como complementarias, ambos enfoques como necesarios: en agroecología, no es posible pensar en transiciones ecológicas sin transiciones sociales, ni en transiciones productivas sin transiciones político-institucionales. En agroecología, la diversidad no es un obstáculo sino un atributo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agr Ecosyst Environ.* 93: 1-24.
2. Bijker, W. E. 1995. *Of bicycles, bakelites and bulbs: towards a theory of sociotechnical change.* The MIT Press. Cambridge, MA. London, England.
3. Bommarco, R.; Kleijn, D.; Potts, S. G. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends Ecol Evol.* 28:230-238.
4. Dalgaard, T.; Hutchings, N. J.; Porter, J. R. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 100: 39-51.
5. Dogliotti, S.; García, M. C.; Peluffo, S.; Dieste, J. P.; Pedemonte, A. J.; Bacigalupe, G. F.; Scarlato, M.; Alliaume, F.; Alvarez, J.; Chiappe, M.; Rossing, W. A. H. 2014. Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems.* 126 p.
6. Dumont, A. M.; Vanloqueren, G.; Stassart, P. M.; Baret, P. V. 2016. Clarifying the socioeconomic dimensions of agroecology: between principles and practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems.* 40(1): 24-47. DOI:10.1080/21683565.2015.1089967.
7. Duru, M.; Fares, M.; Therond, O. 2014. A conceptual framework for thinking now (and organizing tomorrow) the agroecological transition at the level of the territory. *Cah. Agric.* 23: 84-95.

8. Dussi, M. C.; Flores, L. B.; Barrionuevo, M. E. 2014. Agroecología y educación: Multidimensión en la comprensión de sistemas complejos en Patagonia. XVII Jornadas Nacionales de Extensión Rural y IX del Mercosur. El encuentro en la diversidad. Fac. de Cs. Agrarias-UNR- Zavalla-Santa Fe.
9. El Mujtar, V.; Muñoz, N.; Prack Mc Cormick, B.; Pulleman, M.; Tiftonell, P. 2019. Role and management of soil biodiversity for food security and nutrition; where do we stand? *Global Food Security*. 20: 132-144.
10. Elzen, B.; Barbier, M.; Cerf, M.; Grin, J. 2012. Stimulating transitions towards sustainable farming systems. In: I. Darnhofer, D. Gibbon, and B. Dedieu (eds.). *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-007-4503-2_19.
11. Geels, F. W. 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. *Research Policy*. 31: 257-1273.
12. Geels, F. W.; Hekkert, M. P.; Jacobsson, S. 2008. The dynamics of sustainable innovation journeys. *Tech Anal Strat Manag*. 20:521-536.
13. Giobellina, B. 2015. Observatorio O-AUPA: perspectivas de la agricultura urbana y periurbana en Córdoba. Beatriz Giobellina y Mario Gustavo Quinteros. Córdoba. Ediciones INTA. 96 p.
14. Gliessman, S.; Rosado-May, F.; Guadarrama-Zugasti, C.; Jedlicka, J.; Cohn, A.; Mendez, V.; Cohen, R.; Trujillo, L.; Bacon, C.; Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*. 16(1): 13-23.
15. Gliessman, S.; Tiftonell, P. 2015. Agroecology for food security and nutrition. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 39: 131-133.
16. Goulet, F. 2016. Faire science à part. Politiques d'inclusion sociale et recherché agronomique en Argentine. Dossier pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris-Est.
17. Grin, J. 2012. The politics of transition governance in Dutch agriculture. Conceptual understanding and implications for transition management. *International Journal of Sustainable Development*. 15: 72-89.
18. Hanson, H. C. 1939. Ecology in Agriculture. *Ecology*. 20(2): 111-117. DOI: 10.2307/1930733.
19. Jansen, K. 2015. The debate on food sovereignty theory: agrarian capitalism, dispossession and agroecology. *J. Peasant Stud*. 42: 213-232.
20. Macfadyen, S.; Jason, M.; Tylisanakis, D.; Letourneau, K.; Benton, T.; Tiftonell, P.; Perring, M.; Gómez-Creutzberg, C.; Báldi, A.; Holland, J.; Broadhurst, L.; Okabe, K.; Renwick, A.; Gemmill-Herren, B.; Smith, H. 2016. The role of food retailers in improving resilience in global food supply. *Global Food Security*. 7: 1-8. doi.org/10.1016/j.gfs.2016.01.001i.
21. Mäder, P.; Fliessbach, A.; Dubois, D.; Gunst, L.; Fried, P.; Niggli, U, 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*. 296: 1694-1697. doi:http://dx.doi.org/10.1126/science.1071148.
22. Marasas, M.; Blandi, M. L.; Dubrovsky Berenzstein, N.; Fernández, V. 2015. Transición agroecológica: características, criterios y estrategias. Dos casos emblemáticos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agroecología*. 10(1): 49-60.
23. Nelson, R. R.; Winter, S. G. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Belknap Press. Cambridge, MA.
24. Rosset, P. M.; Sosa, B.; Jaime, A.; Ávila Lozano, D. 2011. The campesino-to-campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *The Journal of Peasant Studies*. 38(1):161-191.
25. Rotmans, J. 2003. *Transitiemanagement, sleutel voor een duurzame samenleving [Transition management, key for a sustainable society]*. Assen: Van Gorcum.
26. Sevilla Guzmán, E. 2006. Agroecología y agricultura ecológica: Hacia una "re" construcción de la soberanía alimentaria. *Agroecología* 1: 7-18.
27. Silici, L. 2014. Agroecology: What it is and what it has to offer? IIED Issue Paper. IIED. London.
28. Suarez, F. F.; Oliva, R. 2005. Environmental change and organizational transformation. *Industrial and Corporate Change*. 14(6): 1017-1041.
29. Timmermann, C.; Félix, G. F.; Tiftonell, P. 2018. In press. Food sovereignty and consumer sovereignty: two antagonistic goals? *Agroecology and Sustainable Food Systems*. Available in: <http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2017.1359807>.
30. Tiftonell, P. 2014a. Ecological intensification-sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 8: 53-61.
31. Tiftonell, P. 2014b. Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agric. Syst*. 126: 3-14.
32. Tiftonell, P.; Scopel, E.; Andrieu, N.; Posthumus, H.; Mapfumo, P.; Corbeels, M.; van Halsema, G. E.; Lahmar, R.; Lugandu, S.; Rakotoarisoa, J.; Mtambanengwe, F.; Pound, B.; Chikowo, R.; Naudin, K.; Triomphe, B.; Mkomwa, S. 2012. Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. *Field Crop Res*. 1-7.
33. Tiftonell, P.; Klerkx, L.; Baudron, F.; Félix, G.; Ruggia, A.; van Apeldoorn, D.; Dogliotti, S.; Mapfumo, P.; Rossing, W. 2016. Ecological intensification: Local innovation to address global challenges. *Sustainable Agriculture Reviews*. 19: 1-34.

34. Toledo, V. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa. Revista de Agroecología*. 20(4): 16-19.
35. Tomich, T. P.; Brodt, S.; Ferris, H.; Galt, R.; Horwath, W. R.; Kebreab, E.; Leveau, J. H. J.; Liptzin, D.; Lubell, M.; Merel, P.; Michelsmore, R.; Rosenstock, T.; Scow, K.; Six, J.; Williams, N.; Yang, L. 2011. Agroecology: A Review from a global-change perspective. *Annu Rev Env Resour*. 36:193-222.
36. Vanloqueren, G.; Baret, P. V. 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Res Policy*. 38:971-983.
37. Wiskerke, J. S. C.; van der Ploeg, J. D. 2004. *Seeds of transition: essays on novelty production, niches and regimes in agriculture*. Van Gorcum, Assen.



ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina

Importance of flowers in field margins for insect communities in agroecological farms from Cordoba, Argentina

Josefina Rojas Rodriguez ¹, Maria Rosa Rossetti ^{1,2*}, Martín Videla ^{1,2}

Originales: *Recepción:* 30/06/2018 - *Aceptación:* 07/03/2019

RESUMEN

Los bordes de vegetación espontánea son considerados claves para sostener la biodiversidad en sistemas agroecológicos. Los insectos, involucrados en servicios ecosistémicos esenciales para la agricultura (polinización, control de plagas), frecuentemente utilizan recursos florales presentes en estos bordes. En este trabajo se evaluó la variación espacial y temporal de las comunidades de plantas con flores en bordes de huertas agroecológicas de Córdoba y la abundancia de insectos en función de la identidad taxonómica, la variación temporal, abundancia y origen (nativo vs exótico) de los recursos florales. Se realizaron muestreos quincenales en bordes de huertas agroecológicas, identificando las especies florales y sus insectos asociados. Se encontraron 57 especies de plantas en flor (41 nativas, 16 exóticas). Las variaciones temporales en abundancia y diversidad de flores no fueron significativas, mientras que la composición varió según los sitios. Se encontraron 9 órdenes de insectos y su abundancia fue mayor en especies florales que estuvieron en más muestreos siendo este incremento más pronunciado en especies exóticas. Estos resultados indican que los bordes de vegetación espontánea representan hábitats con alto valor de conservación siendo clave estudiar aspectos como fenología y diversidad funcional de flores e insectos para incrementar la provisión de servicios ecosistémicos en huertas agroecológicas.

Palabras clave

recursos florales • comunidades de insectos • diversidad vegetal • plantas nativas • prácticas agroecológicas

1 Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba. Argentina. Av. Vélez Sársfield 1611. X5016GCA. Córdoba. Argentina. rossettimariarosa@gmail.com
2 Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV). Av. Vélez Sársfield 1611. X5016GCA. Córdoba. Argentina.

ABSTRACT

Field margins are key factors for biodiversity conservation in agroecological farms. Insect communities are involved in crucial services such as pollination and biological control of pests and they can use floral resources in the margins. In this study we examine spatial and temporal variation of floral communities in margins of agroecological farms from Cordoba and insect abundance in function of taxonomic identity, temporal availability, local abundance and origin (native vs. exotic) of floral resources. We carried out two samplings per month during summer season in the field margins in which we identified floral species and insects on flowers. We registered 57 floral species (41 native and 16 exotic). Temporal variations in abundance and richness of flowers were not significant, while the composition varied according to the sites. Insects included 9 orders and their abundance increased with floral period of species and this increment was stronger for exotic plants. These results indicate that the borders of spontaneous vegetation represent habitats with a high conservation value, being key to study aspects such as phenology and functional diversity of flowers and insects to increase the provision of ecosystem services in agroecological farms.

Keywords

floral resources • insect communities • plant diversity • native plants • agroecological practices

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se caracteriza por la simplificación de los agroecosistemas y el reemplazo de funciones biológicas que naturalmente realizan diversas comunidades de organismos por insumos externos de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) y energía (6). Si bien esto ha permitido satisfacer la creciente demanda de alimentos de la población humana, los impactos negativos de la agricultura convencional sobre el ambiente han llevado a considerarla como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a escala global (3). Actualmente existe considerable consenso en la urgente necesidad de buscar y aplicar nuevas alternativas a los métodos agrícolas tradicionales que tengan mayor capacidad de cubrir las demandas alimenticias y protejan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los cuales depende la agricultura (10, 31). Ante esta situación se ha planteado que mediante modelos de intensificación ecológica, como la agroecología, es posible alcanzar o superar los niveles de producción de la agricultura convencional, reduciendo o anulando los impactos negativos sobre el ambiente (6, 10).

La agroecología puede ser definida como un conjunto de conceptos y principios ecológicos aplicables para el manejo de agroecosistemas sostenibles, donde los insumos externos se sustituyen por procesos naturales como la fertilidad natural del suelo y el control biológico (2). Los sistemas con manejo agroecológico se describen como sistemas complejos en los cuales las interacciones y los sinergismos entre sus componentes biológicos promueven los mecanismos para que los propios sistemas subsidien la fertilidad del suelo, su productividad, así también como la sanidad de los cultivos (3). Un principio clave de la agroecología para potenciar los procesos naturales es la diversificación de los sistemas agrícolas a través, por ejemplo, del aumento de la diversidad de cultivos, siembra de especies vegetales como recursos florales, manejo de la vegetación espontánea, etc. En este sentido, conservar las comunidades de plantas que crecen espontáneamente en los bordes de cultivos puede cumplir un importante rol en preservar una alta diversidad vegetal local y permitir la conservación de comunidades de organismos, como los insectos, que viven asociados a las plantas (13).

Los insectos son organismos de crucial importancia en sistemas agroecológicos ya que participan en la provisión de servicios ecosistémicos tales como el control de plagas, polinización y ciclado de nutrientes interviniendo de esta manera en la regulación del funcionamiento del ecosistema (3). Se ha observado que el aumento de la diversidad de plantas a escala de campo incrementa la cantidad y diversidad de recursos disponibles para los insectos, lo que consecuentemente se ve reflejado en mayores niveles de abundancia y diversidad de sus comunidades y de los servicios ecosistémicos que prestan (17, 24, 32).

Una de las razones que explican estas evidencias es que numerosas especies de insectos dependen en distinto grado de recursos azucarados (néctar) y polen para satisfacer sus requerimientos fisiológicos y reproductivos, los cuales son generalmente escasos en agroecosistemas (27). Es por esto que algunas de las estrategias de diversificación consisten en sembrar especies determinadas o una mezcla de plantas o conservar y manejar la vegetación espontánea de los bordes para aumentar la disponibilidad de recursos florales (4, 14, 22).

Sin embargo, el éxito en la aplicación de estas medidas de manejo puede depender de ciertas características de las plantas (20, 30). El incremento de especies florales en los bordes podría no necesariamente determinar un beneficio en las comunidades de insectos si las especies de plantas ofrecen flores durante un periodo temporal muy corto o se encuentran restringidas espacialmente. Plantas con cortos periodos de floración o con una distribución espacial limitada a pequeñas áreas como pueden ser especies más raras tendrán menor probabilidad de que sus flores sean encontradas y utilizadas por insectos. Por otra parte, los agroecosistemas son ambientes con alto porcentaje de especies exóticas y la abundancia de plantas nativas muchas veces es escasa (14). Las especies nativas, respecto de las exóticas, pueden ofrecer recursos alimenticios florales de mejor calidad y durante un periodo de tiempo más largo dado que se encuentran adaptadas a las condiciones climáticas locales (9, 14, 21). Sin embargo, varios trabajos sobre polinizadores sostienen que las especies exóticas pueden representar recursos más atractivos ya sea por las características morfológicas de sus flores, o por ofrecer mayor abundancia y disponibilidad de los recursos florales incidiendo de manera positiva sobre las poblaciones de insectos (5, 35).

Numerosos trabajos, a nivel mundial, han abordado el estudio de los bordes de vegetación espontánea como fuente de recursos florales para las comunidades de insectos, principalmente para polinizadores y enemigos naturales (ej. 19, 28, 32), sin embargo son escasos los estudios que consideran algunas de las características de las plantas como periodo de floración, distribución espacial, abundancia local y origen nativo vs. exótico de las plantas (19). En Argentina, a pesar de la creciente cantidad de productores, principalmente fruti-hortícolas, que desde hace varios años han abandonado la agricultura convencional para adoptar medidas de manejo más sustentables (15), no existen trabajos que estudien las comunidades de plantas con flor que crecen espontáneamente en los bordes y los insectos asociados en huertas agroecológicas. En el cinturón verde de Córdoba, donde se producen parte de los alimentos que se consumen en la ciudad, el número de huertas agroecológicas también se ha incrementado en los últimos años (11) destacando la urgente necesidad de desarrollar estudios que generen conocimientos acabados sobre las interacciones entre plantas e insectos con potencial aplicación en el manejo de estos sistemas.

Objetivo general

Analizar la disponibilidad de recursos florales y su importancia para la comunidad de insectos en los bordes de vegetación espontánea de huertas agroecológicas considerando distintas características de las plantas.

Objetivos específicos

Evaluar la abundancia, riqueza y composición de las comunidades de plantas con flores que crecen espontáneamente en los bordes y sus variaciones temporales y espaciales.

Analizar las variaciones en abundancia de los insectos en función de la identidad taxonómica de las flores, la variación temporal, la abundancia local y el origen (nativo vs exótico) de las especies vegetales.

Hipótesis

Se registrará una mayor abundancia de insectos a medida que aumenta la abundancia local de las flores y en especies con periodos de floración más largos, ya que serán recursos más disponibles en el espacio y en el tiempo y por lo tanto con mayor probabilidad de ser encontrados por los insectos. A su vez, las especies nativas, adaptadas a las condiciones climáticas locales, podrán ofrecer recursos de mejor calidad y por lo tanto registrarán mayor abundancia de insectos en sus flores (14, 21).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un área destinada a la producción frutihortícola, denominada cinturón verde, de la ciudad de Córdoba, Argentina, caracterizada por poseer un clima templado subtropical húmedo con precipitaciones predominando en la estación estival (1).

Se seleccionaron 5 huertas agroecológicas (31°18' a 31°32' S, 64°05' a 64°10' W) con dimensiones que variaron entre 2,5 y 8 hectáreas, separadas entre sí por un mínimo de 1,3 km y un máximo de 22,67 km. La selección de los sitios se llevó a cabo considerando como criterios que las huertas produjeran vegetales para la comercialización y que utilizaran prácticas de manejo amigables con el medio ambiente. Dichas prácticas comprenden: reducida o nula utilización de insumos sintéticos como insecticidas, herbicidas y fertilizantes, uso de compuestos botánicos para el control de plagas (por ej. extractos de *Melia azedarach*), alta diversidad de cultivos (papa, espinaca, rúcula, zapallo, lechuga, etc.), rotación anual de los mismos y mantenimiento de la vegetación espontánea en los bordes de las huertas conservando así alta diversidad vegetal.

Muestreo de flores e insectos

Se realizaron 6 muestreos quincenales en cada huerta entre el 29/12/2015 al 21/03/2016. En cada huerta agroecológica y fecha de muestreo se dispusieron, de manera sistemática, 20 cuadratas de 1m² (5 cuadratas/lado del campo) separadas entre sí por al menos 20 m, donde se realizó la colecta y observación de insectos. En cada cuadrata se cuantificó el número de flores por especie de planta y se registraron todos los insectos que visitaron las flores durante 5 minutos de observación. Las observaciones fueron llevadas a cabo por un observador que permaneció inmóvil frente a cada cuadrata a 1 m de distancia para minimizar cualquier alteración y se efectuaron en días soleados, con vientos leves o moderados y en el horario de mayor actividad de los insectos (entre las 9:00 h y las 18:00h). Siempre que fue posible se capturaron los insectos registrados durante las observaciones mediante vasos plásticos evitando el contacto con las flores y minimizando la posible alteración de las mismas. Esta metodología es una de las usualmente utilizadas en trabajos ecológicos para estudiar las comunidades de visitantes florales (ej. 20, 22). Al finalizar el tiempo de observación de visitas se colectaron flores (máx.10 flores por especie vegetal por cuadrata) en vasos plásticos para capturar los insectos pequeños u ocultos. Para las especies con inflorescencias fuertemente agrupadas (ej: familia Asteraceae) se consideraron a las inflorescencias como flores únicas teniendo en cuenta la dificultad de contar de manera eficiente el número total de flores (35). Todos los artrópodos fueron identificados y clasificados hasta el nivel de orden utilizando claves de identificación (7). La identificación de las especies de plantas se realizó bajo la supervisión del Dr. Lucas Carbone, especialista en taxonomía de plantas.

Análisis de datos

Para analizar la variación de la abundancia y riqueza de recursos florales a lo largo de la temporada de muestreo se realizaron modelos lineales mixtos (37) en los cuales la abundancia y riqueza de flores (totales por sitio) fueron las variables respuesta y se incorporó el número de muestreo como variable explicativa. Además, se consideró sitio como factor aleatorio para contemplar la dependencia espacial entre los muestreos de un mismo sitio. Para evaluar la variación temporal y espacial de la composición de las comunidades de plantas se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) (16) basado en una matriz de distancia Euclidiana de la riqueza y abundancia de las especies de flores por campo y fecha de muestro.

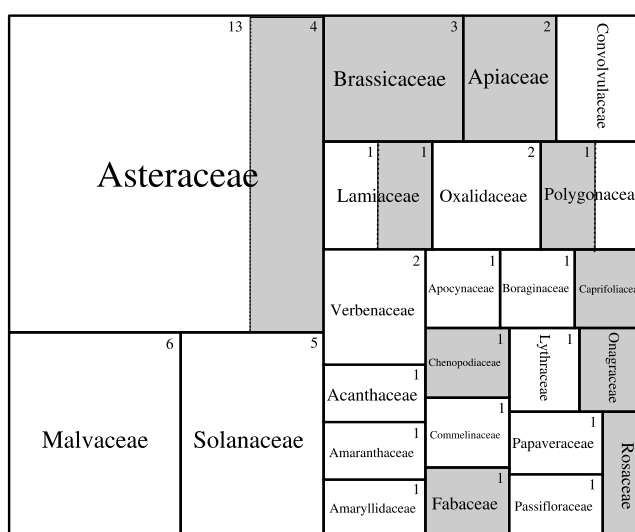
Se realizaron modelos lineales generales para examinar si la duración del periodo floral, la abundancia de flores y el origen (nativo vs. exótico) de las especies vegetales en flor influyen sobre la abundancia de insectos que las visitan (variable respuesta). La duración del periodo floral fue calculada como el número de muestreos en los cuales la especie se encontró en floración en al menos un sitio, los valores más bajos en el número de muestreos indican periodos de floración más cortos (mínimo 1, máximo 6). La abundancia de flores fue calculada como la suma total de flores de cada especie vegetal promediada por sitio y

muestreo. Las plantas se clasificaron en especies nativas y exóticas según bibliografía (28) y registros de flora (<http://www.floraargentina.edu.ar/>). Para examinar y evitar potencial colinealidad entre las variables explicativas se efectuaron correlaciones simples entre todas las variables explicativas continuas para las que no se detectó colinealidad (coeficientes de correlación de Pearson < 0,1 en todos los casos). El modelo entonces incorporó todas las variables explicativas: núm. de muestreos, abundancia de flores, origen nativo vs. exótico y las interacciones origen*núm. de muestreos y origen*abundancia de flores. La abundancia de insectos fue calculada como el número de insectos por sitio y muestreo para cada especie vegetal en floración. La simplificación del modelo se realizó mediante remoción de términos no significativos que fueron obtenidos a través de la comparación con ANOVA entre modelos. Todos los análisis y gráficos se llevaron a cabo en R, versión 3.5.0 (26).

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de flores en los bordes de vegetación espontánea

Un total de 57 especies de plantas con flores se registraron en los bordes de vegetación espontánea que pertenecieron a 24 familias taxonómicas (figura 1). La familia Asteraceae fue la más representativa con 17 especies a la cual le siguió Malvaceae con 6 especies en flor. La mayor parte de la comunidad vegetal con flores estuvo representada por plantas nativas, con 41 especies, y en menor proporción por plantas exóticas, con 16 especies. Solo 11 especies de plantas presentaron flores a lo largo de toda la temporada estival, es decir, se registraron en flor en los 6 muestreos, mientras que 23 especies vegetales mostraron un periodo de floración restringido a un único muestreo.



El tamaño del cuadro es proporcional al número de especies florales de cada familia (valor ubicado en el margen superior derecho). El color representa el origen nativo (blanco) y exótico (gris) de las especies en cada familia.

Size of frame represents the proportional number of species included in each family (indicated in the upper right corner). Colour represents native (white) and exotic (grey) origin of floral species included in each family.

Figura 1. Familias taxonómicas (24) que agruparon a las 57 especies con flor de los bordes de vegetación espontánea en huertas agroecológicas.

Figure 1. Taxonomic families (24) including 57 floral species in field margins of agroecological farms.

El número total de flores por sitio varió entre 84 y 441 flores sumando todas las especies vegetales. Los muestreos 4 (11 al 22 de febrero) y 5 (1 al 3 de marzo) registraron el mayor número de flores (figura 2A) aunque las diferencias entre muestreos no fueron estadísticamente significativas ($F=1,18$; $gl=5,20$; $P=0,353$). El número de especies florales por sitio varió entre 6 y 19 alcanzando la mayor riqueza de flores en el primer (29/12 al 08/01) y cuarto muestreo (figura 2B) aunque tampoco estas diferencias fueron significativas ($F=0,49$; $gl=5,20$; $P=0,773$). El análisis de componentes principales mostró que el primer y segundo componentes extraídos del análisis explicaron el 45,26% y el 31,27% de la variación en la comunidad de plantas con flor respectivamente. Esta variación fue explicada principalmente por la variabilidad entre sitios, mientras que no se observaron claros agrupamientos de acuerdo con las fechas de muestreos (figura 3, pág. 255).

Comunidades de insectos en las flores y su respuesta a las características de las especies florales

Se registraron en total 5805 insectos sobre las flores, agrupados en 9 órdenes diferentes, de los cuales Hemiptera y Thysanoptera fueron los órdenes más abundantes (figura 4, pág. 255). La mayoría de los insectos (75%) fueron colectados en solo 10 especies de plantas, siendo *Foeniculum vulgare* (Apiaceae) la especie en la cual se observó un mayor número de visitantes florales, alcanzando el 26% de los insectos registrados.

La abundancia de insectos en las distintas plantas (relativizadas por el número de sitios y muestreos) aumentó significativamente con el número de muestreos donde las especies florales estuvieron presentes ($F=24,29$; $gl=1,53$; $P<0,001$) dependiendo del origen nativo vs. exótico de las plantas (interacción significativa núm. muestreos x origen; $F= 5,5$; $gl=1,53$; $P=0,022$) (figura 5, pág. 256). El incremento en la abundancia total de insectos con el número de muestreos en los que se registró cada especie en flor fue más pronunciado para las especies exóticas que para las nativas (figura 5, pág. 256). En la simplificación de los términos del modelo la abundancia local de las flores y su interacción con el origen fueron removidas como variables explicativas (ANOVA comparación de modelos $P> 0,05$).

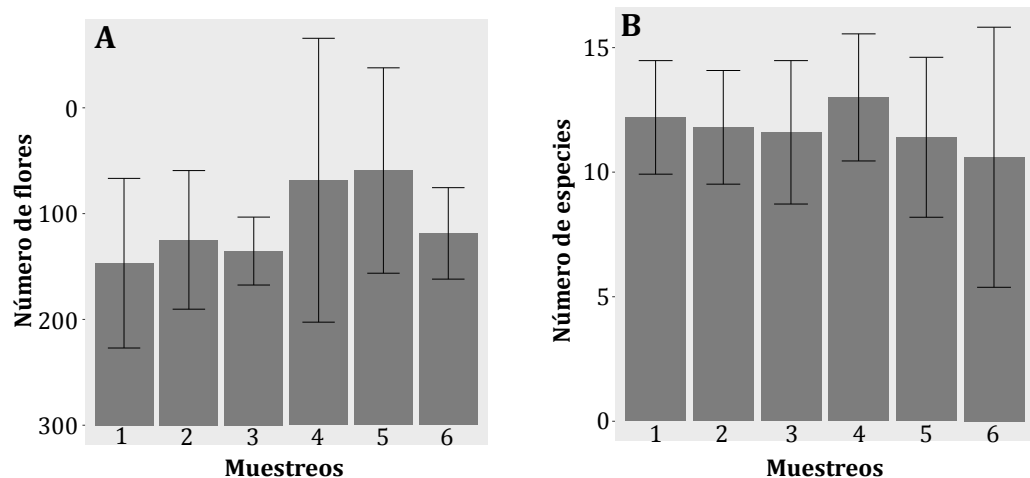
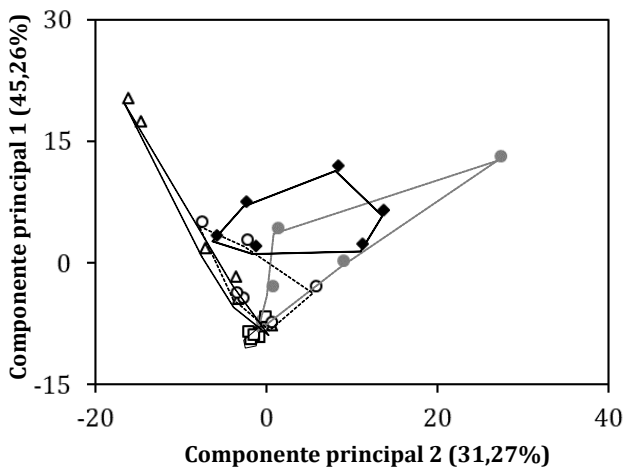


Figura 2. Número total de flores (A) y de especies florales (B) en seis muestreos a lo largo de la temporada estival (desde el 29/12/15 al 21/03/16). Cada valor representa el promedio de los cinco sitios (\pm desvío estándar).

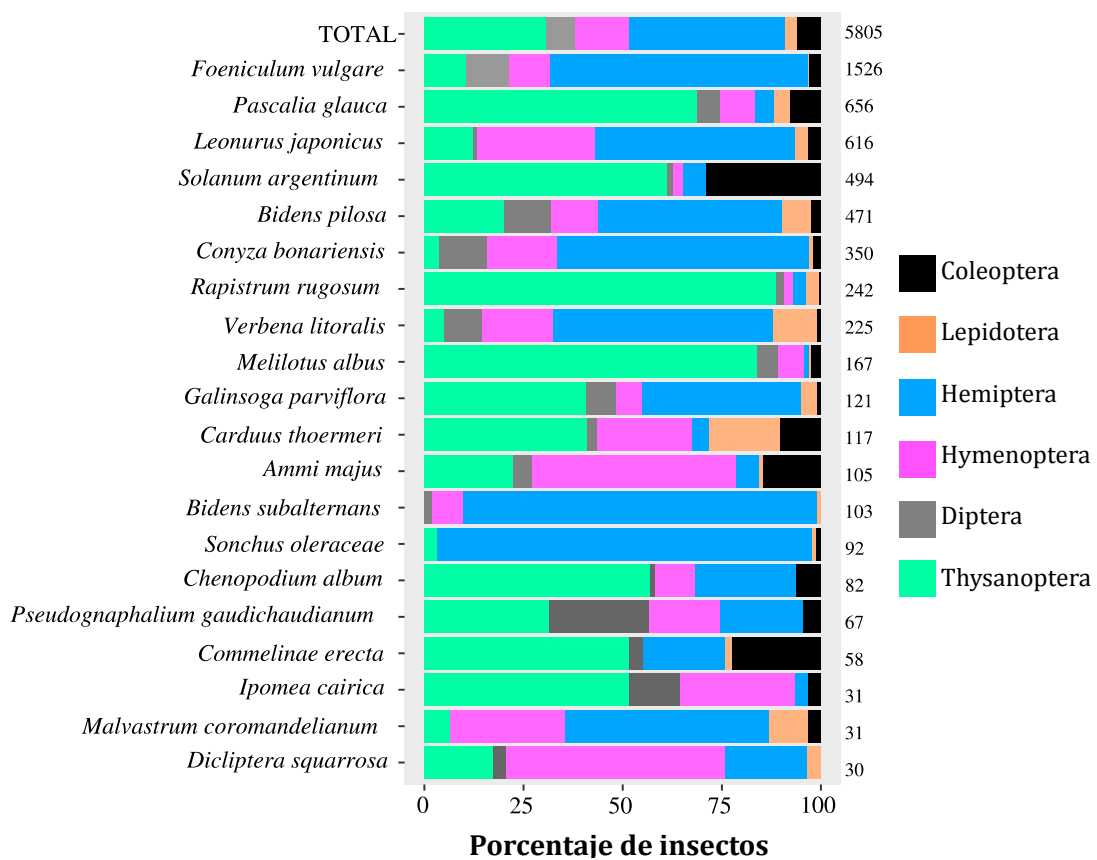
Figure 2. Total number of flowers (A) and floral species richness (B) in the six samplings during the summer season (from 29/12/15 to 21/03/16). Each value represents the average of five sites (\pm standard deviation).



Los cinco polígonos corresponden a las cinco huertas agroecológicas uniendo los seis muestreos realizados en cada huerta. Entre paréntesis se indica el porcentaje de la variabilidad explicada por los dos primeros componentes principales.
 Five polygons correspond to the five farms connecting the six samplings per farm. Explained variance (%) by the two first components is indicated in parentheses.

Figura 3. Biplot del Análisis de Componentes Principales de la comunidad de especies vegetales con flor.

Figure 3. Biplot of Principal Components Analysis of floral species communities.

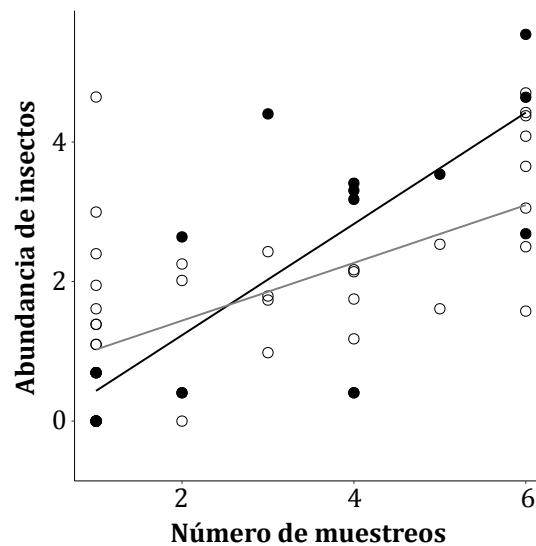


A la derecha de cada barra se detalla el número total de insectos colectados en cada especie vegetal. Los colores de las barras corresponden a los seis órdenes de insectos más abundantes y su tamaño indica la contribución relativa de cada orden en términos de abundancia de insectos. Los tres órdenes excluidos del gráfico fueron Neuroptera (1 individuo), Blattodea (3 individuos) y Orthoptera (6 individuos).

Values to the right of bars indicate the total number of insects in each floral species. The colours correspond to the six orders most abundant and their size represents the relative contribution of each order to the total abundance. This figure excluded the following orders: Neuroptera (1 individual), Blattodea (3 individuals) and Orthoptera (6 individuals).

Figura 4. Distribución de insectos en las 20 especies de plantas con mayor abundancia de insectos sobre sus flores en huertas agroecológicas de Córdoba.

Figure 4. Insect distribution in the 20 floral species with the highest insect abundance in the agroecological farms from Córdoba.



Cada punto representa cada una de las 57 especies de plantas con flor registradas en los bordes de huertas agroecológicas.

Each point corresponds to each one of the 57 floral species registered in the agroecological farms.

Figura 5. Abundancia de insectos por sitio y muestreo en función del número de muestreos en los cuales las especies florales estuvieron presente según el origen nativo (círculos vacíos) y exótico (círculos llenos).

Figure 5. Insect abundance per site and sampling in function of sampling number in which floral species occurred and according to native (open symbols) vs. exotic origin (filled symbols).

DISCUSIÓN

Los bordes de vegetación espontánea de huertas agroecológicas presentaron comunidades ricas y abundantes de plantas con flores a lo largo de toda la temporada estival ofreciendo recursos a una variada y numerosa fauna de insectos. La visita de los insectos a las flores varió de acuerdo con la identidad taxonómica de las especies vegetales y dependió de la disponibilidad de los recursos florales a lo largo del tiempo y el origen nativo o exótico de las plantas. Estos aspectos serían esenciales al momento de manejar la vegetación espontánea para favorecer la ocurrencia y abundancia de insectos benéficos (polinizadores y enemigos naturales) involucrados en la provisión de servicios ecosistémicos cruciales para la agricultura.

La riqueza, abundancia y composición de flores no mostraron grandes variaciones a lo largo de los diferentes muestreos, es decir que el mantenimiento de la vegetación espontánea ofrecería recursos florales a lo largo de toda la temporada de verano, la cual es la de mayor producción hortícola y demanda de servicios ecosistémicos. Es importante destacar que las especies que florecen tempranamente, es decir durante invierno y primavera, pueden también influir críticamente en el sostenimiento de las comunidades de visitantes florales ya que a menudo representan el único recurso disponible para dichos insectos (12). En este sentido, futuros estudios deberían incluir un lapso de muestreo mayor para incorporar la fenología de todas las especies en flor y detectar cuáles son las que proporcionan recursos florales en los periodos donde estos resultan escasos. También es importante resaltar que la composición de las comunidades vegetales mostró diferencias únicamente entre los sitios, aunque la proporción de especies nativas fue siempre mayor que la de exóticas. En este sentido, las huertas agroecológicas pueden representar áreas de conservación a nivel local de flora nativa y sus insectos asociados.

Las flores de los bordes se asociaron a un alto número de insectos incluyendo además un amplio rango taxonómico indicado por los 9 órdenes encontrados. Si bien, no es posible

asegurar que todos los insectos estén efectivamente alimentándose de recursos florales, se puede afirmar que la comunidad de flores beneficia a una gran cantidad y diversidad de estos organismos. Dentro de los 9 órdenes de insectos registrados, se encuentran grupos con gran importancia para los agroecosistemas de acuerdo con los servicios ecosistémicos que prestan. Este es el caso del orden Hymenoptera que fue el tercero más importante en número de individuos registrados, lo que confiere a las flores un significativo potencial en sostener comunidades de polinizadores, parasitoides y predadores en huertas agroecológicas. Numerosos trabajos revelan el rol fundamental que cumple la vegetación espontánea en bordes como también hábitats seminaturales en la provisión de recursos para polinizadores (ej. 22, 32). A su vez, existen evidencias que plantean que conservar estos hábitats incrementa el control de las plagas (4, 17), e incluso el rendimiento de los cultivos (25). Sin embargo, los bordes de vegetación espontánea también pueden albergar organismos que perjudican a la producción de cultivos (ej. insectos herbívoros), es decir que prestan di-servicios ecosistémicos, y entonces el beneficio provisto por los enemigos naturales y polinizadores podría verse reducido o anulado (36). En este sentido, hay que destacar que los dos órdenes de insectos más abundantes (Thysanoptera y Hemiptera) incluyen principalmente herbívoros lo que podría tener consecuencias negativas para los cultivos como se ha registrado previamente (9, 24).

Si bien los sistemas hortícolas aquí estudiados sostienen comunidades de flores con gran diversidad y abundancia en los bordes de vegetación espontánea, las especies de plantas difirieron en su asociación con las comunidades de insectos. En particular se destacó la especie *Foeniculum vulgare*, una apiácea naturalizada en nuestro país (29), que concentró alrededor de un cuarto del total de insectos muestreados, posiblemente debido a las características de sus flores. Estudios previos indican que las flores de esta especie constituyen una fuente de alimento para varios insectos benéficos, entre ellos coccinélidos que consumen su polen (8). A su vez, en la región central de Argentina, *F. vulgare* hospeda a varias especies de pulgones, los cuales son atacados en esta planta por coccinélidos, sírfidos, crisópidos y parasitoides por lo que constituye una especie de sumo interés para el desarrollo de estrategias de control biológico conservativo (18).

Al analizar el resto de las características de las comunidades vegetales que pueden influir en el uso que los insectos hacen de los recursos florales, los resultados indican que la característica más importante fue la duración de las flores a lo largo de la temporada estival. En concordancia con la hipótesis planteada, las especies que presentaron flores durante un periodo más largo de la temporada fueron las que tuvieron mayor abundancia de insectos. Trabajos recientes con polinizadores han reportado también una relación positiva entre la duración del periodo floral y el número de visitas (23). Sin embargo, en otro caso, tanto especies florales con largo como con corto periodo de floración tuvieron alta abundancia de insectos polinizadores (33). En el presente estudio, este aspecto de las especies florales fue más importante incluso que el número de flores disponible en un momento puntual en contraste a evidencias previas que muestran una influencia positiva de la abundancia o densidad floral sobre comunidades de insectos (20, 34). Es importante destacar que en nuestro trabajo se estudiaron las comunidades de plantas e insectos asociados a sus flores solo durante la temporada estival, pudiendo ser el periodo floral más extenso para la mayoría de las especies. De todas maneras, dado que la abundancia de insectos fue calculada como número de individuos por sitio y muestreo y no acumulada a lo largo del tiempo, es posible interpretar que las especies de plantas que ofrecieron flores en más muestreos serían un recurso más estable a lo largo del tiempo y por esto quizás más fácil de encontrar para los insectos (23).

El origen nativo o exótico de las especies florales es una característica escasamente abordada en estudios con insectos a nivel comunitario en agroecosistemas. En este trabajo, encontramos evidencias que apoyan la idea que las plantas exóticas también pueden contribuir a sostener la abundancia y diversidad de insectos nativos (35) ya que tanto las especies nativas como exóticas sostuvieron abundantes comunidades de insectos. A su vez, el incremento en la abundancia de insectos con la duración del periodo de floración fue más pronunciado para las especies exóticas. Este último aspecto podría tener importantes implicancias a la hora del manejo de aquellas especies exóticas naturalizadas que podrían ser mantenidas como vegetación espontánea si ofrecen flores durante un largo período de tiempo. Más allá de esto, restan evaluar

aspectos funcionales de las comunidades de flores e insectos, como también si los insectos que visitan las flores exóticas proveen servicios o di-servicios ecosistémicos en la misma proporción que lo hacen los que visitan las flores nativas.

En síntesis, la conservación de los bordes de vegetación espontánea representa un aspecto fundamental para sostener las comunidades de plantas e insectos y promover los mecanismos que naturalmente regulan el funcionamiento de los sistemas agroecológicos como el manejo de plagas y la polinización de los cultivos (3). Los resultados del presente trabajo muestran que la duración del periodo floral, evaluado aquí durante una estación, es una característica clave de las especies vegetales a ser considerada en el manejo de la vegetación espontánea. En este sentido, si bien las especies exóticas contribuyeron a sostener las comunidades de visitantes florales, sería necesario desarrollar estudios para seleccionar especies nativas que puedan ser sembradas en los bordes de los campos y que beneficien a las comunidades de visitantes florales aumentando su abundancia y diversidad. Particularmente se podrían elegir especies que provean recursos de manera abundante en periodos de escasa disponibilidad de flores. Estos estudios contribuirán al conocimiento sobre el funcionamiento de sistemas productivos de gran importancia ya que producen alimentos de manera sustentable y representan al mismo tiempo hábitats de interés para la conservación en el contexto de paisajes profundamente modificados por el hombre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez, C.; Severina, I. 2012. INTA. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/temperaturas-promedio-informacion-meteorologica-mensual-de-la-e.e.a.-manfredi>
2. Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder CO: Westview Press.
3. Altieri, M. A. 2012. *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentável*. Tercera edición, Expressao Popular. Sao Pulo. Brasil.
4. Balzan, M. V.; Bocci, G.; Moonen, A. C. 2014. Augmenting flower trait diversity in wildflower strips to optimise the conservation of arthropod functional groups for multiple agroecosystem services. *Journal of Insect Conservation*. 18(4): 713-728.
5. Bezemer, T. M.; Harvey, J. A.; Cronin, J. T. 2014. Response of native insect communities to invasive plants. *Annual Review of Entomology*. 59: 119-141.
6. Bommarco, R.; Kleijn, D.; Potts, S. G. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*. 28(4): 230-238.
7. Borror, D. J.; Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. 1989. *An introduction to the study of insects*. Sexta edición. Saunders College Publishing.
8. D'Ávila, V. A.; Aguiar-Menezes, E. L.; Gonçalves-Esteves, V.; Mendonça, C. B. F.; Pereira, R. N.; Santos, T. M. 2016. Morphological characterization of pollens from three Apiaceae species and their ingestion by twelve-spotted lady beetle Coleoptera: Coccinellidae. *Brazilian Journal of Biology*. 76: 796-803.
9. Fiedler, A. K.; Landis, D. A. 2007. Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants. *Environmental entomology*. 36: 878-886.
10. Garibaldi, L. A.; Gemmill-Herren, B.; D'Annolfo, R.; Graeub, B. E.; Cunningham, S. A.; Breeze, T. D. 2017. Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology & Evolution*. 32(1): 68-80.
11. Giobellina, B. 2014. El cinturón verde de Córdoba, un recurso estratégico para la sustentabilidad territorial. Xª Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales "Desequilibrios regionales y políticas públicas. Una agenda pendiente". Asociación de Universidades del Grupo Montevideo. Córdoba.
12. Havens, K.; Vitt, P. 2016. The importance of phenological diversity in seed mixes for pollinator restoration. *Natural Areas Journal*. 36(4): 531-537.
13. Holland, J. M.; Bianchi, F. J. J. A.; Entling, M. H.; Moonen, A. C.; Smith, B. M.; Jeanneret, P. 2016. Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest Management Science*. 72(9): 1638-1651.
14. Isaacs, R.; Tuell, J.; Fiedler, A.; Gardiner, M.; Landis, D. 2009. Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: The role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7: 196-203.
15. Javier, S. S.; Marasas, M. E. 2015. Breve historia de la agroecología en la Argentina: orígenes, evolución y perspectivas futuras. *Agroecología*. 10: 93-102.
16. Legendre, P.; Legendre, N. 1998. *Numerical Ecology*. 2da edición. Elsevier, Amsterdam.
17. Letourneau, D. K.; Armbrecht, I.; Rivera, B. S.; Lerma, J. M.; Carmona, E. J.; Daza, M. C.; Escobar, S.; Galindo, V.; Gutierrez, C.; Duque Lopez, S.; López Mejía, J.; Maritza Acosta Rangel, A.; Herrera Rangel, J.; Rivera, L.; Arturo Saavedra, C.; Marina Torres, A.; Reyes Trujillo, A. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications: a publication of the Ecological Society of America*. 21: 9-21.

18. López, O.; Salto, C.; Luiselli, S. 2003. *Foeniculum vulgare* Miller como hospedera de pulgones y sus enemigos naturales en otoño. FAVE Sección Ciencias Agrarias. 2(1/2): 55-65.
19. Miñarro, M.; Prida, E. 2013. Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: Potential to conserve beneficial insects. Agricultural and Forest Entomology. 15: 382-390.
20. Morandin, L. A.; Kremen, C. 2013. Bee preference for native *versus* exotic plants in restored agricultural hedgerows. Restoration Ecology. 21: 26-32.
21. Moquet, L.; Bacchetta, R.; Laurent, E.; Jacquemart, A. L. 2017. Spatial and temporal variations in floral resource availability affect bumblebee communities in heathlands. Biodiversity and Conservation. 26(3): 687-702.
22. Morrison, J.; Izquierdo, J.; Plaza, E. H.; González-Andújar, J. L. 2017. The role of field margins in supporting wild bees in Mediterranean cereal agroecosystems: Which biotic and abiotic factors are important? Agriculture, Ecosystems & Environment. 247: 216-224.
23. Pardee, G. L. 2018. Effects of climate change on plants, pollinators, and their interactions. Tesis doctoral. Universidad del Estado de Carolina. Estados Unidos.
24. Pellissier, M. E.; Jabbour, R. 2018. Herbivore and parasitoid insects respond differently to annual and perennial floral strips in an alfalfa ecosystem. Biological Control. 123: 28-35.
25. Pywell, R. F.; Heard, M. S.; Woodcock, B. A.; Hinsley, S.; Ridding, L.; Nowakowski, M.; Bullock, J. M. 2015. Wildlife-friendly farming increases crop yield: Evidence for ecological intensification. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 282(1816): 20151740.
26. R Development Core Team. 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
27. Segoli, M.; Rosenheim, J. A. 2013. Spatial and temporal variation in sugar availability for insect parasitoids in agricultural fields and consequences for reproductive success. Biological Control. 67: 163-169.
28. Sércic, A.; Coccuci, A.; Díaz, L.; Glinos, N.; Lazarte, C.; Medina, M.; Moré, M.; Baranzelli, M.; Córdoba, S.; Cosacov, A.; Ferreira, G.; Ibañez, A.C.; Marino, S.; Maubecin, C. C.; Paiaro, V.; Renny, M.; Sasartonil, F.; Sosa Pivato, M.; Soteras, F.; Strelin, M.; Trujillo, C.; Wiemer, A. P. 2006. Flores del Centro de Argentina II. Una guía ilustrada para conocer 229 especies. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba 28.
29. Steibel, P. E.; Troiani, H. O. 2000. Las umbelíferas Umbelliferae. nativas, naturalizadas y adventicias de la provincia de La Pampa, República Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. 47-74.
30. Storkey, J.; Brooks, D.; Houghton, A.; Hawes, C.; Smith, B. M.; Holland, J. M. 2013. Using functional traits to quantify the value of plant communities to invertebrate ecosystem service providers in arable landscapes. Journal of Ecology. 101(1): 38-46.
31. Tiftonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. Current Opinion in Environmental Sustainability. 8: 53-61.
32. Torretta, J. P.; Poggio, S. L. 2013. Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. Journal of Natural History. 47: 139-165.
33. Tucker, E. M.; Rehan, S. M. 2016. Wild bee pollination networks in northern New England. Journal of Insect Conservation. 20: 325-337.
34. Vrdoljak, S. M.; Samways, M. J.; Simaika, J. P. 2016. Pollinator conservation at the local scale: flower density, diversity and community structure increase flower visiting insect activity to mixed floral stands. Journal of Insect Conservation. 20: 711-721.
35. Williams, N. M.; Cariveau, D.; Winfree, R.; Kremen, C. 2011. Bees in disturbed habitats use, but do not prefer, alien plants. Basic and Applied Ecology. 12: 332-341.
36. Winkler, K.; Wäckers, F. L.; Termorshuizen, A. J.; van Lenteren, J. C. 2010. Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. BioControl. 55(6): 719-727.
37. Zuur, A. F.; Ieno, E. N.; Walker, N.; Saveliev, A. A.; Smith, G. M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, London.

Modelos de manejo del espacio interfililar en viñedos: percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos

Inter-row management models in vineyards: perceptions about their value as ecosystem service providers

Andrea Fruitos¹, José Antonio Portela², Lucía Del Barrio³, María Emilia Mazzitelli¹, Bruno Marcucci³, Romanela Giusti², Valeria Alemanno⁴, Javier Chaar³, Guillermo López García⁵, Marcela González Luna³, Natalia Aquindo², Guillermo Debandi¹

Originales: *Recepción*: 30/06/2018 - *Aceptación*: 07/03/2019

RESUMEN

Actualmente, en la principal región vitícola de Argentina conviven diversos manejos técnicos del viñedo, que impactan sobre la biodiversidad y la oferta de bienes y servicios ecosistémicos. Quisimos investigar en qué grado los referentes de la producción vitícola perciben los efectos de las prácticas de manejo del espacio interfililar sobre la provisión de servicios ecosistémicos, como también los costos asociados. A través de entrevistas, se consultó acerca del grado de contribución que poseen cinco esquemas de manejo identificados en las principales áreas productivas, sobre 33 variables (ambientales, culturales y productivas). Los valores de percepción obtenidos fueron contrastados con el conocimiento científico actual para identificar el grado de adecuación entre ellos. Finalmente, mediante triangulación de datos se construyeron diagramas causales, para explicar el funcionamiento de los modelos desde un enfoque de dinámica de sistemas complejos. Los resultados muestran que los referentes locales perciben mayores beneficios ambientales en prácticas de manejo con coberturas vegetales, en particular las permanentes y con especies nativas, en coincidencia con la evidencia científica. Asimismo, los diagramas causales muestran una mayor complejidad de relaciones en estos manejos, que evidenciarían una mayor resiliencia de los agroecosistemas y mejores posibilidades de conservar la biodiversidad nativa y sus servicios ecosistémicos.

Palabras clave

biodiversidad • beneficios ambientales • manejo del suelo • coberturas vegetales • plantas nativas

- 1 CONICET. INTA EEA. Junín. Isidoro Bousquet s/n, La Colonia. Junín. Mendoza. Argentina. CP 7703. fruitos.andrea@inta.gob.ar
- 2 INTA EEA La Consulta.
- 3 INTA EEA Mendoza.
- 4 Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.
- 5 Laboratorio de Entomología. IADIZA-CONICET.

ABSTRACT

Currently, in the main wine region of Argentina there are several management techniques of the vineyard, which impact on biodiversity and the supply of ecosystem goods and services. We wanted to investigate the perception degree that technicians and local grapevine growers have on the effects of inter-row management practices on the provision of ecosystem services, as well as their associated costs. Through interviews, we asked about the degree of contribution that the five inter-row management techniques identified over the main vine productive areas of Mendoza, have on 33 environmental, cultural and productive key variables. The perception values obtained were contrasted with current scientific knowledge to identify the degree of adequacy between them. Finally, by means of data triangulation, causal loop diagrams were constructed in order to explain the operation of the models from a complex system dynamics approach. Results show that local growers and technicians perceive greater environmental benefits in those managements with vegetation cover, particularly the permanent ones and those incorporating native species, in coincidence with the scientific evidence. Likewise, the causal loop diagrams show a greater complexity of relationships in these management techniques that could evidence a greater resilience of the agroecosystems and better possibilities of conserving the native biodiversity and its ecosystem services.

Keywords

biodiversity • environmental benefits • soil management • vegetation cover • native plants

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años la vitivinicultura de Mendoza, Argentina, ha experimentado un importante cambio tecnológico (17), asociado con una reconversión agroindustrial facilitada por aspectos tanto externos como internos al país (20). Como consecuencia de este cambio, se produjo una transformación del esquema de producción orientada originalmente a la cantidad de uva hacia otro, dirigido hacia la calidad enológica de la misma (17).

Este nuevo esquema productivo surge apoyado en criterios agronómicos (de manejo de suelo, conducción de canopia, dotación deficitaria de agua) y en herramientas (herbicidas, riego presurizado, malla antigranizo, mecanización de tareas), en general importados de otras regiones productoras del mundo, que al combinarse dieron lugar a diferentes modelos de manejo del cultivo. Más recientemente, entre los enfoques que sustentan estos modelos de manejo se agrega el de la sustentabilidad del sistema de producción vitícola, que también aparece en Mendoza como reflejo de iniciativas establecidas en otros países (1), e intenta valorar simultáneamente los impactos de la actividad en las dimensiones ambiental, económica y social.

Si bien en la actualidad algunos modelos de manejo predominan sobre otros, existe una importante diversidad de esquemas en uso. En particular, se observa una gran disparidad en la forma en que se maneja el espacio entre hileras de vid (interfilas), y es factible suponer que las diferentes prácticas de manejo de estos interfilares no impactan de la misma forma sobre la biodiversidad, ni sobre la oferta de bienes y servicios ecosistémicos en cada agroecosistema. Se entiende por bienes y servicios ecosistémicos (BSE) a los beneficios directos e indirectos, derivados de los componentes y funciones de los ecosistemas, que pueden ser apropiados por una sociedad (34). Los viñedos pueden ser paisajes multifuncionales que no solo producen uva sino muchos otros servicios ecosistémicos, como refugio (hábitat) para la fauna, secuestro y almacenamiento de carbono, o control biológico de plagas y enfermedades (32); como también espacios ricos en tradiciones, que contribuyen a conformar la identidad cultural de una comunidad. En particular, los espacios interfilares en los viñedos participan en la oferta de esos servicios, y de muchos otros más, como la estructuración del suelo y el control de erosión del mismo (24); el ciclado de nutrientes y de agua (25); la polinización (15).

La decisión de mantener o no el espacio interfilas sin vegetación, así como las herramientas utilizadas para lograr esto, puede tener un efecto distinto sobre la oferta (o pérdida) de servicios ecosistémicos. Las ventajas y desventajas de eliminar por completo la vege-

tación en espacios interfilares, tanto como de utilizar coberturas vegetales en los mismos, son temáticas largamente estudiadas pero no pierden actualidad (7, 10, 33), y su discusión es de interés principal para la Agroecología, en especial en lo referente a especies nativas (2, 11). Existe nueva evidencia sobre el rol de la vegetación nativa en soportar poblaciones de insectos benéficos y reducir la incidencia de plagas (16), además de tener un desempeño superior como cobertura por encontrarse adaptadas a las condiciones ambientales locales (no requieren riego), ofrecer un hábitat más permanente, cubrir un período de floración más largo que otras plantas, y soportar una mayor biodiversidad nativa (10, 14). No obstante, cabe preguntarse si los técnicos y productores involucrados en el manejo de los viñedos de la región perciben cuáles son los beneficios y los costos asociados con el manejo de los interfilares.

La diversidad de percepciones que pueden convivir sobre los BSE, hace complejo su estudio (31). Sin embargo, contrastar estas percepciones con los antecedentes científicos, permite conocer si existe coincidencia entre la identificación de procesos ecológicos asociados con los diferentes manejos del espacio interfilas por parte de referentes del sector productivo, respecto de lo aceptado por la comunidad científica. Esta comparación permite identificar cuáles conceptos son los que han sido interiorizados y cuáles falta difundir más entre los referentes del sector. Por otro lado, conocer las coincidencias o discrepancias, permiten diferenciar motivaciones que son netamente técnicas (sobre las que se basan los antecedentes científicos utilizados en este trabajo) de otras, como económicas, culturales o estéticas, y poder identificar prácticas que pueden ser optimizadas económica y ecológicamente. Aquí, partimos de la hipótesis que los modelos de manejo que resulten menos intensos en el laboreo del suelo y con menor simplificación del hábitat, y por ende mayor biodiversidad en el agroecosistema, serán los que permitan un mayor aprovechamiento de BSE, y que esto redundaría en mejores resultados económicos para la actividad. Sobre esta base, el presente trabajo se propone hacer una caracterización de modelos de manejo del interfilas difundidos en agroecosistemas vitícolas de Mendoza; indagar sobre la percepción que el sector productivo tiene al respecto; contrastar esa percepción con los conocimientos actualmente disponibles, para finalmente hipotetizar sobre el funcionamiento de los manejos del interfilas desde el enfoque de dinámica de sistemas complejos.

MATERIALES Y MÉTODOS

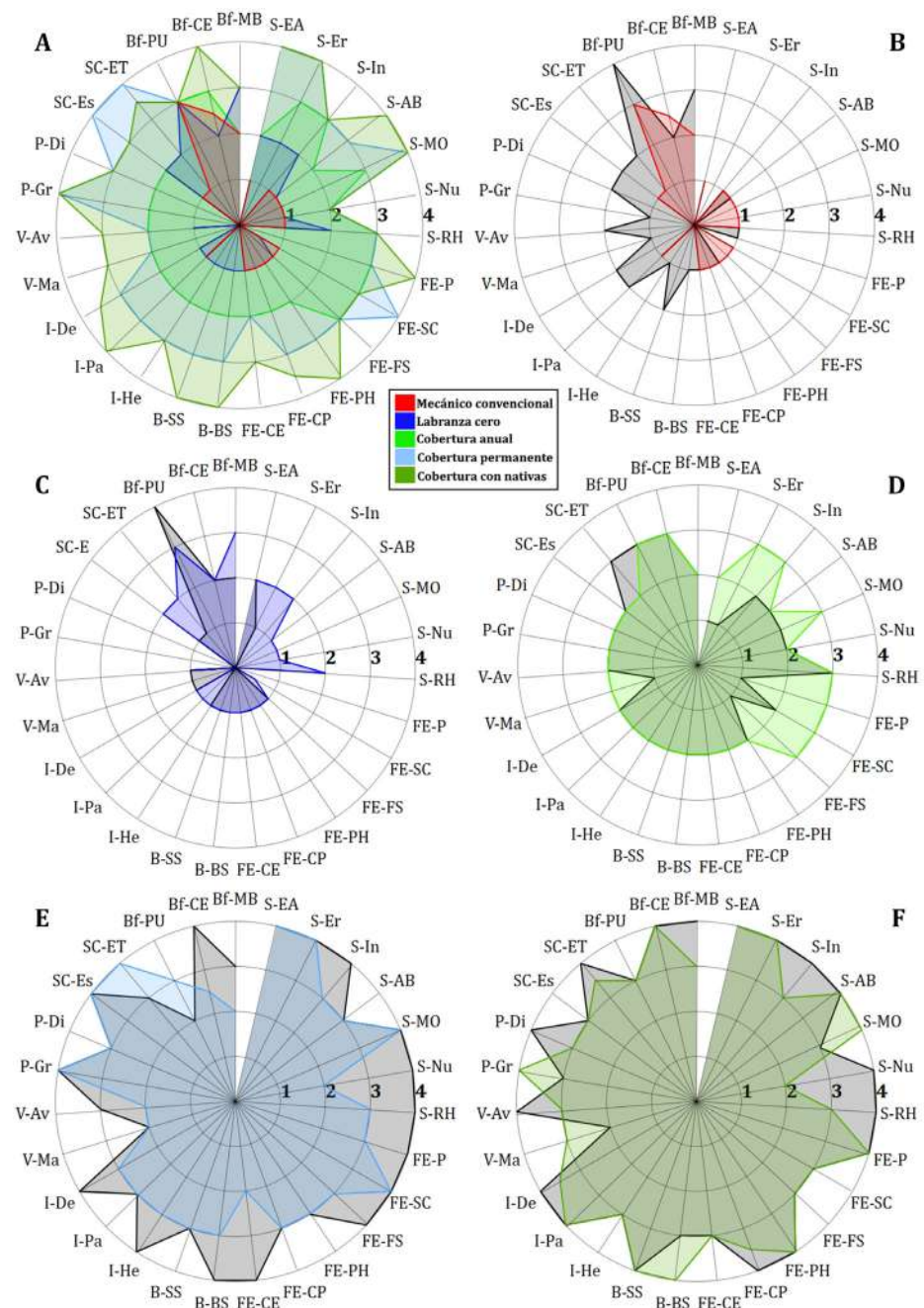
A partir de relevamientos realizados en viñedos de los oasis norte y centro de Mendoza, se identificaron diversos esquemas de manejo del interfilas que luego fueron sintetizados en cinco modelos, los cuales se diferencian por el manejo del suelo, el riego y la vegetación en los interfilares, como se detalla a continuación:

- Mecánico Convencional: riego superficial por surco; la vegetación adventicia del interfilas es controlada mediante labranzas horizontales y eventualmente algunas verticales.
- Labranza Cero: riego presurizado por goteo; interfilas libre de vegetación mediante el uso de herbicidas.
- Cobertura Anual Implantada: riego superficial por surco; luego de la vendimia el interfilas se siembra con cobertura de gramínea invernal, que se incorpora al suelo a inicios de la primavera; en el verano se realiza control de la vegetación espontánea mediante labranzas.
- Cobertura Permanente Implantada: riego superficial por surco; el interfilas se siembra por única vez, luego de la plantación del viñedo, con cobertura consociada (gramíneas y leguminosas), que se mantiene con segados periódicos y resiembra natural.
- Cobertura Permanente de Nativas: riego presurizado por goteo; el interfilas se deja cubrir naturalmente con vegetación espontánea, con predominio de especies nativas, que se mantiene mediante segados periódicos y resiembra natural.

Para recopilar la percepción de técnicos y productores sobre los impactos de estos modelos se definieron 33 variables (figura 1, pág. 264), agrupadas en 9 categorías: Suelo, Funciones Ecosistémicas, Biodiversidad, Insectos, Vertebrados, Plantas, Servicios Culturales, Costos y Variables Productivas. Posteriormente, mediante cuestionarios auto-administrados, técnicos y productores (50 en total) asignaron un valor de contribución de cada modelo, en un rango entre 0 (neutro) y 4 (muy alta contribución), a las variables definidas según el nivel de efecto favorable que consideraban que tendrían sobre ellas.

Figura 1.
Valores de percepción de cada modelo de manejo.

Figure 1.
Contribution values perceived.



(A) Percepción por parte de los informantes de los cinco modelos de manejo. (B-F) Contraste de cada modelo con la interpretación de evidencia científica (área gris) por parte de los autores (B: mecánico convencional, C: labranza cero, D: cobertura vegetal anual, E: cobertura permanente implantada, y F: cobertura permanente con nativas). Las variables graficadas en sentido horario son: Suelo (S-) EA: estabilidad de agregados, RE: resistencia a la erosión, In: infiltración de agua, AB: actividad biológica, MO: contenido de materia orgánica, N: disponibilidad de nutrientes, RH: retención de humedad. Funciones ecosistémicas (FE-) P: polinización, SC: secuestro de carbono, FS: formación de suelo, PH: provisión de hábitat, CP: control de plagas, CE: control de enfermedades. Biodiversidad (B-) BS: bajo la superficie, SS: sobre la superficie. Insectos (I-) He: herbívoros, Pa: parasitoides, De: depredadores. Vertebrados (V-) Ma: mamíferos, Av: aves. Plantas (P-) G: gramíneas, D: dicotiledóneas. Servicios culturales (SC-) E: valores estéticos, ET: valores enoturísticos. Variables productivas (BF-) PU: productividad de uva, CE: calidad enológica, MB: margen bruto.

(A) Perceptions by key informants about the five management models. (B-F) Contrast of each model against scientific evidence (greyed area) interpreted by authors (B: mechanical conventional, C: no tillage, D: annual plant cover, E: perennial cover, and F: perennial native coverage). Variables in the clockwise direction are: Soil (S-) EA: stability of aggregates, RE: resistance to erosion, In: water infiltration, AB: biological activity, MO: organic matter content, N: nutrient availability, RH: humidity retention. Ecosystem functions (FE-) P: pollination, SC: carbon sequestration, FS: soil formation, PH: habitat provision, CP: pest control, CE: disease control. Biodiversity (B-) BS: below ground, SS: above ground. Insects (I-) He: herbivores, Pa: parasitoids, De: predators. Vertebrates (V-) Ma: mammals, Av: birds. Plants (P-) G: grasses, D: dicots. Cultural services (SC-) E: aesthetic values, ET: oenotouristic values. Productive variables (BF-) PU: grape productivity, CE: oenologic quality, MB: gross margin.

Se consideró un rango de valores positivos ya que no solo nos interesa rescatar la percepción sobre funciones y servicios ecosistémicos, sino también la magnitud de dicha percepción positiva.

Para la realización de las entrevistas se implementó la metodología de muestreo no probabilístico de informantes estratégicos, a través de la técnica de muestreo por redes (5, 30). La misma consistió en la selección de informantes claves, los cuales proporcionaron los contactos de otros miembros potenciales de la muestra que formaron parte de la población en estudio. La selección de los informantes clave iniciales se basó en dos criterios: en primer lugar, que estuviesen relacionados con la producción vitícola de Mendoza, ya sea en su rol como productor o técnico; en segundo lugar, que fueran Ingenieros Agrónomos, Ingenieros en Recursos Naturales Renovables o Productores con formación profesional afín.

Con los datos obtenidos, se calculó la frecuencia de cada valor asignado para cada una de las variables en cada modelo. Estos valores fueron contrastados contra una búsqueda bibliográfica que procuró conseguir un amplio panorama del estado actual del conocimiento sobre los aspectos estudiados en el manejo del espacio interfilas en viñedos. A partir de dicha revisión, el equipo de autores elaboró su propia entrevista con valores consensuados para cada variable.

Para las variables de costos consideradas (labranza de suelo, aplicación de herbicidas, control de plagas y enfermedades, siembra de cultivo de cobertura, segado y fertilización), se llevó a cabo un cálculo por modelo teniendo en cuenta los insumos y las horas de utilización de maquinaria requeridas. Se consideró costo de mano de obra (9), y gasto de combustible y lubricantes. Los valores obtenidos permitieron asignar valores de contribución para cada manejo y contrastarlo con los valores asignados en las entrevistas. Con el fin de poner en una misma escala y contrastar los costos económicos con los beneficios ambientales de cada modelo, se calculó el promedio entre el valor más frecuente de cada una de las 6 variables de costos y de las 27 variables ambientales.

Finalmente, a través de la triangulación de datos (30), con el aporte interdisciplinario del equipo de autores del presente trabajo, la revisión bibliográfica y el análisis de las entrevistas realizadas a informantes estratégicos, se construyeron Diagramas de Bucles Causales (DBC). Los DBC permiten organizar la descripción de un sistema en variables, identificar las relaciones causales entre ellas y dirigir la atención a los bucles de retroalimentación, para así obtener una imagen de alto nivel de la estructura causal (26). En este trabajo, los DBC fueron incorporados para hipotetizar sobre el funcionamiento de los modelos, esquematizarlos y compararlos entre sí desde un enfoque de dinámica de sistemas complejos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Percepciones del sector productivo sobre las prácticas de manejo de la vid

El conjunto de variables ambientales y de producción (figura 1, pág. 264) permitió distinguir entre los modelos bajo análisis. De la figura 1A (pág. 264) se destaca que técnicos y productores del sector valoraron mejor los modelos de manejo con coberturas vegetales que los que no las emplean. Los tres manejos con esta característica (cobertura anual, permanente implantada y permanente con predominio de nativas) presentan valores de contribución entre 2 (moderada) y 4 (muy alta) para la totalidad de las variables, mientras que en el modelo mecánico convencional (MC) y labranza cero (LC) la mayoría de las variables presentaron valores de contribución entre 1 (escasa) y 2. Las variables mejor percibidas para MC y LC fueron productividad de uva y calidad enológica, con valor de 3 (alta contribución).

Dentro de los manejos que incluyen cobertura vegetal, aquellos cuya cobertura es permanente recibieron en general mejores valoraciones; en especial la cobertura con especies nativas (CPN). El valor mínimo para este modelo fue de 2 en la variable que refleja contribución a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, en coincidencia con los demás modelos con cobertura respecto al valor asignado a dicha variable (figura 1A, pág. 264).

De este análisis general, es importante destacar que los modelos con coberturas perennes muestran un patrón de respuesta más equilibrado, además de recibir las mayores valoraciones (figura 1A, pág. 264). Puesto que todas las variables ambientales consideradas en este estudio están directa o indirectamente vinculadas con la generación de BSE, esos resultados reflejan una fuerte noción entre los entrevistados de que mantener cubierto de manera

continúa el espacio interfilas con vegetación, es más provechoso para el buen funcionamiento del agroecosistema. Vale remarcar también que para la mayoría de los informantes la implementación de estos modelos de manejo con cobertura no implica sacrificios en la productividad ni en la calidad enológica, sino incluso lo contrario (figura 1A, pág. 264).

Contrastes entre percepciones y antecedentes bibliográficos

La utilización activa de cobertura vegetal es uno de los pilares de las propuestas de manejo de suelo desde el enfoque agroecológico, por los múltiples beneficios que ofrece al agroecosistema (2). En la tecnología de manejo de viñedos es a la vez un tema de estudio muy vigente (3, 6, 10, 33), destacándose la importante contribución que las coberturas vegetales tienen para la conservación de la biodiversidad y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos.

En las Figuras 1B a 1F (pág. 264) se puede ver que, entre las percepciones de los entrevistados y lo interpretado a partir de la bibliografía revisada por los autores, varía el grado de coincidencia en las contribuciones asignadas a cada modelo para las variables consideradas. Sin embargo, las diferencias más marcadas parecen estar en las contribuciones del modelo de manejo MC (figura 1B, pág. 264) y en el modelo de cobertura anual (CA; figura 1D, pág. 264).

Suelo

En los valores asignados a las variables relativas al suelo se observa una percepción positiva generalizada, entre los entrevistados y los autores, respecto de la presencia de cobertura vegetal. Las contribuciones más altas se reflejan en los modelos con cobertura permanente (figuras 1E y 1F, pág. 264) y contribuciones intermedias en el de CA (figura 1D, pág. 264), mientras que en los modelos LC (figura 1C, pág. 264) y MC (figura 1B, pág. 264) el nivel de contribución es considerado escaso.

En el modelo CA en particular (figura 1D, pág. 264), nuestras discrepancias con los entrevistados pueden explicarse en que consideramos que las ventajas que pueden aportar los cultivos de cobertura en la etapa invernal, mejorando la estabilidad de agregados (24), protegiendo el suelo ante el efecto de diferentes factores erosivos (4, 10) y aumentando la infiltración (25), se ven reducidas durante el periodo estival. Luego de la incorporación de la cobertura al suelo se llevan a cabo las mismas labores que en el modelo MC, y esto se traduce en aumento del riesgo de erosión y lixiviado de nutrientes (24) justo en la época con mayor intensidad de precipitaciones en Mendoza.

Respecto de la disponibilidad de nutrientes en los modelos con cobertura vegetal permanente (figuras 1E y 1F, pág. 264), los entrevistados consideraron una contribución moderada, presumiblemente por una cierta percepción negativa sobre la posible competencia por recursos con la vid. En cambio, apoyados en los antecedentes (10, 18, 27, 33) consideramos que la contribución de estos modelos a la disponibilidad de nutrientes debe ser tomada como muy alta, ya que existe una mayor dinámica de nutrientes, con secuestro de los mismos en la rizósfera pero liberación controlada a mediano y largo plazo.

En cuanto a la acumulación de materia orgánica en el suelo, era esperable encontrar la valoración más alta en los modelos con coberturas, fundamentalmente en las permanentes (figuras 1E y 1F, pág. 264). No obstante, el equipo de autores consideramos que la contribución al aporte de materia orgánica no sería igual en CPN (figura 1F, pág. 264) que el modelo de manejo con cobertura permanente implantada (CPI; figura 1E, pág. 264), ya que las especies nativas no ofrecerían el mismo grado de cobertura ni producirían los mismos niveles de biomasa que una cobertura implantada y regada periódicamente (8).

Biodiversidad

En las variables relacionadas con funciones ecosistémicas como biodiversidad en general, insectos, vertebrados, plantas y servicios culturales, también hubo acuerdo en asignar las mayores contribuciones a los modelos CPI y CPN (figuras 1E y 1F, pág. 264). En cambio, en el modelo CA se observa discrepancia respecto de la función de “polinización” (figura 1D, pág. 264) entre las percepciones de los referentes, con alta contribución, y la de los autores, que la considera escasa. Esto es porque entendemos que el momento de actividad de los polinizadores coincide con el período primavero-estival, en el que el interfilas es manejado de la misma manera que en el modelo MC, por lo que prácticamente no habría oferta de flores para los polinizadores por falta de una cobertura vegetal.

No obstante, las diferencias entre la percepción de los entrevistados y la interpretación de antecedentes por los autores son más marcadas en el modelo MC (figura 1B, pág. 264). En este caso, asignamos mayores valores de contribución para insectos y plantas porque entendemos que aun bajo el control mecánico de la vegetación espontánea, muchas veces los lapsos entre labranzas permiten el desarrollo vegetal (principalmente dicotiledóneas herbáceas), que pueden proveer de hábitat y recursos para el establecimiento de herbívoros, parasitoides y depredadores (com. pers. Guillermo Debandi, 2018). En tanto, organismos muy móviles como los vertebrados serían factibles de encontrar también en este modelo, aunque con un grado de contribución menor que en los modelos con coberturas.

Producción

Asumiendo que los productores persiguen el mayor beneficio posible de los viñedos, resultó interesante la percepción ofrecida por los informantes sobre la variable “productividad de uva”. Para ellos no hay diferencias en el grado de contribución entre los diferentes manejos (valor 3). Sin embargo, según nuestra interpretación bibliográfica las coberturas vegetales disminuyen la productividad de uva (22), por lo que consideramos que el manejo con CPI debería tener un valor de contribución más bajo, y valores un poco mayores en CPN y CA por ser menos competitivas con el cultivo.

Con respecto a la variable “calidad enológica” sobresale el grado de contribución asignado a las CPN por los informantes, lo que coincide con nuestra apreciación, pero discrepamos respecto del manejo con CPI, al cual los entrevistados asignaron un valor de contribución menor y similar al resto de los manejos (figura 1E, pág. 264). Nuestra valoración se basa en estudios locales (19, 29) en los cuales se establece que las coberturas vegetales generan un ambiente más propicio en el viñedo, lo que se traduce en mejoras en las características organolépticas y de tipicidad varietal de los vinos.

Costos

En la figura 2 (pág. 268) se presenta la comparación entre percepciones de los entrevistados e interpretaciones de los autores respecto de variables de costo asociadas directamente con los manejos del interfilar del viñedo. En términos generales, no se observan grandes diferencias en las contribuciones planteadas por ambos grupos. La mayor percepción de costos fue atribuida al modelo CA, seguido por CPI. El modelo para el cual la percepción de costos fue menor es CPN (figura 2, pág. 268).

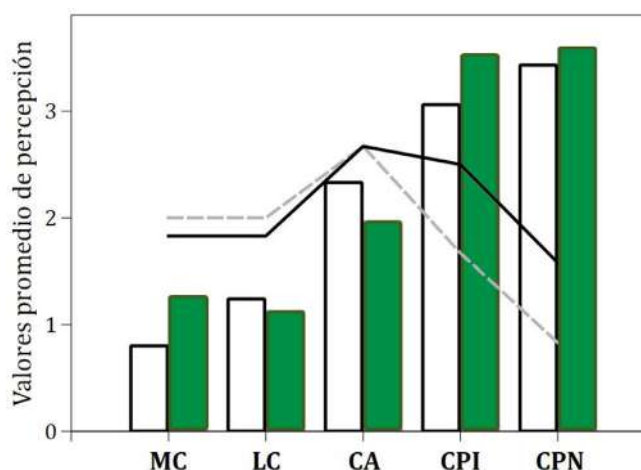
La comparación a una misma escala del índice de beneficios ambientales calculado para cada modelo (promedios de las 27 variables ambientales y culturales) con el de costos, sirve para destacar que los que presentan cobertura permanente, en especial CPN, son los que ofrecen los mayores beneficios y, además, los menores esfuerzos económicos (figura 2, pág. 268).

Por otro lado, estos valores promedio de beneficios ambientales pueden ser un indicador del estado del agroecosistema frente a posibles presiones del entorno. En este sentido, un valor más alto indicaría que los modelos de manejo que emplean coberturas vegetales permanentes en el interfilar del viñedo tendrían mayor capacidad para resistir disturbios y restaurar luego sus funciones esenciales, haciéndolos menos vulnerables; por ejemplo, frente al cambio climático global (12).

Funcionamiento de los modelos de manejo desde el enfoque de dinámica de sistemas complejos

En la figura 3 (pág. 269) se presentan los diagramas de bucles causales elaborados para cada uno de los modelos. Como se puede observar, existen relaciones causales y bucles de retroalimentación (BR) comunes a todos los modelos como BR1, que refleja el ciclado de nutrientes, BR2 y BR4, ligados a la utilización de plaguicidas y sus vínculos causales con las plagas y sus enemigos naturales, y BR3, que representa el control biológico de plagas.

En algunos modelos, los procesos antes mencionados pueden verse reforzados o compensados por variables o BR específicos de cada manejo. Ejemplo de esto son el BR7a y BR7b en el modelo CA (figura 3C, pág. 269) y el BR8 en los modelos CPI y CPN (figuras 3D y 3E, pág. 269), los cuales refuerzan el proceso de ciclado de nutrientes por el aporte de materia orgánica asociado con la presencia de las coberturas y atenúan la compactación



Promedio de los valores más frecuentes de costo o beneficio para cada modelo (MC: mecánico convencional, LC: labranza cero, CA: cobertura vegetal anual, CPI: cobertura permanente implantada, CPN: cobertura permanente con nativas).

Average of the most frequent values of cost or benefit for each model (MC: conventional mechanical, LC: no tillage, CA: annual plant cover, CPI: perennial cover, CPN: perennial native coverage).

Figura 2. Percepción de costos (líneas) y beneficios (barras) asociados con cada modelo de manejo por parte de los informantes (barras vacías y línea continua) en contraste con los estimados por los autores (barras llenas y línea discontinua).

Figure 2. Cost (line) and benefit (bars) perceptions by informants (empty bars and solid line) about each management model in contrast to those estimated by the authors (filled bars and dashed line).

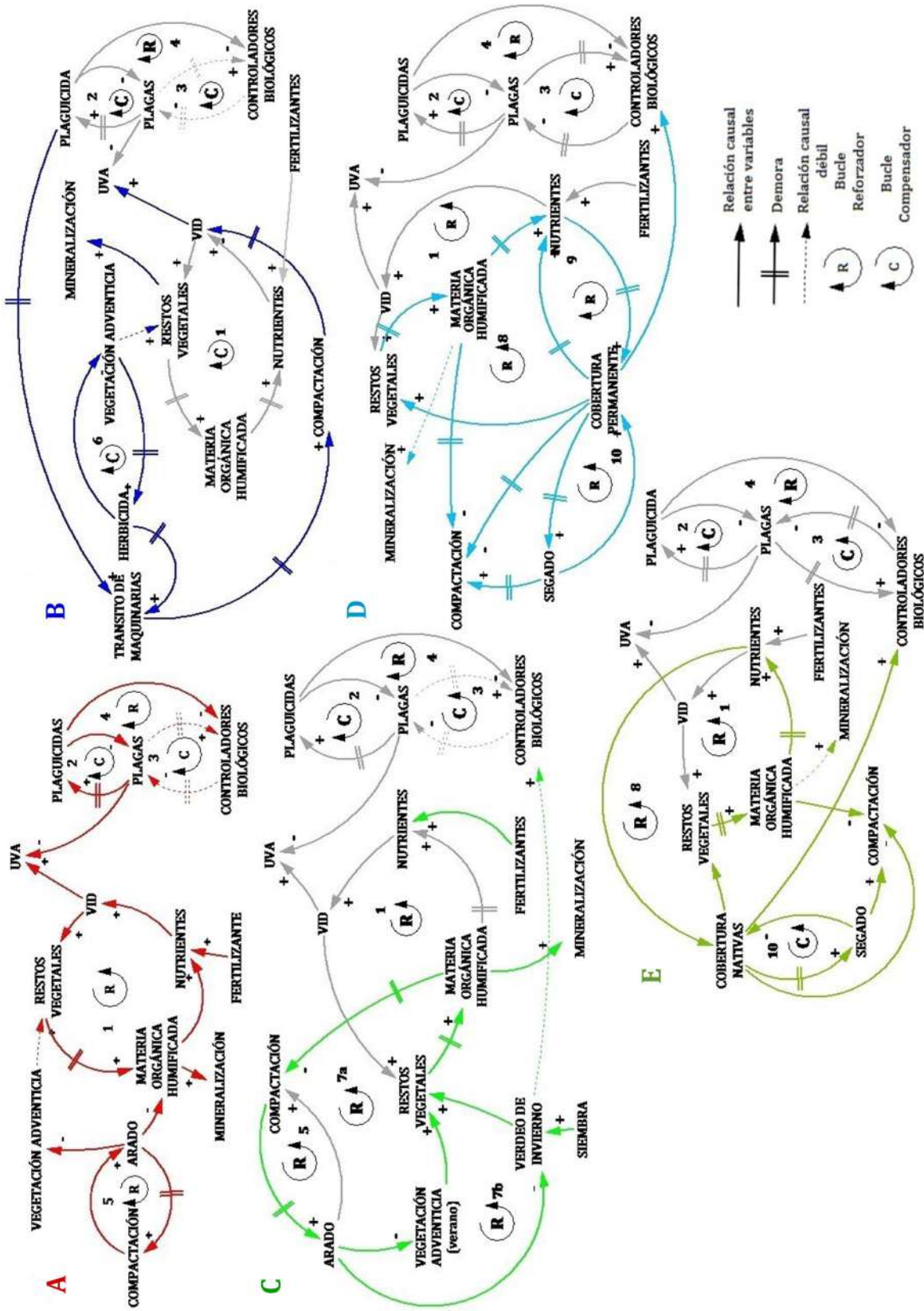
del suelo debida al tránsito de maquinaria. A su vez, la presencia de coberturas vegetales refuerza el control biológico de plagas (BR3; figuras 3C, 3D y 3E, pág. 269) mediante la provisión de hábitat, fundamentalmente en los modelos con coberturas permanentes.

Por otro lado, pueden identificarse algunos procesos particulares de determinados modelos, como es el caso de la compactación de suelo y la formación de “pie de arado” (BR5) en MC y CA (figura 3A y 3C, pág. 269). De manera similar ocurre con los ciclos de segado (BR10) en CPI y CPN (Figuras 3D y 3E, pág. 269), cuya periodicidad es mayor en el caso de las coberturas implantadas por su mayor crecimiento vegetativo.

En líneas generales, los diagramas construidos permiten visualizar que, entre los distintos manejos analizados, el modelo CPN es aquel en el que se identifican y fortalecen procesos que mejoran las características generales del suelo y la provisión de hábitat, lo que favorece el establecimiento de la biodiversidad asociada y los servicios ecosistémicos que de ella dependen, y esto se traduciría en una mayor resiliencia del agroecosistema.

En CPN (figura 3E, pág. 269), al igual que en CPI (figura 3D, pág. 269), consideramos que las coberturas mejoran las condiciones microclimáticas del suelo, favoreciendo procesos de ciclado de nutrientes (BR 1 y 8). Los ciclos de segado (BR 10) se producen con menos frecuencia que en CPI, debido a que el crecimiento vegetativo de las especies nativas es menor (se trata de vegetación xerofítica, prácticamente no recibe aportes de agua de riego). Esto puede verse reflejado en una disminución de los efectos reforzadores de compactación de suelo asociados con el tránsito de maquinaria y un aumento de los efectos compensadores vinculados con la presencia de vegetación activa en el interfilas, mejorando en términos relativos las condiciones edáficas respecto del modelo CPI.

En relación con la provisión de hábitat, las coberturas nativas presentan mayor heterogeneidad de formas de vida, mayor diversidad de dicotiledóneas y un periodo de floración más extenso que en CPI, favoreciendo el establecimiento y permanencia de una mayor cantidad y diversidad de insectos, lo cual hace más efectivo el proceso de control biológico de plagas (BR3) y compensa los posibles efectos negativos que pudiera provocar en poblaciones de artrópodos benéficos la utilización de plaguicidas (BR4).



A: mecánico convencional, B: labranza cero, C: cobertura vegetal anual, D: cobertura permanente implantada, E: cobertura permanente con nativas. Las flechas grises en las Figuras 3B, 3C, 3D y 3E, representan las relaciones causales compartidas entre modelos.

A: conventional mechanical, B: no tillage, C: annual plant cover, D: perennial cover, E: perennial native cover. Gray arrows in figures 3D, 3C and 3E indicate causal relationships shared within models.

Consideraciones finales

El presente trabajo intenta echar luz sobre los procesos naturales que tienen lugar bajo cada uno de los modelos de manejo del interfililar analizados, los que involucran bienes y servicios ecosistémicos que pueden estar siendo aprovechados diferencialmente por los viticultores, o perdidos por falta de atención en estos aspectos.

Los resultados indican una importante noción entre los referentes acerca de que el manejo con coberturas vegetales, y en particular con especies nativas, contribuye a la funcionalidad del agroecosistema y a la oferta de BSE. Esta valorización de las coberturas con especies nativas está en sintonía con la necesidad de vincular los viñedos con el campo natural circundante, para aprovechar su biodiversidad funcional y los BSE que de ella derivan (23). Resulta crucial considerar esta relación con la vegetación nativa para un ordenamiento territorial que tenga en cuenta el crecimiento a futuro de las tierras cultivables y que sea menos conflictivo con la conservación de la biodiversidad. Consideramos que nuestros resultados muestran una percepción favorable del sector productivo en este sentido, lo que resulta auspicioso para la viticultura de Mendoza porque la orientan hacia sistemas de producción más sustentables, y además son compatibles con el actual paradigma productivo de la vitivinicultura, que prioriza la calidad sobre la cantidad de uva obtenida.

Esta investigación acerca algunas ideas al respecto de la relación entre diferentes técnicas de manejo y los BSE involucrados. Aun así, quedan por esclarecer interrogantes que pueden ser claves para cualquier viticultor a la hora de decidir la implementación de modelos tecnológicos nuevos, como la cobertura con especies nativas. Un aspecto emergente es la necesidad de responder si la presencia de la cobertura afecta la disponibilidad de nutrientes para el viñedo. ¿Cómo son las interacciones entre ellos en términos de uso de recursos? ¿Existe interferencia o en verdad puede haber complementación? En el caso que la cobertura tenga predominancia de especies nativas, propias de la estepa arbustiva xerófila, ¿tendrá el mismo desempeño que una con especies exóticas y mayor exigencia en agua y nutrientes?

Por otro lado, estudios como el presente pueden ser empleados como base para la valoración de la gestión ambiental a nivel de sistemas de producción. Las variables empleadas aquí pueden resultar indicadores útiles para estimar el estado de un agroecosistema en relación con el aprovechamiento de BSE en un momento dado, como también para interpretar cómo varía en el tiempo su impacto ambiental. Existen ejemplos en este sentido que pueden emplearse como puntos de partida (1, 12, 13, 21, 28). Sería necesario, entonces, ajustar métodos de monitoreo de esas variables y que sean de fácil aplicación a nivel de fincas.

Finalmente, identificar los beneficios asociados con la incorporación y permanencia de especies nativas en los agroecosistemas vitícolas es de gran importancia en un marco en el que los nuevos emprendimientos, caracterizados por sus grandes dimensiones, se establecen en ambientes prístinos. Será necesario profundizar los estudios tendientes a valorar la función que cumple el paisaje circundante y mejorar el diseño de las fincas para incorporar los BSE asociados con la vegetación nativa y, a la vez, mantener paisajes más conectados que contribuyan a la conservación *in situ* de la biodiversidad.

CONCLUSIONES

Los referentes del sector productivo vitícola de Mendoza perciben claramente mayores beneficios ambientales en aquellas prácticas de manejo que incluyen coberturas vegetales, en particular las permanentes. Las cubiertas anuales resaltan como una práctica que mejora varios de los aspectos consultados respecto de prácticas con suelo descubierto, pero sus costos se perciben altos respecto de los otros manejos. El mayor contraste entre lo percibido y lo soportado por la revisión bibliográfica se dio en los manejos mecánico convencional y el de cobertura anual, donde los referentes del sector castigan más a MC y menos a CA que lo esperado.

Existe un mayor consenso en los dos modelos de cobertura vegetal permanente, aunque de acuerdo con la revisión bibliográfica y la interpretación que hacemos de ella, indica que hay beneficios ambientales que no son percibidos en su totalidad por los referentes entrevistados. Esto resulta importante para establecer estrategias de comunicación sobre las variables

menos percibidas y generar información en forma conjunta con el sector productivo. Además, la comparación de la relación costo/beneficio obtenida de cada modelo mostró una ventaja de las coberturas perennes, en especial la dominada por especies vegetales nativas.

Los modelos representados en los diagramas causales muestran que, en la medida que avanzamos en complejidad respecto de la cobertura vegetal dentro del interfilas, ya sea en la permanencia y/o la diversidad de dicha cobertura, las relaciones y bucles considerados beneficiosos se vuelven más importantes. Por el contrario, las relaciones y bucles que pueden percibirse como problemas (compactación, carga de fertilizantes y plaguicidas, mineralización de nutrientes), se ven reducidas.

El presente trabajo muestra una visión sobre las posibles ventajas de esquemas de manejo del espacio interfilas que son poco atendidas en la mayoría de las explotaciones vitícolas de Mendoza. El beneficio aparente, tanto ambiental como económico, de las coberturas vegetales nativas resultó percibido por los referentes del sector y apoyado por la evidencia científica disponible. Sin embargo, este esquema de manejo es el menos difundido en los emprendimientos vitícolas actuales, en parte debido a la falta de información de dichos beneficios, pero también por falta de información sobre las relaciones causales que maximizan BSE locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraham, L.; Alturria, L.; Fonzar, A.; Ceresa, A.; Arnés, E. 2014. Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 46(1): 161-180.
2. Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan. 325 p.
3. Bageta, C. R.; Alberto, M.; Sartor, C.; Cecconato, A.; Bevaqua, A.; Tirador, M.; Garriga, M.; Nodaro, V.; Quiroga, A.; Uliarte, E. 2018. Influencia de la vid (*Vitis vinifera* L.) sobre cultivos de cobertura: un modelo biomatemático de la transición de amensalismo a comensalismo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 50(1): 33-45.
4. Bienes, R.; Marqués M.; Ruíz-Colmenero, M. 2012. Cultivos herbáceos viñedos y olivares: el manejo tradicional del suelo y sus consecuencias en la erosión hídrica. Cuadernos de Investigación Geográfica. 38: 49.
5. Blaxter, L.; Hughes, C.; Tight, M. 2000. Cómo se hace una investigación. Buenos Aires. Editorial Gedisa. 352 p.
6. Daane, K. M.; Hogg, B. N.; Wilson, H.; Yokota, G. Y. 2018. Native grass ground covers provide multiple ecosystem services in Californian vineyards. J Appl Ecol. 1-11.
7. Eldon, J.; Gershenson, A. 2015. Effects of cultivation and alternative vineyard management practices on soil carbon storage in diverse Mediterranean landscapes: a review of the literature. Agroecology and Sustainable Food Systems. 39(5): 516-550.
8. Ferrari, F. 2015. Coberturas vegetales en viñedos bajo riego localizado, respuesta fisiológica de especies herbáceas nativas a diferentes ambientes. Tesis de posgrado en Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina. 180 p.
9. FOEVA. 2018. Federación de obreros y empleados de vitícolas y afines. Informe de escala salarial. Disponible en: <http://www.foevaonline.com.ar/escalas/20172018/Ene-Feb18-Vin.pdf> (Fecha de consulta: 26/6/2018).
10. Garcia, L.; Celette, F.; Gary, C.; Ripoché, A.; Valdés-Gómez, H.; Metay, A. 2018. Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. Agriculture Ecosystems & Environment. 251: 158-170.
11. Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba. C.R.: CATIE. 359 p.
12. Henao Salazar, A.; Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2016. Herramienta didáctica para la planificación de fincas resilientes. Medellín, Colombia: REDAGRES. SOCLA. 64 p.
13. Iermanó, M.; Sarandón, S.; Tamagno, L.; Maggio, A. 2015. Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del "potencial de regulación biótica" en agroecosistemas del sudeste bonaerense. Rev. Facultad de Agronomía. 114 (Núm. Esp. 1): 1-14.
14. Isaacs, R.; Tuell, J.; Fiedler, A.; Gardiner, M.; Landis, D. 2009. Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. Frontiers in Ecology and the Environment 7(4): 196-203.
15. Kehinde, T.; Samways, M. J. 2013. Management defines species turnover of bees and flowering plants in vineyards. Agricultural and Forest Entomology. 16: 95-101.
16. Landis, D. A. 2017. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. Basic and Applied Ecology. 18: 1-12.

17. Maclaine Pont, P.; Thomas, H. 2009. ¿Cómo fue que el viñedo adquirió importancia? Significados de las vides, calidades de las uvas y cambio socio-técnico en la producción vinícola de Mendoza". *Apuntes de Investigación*. 15: 77-96.
18. Martínez, L. E.; Vallone, R. C.; Piccoli, P. N.; Ratto, S. E. 2018. Assessment of soil properties, plant yield and composition, after different type and applications mode of organic amendment in a vineyard of Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(1): 17-32.
19. Nazrala, J. J. B. 2008. Influencia del manejo del suelo y las coberturas vegetales en el microclima de la canopia de la vid, la composición de la uva y el vino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. 40(1): 85-104.
20. Neiman, G. 2017. La "nueva vitivinicultura" en la provincia de Mendoza. Un análisis cuantitativo de su crecimiento durante la última década del siglo XX. *Estudios Sociales Contemporáneos* 16: 40-60.
21. Nicholls, C.; Altieri, M.; Dezanet, A.; Lana, M.; Feistauer, D.; Ouriques, M. 2004. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. *Biodynamics*. 250: 33-40.
22. Pascual, S. 2013. Gestión del suelo en viñedo mediante cubiertas vegetales. Incidencia sobre el control del rendimiento y del vigor: Aspectos ecofisiológicos, nutricionales, microclimáticos y de calidad del mosto y del vino. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Estudios Agrarios e Informática. Universidad de La Rioja. España. 325 p.
23. Portela, J.; Debandi, G.; Mastrantonio, L.; Aquindo, N. 2015. Atender a la biodiversidad permitiría incorporar la valoración de servicios ecosistémicos intra finca. En: Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: 4. Septiembre-Octubre de 2015. Mar del Plata, Buenos Aires: INTA, CYTED, VESPLAN y GEAP. Edición digital. 5 p.
24. Ruiz-Colmenero, M.; Bienes, R.; Marques, M. 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil and Tillage Research* 117: 211-223.
25. Salomé, C.; Coll, P.; Lardo, E. R.; Metay, A.; Villenave, C.; Marsden, C.; Blanchart, E.; Hinsinger, P.; Le Cadre, E. 2016. The soil quality concept as a framework to assess management practices in vulnerable agroecosystems: A case study in Mediterranean vineyards. *Ecological Indicators*. 61: 456-465.
26. Schaffernicht, M. 2008. Indagación de situaciones complejas mediante la dinámica de sistemas. Editorial Universidad de Talca. 285 p.
27. Steenwerth, K.; Belina, K. 2008. Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*. 40: 370-380.
28. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*.
29. Uliarte, M. 2004. Manejo del suelo mediante coberturas vegetales establecidas. su influencia en el microclima de viñedos bajo riego. Tesis de posgrado en Magister en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 64 p.
30. Vasilachis de Gialdino, I. 2007. Estrategias de investigación cualitativa. Buenos Aires. Editorial Gedisa. 277p.
31. Verón, S.; Jobbágy, E.; Gasparri, I.; Kandus, P.; Easdale, M.; Bilenca, D.; Murillo, N.; Beltrán, J.; Cisneros, J.; Lottici, V.; Manchado, J.; Orúe, E.; Thompson, J. 2011. Complejidad de los servicios ecosistémicos y estrategias para abordarla. En: P. Laterra, E. G. Jobbágy, J. M. Paruelo (Eds.) *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Cap. 29. INTA, Buenos Aires. 19 p.
32. Winkler, K. J.; Viers, J. H.; Nicholas, K. A. 2017. Assessing Ecosystem Services and Multifunctionality for Vineyard Systems. *Front. Environ. Sci*. 5:15.
33. Winter, S.; Bauer, T.; Strauss, P.; Kratschmer, S.; Paredes, D.; Popescu, D.; Landa, B.; Guzmán, G.; Gómez, J.; Guernion, M.; Zaller, J.; Batáry, P. 2018. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. 00: 1-12.
34. Zaccagnini, M.; Wilson, M.; Oszust, J. 2014. Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación-INTA, Buenos Aires. 95 p.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el PICT 2016-0586: "Rediseño del cultivo de vid adoptando prácticas ambientalmente sustentables y valorando servicios ecosistémicos clave en Mendoza". Para su concreción también recibió aportes del Proyecto Regional con Enfoque Territorial del Alto Valle de Uco (MZASJ-1251205).

Los autores agradecen a todos los informantes que aportaron su valiosa visión sobre el impacto de los modelos de manejo en las variables consultadas y en especial al Dr. Ernesto Martín Uliarte por la lectura crítica del manuscrito.

Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos

Theoretical-methodological framework for the design of ecological agriculture systems

Álvaro Noguera-Talavera, Francisco Salmerón, Nadir Reyes-Sánchez.

Originales: *Recepción: 29/06/2018 - Aceptación: 03/05/2019*

RESUMEN

Este artículo resume una serie de experiencias que desde la aplicación de los principios agroecológicos permiten identificar y analizar definiciones, estructuras, dimensiones-escalas, métodos de evaluación de sistemas agroecológicos, con el objetivo de orientar el análisis hacia el entendimiento de los procesos que promueven una alta funcionalidad ecológica, social y económica. La construcción del marco teórico-metodológico presentado es resultado de una revisión de experiencias con enfoque agroecológico, en agroecosistemas estratégicos para la conservación de los recursos naturales. Los resultados de la revisión y análisis de las experiencias muestran que, en el contexto de la agricultura con enfoque de sostenibilidad, las prácticas agroecológicas han evolucionado producto de experiencias tradicionales acumuladas por productores individuales, asociaciones, y proyectos de desarrollo territorial; asumiendo diferentes escalas de aplicación y mecanismos. Con base en las dinámicas productivas con enfoque agroecológico, fue posible extraer y sintetizar de cada experiencia los indicadores de procesos funcionales como conservación de la biodiversidad, servicios ecosistémicos, productividad, conectividad del paisaje, para el logro de objetivos ecológicos, sociales y económicos, tanto a escala de finca como de cuenca, y paisaje. Es bajo esta premisa, que se planea que el análisis de sistemas agroecológicos a diferentes escalas, conlleva elementos metodológicos integradores de distintas visiones de la gestión de recursos naturales, debido a que su dinámica está determinada por elementos naturales y sociales con múltiples contextos.

Palabras claves

Agricultura sostenible • procesos ecológicos • evaluación agroecológica

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas
con un enfoque agroecológico

Universidad Nacional Agraria. km 12 ½ Carretera Norte. Managua, Nicaragua. Apdo. 453.
nogueralavera@yahoo.es

ABSTRACT

This paper summarizes a range of experiences that when applied allow the identification and analysis of definitions, structures, dimensions-scales and key processes for the design of agro-ecological with the objective to drive the analyzes towards understanding of process that promote an important ecological, social and economic functionality. The theoretical framework-methodological built is provenances from agro ecological experiences review of agroecosystems that conserve natural resource. From the experiences analysis, it suggests that, in the context of sustainable agriculture, the agro ecological practices have evolved as a result of the local experiences of individual farmers and farmer's associations, and territorial development projects, with different territorial scale and strategist to the implementation. Based on productive activities on the agro ecological approach, was summarized indicators of functionality as well as, biodiversity conservation, ecosystem services, productivity, and ecological net at landscape, to reach ecological, social and economic objectives, in scales as farm, watershed, and landscape. It is under this premise that, we conclude that at varying degrees, these systems serve to integrate different approaches on the conservation of nature and human development thanks to the fact that their dynamic is determined by natural and social elements with multiple contexts.

Keywords

Sustainable agriculture • ecological process • ecological assessment

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Rusch y Skarpe (2009), en un contexto actual de la agricultura nicaragüense caracterizada por la existencia de suelos degradados, baja productividad por sistemas de manejo poco eficientes (10) y, factores climáticos y de degradación, no cabe duda sobre la necesidad de implementar métodos de agricultura que promuevan mayor biodiversidad, resiliencia y elementos para una sostenibilidad ecológica y social (3); y en la práctica, mayor producción de alimentos; concibiéndose así la necesidad de un nuevo paradigma o forma justa de agricultura (28).

Desde un punto de vista teórico-metodológico, el paradigma de agricultura justa debe partir de principios como: complejidad basada en funcionalidad, integración de los componentes de los agroecosistemas, mejor interacción hombre y ecosistema, y transformación continua; además de conceptos de la ciencia agroecológica como: sostenibilidad, adaptación, y productividad; todos importantes para el diseño y evaluación de sistemas de producción agropecuarios con enfoque de sostenibilidad.

La agroecología como ciencia transdisciplinaria y participativa (39), no es meramente un conjunto de recetas tecnológicas, sino que parte del empoderamiento de la familia campesina considerando su entorno ecológico, social y económico; muchas veces desventajoso por el predominante sistema de mercado. Esto hace a la agroecología una ciencia que se nutre de las experiencias campesinas (locales) exitosas que pueden ser traducidas en indicadores útiles para la difusión de prácticas agroecológicas exitosas.

El presente ensayo tiene como objetivo aportar elementos teóricos-metodológicos de reflexión para la aplicación en caracterización, estudio y comprensión de los procesos ecológicos que sugieren funcionalidad de los sistemas agroecológicos en diferentes realidades productivas, climáticas, y sociales; tomando como referencia experiencias desarrolladas a diferentes escalas y contextos.

Con el propósito de construir una secuencia lógica en el abordaje de la temática, el artículo ha sido organizado en siete secciones, iniciando con una Introducción, la cual ofrece una visión consensuada de las limitantes de tipo, ambientales y tecnológicas que justifican un cambio de paradigma en el modelo productivo local, contexto que es común a muchos territorios rurales de América Latina.

La sección titulada Fundamentos de agroecología aplicados a sistemas agrarios productivos, es una síntesis de las bases conceptuales sobre diseños agroecológicos. En esta sección, se propone una definición con visión integral de lo que se debería concebir

como diseño agroecológico a diferentes escalas; y se retoman los principios que, desde el origen epistemológico de la agroecología, se han considerado como base para el diseño de sistemas agroecológicos.

Los Materiales y Métodos presentan el procedimiento, y criterios utilizados para la obtención y análisis de la información; así como un esbozo de los aspectos experimentales y de diseño de una de las experiencias con carácter inédito.

La sección Casos de diseños y evaluación de sistemas agroecológicos, representa el desarrollo de la temática, a partir de estudios, en los cuales se aborda tres agro ecosistemas productivos estratégicos por su composición, integración y funcionalidad de los elementos que los integran; así como su importancia económica, social y cultural, desde un enfoque de sistema que es pertinente con el manejo sostenible.

En la sección denominada Los diseños agroecológicos y su distribución a escala superior a la finca, se hace una propuesta teórica y metodológica donde se aplican los principios de la sostenibilidad al análisis de una escala mayor a la finca. Aquí, la apuesta es conciliar y/o traslapar los principios de la agroecología con procesos a nivel de paisajes, territorios y cuenca, escalas que son, por su complejidad, poco entendidas al considerar perspectivas de la investigación y la evaluación agroecológica.

En la sección titulada Implicaciones de la evaluación de los sistemas agroecológicos se establece una ruta metodológica para la evaluación de los diseños agroecológicos, con visión de aplicación a diferentes escalas. La propuesta metodológica hace énfasis en métodos de tipo cualitativos y cuantitativos e implica desde el establecimiento de línea base, hasta elementos de rediseño, monitoreo y seguimiento, para generar pautas de las evaluaciones a nivel de sostenibilidad.

Las Conclusiones ofrecen los aspectos particulares asumidos de las generalizaciones teóricas extraídas de los estudios de caso; enfatizando en que los sistemas agroecológicos tienen diferentes expresiones, representan principios que conllevan elementos de sostenibilidad como son adaptación y resiliencia, así como de cosmovisión, cuyas dimensiones trascienden lo técnico y económico, características que determinan las opciones para su evaluación.

FUNDAMENTOS DE AGROECOLOGÍA APLICADOS A SISTEMAS AGRARIOS PRODUCTIVOS

La agroecología propone el desafío de asumir la complejidad de la naturaleza no como un recurso infinitamente explotable sino como un bien que hay que conservar y a la vez reproducir. La racionalidad de la familia campesina interpreta la complejidad de su entorno para diseñar sus sistemas de producción agroecológicos convirtiendo estas experiencias en conocimientos sistemáticos emergidos de una práctica exitosa de sistemas productivos de autosubsistencia, en conversión o plenamente agroecológicos.

Desde su fundamentación técnica, López (2012) resalta que la agroecología ofrece respuestas a la degradación ambiental, social y económica resultante de la prevaiente agricultura moderna basada en la dependencia de agroquímicos, tecnología y energía fósil; es más, responde a la necesidad de incrementar los niveles de consumo de alimentos inocuos para la salud de los consumidores que a la larga afecta el nivel de vida y productividad de la población vulnerable de los países más empobrecidos.

La conceptualización de productividad asociada a los sistemas productivos con base agroecológica es analizada por Martínez (2002), desde dos dimensiones, la relativa a la manera como se usa el agroecosistema en espacio y tiempo (elementos bases para el diseño), y en términos de la fuerza laboral.

La primera dimensión reconocida, y aceptada como parte de la visión propuesta en este artículo tiene su expresión en procesos como diversificación y buen aprovechamiento de fuentes naturales de energía; mientras la segunda radica en producir a partir de una alta eficiencia de la mano de obra familiar y comunal reduciendo así el riesgo de comerciar con la fuerza laboral y; el despojo o pérdida de la tierra y, por tanto, la desaparición de la ruralidad. En la misma línea Vilaboa *et al.* (2006) visiona la productividad como la eficiencia biológica de un sistema de producción con expresión en la sostenibilidad del sistema.

El retorno a prácticas tradicionales campesinas basadas en saberes locales se justifica al reconocer que los agroecosistemas donde los productores manejan eficientemente la diversidad desde una perspectiva de función de cada componente, se transforman en sistemas agroalimentarios sostenibles que proveen en gran medida la producción de alimentos en muchas regiones de América; tomando como ejemplo lo planteado para Nicaragua por Salmerón y Valverde (2016), quienes dimensionan el aporte de pequeñas unidades productivas en un 50%.

Diversos análisis de la importancia de los sistemas tradicionales en la consecución de objetivos de sostenibilidad, entre los que destacan el desarrollado por Altieri y Nicholls (2012), quienes enfatizan en que muchos agroecólogos reconocen que los agroecosistemas basados en prácticas campesinas tienen el potencial para solucionar muchas incertidumbres que hoy en día enfrenta la humanidad, principalmente cambio climático, crisis financiera, e inseguridad alimentaria.

Aun cuando las prácticas y/o tecnologías campesinas son más reconocidas como amigables con el medio ambiente, en comparación a las de alto uso de insumos, no todas son efectivas o aplicables (3, 30), en parte por la visión de cada productor, y por otro lado, por diferencias edafoclimáticas entre zonas agroecológicas, y esta última de acuerdo con Machado *et al.* (2015), influyen en los indicadores técnicos-productivos, sociales y económicos; por lo que las modificaciones y adaptaciones podrían ser necesarias; proponiendo así a la agroecología como la clave para revitalizar la productividad de los sistemas de finca; y aún más a otras escalas espaciales como son la cuenca a la escala de territorio (28).

Desde el punto de vista de la academia, la estrategia para la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos ha estado basada en la funcionalidad de los componentes; así diferentes autores visualizan la funcionalidad como la utilización real y coherente de los procesos (sinergias y antagonismos) y organismos vivos que participan en la planificación, producción y distribución de los beneficios del usufructo de la tierra como recurso natural.

Una vez que la agroecología es asumida como guía para incrementar la productividad de los pequeños sistemas de finca y sistemas de mayor escala; la reorientación de prácticas debe sustentarse en la aplicación de los principios de esta ciencia, cuya expresión puede ser conceptualizada como *sistemas agroecológicos*; constituidos por un conjunto de diseños o arreglos espaciales y temporales de componentes, son dinámicos y pueden tomar diferentes formas tecnológicas dependientes de circunstancias biofísicas, socioeconómicas, e intereses de cada productor (3).

Bajo una lógica de sostenibilidad los sistemas agroecológicos deben ser manejados a través de la aplicación de los principios de la ciencia agroecología, estos deben mostrar atributos como altos niveles de diversidad funcional, integración, eficiencia y resiliencia; mientras otros autores resaltan otros atributos de corte socio cultural como autosuficiencia alimentaria, autonomía e independencia; y aún más complejos, desarrollo endógeno y local (26, 27, 43).

ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE DISEÑOS AGROECOLÓGICOS

El entendimiento de la dimensión de los diseños agroecológicos abordada en este artículo, debe partir del entendimiento del enfoque conceptual de agroecosistema, fundamentado por el paradigma de pensamiento complejo, cuya aplicación parte de la teoría de sistemas complejos en los que la realidad agrícola es representada por una totalidad organizada que no puede ser estudiada aisladamente (6).

De acuerdo con Casanova-Pérez *et al.* (2005), agroecosistema es un sistema complejo, abierto (realiza intercambios con el medio), constituido por elementos heterogéneos en interacción, con interdefinibilidad, mutua dependencia de las funciones que cumplen los elementos, clausura operativa para garantizar su autoreproductividad, y acoplamiento estructural; mientras desde un enfoque autopoietico representan estructuras (subsistemas) sociales de comunicación que expresan visiones de manejo agrícola, emergentes de la agricultura como sistema social (figura 1, pág. 277).

Partiendo del enfoque multidisciplinario de la agroecología es de particular interés para investigadores, técnicos, productores y decisores el abordaje conceptual y práctico de la integración de diferentes ejes en el marco del diseño de sistemas agroecológicos (figura 1, pág 277).

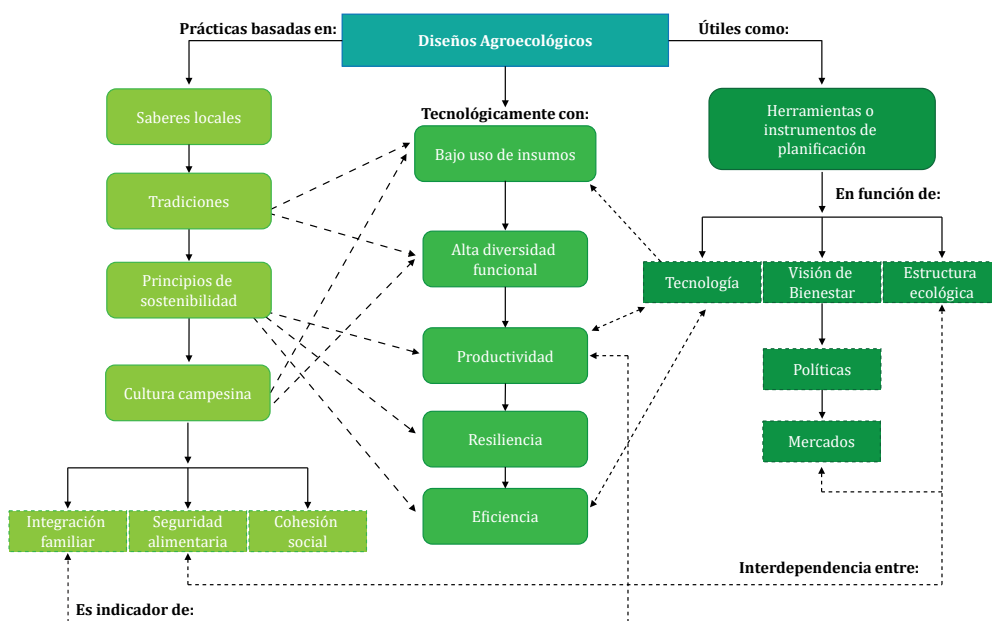


Figura 1. Elementos conceptuales y dimensiones de los diseños agroecológicos como estrategias interdisciplinarias.

Figure 1. Conceptual elements and scope of agroecological design as interdisciplinary strategies.

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola, los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: *un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan*. Dada esta limitación, la agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que, además, son culturalmente sensibles; y social y económicamente viables (36).

De más pragmático entendimiento, es lo referido por Vásquet *et al.* (2012), quienes definen teóricamente los diseños agroecológicos como sistemas de diferentes escalas (organopónicos, huertos intensivos, patios, parcelas y fincas típicas, hasta los límites de cuenca y paisaje) que se originan de actividades de planificación y manejo espacial, estructural y temporal de la vegetación, cultivada o no; siendo los elementos esenciales en el manejo, los tipos de biodiversidad.

Desde una perspectiva práctica, es posible conceptualizar los diseños agroecológicos como herramientas o instrumentos de planeación para el manejo de la producción agrícola sostenible con principios agroecológicos (36); resaltando la importancia de la planificación del diseño y la eficiencia del sistema a partir de lo propuesto por Souza-Casadinho (2010), en cuanto a procesos como la demanda externa de energía asociada al logro de un eficiente reciclaje de nutrientes y el manejo de plagas. Complementariamente, la distribución espacial y temporal de los cultivos con expresión en el índice de presión secuencial de familias en el arreglo, compatibilidad entre componentes, entre otros.

En el diseño y manejo de sistemas de producción, se debe considerar que en su estructura espacial y temporal se favorezcan varios niveles principales en las interacciones funcionales entre los cultivos y el resto de la vegetación (46), debiéndose además reconocer que los agroecosistemas en sí mismos poseen estructura y funcionalidad ecológica, que pueden estar o no vinculadas con la estructura ecológica del paisaje en que se encuentran (23), debiendo modelar la complejidad de los sistemas naturales que los constituyen.

El objetivo último del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (36).

En su abordaje, los diseños agroecológicos deben definirse desde una perspectiva tridimensional, es decir, mirar el sistema productivo, la finca y el entorno ambiental (mercado, políticas, instituciones, tecnología, asistencia técnica, entre otros factores), como un todo y no separado de su realidad: enfoque sistémico (36).

Como práctica, el diseño agroecológico de los sistemas productivos, así como las actividades a implementar dependen de la disponibilidad de recursos, de las limitaciones ambientales, de las restricciones que imponga el mercado y de las preferencias y valores del productor. En la etapa del diseño cada productor piensa y propone de qué manera, y a partir de sus necesidades específicas integrará los diferentes elementos del sistema (42).

El límite mínimo del diseño agroecológico es el sistema finca y no el sistema productivo, o la parcela. A partir de la finca, se construyen los diseños y el sistema productivo va a depender de la estructura ecológica de la finca (principio de inmunidad: anticiparse al cambio).

Los principios generales que se deben considerar para que un diseño productivo sea considerado con enfoque agroecológico han sido ampliamente abordados y profundizados por diversos autores (1, 14, 46), por lo que a continuación se enlistan algunos aspectos de los comúnmente resaltados.

- Incorporación de diferentes tipos de biodiversidad, garantizando la integración de componentes; y con ello el desarrollo de procesos ecológicos que hacen estable el agroecosistema.
- Eficiencia en la integración de los componentes del agroecosistema, a partir de diferentes tamaños y formas de campos; y una estructura de cultivos según los intereses de la familia campesina.
- Mejoramiento de la salud del suelo como estrategia para incrementar la productividad.
- Promoción de la seguridad y soberanía alimentaria de la familia campesina y las poblaciones de su entorno.
- Incremento de la productividad del sistema agroecológico, a partir de incremento en la eficiencia de los procesos ecológicos asociados al microclima, provisión de agua y diversidad biológica del suelo.
- Promoción de relaciones de equidad en la distribución de los beneficios, a través del fortalecimiento de la organización local e intercambio de saberes para el desarrollo.

Metodológicamente, la conjunción de los principios aplicados a los sistemas productivos es de interés estratégico como parte de evaluaciones de metas de la agroecología como ciencia y práctica local en vista que, por un lado, los principios orientan hacia el logro de sistemas respetuosos y promotores de la conservación de la biodiversidad; y por tanto productivos.

Autores como Altieri (2009) resaltaron la importancia del componente humano o social dentro de la dinámica de los agroecosistemas, encontrando en esta conjunción una aproximación al enfoque de sostenibilidad, cuyos elementos son transversales en políticas de desarrollo humano, entre ellos resiliencia, seguridad alimentaria, valoración de saberes locales, cultura agraria, integración familiar; y en general cohesión social (figura 1, pág. 277).

EL ENFOQUE SOCIOCULTURAL O HUMANO EN EL DISEÑO DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS

Desde lo social o humano de las familias campesinas, la decisión sobre el sistema agroecológico y su diseño-manejo está influenciada por una serie de factores de alguna manera olvidados por científicos e instituciones de investigación que promueven la adopción de tecnologías agrícolas convencionales. Siendo algunos de los factores aglutinados y resumidos en el concepto “cultura”, que en la práctica reemplaza conceptos energéticos o materialistas para definir su nicho como mecanismo de adaptación, incluyendo según León-Sicard (2009), expresiones que van desde lo mitológico, religioso hasta lo científico, expresiones artísticas, diferentes tipos de organización socioeconómicas y políticas; construidas a través de su historia de modificación del hábitat. Mientras Altieri (2009) realizó un abordaje basado en un proceso de coevaluación socio-ecológica.

Un principio organizador general, esencial en el enfoque campesino ante la producción es el mantenimiento de un conjunto de estrategias en la reproducción de diversidad de la vida. El campesino trabaja con esa diversidad de vida, y el objetivo central de su sistema de producción es la utilización de lo que encuentra naturalmente en su lugar, en el ecosistema que habita (37). Sustentando lo anterior, la afirmación que la agroecología no es un conjunto de técnicas, sino que se trata de poner a la familia rural en el centro del sistema productivo llegando a su empoderamiento para tomar decisiones sobre los medios de vida.

Desde la agroecología, las expresiones asociadas a una cultura agraria se basan en el conocimiento originado en las experiencias o comprensión de las limitantes y potencialidades del hábitat donde cada familia campesina desarrolla actividades productivas (46); así como la visión de sostenibilidad, que en caso de la agricultura de mercado se orienta de acuerdo con León-Sicard (2009) y Gudiño (2018), hacia el desarrollo económico, mientras en el pensamiento agroecológico se orienta hacia la buena relación entre ecosistema y cultura, a través de un verdadero bienestar común y equidad social.

Otro punto de vista de la importancia de la familia en la dinámica de los agroecosistemas está asociado al límite de estos, en vista que sus límites biofísicos son visibles; por el contrario, el límite social, económico o político es difícil de identificar puesto que está mediado por factores decisionales intangibles en estrecha relación con la cultura del productor y aspectos institucionales, y externos de otra índole que reflejan estrategias nacionales e internacionales de desarrollo (15, 22, 44).

La importancia de las personas en el diseño y manejo de sistemas agroecológicos, es también abordado a escala de paisaje, en el sentido que, la complejidad de la distribución espacial de los ecosistemas para su manejo y conservación dependen del grado de conexión entre la naturaleza y las poblaciones que bajo diferentes visiones transforman el medio (23).

El diagrama presentado a continuación (figura 2) resume aspectos conceptuales del enfoque sociocultural aplicados a la dinámica del diseño de sistemas agroecológicos ya que se ubica a la familia campesina en el centro del sistema, resaltando así el nivel de decisión que tiene esta en la planificación, implementación; y en general, la valoración de la viabilidad y sostenibilidad del sistema.

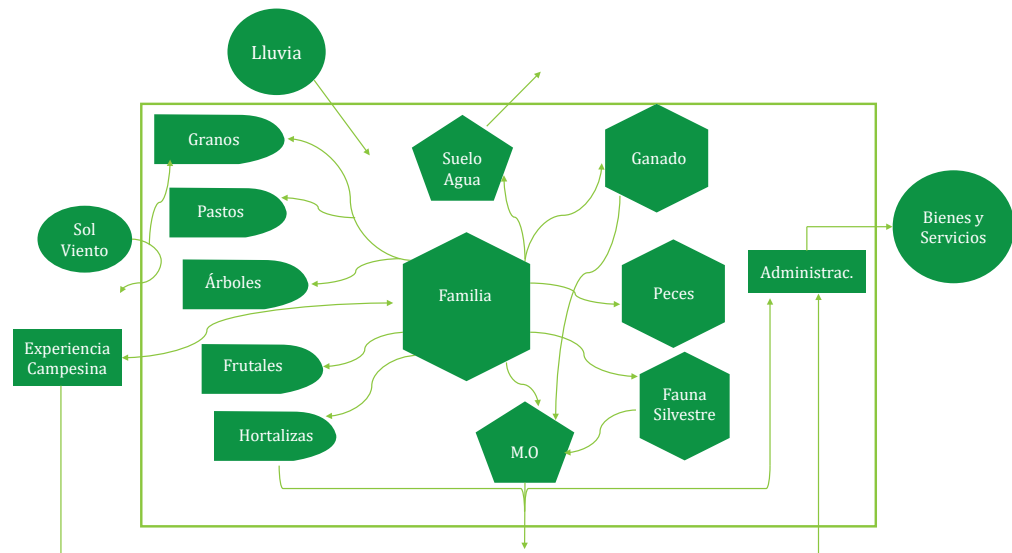


Figura 2. Enfoque sociocultural en la implementación de sistemas agroecológicos.
Autoría propia.

Figure 2. Social and culture framework on the implementation of agroecological systems.
Own authorship.

Como parte de la dinámica puesta en perspectiva en el párrafo anterior, se debe considerar como fuente de planificación y manejo del sistema la experiencia acumulada por la familia campesina lo cual, traducido a conocimiento, representa una entrada que propicia procesos de selección de componentes del sistema, como por ejemplo: granos, pastos, árboles, frutales, hortalizas y animales entre otros.

Por parte de la familia, el manejo de la interacción entre el suelo y el agua en relación con otras fuentes de energía como la lluvia, el sol y el viento, el reciclaje de nutrientes a través de la materia orgánica acumulada tanto de los productores primarios, como de los consumidores para hacer más eficiente el aprovechamiento de la energía.

Desde la visión de desarrollo, la familia establece sus mecanismos de administración tanto para suplir sus necesidades alimentarias, de educación y superación para alcanzar cierto nivel de bienestar o calidad de vida (5); como para identificar oportunidades de mejoramiento del sistema, a partir de intercambios con otras familias y comunidades, colaboraciones, inserción a mercados locales; y otros bienes y servicios que mejoran su independencia de materia prima o servicios de agentes e instituciones especializadas y condicionantes del tipo de sistema de producción, como es el caso de instancias promotoras de agricultura convencional.

Lo antes descrito tiene su base en la importancia que la familia campesina asigna al conocimiento de su realidad y visiones de desarrollo; visiones que “están enraizadas en sus lugares físicos, lo que los equipa con un tipo de conocimiento involucrado y participativo, en vez del conocimiento desapegado y remoto que resulta de la práctica científica de la agricultura industrial; se centra además en los intereses de la comunidad local y su meta es producir alimentos tras el logro de la auto-dependencia y la estabilidad en el largo plazo” (37).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de la información de utilidad para la construcción de los elementos teóricos y metodológicos que persigue el objetivo del artículo, se realizó una revisión analítica de publicaciones cuyos criterios de selección fueron:

1) Evidente aplicación de principios agroecológicos, como son: Incorporación de diferentes tipos de biodiversidad, eficiencia en la integración de los componentes, incremento de la productividad del agroecosistema, protección de los procesos ecológicos a nivel de cuenca y paisaje.

2) Utilización de indicadores pertinentes al análisis y evaluación agroecológico, permitiendo identificar y resaltar procesos ecosistémicos relacionados con lo ecológico, social y económico. Siendo algunos de ellos: estabilidad de la biodiversidad, salud del suelo, independencia de insumos externos, integración familiar, conectividad del paisaje, capacidad de organización social, seguridad alimentaria, entre otros.

3) Que fuesen experiencias de América Latina, debido, principalmente, a la similitud en la aplicación de prácticas tradicionales en diseños, y rediseño de los agroecosistemas.

Con excepción del caso del modelo de manejo agroecológico de moringa, que es un trabajo inédito por ser resultados de tesis doctoral, en ninguno de los casos de revisión, se procesó o analizó datos crudos de las publicaciones. El método consistió en la elaboración de síntesis, por paráfrasis, de los aspectos metodológicos y resultados para presentarlos como indicadores de procesos y/o funcionalidad de las prácticas asociadas a diseños agroecológicos.

Los sistemas en los cuales se basó la revisión presentan, de manera intrínseca, elementos estructurales y funcionales que garantizan el logro de objetivos, alrededor de la conservación de los recursos naturales, por lo que, al no ser percibidos como estratégicos desde el enfoque de la agroecología, se agravaría la degradación desde el nivel de finca hasta el nivel de paisaje.

Por ejemplo, la caficultura y ganadería, al ser actividades que generan importantes ingresos a los productores, en comparación con otros rubros, muestran una alta demanda de tierras e insumos que generan externalidades negativas a gran escala. Mientras que bajo el

enfoque de producción agroecológica, se mantendría su impacto sobre el ingreso, mediante las tradicionales prácticas de diversificación del sistema, así como la implementación de alternativas asociadas a la obtención de suelos saludables, canales justos de comercialización, independencia de insumos por integración de los componentes del sistema.

En el caso de las escalas cuenca, paisaje y territorio, es de interés para resaltar elementos como el mantenimiento de la conectividad ecológica y servicios ambientales entre ecosistemas, y enfoque de planificación territorial que permite dimensionar la interacción de las poblaciones humanas y ecosistemas. Al respecto, se asumen como elementos integradores los parches de bosques naturales, áreas protegidas y el agua como eje integrador en la cuenca.

METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE MANEJO AGROECOLÓGICO DE MORINGA EN NICARAGUA

Los ensayos fueron establecidos en la unidad productiva finca Santa Rosa, cuya ubicación geográfica es 12°09'30.65"N, 86°10'06.32"W, y a una altitud de 50 m s.n.m. perteneciente a la Universidad Nacional Agraria, en Managua.

Climáticamente, el área pertenece a una zona de vida de bosque seco tropical, con precipitación y temperatura media anual de 1099 mm y 27°C respectivamente, y humedad relativa de 74%; predominando dos estaciones definidas por una época seca que va desde noviembre a abril, y una época lluviosa de mayo a octubre.

El ensayo tuvo una duración de nueve meses, con fecha de establecimiento junio 2013 hasta marzo del 2016 tiempo durante el cual se aplicó prácticas de manejo agroecológico. El área con manejo agroecológico correspondió a un lote de 1 hectárea, con un área efectiva de muestreo de 0,18 hectáreas. En el sistema fueron delimitadas cuatro unidades de muestreo de forma rectangular (15 m x 30 m).

El método definido para muestrear la macrofauna edáfica fue sistemático con monolitos separados 15 m entre sí, distribuidos en transecto diagonal dentro de las unidades de muestreo. Mientras el muestreo de artrópodos, se hizo mediante trampas pitfall y trampas aéreas.

Diseño experimental

El diseño consistió en unidades experimentales de forma rectangular, seleccionadas de manera aleatoria (DCA). Cada unidad con plantas establecidas a distanciamiento 3 m x 3 m, en arreglo lineal.

Tratamientos

Tratamiento 1: Manejo convencional, consistió en área de monocultivo de moringa, con actividades de preparación mecanizada del suelo, control mecanizado y químico de arvenses; fertilización inorgánica, y riego.

Tratamiento 2: Conversión agroecológica, cuyo enfoque fue el establecimiento de un sistema de policultivo, labranza mínima en la preparación del suelo, rotación de leguminosas, fertilización orgánica con compost, incorporación de abonos verdes, sin riego y, control de arvenses con cobertura de leguminosas.

Para la evaluación de los sistemas de manejo, del conjunto de monolitos se colectó dos muestras compuestas de 2 kilogramos de suelo, para determinar propiedades químicas y físicas en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (tabla 1, pág. 282).

Procesamiento estadístico

La estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis) fue empleada para determinar diferencias en la variación de la densidad por taxón y grupo funcional por sistema de manejo. Como parte de la diversidad de la macrofauna, a nivel de sistema de manejo para los taxones, clases y órdenes, se determinó el índice de dominancia de la comunidad (D), con comparaciones de "t" student en el programa PAST versión 1.29.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo de dos sistemas productivos de *M. oleifera* en la zona seca de Nicaragua.**Table 1.** Soil chemicals properties in two productive systems of *M. oleifera* at dry zone of Nicaragua.

Propiedades del suelo	Manejo convencional 2013	Manejo convencional 2016	Conversión agroecológica 2013	Conversión agroecológica 2016
pH	6,54	7,45	6,58	7,08
M.O (%)	3,11	2,58	4,40	3,20
C.O (%)	1,29	1,71	1,68	2,18
N (%)	0,14	0,11	0,16	0,18
P (ppm)	35,70	20,17	ND	38,47
CiC	33,25	27,67	27,10	28,05

ND: No Determinado/UD: Non Determined.

DESARROLLO: CASOS DE DISEÑOS Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS**Modelo de manejo agroecológico de moringa en Nicaragua**

Uno de los primeros ejemplos mostrados en este artículo corresponde a un sistema agroecológico de marango (*Moringa oleifera* Lam.). El modelo de diseño agroecológico propuesto partió de la noción de productividad promovida desde la agroecología, la que básicamente se fundamenta en la forma de utilización de la tierra, que a todas luces conlleva a la implementación de prácticas que mejoran la salud del suelo y los procesos que suceden y dependen de este recurso.

Las mediciones estuvieron orientadas a la documentación de la composición, estructura y funcionalidad de cada componente, clasificándolos a partir de los tipos de biodiversidad, los que permitieron estimar la complejidad del sistema (45).

La influencia de las prácticas de manejo agroecológico y las tendencias en cuanto a estabilidad, biodiversidad y características químicas del suelo en el proceso de transición fue determinada por comparación con un sistema manejado de manera convencional.

Desde la base conceptual del proceso de conversión de sistemas manejados convencionalmente a sistemas agroecológicos, se estableció la ruta de transición que estuvo marcada por la sustitución de insumos inorgánicos (fertilizante completo, urea, cipermetrina para control de insectos; y glifosato y 2-4-D para el control de arvenses) a aplicación de compost, inclusión de leguminosas, y cobertura de estas como abono verde. Siendo la diversificación a través de policultivo, prácticas de rotación en el tiempo, y establecimiento de hábitat para biodiversidad funcional y biodiversidad auxiliar como actividades de rediseño del sistema.

La fase de rediseño fue considerada de carácter transversal en el proceso (tiempo) de manejo, bajo el principio de la *transformación continua* donde la manipulación de la estructura y diversidad de componentes promovió eficiencia para finalmente lograr estabilidad (con expresión en la diversidad de macrofauna del suelo y artrópodos) en el sistema, y cierto nivel en el manejo de las interacciones con miras a incrementar la diversidad, productividad y resiliencia.

Las interacciones promovidas estuvieron dirigidas al mejoramiento de la fertilidad y salud del suelo mediante el incremento de la diversidad de macrofauna por mayor calidad de la biomasa, y fertilización orgánica. Así mismo se promovió la diversidad de polinizadores y controladores biológicos (arañas) mediante el mantenimiento de corredores de arvenses, la eliminación de control mecanizado y químico de estas y entomofauna (figura 3, pág. 283).

Mediante este modelo agroecológico se diversificó las salidas tangibles del sistema que, a diferencia de únicamente semillas de moringa como producto de comercialización en un sistema convencional o monocultivo, proporcionó forraje y granos para la familia, para ganado bovino y ganado menor; y aún más importante desde la agroecología, se promovió servicios ambientales como conservación de biodiversidad, mejoramiento del suelo y posibilidades de adaptación a variabilidad climática.

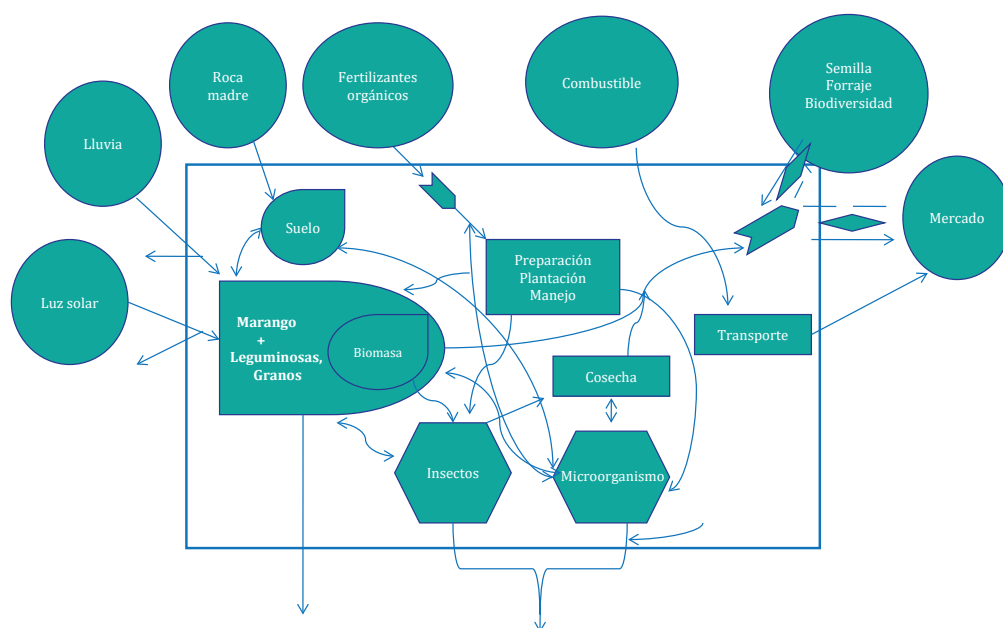


Figura 3. Modelo de diseño agroecológico de *M. oleifera* en una unidad productiva de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Autoría propia.

Figure 3. Agroecological desing model of *M. oleifera* at farm in Agrarian National University, Nicaragua. Own authorship.

La evaluación del efecto de las prácticas sobre las características químicas del suelo sugiere mayor calidad de este recurso en conversión agroecológica, mostrando de esta manera la tendencia del proceso expresada en características importantes como contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno y fósforo disponible; elementos que son esenciales para el sostenimiento de la biología del suelo y los rendimientos de cultivos (tabla 1, pág 282) (9).

Los cambios experimentados por el sistema bajo conversión agroecológica se identificaron también a nivel de la macrofauna edáfica, observándose en la composición taxonómica, con predominancia de Arthropoda, alta densidad de organismos en la profundidad 0 a 10 cm; valores de diversidad ($D=0,43$, $J=1,0$) y grupos funcionales mayormente modificadores del suelo. Las diferencias fundamentadas. Se encontraron en el origen del sistema, contenido de materia orgánica por diversificación, y prácticas de fertilización; pudiendo determinarse asociación entre la macrofauna del suelo y los organismos que interactúan con *M. oleifera* (33).

La composición de artrópodos en conversión agroecológica mostró mayor estabilidad (reflejada en los valores de diversidad) en los tres años de evaluación, en comparación con el manejo convencional. La proporción de fitófagos *versus* enemigos naturales y con potencial benéfico, registró un mejor balance en conversión agroecológica (48,2% fitófagos *vs* 45,4% entomofauna benéfica), en comparación con el sistema convencional (52,1% fitófagos *vs* 40,3% entomofauna benéfica).

Como resultado de la diversificación del sistema, el mantenimiento de corredores con arvenses y las características fenológicas de especies en conversión agroecológica se incrementó la diversidad de polinizadores de las familias *Vespidae* y *Apidae*. Díaz-Torres (2001) resalta el importante rol que juega este grupo desde el punto de vista del mantenimiento de la diversidad genética de cultivos, y el efecto de control por entomofagosis que ejercen sobre algunos insectos.

La presencia de cercas vivas y corredores de arvenses permitieron la presencia de depredadores como arañas de la familia *Saltisidae*, y la especie *Tailless whipscorpions*, reconocidos controladores de larvas e insectos.

Mediante análisis de adyacencia se determinó alta similitud de especies de artrópodos entre el área de conversión agroecológica y los hábitats adyacentes al sistema convencional demostrándose el efecto de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad en los cultivos.

El rendimiento del cultivo principal (*M. oleifera*) fue ligeramente inferior en conversión agroecológica (72 kg/ha) solamente el primer año de cosecha, en comparación a 76 kg/ha en el sistema convencional. La diferencia se asocia a baja compatibilidad de moringa con *C. brasiliensis*, presentando valores superiores en los subsiguientes dos años, con 105,8 kg/ha en conversión agroecológica y 100,6 kg/ha en manejo convencional.

Otros beneficios del sistema agroecológico se refieren al rendimiento de las leguminosas en el asocio con moringa, las que resumen los siguientes valores: *Canavalia ensiformis* (2 t/MS/ha, y 68 kg/ha en semilla), *Canavalia brasiliensis* (2,6 t/MS/ha, y 35 kg/ha en semilla) *Cajanus cajan* (4 t/MS/ha) y *Vigna unguiculata* 364 kg/ha en semilla). De estos resultados es posible inferir un mejoramiento en el potencial de adaptación de productores de la zona seca a los efectos de variabilidad climática, tanto por las especies en el asocio con moringa, como por la diversificación en las opciones productivas o productos que se obtienen del sistema.

El carácter experimental de este ensayo, circunscrito a una unidad productiva de la Universidad Nacional Agraria, así como la evaluación enfocada principalmente a la determinación del efecto de las prácticas sobre parámetros biológicos-ambientales, limitó la documentación de aspectos socio culturales asociados al diseño y rediseño del sistema, y la toma de decisión de productores sobre dichos aspectos.

La poca tradicionalidad y/o experiencias nacionales en la producción de este cultivo, es uno de los factores que justifican su estudio bajo un modelo de agricultura sostenible, máxime porque recientemente está siendo considerado un cultivo industrializable, y prominente frente a condiciones de alta variabilidad climática en el corredor seco nicaragüense.

En la actualidad, a pesar de la existencia de una estrategia nacional para la producción, consumo y comercio de moringa, la producción de este cultivo es común entre pocos empresarios que controlan la cadena productiva, debido principalmente a su capacidad de garantizar capital monetario para la continuidad de la asistencia técnica, innovaciones en el manejo y transformación del cultivo y productos, y posibilidades de incursionar en mercados poco explorados por pequeños productores.

Los resultados del trabajo presentado en esta sección, demuestran la factibilidad de promover la inclusión de moringa en diseños agroecológicos, debido a su viabilidad bajo un esquema de producción de bajos insumos y manejo de las interacciones; permitiendo mantener la productividad del sistema, en comparación con el manejo convencional, y generar productos y servicios ecosistémicos complementarios. Es bajo este modelo que, pequeños productores agroecológicos de la zona seca de Nicaragua, pudiesen explorar mercados que premian producción inocua y con pocas externalidades ambientales negativas.

Sistemas agroecológicos con café como cultivo principal

En la realidad nicaragüense el sistema café con sombra es frecuente a diferentes escalas. Sin embargo, desde el enfoque de la agroecología, su concepción como sistema agroecológico no se logra solamente al incorporar y/o mantener una alta diversidad de árboles y por tanto cobertura; sino que bajo los principios agroecológicos se deben fortalecer procesos ecológicos como el reciclaje de nutrientes y del agua, flujos de energía, y los mecanismos de regulación de poblaciones de organismos benéficos y nocivos.

La estrategia práctica para promover los diferentes procesos en el manejo de sistemas agroecológicos café con sombra es la regulación de la sombra. Este sistema se presenta bajo diferentes diseños cuyo arreglo en el tiempo involucra el cultivo de ciertas especies para sombra temporal en etapas iniciales del establecimiento del cultivo y otras para sombra permanente; mientras el arreglo espacial involucra la densidad de árboles y por tanto de la sombra; que en muchos casos varía entre 40% y 50% (27).

Resultados de una evaluación socioeconómica y ambiental en el trópico seco nicaragüense confirman una teoría de valoración superficial de los procesos ecológicos en sistemas de café con sombra, como agroecosistema, con principios agroecológicos en su manejo (29).

En el trabajo, los autores refieren únicamente, la sombra, disminución de la erosión y división de fincas, como principales beneficios del sistema; sin profundizar en las implicaciones del logro de estos servicios. Una fuerte tendencia sobre el análisis de la funcionalidad del componente arbóreo en cafetales, ha sido hacia la documentación de usos como

beneficios tangibles (madera, leña, frutos, entre otros) más que la identificación y/o estimación de servicios ambientales; siendo la excepción trabajos enfocados a la obtención de certificación de producción orgánica.

Al respecto, Morán *et al.* (2014) cuantificaron un menor beneficio por ingreso económico de los productores con sistemas de café con sombra, al comparar dicho indicador con los obtenidos por productores con otros sistemas como silvopastoriles y manejo de bosque con regeneración natural, siendo la causa común de este resultado, poca asistencia técnica para el continuo mejoramiento y/o rediseño del sistema, baja integración familiar, y cierta marginalidad de las unidades productivas.

Esta experiencia da cuenta de que “En Nicaragua, la crisis de la caficultura ha tenido efectos negativos múltiples. Las familias productoras de pequeña escala han perdido una parte importante de su ingreso vía el precio del producto, y las opciones de empleo se han reducido notablemente en las fincas grandes. La crisis del sector queda de manifiesto en la quiebra de muchos productores” (29). Es producto de esta condición, que algunos pequeños caficultores, han tenido que transitar hacia un modelo de producción con principios de agroecología, convirtiéndose en referencia o faros agroecológicos.

En una sistematización de experiencias sobre manejo agroecológico en Chiapas-México, es posible hacer un abordaje de la tradicionalidad y visión agroecológica de los productores de café a pequeña escala, quienes han desarrollado sistemas agroecológicos complejos que incluyen el cultivo de café intercalado con frutales y árboles leguminosos de sombra.

Como efecto benéfico, la erosión es controlada mediante terrazas y una capa protectora de mulch formada por la acumulación de hojarasca. Al observar que la retención de hojarasca reduce la pérdida de suelo de la capa superficial, muchos agricultores construyen terrazas con cercas vivas de arbustos para retenerla. Comúnmente los agricultores tienen un conocimiento detallado sobre los beneficios de las hojas de distintas formas y tamaños y sobre lo que aporta cada una a la preservación de la capa superior del suelo cuando actúa dentro de la capa protectora de mulch (18).

En relación con la caracterización de elementos de sostenibilidad de agroecosistemas cuya base es el cultivo de café en la cordillera central de los Andes. Machado *et al.* (2015) presenta una propuesta metodológica basada en tres dimensiones, siendo la primera la económica cuyos atributos principales fueron: seguridad alimentaria expresada no solamente en la producción de alimentos en el agroecosistema, sino también en acceso a centros de distribución de alimentos por comercialización de otros bienes provenientes del sistema; además bajo riesgo económico relacionado con alta diversidad de cultivos e independencia de insumos.

Los resultados de la caracterización en cuestión sugieren una alta condición de seguridad alimentaria por el grado de diversificación tanto de cultivos (café, cacao, caña de azúcar, plátano y frutales), como de animales (aves y peces) de los sistemas; un buen equilibrio de la productividad y bajo riesgo económico, aun con bajos rendimientos del café; otros con economía basada en la producción de café y un único canal de comercialización fueron clasificados en riesgo económico.

La segunda dimensión abordada es la técnico-productiva, vinculada con la gestión de la capacidad biológica del suelo para sustentar la salud del cultivo como estrategia para incrementar la productividad del sistema. En cuanto a la salud del cultivo se enfatizó en la diversidad genética (se reporta alta frecuencia de tres variedades de café) y especies cultivadas, así como la existencia de vegetación circundante como fragmentos de bosques, cercas vivas, campos agrícolas, pastizales con árboles, entre otros; componentes estos que garantizaron un ensamblaje integral y funcionalidad de la biodiversidad.

La mayor calidad del suelo y salud del cultivo fueron registrados en los cafetales con alta asociación de cultivos, uso de abonos verdes y alta diversidad genética.

La tercera dimensión, y no menos importante fue la dimensión social, la que se centró en los indicadores tenencia de la tierra como elemento de aseguramiento de reproducción social de la familia campesina; y en la misma línea la capacidad de construcción de redes o tejidos sociales propiciados por la actividad productiva, y cuyas ventajas derivaron en la adquisición de mano de obra, intercambio de experiencia con fines de innovación y mejoras hacia el sistema, servicios, entre otros.

Desde el punto de vista de la tenencia de la tierra, la legalidad facilitó el acceso a fuentes de crédito; mientras el indicador asociado a la existencia de redes sociales demostró el valor de la parentela o el aporte del trabajo en familia para la construcción de entes comunales claves en la intensificación de mecanismos de reciprocidad, colaboración, resiliencia social y apoyo institucional.

Cohérente con las dimensiones analizadas en el caso anterior, Vilaboa *et al.* (2006) proponen un enfoque metodológico para el estudio profundo de las opciones sostenibles en la caficultura; inclinándose por el “enfoque de medios de vida”, que en sus fines permite reconocer las necesidades del sistema de producción, la definición de alternativas y la adaptación de tecnologías para el diseño e implementación de los planes de finca.

Los autores Tonolli (en prensa) y Vilaboa *et al.* (2006), resaltaron indicadores asociados a elementos de sostenibilidad en lo socioeconómico como lo son: salud, seguridad alimentaria, racionalidad campesina, paquetes tecnológicos adecuados a la realidad local, acceso a mercados entre otros (21).

Con base en el enfoque de medios de vida, Villanueva *et al.* (2011) establecieron los lineamientos que desde la racionalidad campesina han sido comunes a sistemas de café con visión de sostenibilidad; contando entre dichos lineamientos: la diversificación de la finca para mejorar las opciones de ingreso familiar, fortalecimiento de las bases biológicas-ecológicas para lograr la funcionalidad de los componentes del ecosistema, incrementar la integración familiar para el mejoramiento de la productividad en términos de agroecología, la incorporación de la valoración de servicios ambientales, que incrementen el capital natural de las unidades productivas.

Los sistemas silvopastoriles como base para una ganadería sostenible

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas agroforestales diseñados y manejados para la producción de árboles y de sus productos, como el forraje para el ganado, mediante el cual los árboles y la pastura se manejan como un sistema integrado (40); siendo el grado de integración uno de los atributos que acerca este tipo de sistema de uso de la tierra a enfoques como la agroecología.

Como parte de una visión de sistema, Murgueitio *et al.* (2014) proponen un modelo ganadero productivo denominado sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), en los cuales, la visión de sostenibilidad se fundamenta mediante una *intensificación con generación de servicios ambientales* en el manejo de los elementos de los paisajes ganaderos, y en cuya configuración, predominan en forma simultánea bosques nativos para conservación, humedales, sabanas naturales, áreas en sucesión vegetal, cercas vivas, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones, entre otros; siendo la configuración de la matriz del paisaje el factor clave para lograr la intensificación (30).

En los SSP, el ganado es un componente fundamental; por ello es necesario desde la perspectiva agroecológica comprender los efectos del pastoreo sobre la composición y la función del sistema y los mecanismos por los cuales se producen cambios. La evidencia acumulada por la ecología sobre las relaciones entre los herbívoros y la vegetación constituye un marco de referencia teórico sólido para entender los principios fundamentales de los efectos de los herbívoros sobre los procesos del ecosistema a distintos niveles y, en particular, sobre la vegetación a nivel de la planta individual, de las poblaciones y de las comunidades de especies (40).

El análisis de los diseños agroecológicos basados en sistemas agroforestales para alimentación animal puede complejizarse en la medida que el flujo de energía en el sistema sea visualizado como indicador de eficiencia y sostenibilidad; como aspectos complementarios a las interacciones de componentes en el sistema.

La ganadería ecológica es una alternativa pecuaria, más respetuosa, con objetivos de sostenibilidad donde la calidad del producto y su inocuidad, el respeto a la salud pública, al bienestar animal, sus razas autóctonas y medio ambiente es lo más importante (13). Se sugiere la necesidad de reconocer que dentro de las prácticas promovidas está la utilización de especies o razas adaptadas que favorecen la productividad del sistema (31); complementariamente la mejora en el agrosilvosistema anula la contaminación ambiental, recupera la eficiencia de los ciclos de materia orgánica e inorgánica, dinamiza los flujos de energía y optimiza el biodinamismo de los suelos y reduce la erosión.

Casos referenciados en la literatura, identificaron los elementos asociados a diseños o modelos de producción pecuaria estrechamente vinculados a la agroecología (16, 48) entre los estratégicos se destacan:

- Diversificación de componentes en el sistema (especies animales y vegetales) que incrementa la producción continua y la alternancia en la oferta hacia mercados locales y nacionales.

- Diversificación de opciones alimentarias para incrementar el grado de conversión alimenticia del ganado.

- Eficiencia en el aprovechamiento del área, a través de la promoción de un uso intensivo o semi-intensivo del sistema, en contraposición al uso extensivo. La carga animal es soportada mediante el uso de pastos y forrajes balanceándose según la carga del sistema al elevar la eficiencia y producción por unidad de área.

- Integración de la agricultura a las actividades pecuarias y viceversa, con el objetivo de crear complementariedad de las producciones, para un eficiente reciclaje de materiales, nutrientes y energía aplicables en uno u otro sistema productivo (cierre de ciclo de nutrientes y energía). La inclusión de cultivos incrementa la eficiencia energética y la capacidad de producción de proteína, el uso de recursos naturales, así como la efectividad económica a una menor fuerza de trabajo a través del tiempo (11).

- Baja dependencia, alta autonomía (autonomía laboral, autonomía alimentaria y autonomía económica) y por tanto alta resiliencia a factores bióticos, abióticos y antrópicos externos.

El bienestar animal está íntimamente ligado al concepto de sostenibilidad en sistemas silvopastoriles y ganadería ecológica (34), siendo así, el bienestar animal debe ser un principio más dentro de la dinámica de diseño y manejo de sistemas agroecológicos, considerándose un indicador para el fomento de la seguridad alimentaria desde el punto de vista del principio de la inocuidad de los alimentos.

Las prácticas sostenibles relativas a los sistemas silvopastoriles y su relación con el bienestar animal, pueden partir del efecto de la inclusión de cobertura arbórea en pasturas sobre la termorregulación de los animales, esperando como efecto complementario una disminución en la tasa metabólica al utilizar menos energía para reducir el estrés calórico.

Otro ejemplo de bienestar animal mencionado por Noguera-Talavera *et al.* (2017), promovido a través de prácticas pecuarias de bajos insumos se menciona la eliminación de excesiva fertilización nitrogenada de pastizales, disminuyendo así el potencial de intoxicación por nitritos y tetanias por desbalance de minerales.

Los autores resaltaron los beneficios de los SSPi para la mitigación y adaptación frente al cambio climático, que con base en el principio de la *intensificación ganadera con generación de servicios ambientales*, promueven eficiencia en la relación unidad de superficie y productividad (30).

La diversificación de componentes influye en una alta funcionalidad de fuentes primarias, y por tanto altas tasas fotosintéticas y menores emisiones, generando un apropiado manejo del agua superficial y conservación del manto acuífero (por incremento en la densidad arbórea en pastizales) y presencia de biodiversidad funcional que hace eficiente los procesos de descomposición, incorporación y reúso de materia orgánica en el sistema.

Los diseños agroecológicos y su distribución a escala superior a la finca

Se han analizado en las secciones anteriores los casos de sistemas agroecológicos a escala de parcela y unidad productiva, cuyos procesos ecológicos pueden ser modelados y analizados por el límite y los factores de influencia que presentan dichos sistemas, aún así, son reconocidos porque se constituyen en unidades básicas a partir de las cuales se proyecta el manejo y evaluación a mayor escala, complejizando el análisis el factor población humana, que presiona con mayor intención y frecuencia los recursos de su entorno.

A nivel de parcelas o fincas, las estrategias de diseño y manejo de los sistemas representan la diversidad de opciones para alcanzar la sostenibilidad, así como los vacíos en políticas públicas, y los mecanismos que con frecuencia limitan a productores alcanzar metas comunes, identificándose en dicha diversidad la oportunidad de visualizar la cuenca, el paisaje o el territorio como entidades complejas, pero a la vez resilientes por la diversidad de manifestaciones ecosistémicas y tecnológicas que debe seguir patrones de mante-

nimiento de la biodiversidad y servicios ambientales (21).

El análisis, a una escala mayor a la de parcela, o unidad productiva asume el reto de mantener la perspectiva sobre los procesos ecológicos, y la funcionalidad de la planificación con visión de sostenibilidad como alternativas para promover la permanencia e integración de cuencas y paisajes, a la visión agroecológica.

Entre la diversidad de alternativas de análisis de los sistemas agroecológicos a escala superior a la parcela o la finca, los niveles territorios y paisajes han sido evaluados desde la comprensión del grado en que la fragmentación del paisaje influye en la viabilidad de las poblaciones de enemigos naturales en agroecosistemas; principalmente asociado a la abundancia y distribución de artrópodos, una opción para destacar la importancia de la agrobiodiversidad como impulso a los servicios ambientales.

Estudios de los procesos biológicos dentro del paisaje promueven la reintroducción de biodiversidad en monocultivos de gran escala, facilitando, la reestructuración de agrosistemas para su conversión a un manejo agroecológico (32).

En una dimensión más amplia, García *et al.* (2012), plantean que bajo un enfoque de territorio, el análisis de los diseños agroecológicos asociados a masas forestales deben partir de la valoración del potencial de los sistemas para la conservación de espacios naturales; y su integración a las dinámicas de otros componentes productivos como agricultura, ganadería e industria; debiendo apuntar hacia la evaluación de los sistemas agrícolas dentro de los sistemas naturales; siendo, un indicador pertinente a este nivel, la conectividad entre los sistemas (35). En esta escala los procesos ecológicos tendientes a la elaboración de un nuevo diseño agroecológico deben involucrar el análisis de atributos como disminución del régimen y riesgo de disturbios, patrones de endemismo y en general, distribución de las especies, proceso de fragmentación, tamaño de poblaciones, entre otros.

Al interrogante ¿Cuál es el punto de encuentro entre la agroecología y el ordenamiento territorial?, Migliorati (2016), pone en contexto una serie de procesos y aspectos estructurales que permiten entender el alcance de la agroecología en la planificación y configuración del territorio. El punto clave está en definir al momento de la planificación del territorio usos inteligentes de los servicios ecosistémicos (funcionalidad) que son estratégicos para la agroecología (28, 43). La visión de sistema (presencia de diferentes unidades ecogeográficas) es desde el punto de vista de configuración, el elemento de mayor ponderación, cuya expresión en políticas de desarrollo conlleva a la implementación de manejo sustentable de recursos naturales bajo los principios de organización social y participación.

Aun bajo una visión integradora entre agroecología y planificación territorial, la falta de consenso mencionada por Ferguson (2009), entre conservacionistas tradicionales enfocados más en las extinciones locales de especies por pérdida de grandes masas de bosque, en lugar de la promoción de mecanismos de restauración para facilitar la migración de poblaciones entre fragmentos para balancear a través de la migración la extinción local; y agroecólogos, es de alguna manera resuelto al analizar resultados presentados por Harvey y Sáenz (2008). En cuanto a que a nivel de paisaje la agricultura campesina diversificada, con expresión en sistemas agroforestales como las milpas, los cafetales tradicionales manejados con sombra de montaña, y los sistemas silvopastoriles contribuyen a la formación de una matriz de paisaje de alta calidad, facilitando así el proceso de migración de especies como factor en los programas de conservación de la biodiversidad.

Desde una perspectiva agronómica, para la producción agrícola de interface urbano-rural “la agroecología viene a ser una propuesta sumamente enriquecedora y para desarrollar todo su potencial, debe ser entendida tanto como una ciencia, como una práctica y como un cambio cultural (28), hacia una agricultura intensiva con base en sistemas agroalimentarios locales y acceso a mercados con precios justos.

Complementario a los procesos ecológicos medibles bajo el enfoque de territorio y paisaje, Venegas (2009) referencia la estrategia agroecológica en el archipiélago de Chiloé, Chile centrada en puntos claves como: mejoramiento en la capacidad de los productores para manejo sustentable de recursos naturales para acceder a mercados locales; transformación productiva para mejorar la productividad y competitividad frente a condiciones económicas complejas; transformación institucional para mejorar la relación entre protagonistas y entidades acompañantes, creando así relaciones armónicas entre el nivel comunitario-local; y finalmente incremento de la oferta de cultivos no tradicionales y agroin-

dustria para dinamizar el mercado local.

Para la construcción de una estrategia agroecológica a nivel de territorio, Venegas (2009) utiliza el enfoque que él mismo denomina Desarrollo del Territorio Rural con Identidad Cultural (DTR-IC), el que define como “Una continuidad de un modelo de acción agroecológica, al cual se le adiciona de forma explícita y articulada la dimensión de la *identidad cultural*”; mostrando a esta último factor como eje motor de resultados claves en Chiloé: la revalorización de las actividades productivas como ganadería ovina tradicional, artesanía, capacidad de asociatividad e interlocución para obtener fondos, incorporación de productores a actividades alternativas como turismo rural, entre otros.

Otra escala de interés es la cuenca, que por la dimensión y número de componentes representa una importante complejidad para visualizar principios como integración y funcionalidad; el que desde la perspectiva de lo social involucra elementos de control social y gobernanza (comité de cuenca) para alcanzar las metas de funcionalidad y sostenibilidad basadas en sistemas agroecológicos. Por otro lado, desde el punto de vista económico, el fortalecimiento de cadenas de valor permite visibilizar las dinámicas productivas como ejes de desarrollo; paralelamente la evaluación ecológica debe considerar indicadores como: Transformabilidad, regeneratividad (potencial para la restauración), carga ambiental, diversidad y distribución espacial de elementos naturales, fuentes y dinámica de energía y servicios ambientales.

Implicaciones de la evaluación de los sistemas agroecológicos

En relación con la evaluación del impacto de los sistemas agroecológicos y sus diseños, un aspecto estratégico es que estos parten del grado de comprensión con que el productor aborda el manejo productivo (tipos y función de la biodiversidad), y su complejidad (mercados, recursos, contexto climático, entre otros). Es con base en esta teoría que iniciativas como evaluaciones agroecológicas u otras dirigidas a la certificación de unidades agroecológicas más que caracterizar mediante descripciones o valoraciones cualitativas de los componentes de los sistemas; deberían apuntar a la profundización del entendimiento de los ecosistemas con sus procesos ecológicos y socio-productivos como puntos que aportan a la sostenibilidad; siendo el sistema “biofinca” un enfoque de corte participativo para diagnosticar, innovar y reconocer los procesos en sistemas agroecológicos.

Como parte de los procesos socio-productivos relacionados con los sistemas agroecológicos es pertinente analizar el nivel de independencia vinculada a los conceptos autosuficiencia, autonomía y soberanía tanto de insumos, como de otros cultivos; partiendo desde el nivel de la finca como a nivel de la localidad y el territorio donde diferentes instituciones promueven la agroecología como base de desarrollo; ampliando así la utilidad de esta evaluación al desarrollo de estrategias de resiliencia y soberanía y seguridad alimentaria y nutricional; así como del impacto y eficacia real de los programas institucionales dirigidos a promover o mejorar la sostenibilidad.

Desde la perspectiva de la efectividad de prácticas agroecológicas para la conservación de la biodiversidad Griffon *et al.* (2010) sugieren que la evaluación debe dirigirse a la identificación del grado en que las prácticas aportan al establecimiento de dinámicas metapoblacionales en parches de vegetación no alterada dentro de la matriz de paisajes.

Al medir la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos, Villanueva *et al.* (2011) resalta la necesidad de vincular dicho indicador con otros como la autonomía y la independencia, asumiendo así que entre más alta sean la independencia y el nivel de autosuficiencia mayor será el grado de autonomía y autodependencia del agroecosistema; enfatizando que “Mayor autonomía no significa mayor competitividad económica, pero si mayor capacidad de amortiguar impactos externos, como el aumento de precios de los insumos”, que comúnmente representan más del 70% de los costos de producción en unidades altamente dependientes de insumos externos.

Dentro de este espectro se encuentra el *principio de la mejora continua* practicado por productores de MAONIC en Nicaragua. Dicho principio consiste en una continua reflexión sobre la efectividad *para la sobrevivencia* de las prácticas implementadas en los sistemas productivos (4, 38), basada dicha reflexión en cambios en el entorno. Constituyéndose este actuar en una fuente continua de innovación *basada en construcción o aprendizaje local* que genera un perfeccionamiento continuo de los sistemas agroecológicos; así, el nuevo paradigma impuesto por el desarrollo de la agroecología también implica un nuevo enten-

dimiento de los procesos de innovación (4).

Bajo este precepto de *mejora continua* es posible entender la dinámica o ruta de transición a seguir por productores con diferentes visiones hacia una conversión de sus sistemas convencionales u orgánicos a sistemas agroecológicos, pudiendo dicha ruta marcar el tiempo, recursos y por tanto la eficacia del proceso de conversión.

La figura 4 presentada a continuación, representa una propuesta metodológica para evaluar diferentes fases del proceso de implementación de diseños agroecológicos en unidades productivas en conversión en comunidades de Nicaragua.

Bajo el principio de multidisciplinaridad de la ciencia agroecología se proponen una serie de fases con objetivos e instrumentos de evaluación que conllevan a la integralidad del análisis de los diseños en sus distintas variantes o arreglos, estructura y estado de avance de la transición.

La fase de diagnóstico tiene como objetivo “determinar usos de suelo y relación entre usos de suelo en sistemas productivos” para así contar con un referente que oriente las acciones de prioridad para el inicio de la transformación de los sistemas.

En esta primera fase, el proceso ha sido guiado por métodos e instrumentos propios del enfoque cualitativo como son entrevista, análisis FODA, transecto histórico, transecto ecológico, entre otros (figura 4). Al respecto, López (2012) resalta las implicaciones de la praxis agroecológica como medio de extensión rural; siendo algunas de ellas: ser un instrumento que facilita la participación del productor en el diseño y mejora de la producción agrícola, propicia empoderamiento tanto para el diagnóstico como para investigación de la efectividad de diseños agroecológicos, genera sinergias y colaboraciones entre productores, consumidores y comercializadores; y finalmente un proceso de regeneración social que se basa en el principio de responsabilidad compartida.

El rediseño desde la práctica tiene como objetivo “construir un modelo productivo integral y sostenible” basado en las potencialidades biofísicas de la unidad de interés, así como potencialidades socioeconómicas y culturales de los protagonistas en cada escala. En esta fase, las actividades que han predominado han tenido como base la aplicación de principios agroecológicos, siendo la dinámica la priorización de prácticas sostenibles, reorganización del sistema en función de una mayor integralidad de procesos ecológicos e inte-

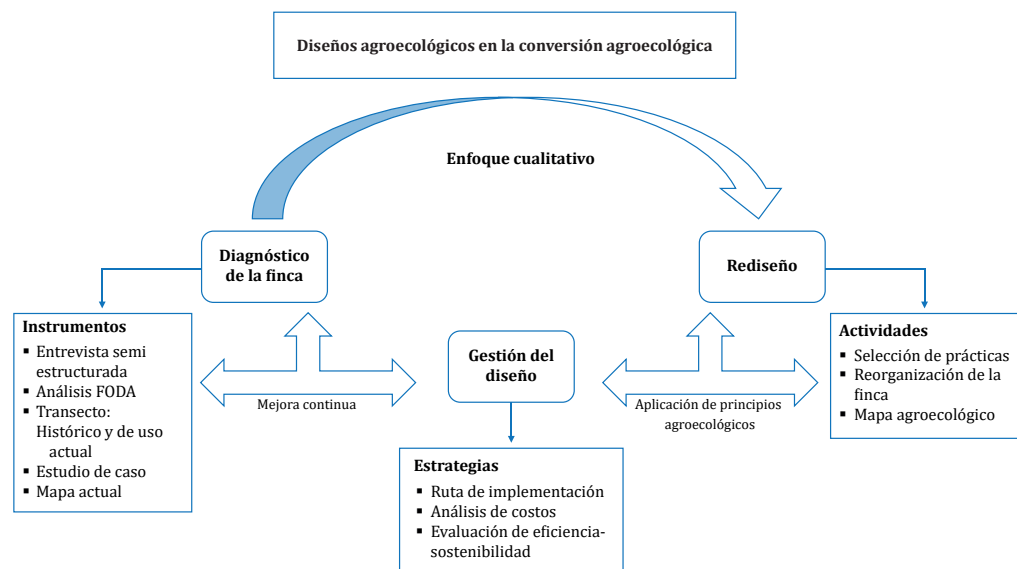


Figura 4. Propuesta metodológica para el monitoreo y evaluación de la conversión hacia agroecología, de sistemas de producción agropecuaria. **Autoría propia.**

Figure 4. Methodological proposal to monitoring and evaluation agroecological conversion of production systems. **Own authorship.**

racción entre los usos de suelo.

La gestión del diseño ha sido evaluada tomando como punto de partida la definición de estrategias de mantenimiento, monitoreo y determinación de la efectividad. El objetivo que resalta es “definir prioridades sobre la implementación y evaluación de prácticas agroecológicas” con visión de sostenibilidad; siendo los focos de la evaluación, una ruta lógica de implementación del diseño, el análisis de costos que soporte la viabilidad técnica del diseño; y un sistema de indicadores de sostenibilidad y eficiencia a largo plazo.

CONCLUSIONES

Aun cuando los sistemas agroecológicos en su conjunto cuentan con una gama de diseños, tienen diferentes dimensiones espaciales y temporales, y alternativas de expresión; es importante no perder de vista los elementos ecológicos y sociales de los que parte la fundamentación de la agroecología, los que van más allá de la promoción de una práctica o conjunto de prácticas; mientras muchos de los atributos a evaluar son entendidos de manera diferentes por los investigadores y actores locales, quienes forman la base práctica para la construcción y aún más, la evaluación y transformación de los sistemas agroecológicos.

Los sistemas agroecológicos no deben ser entendidos como una meta que se alcanza con un conjunto de diseños y prácticas, sino como un estado fundamentado en principios de continua transformación o mejora hacia sistemas adaptados y resilientes expresados a nivel de finca, paisaje o sistemas organizacionales y de mercados que contribuyen a la sostenibilidad dentro de un contexto agrícola de alta competitividad, intereses sectoriales, entre otros.

Es conveniente resaltar que en la profundización de los sistemas agroecológicos es posible identificar una serie de dimensiones que van más allá de las evaluaciones económicas y técnicas, interiorizando así en elementos de la cultura y cosmovisión de las familias campesinas sobre la actividad productiva y su relación con la conservación del medio ambiente.

Aunque con arreglos temporales y espaciales distintos, los sistemas agroecológicos, son entidades vivas y, por tanto, su evaluación debe seguir lineamientos relacionados con procesos de diversificación, productividad ecosistémica, distribución equitativa de los beneficios, seguridad alimentaria e igualdad; siendo dichos indicadores ajustables a las dinámicas de investigación cualitativa, cuantitativa, e investigación-acción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. A. 2001. Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. Universidad de California. Berkeley. 12-19.
2. Altieri, M. 2009. El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Vertientes del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*. SOCLA. Medellín. Colombia. 69-94.
3. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2012. Agroecology scaling up food sovereignty and resiliency. *Sustainable Agriculture Reviews*. California, U.S.A. Springer Business Media. 1-29.
4. Berthet, E. T. A.; Barnaud, C.; Girard, N.; Labatut, J.; Martin, G. 2016. How to foster agroecological innovation? A comparison participatory design methods. *Journal of Environmental Planning and Management*. DOI: 10.1080/09640568.2015.1009627.
5. Bustillo, G. L.; Martínez, J. P.; Osorio, F.; Salazar, S.; González, I.; Gallardo, F. 2009. Grado de sustentabilidad del desarrollo rural en productores de subsistencia, transicionales y empresariales, bajo un enfoque autopoietico. *FCV-LUZ*. 19(6): 650-658.
6. Casanova-Pérez, L.; Martínez-Dávila, J. P.; López-Ortiz, S.; Landeros-Sánchez, C.; López-Romero, G.; Peña-Olivera, B. 2015. Enfoques del pensamiento complejo en agroecosistemas. *Interciencia*. 40(3): 210-216.
7. Díaz-Torrez, I. 2001. Reseña de los insectos polinizadores y sus perspectivas de utilización en agroecosistemas. *Fitosanidad*. 5(2): 49-62.
8. Ferguson, B. G.; Morales, H.; González, A.; Iniguez, F. J.; Martínez, M. E.; McAfee, K.; Nigh, R.; Perfecto, I.; Philpott, S. M.; Soto, L.; Vandermeer, J.; Vidal, R. M.; Ávila, L. E.; Bernardino, H.; Realpozo, R. 2009. Bosques, Agricultura y Sociedad: Cultivando nuevas alianzas. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones*. Sociedad

- Científica Latinoamérica de Agroecología. 183-207.
9. Ferraras, L. A.; Toresani, S. M. I.; Faggioli, V. S.; Galarza, C. M. 2015. Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*. 5(3): 220-235.
 10. Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA). 2012. Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua. FUNICA. 84 p.
 11. Funes-Mozonte, F. 2007. De la especialización ganadera a la ganadería agroecológica: Experiencias Cubanas en investigación y producción. *Rev. Bras. de Agroecología*. 2(2): 1761-1764.
 12. García, P. S.; Montoya, I. A.; Montoya, L. A. 2012. Propuesta de un diseño agroecológico para un Parque Natural Multifuncional: Finca Agualinda, Vereda Olarte en Usme. Bogotá D.C. Colombia. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín. 65(1): 6407-6417.
 13. García, R. C.; Bidarte, I. A. 2004. Manejo sanitario en ganadería ecológica. *Ganadería Ecológica*. (6): 16-22.
 14. Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
 15. Gliessman, S. R.; Rosado-May, F. J.; Guadarrama, C.; Jedlicka, J.; Méndez, V.; Cohen, R.; Trujillo, L.; Bacon, C.; Cohn, A.; Jaffe, R. 2007. *Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. Ecosistemas. 16 (1): 13-23.
 16. González, E. A.; Funes, F. 2013. Integración Ganadería-Agricultura en una pequeña finca familiar. CCSF José Santiago Ercilla, Las Tunas. IV Congreso Latinoamericano de Agroecología. En: Altieri, M. A.; S. Sanrandon; C. F. Morales; S. Siura (Eds). *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología*. Lima. Perú. 1-11.
 17. Griffon, D.; Alfonzo, D.; Hernández, M. J. 2010. Sobre el carácter multifuncional de la agroecología: El manejo de la matriz agrícola y la conservación de especies silvestres como sistemas metapoblacionales. *Agroecología*. (5): 23-31.
 18. Grossman, J. 2007. La comprensión de los procesos del suelo entre productores. *LEISA. Revista de Agroecología*. 22(4): 29-30.
 19. Gudiño, M. E. 2018. Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 155-172.
 20. Harvey, C.; Sáenz, J. 2008. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 624 p.
 21. Hernández Hernández, M. L.; Gallardo Cobos, R.; Dios-Palomares, R.; Martínez Pellégrini, S. E. 2018. An application of network theory to territorial analysis: The case of Yaqui Valley networks (2006 and 2016). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 311-329.
 22. León, S. T. E. 2009. *Agroecología: Desafíos de una ciencia ambiental en construcción*. *Agroecología*. (4): 7-17.
 23. León-Sicard, T. E.; Córdoba, C.; Cepeda-Valencia, J. 2015. Aplicaciones recientes de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) en Colombia. V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. La Plata, Argentina.
 24. López, D. 2012. Extensión rural agroecológica. Praxis participativas para la transición agroecológica. Tesis doctoral. Universidad de Madrid. 230 p.
 25. Machado, V. M. M.; Nicholls, C. I.; Márquez, S. M.; Turbay, S. 2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, un enfoque agroecológico. *IDESIA*. 33(1): 69-83.
 26. Martínez, C. R. 2002. *Agroecología: Atributos de sostenibilidad*. *InterSedes*. 3(5): 25-45.
 27. Méndez, E. V.; Bacón, C. H. M. 2007. Procesos ecológicos y medios de vida agrícolas en el cultivo de café bajo sombra. *LEISA. Revista de Agroecología*. 22(4): 26-28.
 28. Migliorati, M. 2016. *Agroecología, una alternativa viable*. *Actualidad en I+D*. 42(3): 226-233.
 29. Morán, M. B.; Herrera, A. López, B. K. 2014. Evaluación socioeconómica y ambiental de tres tipos de sistemas agroforestales en el trópico seco Nicaragüense. *Agroforestería y sistemas silvopastoriles*. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. 11(3): 13:26.
 30. Murgueitio, R. E.; Chará, J. D.; Solarte, A. J.; Uribe, F.; Zapata, C.; Rivera, J. E. 2013. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Rev. Colomb. Cienc Pecu*. 26: 313-316.
 31. Murgueitio, R. E.; Chará, J. O.; Barahona, R. R.; Cuartas, C.; Naranjo, J. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 17(3): 501-507.
 32. Nicholls, C.; Altieri, M. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo integrado de plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 65: 50-64.
 33. Noguera-Talavera, A. J.; Reyes-Sánchez, N.; Mendieta-Araica, B.; Salgado, M. M. 2017. Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleifera* Lam. en Nicaragua. *Pastos y forrajes*. 40(4): 265-275.
 34. Ocampo, A.; Cardozo, A.; Tarazona, A.; Ceballos, M. C.; Murgueitio, E. 2011. La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: Oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 24(3): 322-346.
 35. Perfecto, I.; Vandermeer, J.; Wright, A. 2009. Nature's Matrix. Linking agriculture, conservation and

- food sovereignty. Ed. Earthscan. London. Sterling. 242 p.
36. Programa MIDAS-USAID-Universidad de Antioquia. 2011. Los diseños agroecológicos: Una herramienta para la planeación agrícola sostenible. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 71 p.
 37. Rojas, W. A. 2009. Policultivos de la mente: Enseñanzas del campesinado y de la agroecología para la educación en la sustentabilidad. En: Altieri, M. A (Ed.). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones. Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología. 157-182.
 38. Rosset, P. 2014. Fundamentos de Agroecología. Universidad Nacional Agraria (UNA), (Eds). UNA. Ceremonia de Apertura de Doctorado en Agroecología, periodo 2014-2018. Managua. Nicaragua. [video].
 39. Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*. 31(2): 140-145.
 40. Rusch, G.; Skarpe, Ch. 2009. Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Forestaría en las Américas*. (47):12-19.
 41. Salmerón, F; Valverde, O. 2016. Agricultura sostenible para enfrentar los efectos del cambio climático en Nicaragua. En: Vivas, E. A.; N. O. López (Eds.). Agricultura sostenible para enfrentar los efectos de cambio climático en Nicaragua. Friedrich-Ebert-Stiftun. Managua, Nicaragua. 9-24.
 42. Souza-Casadinho, J. 2010. La estrategia agroecológica y sus tecnologías como herramientas para adaptarse y mitigar el cambio climático en la producción de alimentos. Congreso y Exhibición mundial Ingeniería Argentina. Buenos Aires. Argentina. 1-9.
 43. Tiftonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. *Current opinion in Environmental Sustainability*. 8: 53-61.
 44. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
 45. Vásquez, M. L. L.; Matienzo, Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. INISAV. Ciudad de La Habana, Cuba. 28.
 46. Vásquez, M. L. L.; Matienzo, Y.; Simonetti, J. A.; Rubio, M. V.; Paredes, E.; Fernández, E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Agricultura orgánica*. 3: 14-18.
 47. Venegas, C. 2009. Territorios agroecológicos con identidad cultural: La experiencia de Chiloé. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Proyecto Desarrollo Territorial Rural con Identidad Cultural. 25.
 48. Vilaboa, J. A.; Díaz, P.; Platas, D. E.; Ortega, E.; Rodríguez, M. A. 2006. Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: Dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *INTERCIENCIA*. 31(1): 37-44.
 49. Villanueva, C.; Sepulveda, C. J.; Muhammad, I. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. 1 ed. Turrialba Costa Rica. 91 p.

Evaluación de la transición agroecológica de un establecimiento ganadero a base de pastizal de la cuenca del Salado, mediante indicadores

Evaluation of the agroecological transition through indicators of a livestock establishment based on native grasslands of the Salado basin

Emiliano Pérez ¹, Alejandra Verónica Casal ², Elizabeth Juliana Jacobo ³

Originales: *Recepción:* 30/06/2018 - *Aceptación:* 03/10/2018

RESUMEN

Son muy escasas las experiencias documentadas de manejos agroecológicos en sistemas extensivos de zonas templadas, en particular las que contemplen la utilización de pastizales naturales. Por ello nos propusimos evaluar la factibilidad de la transición de un campo de producción convencional a un campo agroecológico a base de pastizal natural, seleccionando y validando indicadores para evaluar la trayectoria de esta transición. Los indicadores utilizados fueron fáciles de calcular y la mayoría mostró sensibilidad a los cambios realizados en el planteo productivo. Los resultados obtenidos al tercer año de la reconversión agroecológica indican que la mayoría de los indicadores de sustentabilidad de las dimensiones productiva (productividad del pastizal natural, cobertura de especies forrajeras, estado corporal del rodeo de cría), ambiental (cobertura del suelo, riqueza de especies, tasa de descomposición de heces) y de eficiencia económica (margen bruto ganadero) mejoraron sustancialmente en el proceso de reconversión, poniendo en evidencia que no siempre existe un compromiso entre el cuidado del capital natural y los beneficios económicos. El punto crítico para garantizar la sustentabilidad de estos agroecosistemas corresponde a la dimensión social (tenencia de la tierra, grado de arraigo del productor y sus vínculos sociales).

Palabras clave

agroecología • pampa húmeda • análisis multicriterio

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas con un enfoque agroecológico

-
- 1 Productor y asesor Círculo Argentino de Agroecología. Julián Lynch 1506. Maipú. Buenos Aires. * emiliano.perez.agroecologia@gmail.com
 - 2 INTA EEA Cuenca del Salado AER Maipú.
 - 3 Área de agroecología. Facultad de Agronomía UBA.

ABSTRACT

There are very few documented experiences of agroecological management in extensive systems of temperate zones, particularly those that utilize native grasslands. Therefore, we evaluate the feasibility of the transition from conventional to agroecological management of a farm operation based in the utilization of native grasslands, selecting and validating indicators to evaluate the trajectory of this transition. We used indicators easy to calculate, which showed sensitivity to the production changes. The results obtained in the third year of the agroecological reconversion showed that most of the indicators of the productive dimension (productivity of the natural grassland, forage species cover, state of the breeding herd), environmental dimension (land cover, species richness, decomposition rate of feces) and economic efficiency dimension (gross margin) substantially improved during the reconversion process. This result shows that there is not always a compromise between the preservation of natural capital and the economic benefits. The critical point to ensure the sustainability of these agroecosystems corresponds to the social dimension (land tenure, and the settling down and social relationships of the farmer).

Keywords

agroecology • wet pampa • multicriteria analysis

INTRODUCCIÓN

El proceso de expansión agrícola ocurrido en la Argentina en las últimas dos décadas generó un drástico cambio en el uso del suelo en las áreas de producción agropecuaria extensiva. En la pradera pampeana, donde la agricultura se incorporó a principio del siglo XX a través de rotaciones entre la agricultura y la ganadería, se reemplazó la superficie sembrada con pasturas por cultivos de cosecha. Este proceso desplazó al ganado hacia zonas de menor aptitud agrícola tal como la cuenca del río Salado, en la Provincia de Buenos Aires, que constituye actualmente la principal área de cría del país y aloja al 13 % del stock bovino nacional (31). En esta región, donde el 47% de las explotaciones poseen menos de 400 cabezas de ganado (11), se sitúan la mayoría de los productores familiares ganaderos de las regiones húmedas de Argentina (6). Debido a sus características ambientales, que limitan seriamente el uso agrícola, aún se conserva pastizal natural o semi-natural en la mayor parte de su superficie (4). Sin embargo, estos pastizales se encuentran en proceso de degradación, como resultado del pastoreo sin control desde la introducción del alambrado a comienzos de siglo XX (34) y los aumentos de carga animal ocurridos en las últimas dos décadas (43).

Para sostener los aumentos de carga animal resultado de la expansión agrícola, se incrementa el uso de insumos para la siembra y fertilización de cultivos forrajeros y la suplementación con alimentos no pastoriles (43). Sin embargo, en establecimientos ganaderos de la Cuenca del Salado, se ha demostrado la insustentabilidad del proceso de intensificación basado en el uso intensivo de insumos, debido a que reduce la superficie de pastizal, profundiza la degradación del pastizal remanente, afecta la provisión de servicios ecosistémicos como la eficiencia en el uso de la energía (20) y captación de carbono de los suelos y reduce la estabilidad del margen bruto de la ganadería (17). Este proceso afecta principalmente a los productores de menor escala, cuya permanencia dependerá de su posibilidad de adaptarse a situaciones adversas con prácticas que garanticen su supervivencia (5).

Como alternativa a la intensificación en base a insumos se ha demostrado que el manejo del pastizal mediante pastoreo controlado (13) permite incrementar en simultáneo la producción secundaria, la condición y el valor zootécnico del pastizal (8, 18) y las propiedades físicas y químicas de sus suelos (44). Esta metodología de manejo constituye una tecnología de procesos de desarrollo local que puede considerarse una práctica agroecológica. La implementación de esta práctica, asociada con la siembra de verdeos o pasturas en los suelos aptos para la agricultura, se consideran estrategias de manejo que contribuyen a la transición agroecológica del agroecosistema. Por lo tanto, es necesario evaluar el proceso de transición a partir de su implementación.

La evaluación de la sustentabilidad de un agroecosistema es un proceso complejo porque requiere considerar, simultáneamente, las dimensiones productiva, ecológica o ambiental, social, cultural y económica (36, 41). Un análisis multicriterio, que incluya estas dimensiones mediante el uso de indicadores, puede resultar un instrumento válido para traducir esta complejidad, ya que los indicadores son variables cuantificables que permiten transformar aspectos complejos en otros más claros y objetivos (22). En el proceso de reconversión de un sistema convencional a otro agroecológico, es de suma importancia la selección de indicadores que nos permitan evaluar la trayectoria de la transición e identificar los puntos críticos del proceso. Para este objetivo, la elección de los indicadores debe ser tal que permita calcularlos de manera sencilla, repetirlos en el tiempo y adaptarse a la particularidad de cada agroecosistema (21). La información publicada de carácter local es un insumo clave para la correcta elección de los indicadores.

Son muy escasas las experiencias documentadas de manejos agroecológicos en sistemas extensivos de zonas templadas, en particular las que contemplen la utilización de pastizales naturales. En estas regiones, donde el bioma dominante es el pastizal natural, en adecuadas condiciones de manejo este puede proveer simultáneamente productividad secundaria y servicios ecosistémicos (17).

Objetivos

1)- Evaluar la factibilidad de la transición de un campo ganadero de producción convencional a un campo agroecológico a base de pastizal natural. 2)- Seleccionar y validar indicadores para evaluar la trayectoria de esta transición. Por esta razón, el presente trabajo constituye un estudio de caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El campo bajo estudio, de 119 ha de extensión, está ubicado en Ayacucho, uno de los partidos que componen la cuenca del río Salado. Esta región ocupa una superficie de aproximadamente 6,5 millones de hectáreas en el centro este de la provincia de Buenos Aires. Su clima es templado, con temperaturas promedio anuales entre 13 a 17°C y su régimen hídrico es subhúmedo-húmedo, con precipitaciones relativamente uniformes a lo largo del año, entre 800 y 1000 mm anuales (39). Se caracteriza por un relieve casi plano y una predominancia de suelos salinos y/o alcalinos con drenaje deficiente (42) lo que determina la ocurrencia de anegamientos frecuentes.

Estrategias de transición agroecológica

Hasta el comienzo de la reconversión el campo era manejado de manera convencional. Se realizaban cultivos de *Heliantus annuus* L. (girasol), *Glycine max* L. (soja) y/o *Triticum aestivum* L. (trigo) en los suelos con aptitud agrícola (29% de la superficie; suelos no halomórficos sin riesgo de anegamiento) y también en algunos suelos con limitaciones para esta actividad (14% de la superficie; suelos con halomorfismo subsuperficial y riesgo moderado de anegamiento). En los suelos con mayores limitantes (57% de la superficie; suelos halomórficos con riesgo alto de anegamiento) se realizaba ganadería extensiva bajo pastoreo continuo. La reconversión agroecológica, que comenzó en noviembre de 2014, consistió en la realización de cultivos forrajeros a través de prácticas agroecológicas en los suelos agrícolas y manejo del pastizal natural en los suelos con limitaciones.

El primer paso del proceso de transición fue cambiar la metodología de pastoreo continuo del pastizal natural por Pastoreo Controlado, una metodología de pastoreo que combina pulsos cortos de pastoreo con descansos de duración variable (13). Para ello se realizó un nuevo diseño de potreros con alambrado eléctrico con el objetivo de separar comunidades vegetales homogéneas, se concentró a los animales en pocos rodeos numerosos y se ordenó el rodeo de vacas estacionando el servicio en los tres meses de mayor producción de forraje (noviembre a enero). A partir de estos cambios se comenzó a pastorear cada comunidad de acuerdo con los requerimientos de las especies presentes en cada caso. Además, se realizó intersembra de *Lolium multiflorum* Lam (raigrás anual), especie naturalizada en el pastizal natural.

En los ambientes con aptitud agrícola se sembraron, con la finalidad de ser pastoreados, policultivos de verdeos de invierno (*Avena sativa* L. (avena) *Vicia sativa* L. (vicia)) y de verano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo) *Glycine max* L. (soja)). En estos ambientes se excluyó el uso de agrotóxicos y de fertilizantes de síntesis química y se minimizaron las labores culturales con el objetivo de incrementar la biocenosis del suelo (28).

La siembra de avena-vicia, en junio de 2015 (8 ha) y abril de 2016 (20 ha), se realizó al voleo con máquina de diseño y fabricación propios.

La densidad utilizada en 2014 fue 80 kg/ha de avena y 20 kg/ha de vicia. Se dejó semillar un sector de 3 ha del cual se obtuvieron las semillas para la siguiente campaña. Por lo tanto, la densidad de siembra de avena-vicia en 2016 fue en la proporción que ambas semillas tenían al momento de ser cosechadas. Ese año se sembró avena-vicia sobre el verdeo de verano, a medida que los animales salían de la franja de pastoreo. La siembra de sorgo-soja se realizó en diciembre de 2015 (30 ha) previa roturación del suelo (dos manos de rastra de disco, rastra de diente y rolo desterronador) con antecesor soja de producción convencional.

En el verano de 2016 no se sembró este verdeo debido a la sequía. Sin embargo, el sorgo sembrado en el 2015 se comportó como bianual ya que rebrotó y se lo pudo pastorear a fines de febrero de 2017.

El rebrote del sorgo se consoció de manera natural con gramíneas estivales nativas y espontáneas, y con *Trifolium repens* L. (trébol blanco), *Medicago lupulina* (trébol carretilla), lotus (*Lotus glaber* Mill.), *Conyza bonariensis* L. (rama negra) y otras especies en menor proporción.

En lo que respecta al manejo sanitario de los animales, la aplicación de antiparasitarios se realizó solo de manera estratégica. El rodeo fue desparasitado una vez con unción dorsal (pour on) para disminuir la carga de moscas de los cuernos en las vacas y toros, y otra vez con doramectina debido a la presencia de sarna. No se utilizaron ivermectinas para favorecer el aumento de organismos coprófagos (16).

Evaluación de la transición agroecológica

Para evaluar el proceso de transición agroecológica se seleccionaron indicadores que permitieran visualizar los cambios producidos durante el mismo, intentando visibilizar los procesos claves en la transformación del sistema (36, 37). El criterio de selección de indicadores privilegió la sencillez del cálculo para que estos puedan ser calculados y utilizados por los mismos productores (36).

Los indicadores seleccionados, que se agruparon en distintas dimensiones: sociales, productivos (separados en subdimensiones: el agroecosistema, el rodeo y el pastizal), ambientales y de eficiencia (tabla 1, pág. 299-301), se evaluaron al año (ejercicio 14/15) y a los tres años (ejercicio 16/17) del comienzo de la transición. Con el objetivo de comparar de manera conjunta los indicadores seleccionados, estos se estandarizaron según la propuesta de Sarandón y Flores (2014), que establecen una escala de 0 a 4 de acuerdo con un nivel de sustentabilidad creciente. Para establecer la escala de los indicadores elegidos se utilizaron datos bibliográficos o la experiencia cuando no se encontraron antecedentes.

La información para el cálculo de los indicadores se relevó a campo mediante procedimientos sencillos. Sobre el pastizal natural, se tomaron 10 puntos al azar, georreferenciados y representativos de los diferentes ambientes. En dichos puntos, en una superficie de 1 m² se midió el porcentaje de cobertura de especies nativas, especies forrajeras (nativas y exóticas), suelo desnudo, y se relevó la lista de especies presentes para evaluar la riqueza florística. Para estimar la productividad forrajera, se sumó durante un año la diferencia entre la biomasa antes y después de cada pastoreo mediante cortes en 3 potreros representativos, con marcos de 0,25 m² de superficie (5 por potrero).

La condición corporal del rodeo se estimó en una escala de 1 a 5 de todas las vacas en su último tercio de gestación. La productividad de carne se calculó como la cantidad de kilos de terneros y vacas de descarte vendidos por hectárea y año. Para estimar la tasa de descomposición de la bosta se midió sobre una transecta de 15 m la proporción de las heces descompuestas a los 10 días de finalizado el pastoreo, durante el período de mayor actividad biológica (primavera tardía, verano y otoño temprano).

El Margen Bruto se calculó como la diferencia entre los ingresos brutos y los costos directos de la actividad ganadera por hectárea. El consumo de combustible fósil se estimó a través de los litros de combustible consumidos por año de manera directa para la producción.

La eficiencia en el uso de combustible fósil se calculó mediante el cociente entre los litros de combustible y los kilos de carne producidos en un año.

Tabla 1. Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1. Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes	
Indicadores productivos	Sobre el agroecosistema en general	Cantidad de prácticas agroecológicas según Altieri (1999)	0: ninguna práctica 1: 1 a 5 prácticas 2: 6 a 10 3: 11 a 15 4: > a 16	Elaboración propia
		Presencia de especies leguminosas Indica la potencialidad de fijación simbiótica de nitrógeno	0: 2 especies 1: 3 especies 2: 4 especies 3: 5 especies 4: > 6 especies	Consulta con expertos
	Sobre el rodeo	Productividad de carne (kg/ha/año) Indica la producción secundaria del agroecosistema	0: < 80 Kg/ha 1: 81 a 130 kg/ha 2: 131 a 180 kg/ha 3: 181 a 250 kg/ha 4: > 250 kg/ha	(25)
		Estado corporal del rodeo de cría Indica el estado de salud del rodeo y la potencialidad de producción secundaria	0: 75% del rodeo en estado corporal < a 2 1: el 75% del rodeo $\geq 2 \leq 3$ 2: el 75% $\geq 2,5 \leq 3,5$ 3: el 75% $\geq 3 \leq 4$ 4: el 75% ≥ 4	(23, 30)
	Sobre el pastizal	Productividad del pastizal (kg MS/ha/año) Indica la producción primaria del agroecosistema	0: < 3000 1: 3000 a 4000 2: 4000 a 5000 3: 5000 a 6000 4: > 6000	(9, 15)
		Cobertura de especies forrajeras del pastizal Indica el valor forrajero del pastizal	0: < 20% 1: 20 a 40% 2: 40 a 60% 3: 60 a 80% 4: > 80%	(26, 46)

Tabla 1 (cont.). Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1 (cont.). Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes
Indicadores ambientales	Cobertura del suelo del pastizal Indica biocenosis del suelo y resistencia a invasiones	0: < 40% 1: 41 a 55% 2: 56 a 70% 3: 71 a 85% 4: >86%	(18, 45)
	Cobertura de especies nativas Indica la resiliencia del pastizal	0: < 50% 1: 50 a 60 % 2: 60 a 70% 3: 70 a 80% 4: > 80%	(26, 45)
	Riqueza florística del pastizal. Indica biodiversidad del pastizal	0: < a 20 especies 1: 20 a 30 especies 2: 30 a 40 especies 3: 40 a 50 especies 4: > a 50 especies	(1, 10, 27, 33, 35)
	Descomposición de las heces bovinas. Indica la biocenosis del suelo	0: < 25% 1: 25 a 40% 2: 41 a 55% 3: 56 a 70% 4: > a 70%	(24)
	Consumo de combustible fósil (litros/año) Indica el gasto de un recurso no renovable	0: > 2500 1: 2500 a 2000 2: 2000 a 1500 3: 1500 a 1000 4: < 1000	(14)

Tabla 1 (cont.). Indicadores utilizados para evaluar la transición desde un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina. Se incluye su estandarización y las fuentes consultadas.

Table 1 (cont.). Indicators used to evaluate the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina. Standardized indicators and consulted sources are included.

Dimensión	Indicador	Estandarización	Fuentes
Indicadores de eficiencia	Margen Bruto ganadero. (U\$S/ha) Indica los beneficios económicos	0: < 85 1: 85 a 113 2: 113 a 142 3: 142 a 170 4: > 170	(25)
	Eficiencia en el uso de combustible fósil (litros/kg peso vivo) Indica la eficiencia en el uso de un recurso no renovable	0: > 0,35 1: 0,25 a 0,35 2: 0,15 a 0,25 3: 0,05 a 0,15 4: < 0,05	(20)
Indicadores Sociales	Tipo de tenencia de la tierra Indica la continuidad en el tiempo y la posibilidad de planificar a largo plazo	0: contrato por 1 año 1: contrato ≤ a 3 años 2: contrato 3 a 5 años 3: contrato 5 a 10 años 4: ser propietario	Elaboración propia
	Vive gente en el campo Indica el arraigo de los productores y empleados	0: nadie 1: 1 o más empleados 2: solo propietario 3: propietario y 1 empleado 4: propietario y más de 1 empleado	Elaboración propia
	Grado de vinculación con otros productores y medio rural Indica el grado de relación con productores e instituciones	0: sin vinculación 1: relación con vecinos 2: relación con productores de la zona 3: relación con productores y con instituciones públicas 4: pertenecer a un grupo de productores y relación con instituciones	Elaboración propia
	Toma de decisiones Indica la riqueza de las decisiones consensuadas	0: 1 persona 1: 1 persona las decisiones operativas y 1 las de gestión 2: más de 1 persona las decisiones operativas y 1 las de gestión 3: más de 1 persona las decisiones operativas y más de 1 las de gestión 4: conformación de un equipo de trabajo que toma en conjunto todas las decisiones	Elaboración propia

RESULTADOS

Los indicadores seleccionados resultaron útiles para evaluar la transición, ya que se han observado cambios en gran parte de estos entre los dos períodos evaluados (tabla 2).

En la figura 1 (pág. 303), se muestra el promedio de cada una de las dimensiones o subdimensiones en las cuales se agruparon los indicadores seleccionados.

El promedio de los indicadores productivos del agroecosistema (cantidad de prácticas agroecológicas y presencia de especies leguminosas) no varió entre los dos periodos analizados ya que las prácticas agroecológicas se establecieron al comienzo de la transición y no se incorporaron nuevas prácticas en el periodo evaluado. Por esta razón la cantidad de leguminosas sembradas o promocionadas en el pastizal también se mantuvo entre periodos.

Tabla 2. Resultado de los indicadores el primer (ejercicio 14/15) y el tercer año (ejercicio 16/17) desde el comienzo de la transición de un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina.

Table 2. Indicators of the first (period 14/15) and the third year (period 16/17) of the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina.

Indicador	ejercicio14/15	IE	ejercicio 16/17	IE
Cantidad de prácticas agroecológicas	entre 10 y 15	3	entre 10 y 15	3
Presencia de especies leguminosas	cinco especies	3	cinco especies	3
Productividad de carne	91 kg/ha/año	1	182 kg/ha/año	3
Estado corporal del rodeo de cría	81% entre 2 y 3	2	89% entre 2,5 y 3,5	3
Productividad del pastizal	2600 kg MS/ha/año	0	4800 kg MS/ha/año	2
Cobertura de especies forrajeras del pastizal	54,5%	2	85,6%	4
Cobertura de suelo del pastizal	75%	3	93%	4
Cobertura de especies nativas del pastizal	50%	1	21%	0
Riqueza florística del pastizal	19	0	31	1
Descomposición de heces bovinas	50%	2	75%	4
Consumo de combustible fósil	800 l/año	4	1200 l/año	3
Margen bruto ganadero	27 U\$/ha	0	186 U\$/ha	4
Eficiencia en el uso de combustible fósil	0,07 litros/kg carne	3	0,06 litros/kg carne	3
Tipo de tenencia de la tierra	contrato a 3 años	1	contrato a 3 años	1
Vive gente en el campo	nadie	0	nadie	0
Grado de vinculación con otros productores y medio rural	buena relación con los vecinos	1	buena relación con los vecinos	1
Toma de decisiones	una persona	0	dos personas con decisiones operativas	2

Se indican los indicadores estandarizados (IE) según los criterios establecidos en la tabla 1 (pág. 299-301).
The standardized indicators (IE) are indicated according to the criteria established in table 1 (page 299-301).

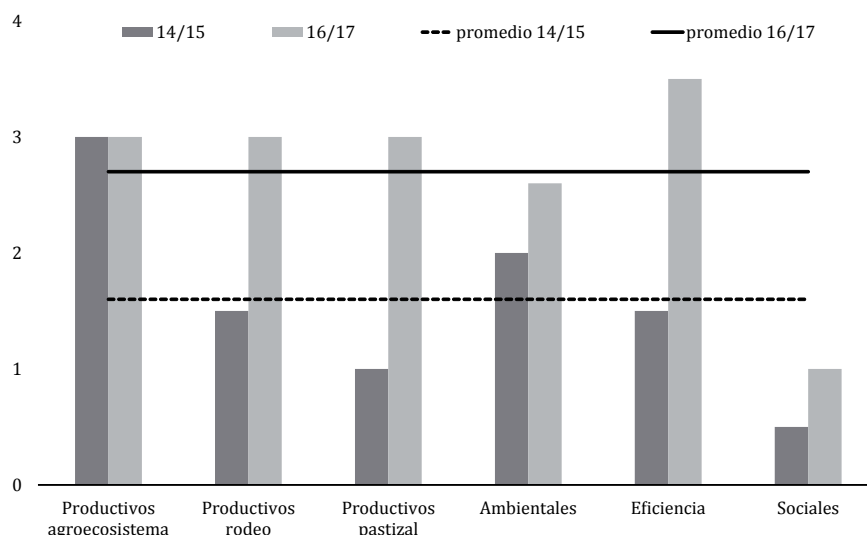


Figura 1. Promedio por dimensión o subdimensión y promedio general del valor estandarizado de los indicadores el primer (ejercicio 14/15) y el tercer año (ejercicio 16/17) desde el comienzo de la transición de un manejo convencional a uno agroecológico de un establecimiento ganadero ubicado en la cuenca del río Salado, Buenos Aires, Argentina.

Figure 1. Average by dimension or sub-dimension and general average of the standardized indicators of the first (period 14/15) and the third (period 16/17) year of the transition from conventional to agroecological management of a livestock establishment located in the Salado river basin, Buenos Aires, Argentina.

El promedio de los indicadores productivos del pastizal (productividad y cobertura de especies forrajeras) se incrementó muy significativamente a medida que avanzó la transición. Como resultado, el promedio de los indicadores productivos del rodeo (productividad de carne y estado corporal del rodeo) se duplicó en ese lapso.

El promedio de los indicadores ambientales (cobertura del suelo, riqueza y cobertura de especies nativas del pastizal, tasa de descomposición de las heces bovinas y consumo de energía fósil) también se incrementó a medida que avanzó la transición. Sin embargo, el único indicador que redujo su valor al final del período de transición fue la cobertura de especies nativas del pastizal.

Por su parte, el promedio de los indicadores de eficiencia (margen bruto ganadero y eficiencia en el uso del combustible fósil) alcanzó el valor más alto de las dimensiones analizadas a los tres años desde el comienzo de la transición.

Con respecto a los indicadores sociales, si bien el promedio de esta dimensión aumentó en el lapso analizado, el valor alcanzado al final del período evaluado fue muy bajo.

Como consecuencia del incremento de la mayoría de los indicadores analizados, el agroecosistema analizado ha mostrado una evolución a medida que avanzó la transición agroecológica, ya que aumentó un 67 %, desde 1,5 al año del comienzo de la transición a 2,5 a los tres años.

DISCUSIÓN

El análisis conjunto de los indicadores seleccionados para evaluar el proceso de reconversión agroecológica de un agroecosistema ganadero de cría de la cuenca del Salado puso en evidencia un aumento en la sustentabilidad del establecimiento a medida que avanzó la transición.

En la situación previa al proceso de reconversión, el establecimiento analizado realizaba cultivos de grano tanto en los suelos con aptitud agrícola, como en una porción de suelos poco aptos. Esta situación es el resultado del proceso de expansión agrícola ocurrido en las últimas décadas, que ha conducido a la siembra de cultivos o pasturas en ambientes con limitaciones que desaconsejan su reemplazo (19).

En el planteo de la reconversión agroecológica, la primera decisión tomada por el productor fue realizar cultivos forrajeros solo en los suelos aptos para la agricultura (29% de la superficie del campo), donde no existen riesgos de anegamiento y sus suelos no presentan halomorfismo. La otra decisión fue apotrerar el resto del campo separando comunidades homogéneas, con el objetivo de comenzar a realizar un manejo adaptativo del pastoreo, que consiste en la aplicación de pulsos de defoliación de intensidad y duración variables y descansos estratégicos (13).

El cambio de la metodología de pastoreo modificó rápidamente los indicadores de salud y productividad del pastizal natural. El porcentaje de suelo cubierto se incrementó por la contribución de especies de aptitud forrajera, en acuerdo con lo documentado por Jacobo *et al.* (2006) y Vecchio *et al.* (2018) en la misma región. La cobertura del suelo es un indicador muy importante de salud del suelo ya que influye directamente en su porosidad, drenaje, aireación, capacidad de intercambio catiónico, eficiencia en el uso del agua (12, 40) y termorregulación (28). La mejora en las condiciones físicas y químicas promueve la actividad de organismos del suelo que aportan sustancialmente a procesos clave como la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes (40). Las mejores condiciones físico-químicas y biológicas de los suelos, en asociación con la reducción en la aplicación de anti-parasitarios al ganado podrían explicar el aumento en la tasa de descomposición de las heces bovinas (3, 38) observadas a partir de la reconversión agroecológica. A su vez, la mayor tasa de descomposición de las heces podría incrementar el aporte de nutrientes a los suelos (28).

En lo que respecta a los indicadores asociados a la cantidad e identidad de las especies presentes, se observó que la metodología de pastoreo generó un aumento en la riqueza de especies y una disminución en la contribución relativa en cobertura aérea de las especies nativas del pastizal (cuya riqueza se mantuvo constante). La menor contribución de las especies nativas es el resultado de la promoción, mediante el control del pastoreo, de especies exóticas naturalizadas de buen valor forrajero como *Lotus glaber* Mill. (lotus), *Trifolium repens* L. (trébol blanco), *Medicago lupulina* L. (trébol de carretilla), *Melilotus albus* Medik. (melilotus) y *Lolium multiflorum* Lam. (raigrás anual). En el lapso considerado aún no se manifestaron cambios en la riqueza de especies nativas, cuyo incremento sería muy importante ya que la amplia difusión en la zona de prácticas como la pulverización con glifosato sobre las comunidades más productivas han reducido drásticamente su riqueza y provocado la extinción local de las forrajeras nativas más valiosas (33).

La productividad del pastizal al primer año de la implementación del pastoreo controlado fue muy baja como consecuencia de su pobre condición, resultado de una historia de pastoreo continuo. Este resultado coincide con estimaciones realizadas a nivel regional, donde se estableció que la productividad primaria neta de los pastizales de la región se está reduciendo (32), ya que el pastoreo controlado no es una práctica habitual (34). Sin embargo, a los tres años de implementado el manejo, la productividad primaria prácticamente se duplicó, poniendo en evidencia la resiliencia y la alta potencialidad productiva de los pastizales de la zona (15).

El aumento en oferta y calidad del forraje disponible logrado a través del cambio en la metodología de pastoreo permitió aumentar en simultáneo la carga animal y la condición corporal del rodeo de cría. En consecuencia, al tercer año de la transición se alcanzó una producción secundaria de 182 kg/ha/año, muy superior a los promedios zonales (alrededor de 100 kg/ha/año), aunque inferior a la producción de carne alcanzada en planteos más intensivos en el uso de insumos (hasta 300 kg/ha/año) (17). Sin embargo, como resultado del bajo costo operativo del establecimiento analizado (en gran parte asociado al bajo consumo y a la alta eficiencia en el uso del combustible fósil), el margen bruto alcanzado al tercer año de la transición agroecológica fue 186 U\$S/ha, muy superior a la media zonal y similar al obtenido en planteos más intensivos (17). Los costos operativos bajos por un lado otorgan a los agroecosistemas mayor eficiencia económica en términos de rentabilidad sobre el capital circulante y por el otro lado reducen sensiblemente el riesgo involucrado en la explotación y le dan mayor estabilidad al sistema (25). Que los sistemas ganaderos basados en pastizal natural de esta región presenten comportamiento mucho más estable frente a condiciones climáticas y económicas adversas que los sistemas basados en el uso más intensivo de insumos (29) es particularmente importante para los productores de

menor escala, ya que la estabilidad económica les confiere capacidad adaptativa ante los cambios relativos de precios insumo/producto característicos de nuestro país.

Claramente, los puntos críticos del proceso de reconversión agroecológica del caso analizado son los correspondientes a la dimensión social. Un dato muy relevante es que el establecimiento en estudio es arrendado. Si bien la ley de arrendamientos en Argentina permite que los contratos sean de 3 años como mínimo y el máximo (establecido por el código civil, no por la ley de arrendamiento) sea de 10 años (7), los usos y costumbres suelen establecer como máximo de arrendamiento el mínimo establecido por la ley. Este es el caso del establecimiento analizado, cuyo contrato de arrendamiento por tres años impidió asumir mayores niveles de inversión, tales como la mejora de la vivienda que permita vivir en el campo. El único indicador de esta dimensión que mejoró durante el proceso de transición fue la cantidad de personas encargadas de tomar decisiones ya que se agregó uno de los socios a la toma de decisiones operativas.

Con respecto a la selección de indicadores, la mayoría resultó pertinente para evaluar el proceso de transición del agroecosistema analizado. En este caso, la excepción fue el indicador *Cantidad de prácticas agroecológicas*, que no resultó un indicador sensible para comparar la sustentabilidad del agroecosistema en el lapso considerado (primer año vs. tercer año desde el comienzo de la transición) debido a que la mayoría de las prácticas se adoptaron durante el primer año del proceso de transición.

CONCLUSIÓN

El análisis conjunto de los indicadores seleccionados fue adecuado para evaluar la sustentabilidad de este agroecosistema. Este análisis mostró que la producción agroecológica basada en el manejo adaptativo del pastizal natural mejora sustancialmente los indicadores ambientales, productivos y económicos del agroecosistema con respecto al modelo de producción convencional. También identifica a la dimensión social como un punto muy crítico del sistema, que debería considerarse en futuros estudios de sustentabilidad en la región. Para concluir que los indicadores seleccionados son adecuados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas de la región sería necesario validarlos con la incorporación de otros casos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altessor, A.; Oesterheld, M.; Leoni, E.; Lezama, F.; Rodríguez, C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology*. 179: 83-91.
2. Altieri, M. A. 1999. Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan Comunidad.
3. Aparicio Medina, J. M.; Paredes Venegas, V.; González López, O.; Navarro Reyes, O. 2011. Impacto de la ivermectina sobre el ambiente. *La Calera*. 11(17): 64-66.
4. Baldi, G.; Guerschman, J. P.; Paruelo J. 2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 116: 197-208.
5. Bilello, G. 2005. Capítulo 6: Estrategias productivas y posibilidad de permanencia. La evolución de los pequeños productores de Azul en el marco de la globalización. En: Gonzales, M. Astralib Cooperativa (Ed.) *Productores familiares pampeanos: Hacia la comprensión de sus similitudes y diferenciaciones zonales*. Buenos Aires. 145-157.
6. Bilello, G.; Perez, R.; Giordano, G.; Huinca, D. 2011. Productores ganaderos familiares y modernización. *Actas VII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. Buenos Aires. Argentina.
7. Bustamante, E. L. 2014. Los contratos regulados en la Ley de Arrendamientos Rurales y Aparcerías. Necesidad de una reforma para adaptar las figuras contractuales a la realidad de la producción agropecuaria argentina. *Revista Jurídica de la Patagonia* N° 3. Disponible en: <http://www.ijeditores.com.ar/pop.php?option=articulo&Hash=4f37a69e74070201102527dad5aefd0c> (fecha de consulta 15/10/17)
8. Casal, A. V. 2014. Pastizales naturales para la nutrición de los rodeos durante el estacionamiento del servicio. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_pastizales_naturales_-_estacionamiento_del_ser.pdf (fecha de consulta 15/12/17).

9. Casal, A.; Coria, J. D.; Pettinari, J. 2014. El pastizal natural. Mejoras en la producción de pasto. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/198-Produccion_pastizales.pdf (fecha de consulta 15/12/17).
10. Chaneton, E.; Perelman, S.; Omacini, M.; León, R. J. C. 2002. Grazing environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate grasslands. *Biological Invasions*. 4: 7-24.
11. CNA. 2002. Censo Nacional Agropecuario. Disponible en: https://www.indec.gob.ar>cna_index (fecha de consulta 10/03/16).
12. Delgado, J. A.; Groffman, P. M.; Nearing, M. A.; Goddard, T.; Reicosky, D.; Lal, R.; Kitchen, N. R.; Rice, C. W.; Towery, D.; Salon, P. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*. 66: 118-129.
13. Deregibus, V. A.; Jacobo, E.; Rodríguez, A. 1995. Improvement in rangeland condition of the Flooding Pampa of Argentina through controlled grazing. *Afr. J. Range For. Sci.* 12(2): 92-96.
14. Donato, L. B. 2013. Estimación del consumo potencial de gasoil para las tareas agrícolas, transporte y secado de granos en el sector agropecuario. Disponible en: [https:// inta.gob.ar/documentos/estimacion-del-consumo-potencial-de-gasoil-para-las-tareas-agricolas-transporte-y-secado-de-granos-en-el-sector-agropecuario-0](https://inta.gob.ar/documentos/estimacion-del-consumo-potencial-de-gasoil-para-las-tareas-agricolas-transporte-y-secado-de-granos-en-el-sector-agropecuario-0) (fecha de consulta 15/06/17).
15. Hidalgo, L. G.; Cahupé, M. 1991. Producción de forraje de las comunidades de la Depresión del Salado. *Revista de AACREA*. 149: 58-62.
16. Iglesias, L. E.; Saumell, C. A.; Fusé, L. A.; Lifschitz, A. L.; Rodríguez, E. M.; Steffan, P. E.; Fiel, C. A. 2005. Impacto ambiental de la ivermectina eliminada por bovinos tratados en otoño, sobre la coprofauna y la degradación de la materia fecal en pasturas (Tandil, Argentina). *RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 34(3): 83-103.
17. Jacobo, E. 2017. (In) sustentabilidad de establecimientos ganaderos de la cuenca baja del río Salado. Argentina. El pastizal natural como proveedor de servicios ecosistémicos. Tesis de Doctorado en Agroecología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. p. 157.
18. Jacobo, E. J.; Rodríguez, A. M.; Bartoloni, N.; Deregibus, V. A. 2006. Rotational grazing effects on rangeland vegetation at a faro scale. *Rangeland Ecology and Management*. 59: 249-257.
19. Jacobo, E.; Rodríguez, A. 2009. Valorización de pastizales naturales en ambientes húmedos. Indicadores de sustentabilidad. V Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales. Sitio Argentino de Producción Animal.
20. Jacobo, E.; Rodríguez, A.; González, J.; Golluscio, R. 2016. Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agriscientia*. 33(1): 1-14.
21. Lok, S. 2010. Indicadores de sostenibilidad para el estudio de pastizales. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 44 (4): 333-344.
22. López-Ridaaura, S.; Maserá, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socioenvironmental systems. The MESMIS framework. *Ecol. Indicators*. 2: 135-148.
23. Maresca, S.; Quiroz García, J. L.; Melani, G.; Burges, J.; Brusca, G.; Plorutti, F. 2008. El estado corporal y su efecto en la eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado. *Publicación Técnica INTA N° 3*.
24. Mariategui, P.; Speicys, C.; Urretabizkaya, N.; Fernández, E. 2001. Efecto de *Ontherus sulcator* F. (Coleoptera: Scarabiceidae) en la incorporación de estiércol al suelo. *Zootecnia Trop.* 19(2): 131-138.
25. Martínez Ortiz, U.; Jacobo, E.; Cañada, P.; Sobredo M. 2018. Desempeño económico de sistemas ganaderos en la Depresión del Salado. En: *Modelización económica en el sector agropecuario*. Carmen Vicién - Gerardo Petri - María Marta Di Paola (Eds.). p. 70-102.
26. Parera, A.; Carriquiry, E. 2014. Parera, Paullier y Weyland (Eds) *Manual de Prácticas Rurales asociadas al Índice de Conservación de Pastizales Naturales (ICP)*. Publicación realizada por Aves Uruguay para el Proyecto de Incentivos a la Conservación de Pastizales Naturales del Cono Sur. 204 p.
27. Perelman, S. B.; León, R. J. C.; Oesterheld, M. 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology*. 89: 562-577.
28. Pinheiro Machado, L. 2006. *Pastoreo Racional Voisin: Tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Ed. Hemisferio Sur. 253 p.
29. Ponssa, E.; Rodríguez, G.; Sánchez Abrego, D. 2012. Incorporación de capital económico e intelectual en sistemas de cría vacuna: evaluación de modelos. XLIII reunión anual de la AAEA. Corrientes.
30. Quiroz, J. L.; Rodríguez, A.; Maresca, S.; con colaboración de Preliasco, P.; coordinado por Miñarro, F. O. 2012. Evaluación de estado corporal: una herramienta clave a tener en cuenta en la producción y en el uso sustentable de los pastizales naturales: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. *Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas Aop*. Buenos Aires.
31. Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la situación de carne vacuna. INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-situacionactual_prospectiva_produccion_carnevacuna.pdf (fecha de consulta 10/03/16).

32. Recavarren, P. M.; Martinefsky, M. J. 2009. Alerta amarillo: la degradación de los recursos forrajeros. *Visión rural*. a. 16(77): 29-31.
33. Rodríguez, A.; Jacobo, E. 2010. Glyphosate application changes plant functional groups proportion and reduces floristic richness and diversity in Flooding Pampa rangeland (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 138: 222-231.
34. Rodríguez, A. M.; Jacobo, E.; coordinado por Miñarro, F.; Preliasco, P.; Roitman, G. 2012. Pastoreo controlado: una herramienta para el manejo sustentable de los pastizales naturales en sistemas ganaderos extensivos: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las pampas y campos. *Fund. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas Aop*. Buenos Aires.
35. Rusch, G.; Oesterheld, M. 1997. Relationship between productivity and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. *Oikos*. 78: 519-526.
36. Sarandón, S. J.; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*. 4: 19-28.
37. Sarandón, S. J.; Flores, C. C. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: Construcción y aplicación de indicadores. En: Edulp. (ed.) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. 375-410.
38. Sommer, C.; Bibby, B. M. 2002. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*. 38: 155-159.
39. Soriano, A. 1992. Río de la Plata grasslands. *Natural grasslands*. p. 367-407.
40. Teague, W. R.; Dowhower, S. L.; Baker, S. A.; Haile, N.; DeLaune, N.; Conover, D. M. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 141: 310-322.
41. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
42. Tricart, J. L. F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. XII Colección científica. INTA.
43. Vazquez, P.; Rojas, M.; Burges, J. 2008. Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la Cuenca del Salado. *Revista Veterinaria Argentina*. 248: 572-584.
44. Vecchio, M. C.; Golluscio, R.; Rodríguez, A.; Taboada, M. 2018. Improvement of Saline-Sodic Grassland Soils Properties by Rotational Grazing in Argentina. *Rangeland Ecology & Management*. DOI:10.1016/j.rama.2018.04.01
45. Viglizzo, E. 2012. ICP: Hacia un indicador de la Contribución a la Conservación de Pastizales Naturales en Establecimientos Rurales. En *Primer Informe Semestral-Proyecto Incentivos Pastizales Naturales Cono Sur*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los dos revisores anónimos, cuyas sugerencias mejoraron la calidad del trabajo.

Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina. Consideraciones para el manejo del hábitat

Pollinator and predator insects biodiversity in vineyards agroecosystems of Mendoza, Argentina. Considerations for habitat management

Guillermo Pablo López García ¹, María Emilia Mazzitelli ², Andrea Fruitos ², Marcela González ³, Bruno Marcucci ³, Romanela Giusti ⁴, Valeria Alemanno ⁵, Lucía del Barrio ³, José Portela ⁴, Guillermo Debandi ²

Originales: *Recepción: 29/06/2018 - Aceptación: 30/05/2019*

RESUMEN

El presente estudio expone los primeros resultados obtenidos acerca de la influencia del manejo de hábitat con vegetación nativa sobre los servicios ecosistémicos ofrecidos por insectos polinizadores y controladores de plagas, en viñedos de la provincia de Mendoza, Argentina. El trabajo se realizó en tres viñedos situados en Gualtallary, departamento de Tupungato, los cuales presentan corredores biológicos con diferentes proporciones de vegetación nativa y un manejo del espacio interfililar con coberturas. Con el objetivo de determinar los grupos relevantes de insectos benéficos en corredores y en viñedos, se realizaron muestreos con red entomológica. Se identificaron las especies colectadas y se estimó la riqueza, diversidad y abundancia de insectos polinizadores (Apidae, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae y Syrphidae), así como de ciertos grupos de insectos depredadores (Coccinellidae, Nabidae, Reduviidae, Geocoridae, Anthocoridae, Chrysopidae, Hemerobiidae, Crabronidae y Sphecidae), que se encontraron en esos ambientes. Los resultados sugieren que el manejo de hábitat con provisión intencional de coberturas de vegetación nativa, y en particular de especies con flores atractivas para insectos, es potencialmente eficiente para favorecer la biodiversidad de los grupos funcionales estudiados y, por lo tanto, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos ofrecidos por estos.

Palabras clave

polinizadores • depredadores • himenópteros • sírfidos • servicios ecosistémicos • vegetación nativa

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas con un enfoque agroecológico

- 1 Laboratorio de Entomología, Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (IADIZA), CCT-CONICET C.C. 507, 5500. Mendoza. Argentina. guillelopezguille@gmail.com
- 2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA Junín. Isidoro Bousquets s/n. Junín. Mendoza. Argentina.
- 3 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA Mendoza. Araóz s/n Luján de Cuyo. Mendoza. Argentina.
- 4 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA La Consulta. Ex ruta 40 Km 96 San Carlos. Mendoza. Argentina.
- 5 Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Alte. Brown 500. Luján de Cuyo. M5528AHB. Mendoza. Argentina.

ABSTRACT

This study exposes first results about the influence of habitat management with native vegetation on the ecosystem services offered by pollinators and pest controller insects, in vineyards of Mendoza, Argentina. The work was carried out in three vineyards located in Gualtallary, department of Tupungato, which present biological corridors and inter-row coverings with different proportions of native vegetation. In order to determine relevant groups of beneficial insects present, samples with entomological net were taken in corridors and vineyards. The specimens captured were identified and richness, diversity and abundance of pollinating insects (Apidae, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae and Syrphidae) were estimated, as well as of certain groups of predatory insects (Coccinellidae, Nabidae, Reduviidae, Geocoridae, Anthocoridae, Chrysopidae, Hemerobiidae, Crabronidae and Sphecidae), which were found in those environments. Results suggest that habitat management with intentional provision of native vegetation covers, and particularly with attracting flowering forbs, is potentially efficient to increase biodiversity of the functional groups studied and, therefore, maintain the ecosystem services offered by them.

Keywords

pollinators • predators • himenopterous • syrphid flies • ecosystem services • native vegetation

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos (SE) se definen como los beneficios que la población humana obtiene directa o indirectamente de los ecosistemas (1, 16, 20, 21, 31, 36, 40, 41, 42). En este sentido, la biodiversidad es esencial para el funcionamiento de los sistemas naturales y para la capacidad de resiliencia de estos ante disturbios antropogénicos, ya que a mayor riqueza de especies, mayor es la recuperación (1, 4, 21, 27, 36, 37, 40).

El SE más importante para la humanidad es la producción de alimentos provenientes de los agroecosistemas, donde conservar la biodiversidad de artrópodos adquiere cada vez más relevancia. Se ha estimado que tan solo para Estados Unidos el valor económico del control natural de plagas y de la polinización para la agricultura asciende a los ocho mil millones de dólares al año (22). Dada su importancia, la conservación de depredadores y polinizadores se ve justificada (16, 25). En particular, el SE de polinización es vital para la producción del 35% de los cultivos del planeta y para el 60-80% de las especies vegetales que dependen de la polinización zoófila (19).

De los animales polinizadores, el grupo más importantes a nivel global es el de las abejas (Hymenoptera: Apoidea) (5, 13, 18, 19, 20, 24, 29, 32, 41). Este grupo, acompañado de otros insectos polinizadores como "moscas de las flores" (Diptera: Syrphidae), son componentes en la mayoría de los ecosistemas naturales y agrícolas del mundo, contribuyendo al desempeño de cultivos y plantas silvestres (13, 28). Sin embargo, la disminución de las poblaciones de abejas melíferas y nativas en estos últimos años ha generado impactos ecológicos a nivel mundial que repercuten en el mantenimiento de la diversidad vegetal, afectando negativamente la producción de alimentos y la calidad de vida del hombre (5, 29, 32, 39, 41).

En el monocultivo de vid, grandes superficies de viñedos excluyen componentes del ambiente como la vegetación nativa y espontánea, a través de labranzas y el uso de herbicidas en el espacio interfilar, dejando sin cobertura el suelo (23, 25, 26). Estas condiciones de fragmentación del hábitat se ven potenciadas en los oasis productivos de Mendoza, donde las condiciones de aridez influyen en la vulnerabilidad de los ecosistemas involucrados y en su capacidad de recuperación (31). En tanto, una práctica cada vez más aceptada en los paisajes cultivados es la del "manejo de hábitat", que utiliza la provisión intencional de coberturas vegetales para incrementar la biodiversidad (1, 21, 23, 38, 40).

Investigaciones en Estados Unidos (California), Nueva Zelanda y Australia, han demostrado que las estrategias de manejo de hábitat son eficaces para aumentar la diversidad de insectos benéficos en el cultivo de vid (2, 3, 10, 27, 33), con mejoras en los SE de control natural de plagas y de polinización (17, 19, 33). En Argentina, no obstante, existen

pocos estudios sobre la influencia de la vegetación nativa dentro del viñedo. En adición a esto, la información disponible sobre la identidad de la mayoría de las especies de insectos benéficos asociados al cultivo de vid es parcial (9, 15).

En los últimos 20 años, nuevos emprendimientos vitícolas en Mendoza fueron desarrollados dentro de la matriz de vegetación natural con cauces temporarios vegetados que funcionan como corredores biológicos. Además, en estos viñedos se implementaron coberturas vegetales en los espacios interfilares y en algunos casos dicha cobertura dominada por especies nativas. Estas condiciones son propicias para estudiar la influencia de la vegetación nativa en polinizadores (abejas nativas y moscas de las flores) y depredadores. Consecuentemente, se plantearon las siguientes hipótesis: 1) los corredores biológicos presentan mayor riqueza, diversidad y abundancia de polinizadores y depredadores, en comparación con el borde y centro del viñedo; 2) los sectores más alejados de los corredores (centros del viñedo) son los más pobres en especies de polinizadores y depredadores; 3) polinizadores y depredadores incrementan su riqueza, diversidad y abundancia en viñedos cuya cobertura en los espacios interfilares tiene mayor similitud con el entorno natural (predominancia de vegetación nativa). En función de estas hipótesis, el objetivo del presente estudio fue identificar las especies de ciertos grupos de insectos benéficos (polinizadores y depredadores) y estimar su riqueza, diversidad y abundancia en corredores biológicos, bordes y centros de viñedos, con el fin de aportar información sobre las condiciones favorables para el manejo de hábitat en cultivos de vid de Mendoza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

El trabajo se llevó a cabo en tres sitios (fincas) cercanas entre sí, en Gualtallary, departamento de Tupungato, provincia de Mendoza. Los tres poseen viñedos conducidos en espaldero, pendientes moderadas en sentido O-E y riego presurizado. Presentan corredores biológicos cubiertos por vegetación nativa y coberturas permanentes en los interfilares. Los sitios se diferencian en la edad de los viñedos, en la proporción de plantas nativas en interfilares y en el tamaño y disposición de los corredores. El sitio más antiguo es de Catena Zapata (33°23'48" S; 69°15'18" O; 1360 m s. n. m.), implantado en 1992. Este posee un corredor de 40 m de ancho y coberturas permanentes de gramíneas y leguminosas, como *Vicia sativa*, en el espacio interfilar. Presenta malla antigranizo con características de "malla unida", generando un mayor sombreado en el interfilar.

La cobertura vegetal del corredor está compuesta por proporciones similares de especies nativas y exóticas, sin embargo, la cobertura de gramíneas es mayor con respecto a los otros sitios muestreados. En la cobertura vegetal del espacio interfilar predominan las gramíneas, con escasa presencia de especies con flor. La cobertura en los interfilares es mayor en los bordes del viñedo y menor en el centro, alejado del corredor. De los tres sitios muestreados, este es el que menor cobertura vegetal presenta en el espacio interfilar.

El sitio que sigue en antigüedad es "Tupungato Winelands" (33°22'36" S; 69°14'15" O; 1330 m s. n. m.), implantado entre los años 2008-2009. Presenta corredores de ancho variable (rango de 20 m a 100 m), con numerosos parches de vegetación nativa mezclados con viñedos. Aquí, la malla antigranizo es de tipo "Grembiule" o guardapolvo. La cobertura vegetal del corredor en su mayoría está compuesta por dicotiledóneas nativas, con escasas gramíneas y especies exóticas. A diferencia de Catena Zapata, los corredores presentan mayor cobertura de dicotiledóneas nativas y mayor oferta de recursos florales.

La cobertura en el espacio interfilar está compuesta por dicotiledóneas nativas y exóticas en similares proporciones, y en menor medida por gramíneas. La cobertura es mayor en el centro del viñedo y menor en los bordes próximos a los corredores. De los tres sitios, este es el que mayor cobertura vegetal presenta en el espacio interfilar.

El tercer sitio, "finca Zuccardi" (33°23'15" S; 69°14'46" O; 1350 m s. n. m.), fue implantado en el año 2016. Se encuentra rodeado en gran parte por campo natural y al momento del estudio no presentaba malla antigranizo. Posee dos corredores con coberturas predominadas por dicotiledóneas nativas con escasa proporción de gramíneas y plantas exóticas.

A diferencia de los otros sitios, el espacio interfilar presenta mayor cobertura de dicotiledóneas nativas y una menor cantidad de gramíneas y dicotiledóneas exóticas, tanto en los bordes como en el centro del viñedo. La oferta de flores es alta y similar en los distintos ambientes de la finca (corredores e interfilares del borde y del centro del viñedo).

Muestreo

El trabajo de muestreo se realizó durante los días 29-31 de noviembre de 2017 en las fincas Zuccardi y Tupungato Winelands y el 15 de diciembre de 2017 en Catena Zapata. Los muestreos fueron realizados durante días soleados, con el fin de que sean comparables entre sitios. En cada sitio, se tomaron muestras de tres sectores: corredores biológicos (Co), como cauces vegetados aledaños al viñedo; el borde (Bo) o interfaz corredor-viñedo, que incluye los primeros 20 m del viñedo, y el interior del viñedo (Ce), que corresponde al sector alejado a más de 50 m del corredor. En cada finca, se llevaron a cabo dos tipos diferentes de muestreos con red entomológica, con 8 repeticiones en cada uno de los sectores. En todos los casos cada repetición estuvo separada de la siguiente por una distancia de al menos 30 m. El primer muestreo consistió en recorrer dos transectas contiguas de una distancia fija de 20 m de largo, dos veces en forma consecutiva, abarcando 80 m para cada repetición; 640 m por sector y 1.920 m por finca. Se colectaron así los especímenes de los órdenes Hymenoptera y Diptera que estuvieron visitando flores en dichas transectas.

El segundo muestreo consistió en tres transectas. En cada una se realizó 20 golpes de red entomológica de arrastre en la vegetación herbácea, abarcando 60 golpes de red por unidad muestral o repetición, 480 por sector y 1.440 por finca. Todos los insectos colectados en ambos tipos de muestreo fueron colocados dentro de frascos mortíferos con acetato de etilo, y posteriormente montados en alfileres entomológicos. Los insectos fueron identificados siguiendo las claves en bibliografía especializada (6, 11, 14, 24, 34, 35). Los especímenes están depositados en las colecciones del Laboratorio de Entomología de la EEA Junín INTA y del Laboratorio de Entomología del IADIZA-CONICET.

Análisis de datos

El análisis de riqueza y diversidad se realizó por separado para cada grupo funcional (polinizadores y depredadores), con el software EstimateS v. 9.1 (7), reuniendo todas las muestras por situación y finca (144 muestras en total). Se utilizaron curvas de rarefacción para estimar el número de especies en cada situación y el estimador de riqueza Jack I y el índice de diversidad Alpha de Fisher. Para realizar una inferencia estadística sobre la riqueza estimada por rarefacción, se construyeron intervalos de confianza a partir de los resultados obtenidos del software EstimateS y se observó la superposición de los mismos (7).

La abundancia de cada grupo funcional se analizó utilizando GLM (Generalized Linear Model), con las fincas y los distintos sectores (Co, Bo y Ce) como factores principales; observando el contraste entre modelos que poseen y no poseen la interacción entre ambos factores. La significancia de los términos de los modelos se constató utilizando Maximum Likelihood ratio test (8) y los modelos se ajustaron a una distribución Poisson o Binomial Negativa con logaritmo como función de enlace (regresión logarítmica), bajo entorno R (R Development Core Team, 2018). La conformación de los grupos funcionales se realizó de acuerdo con el hábito de cada especie o grupo taxonómico al nivel que se identificó.

El grupo de polinizadores estuvo conformado por himenópteros Apoidea de la serie "Apiformes": Apidae, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae (excluyendo los taxa cleptoparásitos) y por los dípteros de la familia Syrphidae. El grupo de los depredadores estuvo conformado por himenópteros de la serie "Spheciformes" (Crabronidae y Sphecidae), Vespidae y especies de las familias Coccinellidae (Coleoptera), Nabidae, Reduviidae, Geocoridae, Anthocoridae (Hemiptera), Chrysopidae y Hemerobiidae (Neuroptera).

RESULTADOS

En total se colectaron 547 insectos. De estos, el 67,82% fue representado por polinizadores, el 30,53% por depredadores y el 1,64% por abejas parásitas. De la serie "Apiformes" las abejas nativas se distribuyeron en 16 tribus, 24 géneros y 53 especies que representaron el 87,60% de los polinizadores. Del grupo de los sírfidos o "moscas de la flores" se identificaron 4 tribus, 8 géneros y 10 especies que correspondieron al 12,40% de los polinizadores. Se identificaron 20 tribus, 29 géneros y 33 especies de depredadores, de los cuales los hemípteros representaron un 38,80%, seguido por coccinélidos con un 26,20%, himenópteros con 24% y neurópteros con 10,91% (tabla 1).

Tabla 1. Taxones de polinizadores (PO), depredadores (DP) y abejas parásitas (PA) colectados en viñedos en los sitios Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) y Zuccardi (Z) en Gualtallary, Tupungato, provincia de Mendoza.

Table 1. Taxa of pollinators (PO), predators (DP) and parasitic bees (PA) collected in vineyards of Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) and Zuccardi (Z) sites in Gualtallary, Tupungato, Mendoza province.

Taxones	Grupo funcional			Viñedos		
	PO	DE	PA	TW	CZ	Z
HYMENOPTERA (Apiformes)						
Apide						
Xylocopini						
<i>Xylocopa splendidula</i> Lepeletier, 1841	X			-	+	-
<i>Xylocopa atamisquensis</i> Lucia & Abrahamovich, 2010	X			-	-	+
Bombini						
<i>Bombus opifex</i> Smith 1879	X			-	+	-
Eucerini						
<i>Svastrides zebra</i> (Friese, 1908)	X			-	-	+
<i>Alloscirtetica arrhenica</i> (Vachal, 1904)	X			-	+	+
<i>Alloscirtetica segmentaria</i> (Brèthes, 1910)	X			+	-	+
Emphorini						
<i>Leptometriella monteana</i> Roig-Alsina, 2008	X			-	-	+
<i>Leptometriella nigra</i> (Friese, 1910)	X			-	-	+
<i>Leptometriella separata</i> (Holmberg, 1903)	X			-	-	+
<i>Diadasia hirta</i> (Jørgensen, 1912)	X			-	-	+
<i>Diadasia</i> sp.*	X			-	-	+
<i>Ptilothrix tricolor</i> (Friese, 1906)	X			+	+	+
Osirini						
<i>Osirini</i> sp.*			X	-	-	+
<i>Parepeolus aterrimus</i> (Friese, 1906)			X	-	-	+
Epeolini						
<i>Rhinepeolus rufiventris</i> (Friese, 1908)			X	-	+	-
Brachynomadini						
<i>Brachynomada</i> sp.*			X	+	-	-
Adrenidae						
Calliopsini						
<i>Callonychium cf. minutum</i>	X			+	-	+
Protandrenini						
<i>Rhophitulus</i> sp.*	X			+	-	+
<i>Psaenythia</i> sp. nov.*	X			+	-	-
<i>Psaenythia rufipes</i> Holmberg, 1886	X			+	-	-
<i>Psaenythia</i> sp.*	X			-	-	+
<i>Psaenythia philantoides</i> Gerstäcker, 1868	X			-	-	+
Colletidae						

Po = Polinizador, Dp = Depredador, Pa = Abeja cleptoparásita. / Po = Pollinator, Dp = Predator, Pa = Cleptoparasitic bees.

*Identificados hasta familia, tribu y/o género. / * Identified up to family, tribe or genera level.

(+) = presencia, (-) = ausencia. / (+) = presence, (-) = absence.

Tabla 1 (cont). Taxones de polinizadores (PO), depredadores (DP) y abejas parásitas (PA) colectados en viñedos en los sitios Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) y Zuccardi (Z) en Gualtallary, Tupungato, provincia de Mendoza.

Table 1 (cont). Taxa of pollinators (PO), predators (DP) and parasitic bees (PA) collected in vineyards of Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) and Zuccardi (Z) sites in Gualtallary, Tupungato, Mendoza province.

Taxones	Grupo funcional			Viñedos		
	PO	DE	PA	TW	CZ	Z
HYMENOPTERA (Apiformes)						
<i>Colletes</i> sp.*						
Paracolletini						
<i>Leioproctus abdominalis</i> (Smith, 1879)	X			+	-	+
<i>Leioproctus pruinosus</i> Michener, 1989	X			-	-	+
<i>Leioproctus</i> (<i>Sarocolletes</i>) sp. 1*	X			+	-	-
<i>Leioproctus</i> (<i>Sarocolletes</i>) sp. 2*	X			+	-	+
<i>Leioproctus joergenseni</i> (Friese, 1908)	X			+	+	+
<i>Leioproctus laticeps</i> (Friese, 1906)	X			-	+	+
Halictidae						
Caenohalictini						
<i>Pseudagapostemon huinca</i> (Holmberg, 1886)	X			-	-	+
<i>Pseudagapostemon jenseni</i> (Friese, 1908)	X			+	+	-
<i>Pseudagapostemon amabilis</i> (Friese, 1908)	X			-	+	+
<i>Pseudagapostemon</i> sp. 1*	X			+	-	-
<i>Pseudagapostemon</i> sp. 2*	X			-	-	+
<i>Pseudagapostemon</i> sp. 3*	X			-	-	+
Halictini						
<i>Dialictus</i> sp.*	X			+	+	+
<i>Halictini</i> sp.*	X			+	-	-
Megachilidae						
Anthidiini						
<i>Anthidium vigintipunctatus</i> Friese, 1908	X			-	-	+
<i>Anthidium decaspilum</i> Moure, 1957	X			-	-	+
<i>Anthidium rubripes</i> Friese, 1908	X			-	-	+
<i>Epanthidium cf. nigrescens</i>	X			+	-	-
<i>Epanthidium paraguayense</i> (Schrottky, 1908)	X			+	-	+
Lithurgini						
<i>Lithurgus rufiventris</i> Friese, 1908	X			-	-	+
Megachilini						
<i>Coelioxys</i> (<i>Gliptocoelioxys</i>) sp. 1*			X	+	+	-
<i>Coelioxys</i> (<i>Gliptocoelioxys</i>) sp. 2*			X	+	+	-
<i>Megachile</i> (<i>Leptorachis</i>) sp.*	X			-	-	+
<i>Megachile</i> (<i>Pseudocentron</i>) sp. 1*	X			+	+	+
<i>Megachile</i> (<i>Pseudocentron</i>) sp. 2*	X			-	+	+
<i>Megachile</i> (<i>Pseudocentron</i>) sp. 3*	X			-	-	+
<i>Megachile</i> (<i>Cressoniella</i>) sp.*	X			-	+	+
<i>Megachile</i> (<i>Chrysosaurus</i>) sp. 1*	X			+	-	+
<i>Megachile</i> (<i>Chrysosaurus</i>) sp. 2*	X			-	+	-
<i>Megachile</i> (<i>Moureana</i>) sp.*	X			+	-	+
HYMENOPTERA (Spheciformes)						
Sphecidae						
Ammophilini						
<i>Ammophila gracilis</i> Lepeletier, 1845		X		+	+	+
Prionychini						
<i>Prionyx pumilio</i> (Taschenberg, 1869)		X		+	+	-
<i>Prionyx bifoveolatus</i> (Taschenberg, 1869)		X		-	+	+
Stangeellini						

Po = Polinizador, Dp = Depredador, Pa = Abeja cleptoparásita.

Po = Pollinator, Dp = Predator, Pa = Cleptoparasitic bees.

*Identificados hasta familia, tribu y/o género. / * Identified up to family, tribe or genera level.

(+) = presencia, (-) = ausencia. / (+) = presence, (-) = absence.

Tabla 1 (cont). Taxones de polinizadores (PO), depredadores (DP) y abejas parásitas (PA) colectados en viñedos en los sitios Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) y Zuccardi (Z) en Gualtallary, Tupungato, provincia de Mendoza.

Table 1 (cont). Taxa of pollinators (PO), predators (DP) and parasitic bees (PA) collected in vineyards of Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) and Zuccardi (Z) sites in Gualtallary, Tupungato, Mendoza province.

Taxones	Grupo funcional			Viñedos		
	PO	DE	PA	TW	CZ	Z
HYMENOPTERA (Apiformes)						
<i>Stangeella cyaniventris</i> (Guerin-Meneville, 1831)		X		-	-	+
Crabronidae						
Bembecini						
<i>Argogorytes cf. porteri</i>		X		-	-	+
<i>Bicyrtes cingulatus</i> (Burmeister, 1874)		X		-	+	+
<i>Bicyrtes mendicus</i> (Handlirsch, 1889)		X		+	+	+
<i>Bembix citripes</i> Taschenberg, 1870		X		-	+	-
Cercerini						
<i>Cerceris</i> sp.*		X		-	-	+
Gorytini						
<i>Liogorytes patagonicus</i> (Fritz, 1959)		X		-	-	+
<i>Clitemnestra cf. clypearis</i>		X		-	-	+
Heliocausini						
<i>Tiguipa argentina</i> (Brèthes, 1913)		X		+	-	+
Larrini						
<i>Tachytes chilensis</i> (Spinola, 1851)		X		+	-	-
<i>Tachytes amazonus</i> Smith, 1856		X		-	-	+
<i>Parapiagetia</i> sp.*		X		-	-	+
Nyssonini						
<i>Metanysson</i> sp.*		X		+	-	-
Philantini						
<i>Trachypus petiolatus</i> (Spinola, 1842)		X		-	+	+
Psenini						
<i>Pluto</i> sp.*		X		-	-	+
Vespidae						
Eumenini						
<i>Zeta mendozanum</i> (Schrottky, 1909)		X		-	-	+
<i>Pachyminixi joergenseni</i> (Schrottky, 1909)		X		-	+	-
<i>Hypalastoroides nitidus</i> (Brethes, 1906)		X		+	-	-
<i>Parancistrocerus</i> sp.*		X		-	-	+
DIPTERA						
Syrphidae						
Syrphini						
<i>Allograpa exotica</i> (Wiedemann, 1830)	X			+	+	+
<i>Dioprosopa clavata</i> (Fabricius, 1794)	X			-	+	-
<i>Ocyrtamus meridionalis</i> (Fluke, 1950)	X			-	+	-
<i>Eosalpingogaster nigriventris</i> (Bigot, 1884)	X			-	+	-
<i>Austroscaeva melanostoma</i> (Macquart, 1842)	X			-	+	+
Toxomerini						
<i>Toxomerus duplicatus</i> (Wiedemann, 1830)	X			-	-	+
Bacchini						
<i>Platycheirus punctulata</i> (Wulp, 1888)	X			-	-	+
<i>Platycheirus chalconota</i> (Philippi, 1865)	X			-	-	+
Vollucelini						
<i>Copestylum aricia</i> (Curran, 1930)	X			-	-	+

Po = Polinizador, Dp = Depredador, Pa = Abeja cleptoparásita. / Po = Pollinator, Dp = Predator, Pa = Cleptoparasitic bees.

*Identificados hasta familia, tribu y/o género. / * Identified up to family, tribe or genera level.

(+) = presencia, (-) = ausencia. / (+) = presence, (-) = absence.

Tabla 1 (cont). Taxones de polinizadores (PO), depredadores (DP) y abejas parásitas (PA) colectados en viñedos en los sitios Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) y Zuccardi (Z) en Gualtallary, Tupungato, provincia de Mendoza.

Table 1 (cont). Taxa of pollinators (PO), predators (DP) and parasitic bees (PA) collected in vineyards of Tupungato Winelands (TW), Catena Zapata (CZ) and Zuccardi (Z) sites in Gualtallary, Tupungato, Mendoza province.

Taxones	Grupo funcional			Viñedos		
	PO	DE	PA	TW	CZ	Z
COLEOPTERA						
Coccinellidae						
Coccinellini						
<i>Eriopis connexa</i> (Germar, 1824)		X		-	+	+
<i>Cycloneda ancoralis</i> (Germar, 1824)		X		+	+	+
<i>Hippodamia variegata</i> (Goeze, 1777)		X		+	+	+
Scymini						
<i>Scymnus rubicundus</i> Erichson, 1847		X		-	+	-
HEMIPTERA						
Nabidae						
Nabini						
<i>Nabis</i> sp.*		X		+	+	+
<i>Nabis</i> cf. <i>capsiformis</i>		X		-	-	+
Reduviidae						
Phymatini						
<i>Phymata</i> sp.*		X		-	+	+
Anthocoridae						
Orini						
<i>Orius</i> sp.*		X		-	+	+
Geocoridae						
<i>Geocoris</i> sp.*		X		+	+	+
NEUROPTERA						
Chrysopidae						
<i>Crisopa</i> 1*		X		+	-	+
<i>Crisopa</i> 2*		X		-	+	-
Hemerobidae						
Hemerobidae 1*		X		-	-	+

Po = Polinizador, Dp = Depredador, Pa = Abeja cleptoparásita.

Po = Pollinator, Dp = Predator, Pa = Cleptoparasitic bees.

*Identificados hasta familia, tribu y/o género. / * Identified up to family, tribe or genera level.

(+) = presencia, (-) = ausencia. / (+) = presence, (-) = absence.

Riqueza, diversidad y abundancia

La estimación por rarefacción de la riqueza de polinizadores mostró que no hay diferencias significativas entre los Corredores de los tres sitios (fincas) muestreados, aunque hubo una mayor riqueza en finca Zuccardi (figura 1A, pág. 317). La riqueza en el sector borde fue significativamente menor en Catena Zapata con respecto a Zuccardi, mientras que en Tupungato Winelands no mostró diferencias con las otras dos fincas. Con respecto a los sectores centro, mostraron una riqueza significativamente mayor en Zuccardi (figura 1A, pág. 317). Dentro de cada sitio, solamente hubo diferencias significativas de riqueza en Tupungato Winelands, siendo el centro más pobre en especies que corredores y bordes. No hubo diferencias entre ambientes en los otros dos sitios (figura 1A, pág. 317).

En el caso de los depredadores, el corredor resultó ser similar entre fincas, siendo nuevamente mayor la riqueza en Zuccardi (figura 1B, pág. 317). El ambiente borde resultó diferente entre los tres sitios, siendo mayor en Zuccardi, prácticamente nulo en Tupungato Winelands e intermedio en Catena Zapata (figura 1B, pág. 317). La riqueza de depredadores en el sector centro fue significativamente menor en Tupungato Winelands respecto de los otros dos sitios, sin diferencias significativas entre Zuccardi y Catena Zapata (figura 1B, pág. 317). Dentro de cada sitio o finca, solo en Tupungato Winelands hubo significancia en la riqueza de depredadores, siendo mayor en el corredor respecto a los otros ambientes (figura 1B, pág. 317).

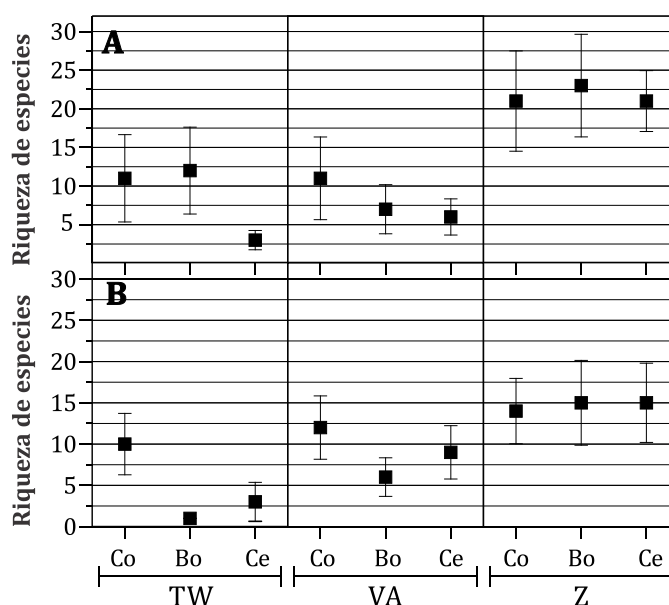


Figura 1. Riqueza estimada de especies de insectos polinizadores (A) y depredadores (B) por sector, en los tres sitios muestreados. Co = Corredor, Bo = Borde, Ce = Centro.

Figure 1. Estimated richness of pollinators (A) and predators (B), for each sector of the three surveyed sites. Co = Corridor, Bo = Border, Ce = Center.

La estimación de riqueza por sector y sitio de muestreo utilizando el estimador Jack I, mostró en general mayor riqueza en Zuccardi respecto de los otros sitios de muestreo, tanto para polinizadores como depredadores, y una escasa diferencia entre ambientes dentro de esta finca (tabla 2, pág. 318). Por el contrario, los valores más bajos para los polinizadores se hallaron en el centro de Tupungato Winelands y los valores más bajos para depredadores se hallaron en centro y borde del mismo sitio (tabla 2, pág. 318).

Los valores de diversidad estimados con el índice Alpha de Fisher siguieron un patrón similar: bajos valores en el centro de Tupungato Winelands y bajos valores en borde y centro de Catena Zapata para insectos polinizadores, a diferencia del sitio Zuccardi (tabla 2A, pág. 318).

Los valores de diversidad más bajos para los depredadores se dieron en el borde y centro de Tupungato Winelands, seguidos por el borde de Catena Zapata (tabla 2B, pág. 318).

El índice Alpha de Fisher no pudo ser calculado para los sectores borde y centro de Tupungato Winelands, debido al escaso número de insectos depredadores presentes en estos ambientes. La diversidad de insectos depredadores en el corredor de las tres fincas muestreadas resultó similar (tabla 2B, pág. 318).

La abundancia de polinizadores y depredadores fue mejor explicada por el modelo que utilizó Binomial Negativa como distribución del error, mostrando menor devianza residual respecto al modelo Poisson. En el caso de los polinizadores, la interacción entre sitios (fincas) y ambientes (Co, Bo y Ce) fue significativa ($X^2 = 5,31$; g.l. = 4; $p = 0,0075$). En Tupungato Winelands y Catena Zapata la mayor abundancia se registró en el corredor y centro, mientras que en Zuccardi la abundancia en el corredor fue menor, pero mayor en el borde y centro (figura 2A, pág. 318). De forma similar, los depredadores también mostraron una interacción entre finca y ambiente (Co, Bo, Ce) altamente significativa ($X^2 = 11,49$; g.l. = 4; $p < 0,0001$) siendo el ambiente con la mayor abundancia diferente en cada sitio de estudio (figura 2B, pág. 318).

Tabla 2. Valores estimados de riqueza (Jack I) y diversidad (Alpha de Fisher) para (A) polinizadores y (B) depredadores presentes en tres ambientes de los tres sitios de estudio.

Table 2. Estimated values of richness (Jack I) and diversity (Fisher's alpha) for pollinators and predators present at three environments of the three studied sites.

(A) Polinizadores		Tupungato Winelands	Catena Zapata	Zuccardi
Jack I	Co	19,44 (2,36)	17,56 (2,36)	34,13 (3,59)
	Bo	19,5 (2,37)	9,81 (1,51)	36,13 (4,52)
	Ce	3,94 (0,94)	7,88 (1,28)	28,5 (2,74)
Alpha de Fisher	Co	5,64 (1,53)	6,09 (1,74)	13,35 (3,03)
	Bo	6,97 (1,97)	2,72 (0,76)	10,62 (1,86)
	Ce	1,74 (0,99)	3,15 (1,18)	9,51 (1,72)
(B) Depredadores		Tupungato Winelands	Catena Zapata	Zuccardi
Jack I	Co	15,63 (2,32)	17,63 (1,88)	20,56 (2,36)
	Bo	1,94 (0,94)	7,88 (1,28)	23,44 (4,93)
	Ce	5,81 (1,51)	13,69 (1,8)	22,5 (2,74)
Alpha de Fisher	Co	9,26 (3,86)	8,64 (2,81)	8,9 (2,48)
	Bo	n/a	2,15 (0,61)	8,72 (2,21)
	Ce	n/a	4,73 (1,44)	7,61 (1,76)

Valores promedio obtenidos de 100 repeticiones por remuestreo (+/- SD) sin reemplazo, utilizando EstimateS v. 9.1.

Average values obtained from 100 runs by resamples (+/- SD) without replacement, using EstimateS v. 9.1.

Co = corredor, Bo = borde, Ce = centro, n/a = no aplicable. / Co = corridor, Bo = border, Ce = center, n/a = not applicable.

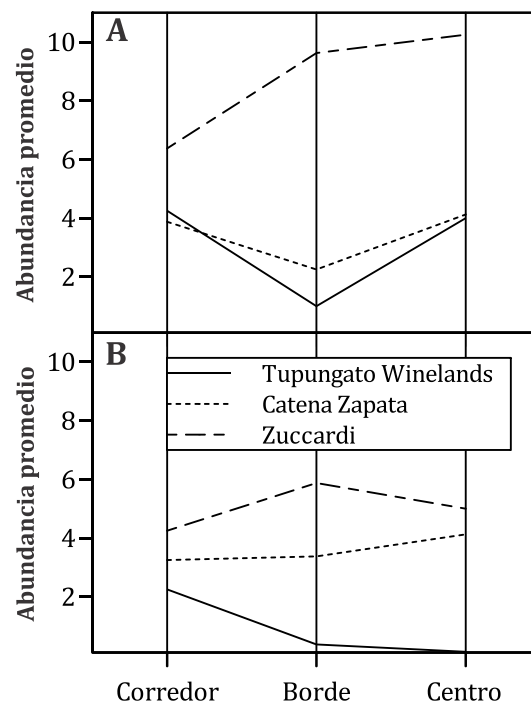


Figura 2. Abundancia promedio de insectos polinizadores (A) y depredadores (B) en diferentes ambientes de los tres sitios estudiados. Co = corredor, Bo = borde, Ce = Centro.

Figure 2. Mean abundance of pollinators (A) and predators at different environments of the three studied sites. Co = corridor, Bo = border, Ce = center.

DISCUSIÓN

Los resultados, aunque preliminares, coinciden con los obtenidos por diversas investigaciones de otras partes del mundo (1, 2, 3, 5, 12, 19, 21, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 40, 41). La provisión intencional de coberturas vegetales con plantas nativas con flores que resultan atractivas para insectos benéficos en el paisaje cultivado con viñedos, es eficiente para mantener e incrementar la riqueza, diversidad y abundancia de estos (polinizadores y depredadores).

Los polinizadores (abejas nativas y sírfidos), mostraron mayores valores de riqueza y diversidad en el corredor y borde, con valores menores en el centro en Tupungato Wine-lands y Catena Zapata (figura 1A, pág. 317; tabla 2A, pág. 318). Estas diferencias entre los sectores pueden asociarse a una mayor oferta de vegetación nativa y plantas en floración (10). El patrón observado, de mayor riqueza y diversidad de polinizadores en corredores y bordes del viñedo, se ve representado en otros estudios (10, 17, 18, 40).

No obstante, el sitio Zuccardi no registró dicho patrón, tal vez por tratarse de viñedos rodeados por campo natural, implantados recientemente (2016) y con una oferta similar de recursos florales en todos sus ambientes.

Los depredadores mostraron mayor riqueza y diversidad en el corredor y centro en Catena Zapata (figura 1B, pág. 317; tabla 2B, pág. 318). El borde y centro estuvieron cubiertos por *Vicia* sp. implantada, no así los de Tupungato Wine-lands, lo que explicaría en parte la baja población de depredadores (figura 1B, pág. 317) en este último (1, 27, 33). Estos resultados, se corresponden con estudios que demuestran cómo las coberturas con leguminosas proporcionan refugio a insectos fitófagos, de los cuales se alimentan los depredadores (1, 27, 33). Sin embargo, otros estudios mencionan que los sectores con mayor riqueza y diversidad de depredadores son los corredores y bordes del viñedo (2, 25, 26). Estas diferencias entre los autores, dejan en claro que la información sobre la respuesta de los depredadores frente a las coberturas vegetales es contradictoria, no obstante, está comprobado que son organismos generalistas y que consumen una gran variedad de presas en el agroecosistema (33). Al igual que los resultados obtenidos con polinizadores en Zuccardi, los depredadores en ese sitio presentaron una riqueza y diversidad similar en todos los ambientes muestreados.

Es relevante destacar que polinizadores y depredadores respondieron de diferente manera en los ambientes muestreados (figura 1A y B, pág. 317; tabla 2A y B, pág. 318; figura 2A y B, pág. 318). En consecuencia, la primera hipótesis planteada se verifica para los polinizadores en los sitios Catena Zapata y Tupungato Wine-lands. Para los depredadores, la primera hipótesis se verifica en parte, ya que la abundancia resultó menor en los corredores (figura 2B, pág. 318).

La segunda hipótesis se verifica para polinizadores en Catena Zapata y Tupungato Wine-lands; no así para los depredadores, donde la actividad de estos parece estar sujeta no solo a la disponibilidad de presas, sino también a la vegetación que sirve de refugio a estas (1, 2, 33, 42). En el sitio Zuccardi, la primera y segunda hipótesis no pueden verificarse para los grupos funcionales estudiados debido a la similitud registrada entre ambientes (figura 1A y B, pág. 317; tabla 2A y B, pág. 318; figura 2A y B, pág. 318). La tercera hipótesis se verifica en los tres sitios estudiados, especialmente en Zuccardi.

Los resultados del presente trabajo forman parte de un estudio de mayor envergadura que se está llevando a cabo en Gualtallary, con el fin de comprender el impacto de las prácticas de "manejo de hábitat" sobre cultivos de vid locales. Además de los insectos considerados aquí, el estudio involucra a otro grupo funcional importante, los microhimenópteros parasitoides, además de un análisis exhaustivo de la composición de coberturas vegetales en diferentes estaciones del año.

CONCLUSIONES

Se identificaron especies de abejas nativas y sírfidos asociados con diferentes ambientes de viñedos, como algunos grupos importantes de depredadores.

El manejo del espacio interfililar en bordes y centros del viñedo con coberturas de vegetación nativa y una alta oferta de recursos florales favorecen la biodiversidad de polinizadores y depredadores en los tres sitios estudiados (excepcionalmente en Zuccardi), a diferencia de las áreas donde predominan cobertura de gramíneas.

La práctica del manejo de hábitat puede resultar potencialmente eficiente para mantener y aumentar la riqueza, diversidad y abundancia de polinizadores y depredadores, ya sea conservando corredores biológicos con vegetación nativa, y/o utilizando el espacio interfililar del viñedo como hábitat propicio con una oferta floral para insectos benéficos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2004. 2° ed. Biodiversity and pest management in agroecosystems. New York. Food Products Press. 240 p.
- Altieri, M. A.; Ponti, L.; Nicholls, C. I. 2005. Enhanced pest management through soil health: toward a belowground habitat management strategy. *Biodynamics*. 25(3): 33-40.
- Anderson, J. D.; Jones, G. V.; Tait, A.; Hall, A.; Trought, M. C. T. 2012. Analysis of viticulture region climate structure and suitability in New Zealand. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. doi.org/10.20870/oeno-one.2012.46.3.1515. 46(3): 149-165.
- Bengtsson, J.; Ahnström, J.; Weibull, A. C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2005.01005. 42: 261-269.
- Biesmeijer, J. C.; Roberts, S. P. M.; Reemer, M.; Ohlemüller, R.; Edwards, M.; Peeters, T.; Schaffers, A. P.; Potts, S. G.; Kleukers, R.; Thomas, C. D.; Settele, J.; Kunin, W. E. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*. doi: 10.1126/science.1127863. 313: 351-355.
- Bohart, R. M.; Menke, A. S. 1976. *Sphecid wasps of the world: A generic revision*. London. University of California Press. 695 p.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS 9.1.0. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstimateS.php>
- Crawley, M. J. 2013. *The R Book*. 2nd Edition UK. John Wiley & Sons. 1076 p.
- Cucchi, N.; Becerra, V. 2009. *Manual de tratamientos fitosanitarios para cultivos de clima templado bajo riego*. Sección III: Vid. Ediciones INTA Argentina. 876 p.
- Danne, A.; Thomson, L. J.; Sharley, D. J.; Penfold, C. M.; Hoffmann, A. A. 2010. Effects of native grass cover crops on beneficial and pest invertebrates in Australian vineyards. *Environmental Entomology*. doi: 10.1603/EN09144. 39(3): 970-978.
- Fernández, F.; Sharkey, M. J. 2006. *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Bogotá D. C. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. 894 p.
- Foley, J. A.; DeFries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Chapin, F. S.; Coe, M. T.; Daily, G. C.; Gibbs, H. K.; Helkowski, J. H.; Holloway, T.; Howard, E. A.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Patz, J. A.; Prentice, C. I.; Ramankutty, N.; Snyder P. K. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science*. doi: 10.1126/science.1111772. 309: 570-574.
- Garibaldi, L. A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M. A.; Bommarco, R.; Cunningham, S. A.; Kremen, C.; Carvalheiro, L. G.; Harder, L. D.; Afik, O.; Bartomeus, I.; Benjamin, F.; Boreux, V.; Cariveau, D.; Chacoff, N. P.; Dudenhöffer, J. H.; Freitas, B. M.; Ghazoul, J.; Greenleaf, S.; Hipólito, J.; Holzschuh, A.; Howlett, B.; Isaacs, R.; Javorek, S. K.; Kennedy, C. M.; Krewenka, K. M.; Krishnan, S.; Mandelik, Y.; Mayfield, M. M.; Motzke, I.; Munyuli, T.; Nault, B. A.; Otieno, M.; Petersen, J.; Pisanty, G.; Potts, S. G.; Rader, R.; Ricketts, T. H.; Rundlöf, M.; Seymour, C. L.; Schüepp, C.; Szentgyörgyi, H.; Taki, H.; Tscharrntke, T.; Vergara, C. H.; Viana, B. F.; Wanger, T. C.; Westphal, C.; Williams, N.; Klein, A. M. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*. 339: 1608-1611. doi: 10.1126/science.1230200
- González, G. 2009. *Coccinellidae de Argentina. Clave ilustrada de géneros de Coccinellidae de América del Sur*. Disponible en <https://www.coccinellidae.cl/paginasWebArg>. (fecha de consulta: 20/03/2018)
- Holgado, M.; López Plantey, R.; Quiroga, V.; Carpintero, D.; Torres Echeverría, M.; Riquelme, A.; Mácola, G. 2018. Heterópteros predadores en un viñedo en Mendoza, Argentina. *Resumen 374. X Congreso Argentino de Entomología*. Mendoza, Argentina. 21 al 24 de Mayo de 2018.
- Isaacs R.; Tuell, J.; Fiedler, A.; Gardiner, M.; Landis, D. 2009. Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7 (4): 196-203. doi: 10.1890/080035

17. Kehinde, T.; Samways, M. J. 2014a. Insect-flower interactions: network structure in organic *versus* conventional vineyards. *Animal Conservation*. 17: 401-409. doi: 10.1111/acv.12118
18. Kehinde, T.; Samways, M. J. 2014b. Management defines species turnover of bees and flowering plants in vineyards. *Agricultural and Forest Entomology*. 16: 95-101. doi: 10.1111/afe.12038
19. Klein, A. M.; Vaissière, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C.; Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*. 274: 303-313. doi: 10.1098/rspb.2006.3721
20. Kremen, C.; Williams, N. M.; Aizen, M. A.; Gemmill-Herren, B.; LeBuhn, G.; Minckley, R.; Packer, L.; Potts, S. G.; Roulston, T.; Steffan-Dewenter, I.; Vázquez, D. P.; Winfree, R.; Adams, L.; Crone, E. E.; Greenleaf, S. S.; Keitt, T. H.; Klein, A. M.; Regetz, J.; Ricketts, T. H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*. 10: 299-314. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x
21. Landis, A. D. 2017. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*. 18: 1-12. doi: 10.1016/j.baae.2016.07.005
22. Losey, J. E.; Vaughan, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*. 56: 311-23.
23. Louchart, X.; Voltz, M.; Andrieux, P.; Moussa, R. 2001. Herbicide Transport to surface waters at field and watershed scales in a mediterranean vineyard area. *Journal of Environmental Quality*. 30 (3): 982-991. doi:10.2134/jeq2001.303982x
24. Michener, C. D. 2007. *Bees of the World*. Johns Hopkins University Press. 972 p.
25. Miles, A.; Wilson, H.; Altieri, M.; Nicholls, C. 2012. Habitat Diversity at the field and landscape level: conservation biological control research in california viticulture. En: Bostanian, N. J.; Vincent, C.; Isaacs, R. (Ed.). *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions*. Springer. 139-157. doi: 10.1007/978-94-007-4032-7_8
26. Nicholls, C. I. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia. 282 p.
27. Nicholls, C. I.; Parrella, M.; Altieri, M. A. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology*. 16: 133-146.
28. Pétremand, G.; Speighth, M. C. D.; Fleury, D.; Castellana, E.; Delabays, N. 2017. Hoverfly diversity supported by vineyards and the importance of ground cover management. *Bulletin of Insectology*. 70(1): 147-155.
29. Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O.; Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*. doi: 10.1016/j.tree.2010.01.007. 25: 345-353.
30. R Development Core Team. 2018. R, a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available in: <http://www.R-project.org> (Accessed March 2019).
31. Rundel, P. W.; Villagra, P. E.; Dillon, M. O.; Roig-Juñent, S.; Debandi, G. 2007. Arid and Semi-Arid Ecosystems. En: Veblen, T.; Young, K.; Orme, A. (Eds.). *Physical geography of South America*. Oxford. University Press. 158-173.
32. Steffan-Dewenter, I.; Potts, S. G.; Packer, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*. 20: 651-652.
33. Thomson, J. L.; McKenzie, J.; Sharley, D. J.; Nash, M. A.; Tsitsilas, A.; Hoffmann, A. A. 2010. Effect of woody vegetation at the landscape scale on the abundance of natural enemies in Australian vineyards. *Biological Control*. doi:10.1016/j.tree.2005.09.004. 54: 248-254.
34. Thompson, F. C. 1999. A key to the genera of the flower flies (Diptera: Syrphidae) of the Neotropical Region including descriptions of new genera and new species and a glossary of taxonomic terms. *Contributions on Entomology International* 3: 322-378.
35. Thompson, F. C.; Rotheray, G. E.; Zumbado, M. A. 2010. Family Syrphidae. In: Brown, B.V.; Borkent, A.; Cumming, J. M.; Wood, D. M.; Woodley, N. E.; Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central American Diptera*. Volume 2. Ottawa: NRC Research Press. 763-792.
36. Tscharntke, T.; Klein, A. M.; Kruess, A.; Steffan-Dewenter, I.; Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x. 8: 857-874.
37. Tscharntke, T.; Tylianakis, J. M.; Rand, T. A.; Didham, K. R.; Fahrig, L.; Batáry, P.; Bengtsson, J.; Clough, Y.; Crist, T. O.; Dormann, C. F.; Ewers, R. M.; Fründ, J.; Holt, R. D.; Holzschuh, A.; Klein, A. M.; Kleijn, D.; Kremen, C.; Landis, D. A.; Laurance, W.; Lindenmayer, D.; Scherber, C.; Sodhi, N.; Steffan-Dewenter, I.; Thies, C.; van der Putten, W. H.; Westphal, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological Reviews*. doi: 10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x. 87: 661-685.
38. Viers, J. H.; Williams, J. N.; Nicholas, K. A.; Barbosa, O.; Kotzé, I.; Spence, L.; Webb, L. B.; Merenlender, A.; Reynolds, M. 2013. Vinecology: pairing wine with nature. *Conservation Letters*. doi: 10.1111/conl.12011. 6(5): 287-299.
39. Williams, P. H.; Osborne, J. L. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*. doi: 10.1051/apido/2009025. 40(3): 367-387.

40. Winter, S.; Bauer, T.; Strauss, P.; Kratschmer, S.; Paredes, D.; Popescu, D.; Landa, B., Guzmán, G.; Gómez, J. A.; Guernion, M.; Zaller, J. G.; Batáry, P. 2017. Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/1365-2664.13124. 2018: 1-12.
41. Wratten, S. D.; Gillespie, M.; Decourtye, A.; Maderd, E.; Desneux, N. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. doi: 10.1016/j.agee.2012.06.020. 159: 112-122.
42. Zacagnini, M. E.; Wilson, M. G.; Oszust, J. 2014. Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Área piloto Aldea Santa María, Entre Ríos. PNUD. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, INTA. Buenos Aires. 95 p.

AGRADECIMIENTOS

A los encargados y dueños de las fincas por brindarnos los sitios para los muestreos. El presente estudio fue financiado por el PICT 2016-0586 "Rediseño del cultivo de vid adoptando prácticas ambientalmente sustentables y valorando servicios ecosistémicos clave en Mendoza".

Evaluación participativa de la sustentabilidad entre un sistema campesino bajo manejo convencional y uno agroecológico de una comunidad Mapuche de la Región de la Araucanía (Chile)

Participatory evaluation of sustainability in a conventional and agroecological peasant farm of a Mapuche community, Chile

Santiago Peredo Parada ^{1*,2}, Claudia Barrera Salas ^{1,2}

Originales: *Recepción:* 26/06/2018 - *Aceptación:* 11/04/2019

RESUMEN

El objetivo del trabajo es evaluar la sustentabilidad de dos sistemas agrarios campesinos (convencional y agroecológico) identificando los aspectos que limitan y potencian su sustentabilidad. El esquema metodológico utilizado correspondió al MESMIS y los instrumentos de recolección de la información fueron levantamiento y mediciones en terreno, observaciones directas con ayuda de registros de campo, transectos y diálogos abiertos apoyados con guión. La definición de indicadores y los rangos de valoración se realizó de manera conjunta con las y los agricultores, mediante diversas metodologías participativas. Los resultados señalan, para el sistema agroecológico -en relación con el convencional- una mayor diversidad de cultivos, mayor porcentaje de autoproducción de semilla y material vegetal, mayor ingresos totales y menor estacionalidad de dichos ingresos, menor dependencia de insumos externos, mayor porcentaje de reciclaje y/o reutilización de recursos/residuos intraprediales, mayor aplicación de conocimiento y habilidades propias, mayor aplicación de tecnologías agroecológicas y una mayor participación en la toma de decisiones por parte de la mujer. Se concluye que el sistema agroecológico presenta mejores niveles de sustentabilidad, por tanto, un mejor desempeño socioecológico que el sistema convencional.

Palabras clave

agroecología • desarrollo rural • agricultura familiar • MESMIS

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas con un enfoque agroecológico

-
- 1 Universidad de Santiago de Chile. Grupo de Agroecología y Medio Ambiente (GAMA). Ecuador #3769. Santiago (Chile). * santiago.peredo@usach.cl
 - 2 Universidad Pablo de Olavide. Crta. de Utrera Km 1, 141013. Sevilla. España.

ABSTRACT

The purpose of the present study is to assess the sustainability levels of two peasant agrarian systems (conventional and agroecological) identifying the aspects (factors) that limit and enhance their sustainability. The methodological scheme used corresponded to the MESMIS and the instruments for information recollection were survey and field measurements, direct observations using field records, transects and open dialogues supported by scripts. The definition of indicators and assessment ranges were performed jointly with the peasants (men and women) through various participative methodologies. Results for the agroecological system point out a greater diversity of crops, higher percentage of crop diversity and seed self-production, higher total revenues and less seasonality of such incomes, less dependence on external inputs, higher percentage of recycling/reuse of on-farm resources/waste, greater application of own knowledge and abilities, increased application of agro-ecological technologies and greater participation in decision-making by women. It is concluded that the agroecological system has better levels of sustainability and socioecological performance than the conventional one.

Keywords

agroecology • rural development • family farming • MESMIS

INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar campesina entre algunas de sus características destacan aquellas referidas a su rol indisociable con la seguridad alimentaria (2), la valorización de alimentos y saberes tradicionales (61), la protección de la biodiversidad (35), el uso sostenible de los recursos naturales (29), fuente de resiliencia ante el cambio climático (3), entre otros.

En Chile, la agricultura familiar campesina, de acuerdo con las estadísticas del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) representa alrededor de 260 mil explotaciones familiares -equivalentes a 1,2 millones de personas- que utilizan el 44% de la superficie útil, contribuye en torno al 50% de la dieta en cuanto a productos agroalimentarios frescos y su participación en las principales cadenas alimentarias está en torno al 54% en hortalizas, 44% en flores y cultivos anuales.

La agricultura familiar mapuche, hasta el primer tercio del siglo XX, se caracterizaba por una agricultura heterogénea "con unidades de producción familiares con equipamiento más diversificado y mayor extensión predial"... "cuyos retornos monetarios posibilitaban las inversiones"... "y unidades domésticas más simples orientadas al abastecimiento familiar mediante usufructo de los recursos prediales y la venta de pequeños excedentes" (24).

En la actualidad, en tanto, las comunidades rurales Mapuche han sufrido grandes transformaciones socioambientales (42) que han afectado su calidad de vida (43) donde "las actividades productivas más importantes de las familias mapuches son fuentes de bajos ingresos: una agricultura de secano, con baja incorporación de tecnologías y escasa inserción en mercados dinámicos" (50).

En este escenario, el Centro de Educación y Tecnología para el Desarrollo del Sur (CETSUR) a través del Programa Global de Conservación de la Biodiversidad Campesina (CBDC) ha desarrollado, desde finales de los años noventa, numerosas iniciativas con mujeres indígenas (Mapuche) con el propósito de conservar el patrimonio agroalimentario, la biodiversidad local y los saberes ancestrales con una perspectiva agroecológica.

De acuerdo con Rudel *et al.* (2016), son escasos los registros de estudios centrados en prácticas agroecológicas de pequeños productores orientadas al desarrollo de una agricultura sustentable. Para el caso chileno los estudios se han centrado, fundamentalmente, en la dimensión técnico-productiva de la sustentabilidad (21, 52), siendo necesario abordajes con enfoques integrados. La sustentabilidad de acuerdo con Daly y Gayo (1995), debe abordarse en sus tres dimensiones: lo económico referido a la gestión adecuada de los recursos naturales, en lo social, en términos que exista equidad entre los actores; y en cuanto a lo ecológico, se debe asegurar que el ecosistema mantenga sus principales características que le son esenciales para su supervivencia en el largo plazo.

Objetivo

Evaluar los niveles de sustentabilidad de dos sistemas agrarios campesinos Mapuche, uno bajo manejo convencional y otro, agroecológico, identificando los aspectos que limitan y potencian su sustentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enmarca en las de tipo exploratoria mixta (23), de análisis transversal (30) y fue realizada en una temporada agrícola. El esquema metodológico utilizado correspondió al Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) propuesto y desarrollado por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada (GIRA) (30), cuya estructura operativa considera la identificación de puntos críticos, selección de criterios de diagnóstico y la definición de indicadores (28). Las técnicas e instrumentos de recolección de la información consistieron en observaciones directas con ayuda de registros de campo (63), transectos, mapeo participativo (4) y diálogos abiertos apoyados con un guión (19).

Unidades de análisis

Las dos unidades de estudio corresponden a Unidades Familiares Campesinas integrada por familias nucleares cuya principal actividad económica es la producción agrícola de su tierra para el autoconsumo, la comercialización parcial y ocasional del excedente y el intercambio de algunos productos. Ambas unidades de estudio, Sistema Convencional (SC) y Sistema Agroecológico (SA) pertenecen, desde el punto de vista climático, al distrito n° 17 de Temuco (12). En cuanto a las características geomorfológicas, corresponden a suelos de origen volcánico, rojos arcillosos, de la Serie Metrenco (25). Las evaluaciones se realizaron en un sistema agrario bajo manejo convencional (SC) y un sistema agrario bajo manejo agroecológico (SA), ambos pertenecientes a la comunidad Mapuche Juan Queupán, ubicada a 12 km de Temuco (camino Chanquín), en el sector Boyeco (figura 1), Región de la Araucanía (N26,22°; S78,42°; E41,29°; O43,27°).

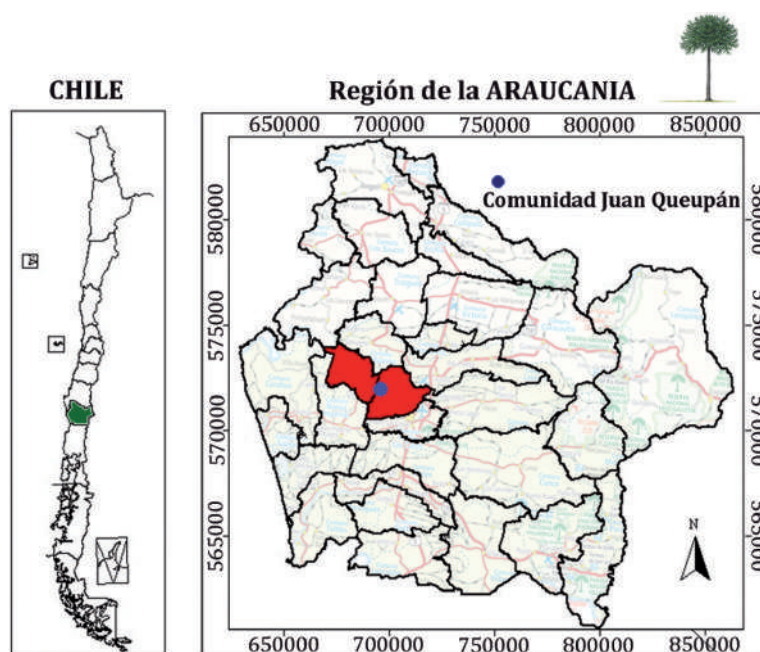


Figura 1. Ubicación de las unidades de estudio.

Figure 1. Location of the analyzed farms.

El criterio de selección de la unidad SA obedeció a que es la única unidad predial (participante del proyecto) del valle de la comuna de Temuco representada por el ecosistema típico Mapuche denominado "Lelfún" (47) definido como "zona libre de vegetación arbórea plana o con pendiente. Se destina a praderas o cultivo y puede extenderse por una hectárea o más" (46).

Definición de los indicadores a partir de los puntos críticos

A partir de la observación de campo en conjunto con las y los agricultores se determinaron los puntos críticos. Del análisis de estos en ambos sistemas, mediante la agregación en criterios de diagnóstico, se definieron los indicadores (56), cotejándolos con literatura especializada (tabla 1).

Para el criterio de "Eficiencia", la definición del indicador Ingresos totales, obedeció a que bajo condiciones de pobreza económica, la presión que se ejerce sobre los recursos naturales (poniendo en riesgo la sustentabilidad) está dada por la capacidad de la familia (UFC) de satisfacer los requerimientos a través de la complementariedad de las rentas (41). La producción campesina se caracteriza por una eficiencia tanto productiva como ecológica (60) por lo que la opción de un indicador económico, puso de manifiesto la importancia de la rentabilidad de los procesos productivos sustentables (64) y con ello, la replicabilidad de dichos procesos (56).

En cuanto al criterio "Conservación de recursos naturales" los indicadores fueron definidos en relación con los recursos naturales con los cuales la unidad productiva interactúa. Ellas son, de acuerdo a Toledo (1993), el medio ambiente natural (en este caso, suelo y agua) y el medio ambiente transformado, a través de las variedades locales/criollas de cultivo, como consecuencia de la evolución conjunta con el sistema de conocimientos y prácticas (37). Estos indicadores coinciden, por un lado, con los de Arnés *et al.* (2013), establecidos para la conservación de los recursos naturales como criterio, y a variables asociados a las condiciones del suelo y disponibilidad de agua en los predios agrícolas (7, 22, 27, 45, 51).

Para el criterio de "Diversidad", la definición del indicador se ha acotado a los cultivos, ya que, habitualmente, en este tipo de estudios la (bio)diversidad está referida a vegetaciones nativas o corredores de fauna (7), tipos de cultivo (27) y número de cultivos (5), incluyendo recursos genéticos (22).

En cuanto a la "Fragilidad del sistema" -como criterio de diagnóstico- se definieron indicadores tanto ecológicos como socioeconómicos. En el primer caso, está referido a la presencia de plagas y enfermedades y la cobertura de especies invasoras (adventicias/arvenses). Para el segundo, en tanto, se definió la estacionalidad del ingreso como indicador de fragilidad del sistema, entendido por las y los agricultores como la estabilidad que otorga las fuentes extraprediales de ingreso para la subsistencia de la familia (22).

Tabla 1. Puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores para los sistemas convencional y agroecológico.

Table 1. Critical points, diagnostic criteria and indicators of conventional and agroecological systems.

Punto crítico	Criterio de diagnóstico	Indicador
Rendimiento agrícola	Eficiencia	Ingresos totales
Estacionalidad y disponibilidad de agua	Conservación de recursos naturales	Capacidad de almacenamiento de agua
Condiciones del suelo		Calidad del suelo
Conservación y protección de recursos		Autoproducción de semillas (material vegetal)
Biodiversidad	Diversidad	Diversidad de cultivos
Plagas y enfermedades	Fragilidad del sistema	Incidencia de plagas y enfermedades
Especies invasoras		Cobertura de arvenses
Ingresos variables durante el año		Estacionalidad del ingreso
Aprendizaje y capacitación	Capacidad de cambio y/o innovación	Aplicación de tecnologías agroecológicas
Uso de recursos locales	Autosuficiencia	Dependencia de insumos externos
Aprovechamiento de recursos intraprediales	Control y organización del sistema	Reciclaje y reutilización de recursos intraprediales
Conocimientos utilizados		Aplicación de conocimientos y habilidades propias
Trabajo familiar	Participación de la mujer en las decisiones	Nivel de decisión a nivel predial

La "Capacidad de cambio e innovación" establecido como criterio de diagnóstico a partir de los problemas que se generaban en los procesos de transferencia tecnológica, derivó en la definición del indicador Aplicación de nuevas tecnologías que apuntó evaluar la apropiación/internalización (o no) de las tecnologías por parte del campesino/a, como resultado, entre otros, de las capacitaciones realizadas (26). Este indicador es coincidente con los utilizados por Haileslassie *et al.* (2016) y Chand *et al.* (2015), para evaluar el mejoramiento de tecnologías y la adopción de prácticas científicas, respectivamente, así como la capacidad de cambio de agricultores y el número de agricultores involucrados en dicha adopción (5).

Para el criterio de La "Autosuficiencia", el indicador definido fue el grado de dependencia a los insumos externos como factor determinante para la consecución de la sustentabilidad en términos de recuperar la autonomía de los sistemas (55). Aspectos coincidentes con lo señalado por Arnés *et al.* (2013) y se aproxima a lo que Loaiza *et al.* (2014) y Pereira y Galán (2015) denominan autoabastecimiento y soberanía alimentaria, respectivamente.

Para el "Control y organización del sistema" se estableció dos indicadores. El primero de ellos (Reciclaje y reutilización de recursos intraprediales) orientado a la evaluación, desde una dimensión ecológica, del tratamiento de los residuos para ser utilizados como insumos.

El segundo de los indicadores (Uso de habilidades locales) se definió, desde una dimensión sociocultural, para la evaluación del despliegue del potencial del conocimiento tradicional en la ejecución de las prácticas culturales más cotidianas.

La utilización -y más que eso, la (re) valorización- del conocimiento y habilidades locales obedece a una lógica del funcionamiento de los agroecosistemas donde el manejo tradicional histórico ha mostrado su sustentabilidad (20). Este aspecto es considerado como un elemento central para el diseño de esquemas de desarrollo rural sustentable basados en la generación de tecnologías agroecológicas a través del diálogo horizontal de saberes (9, 57) entre técnicos y campesinos y potenciando los procesos de socialización al interior de las familias (44).

La aplicación de las habilidades locales en la generación de tecnologías es la constatación del resultado de la incorporación de lo externo a lo endógeno mediante su adaptación a la lógica etnoecológica de funcionamiento, respetando la identidad local (49). Reflejo de ello, el hecho que exista una concepción de sostenibilidad más relacionada con los medios o modos de vida de los pequeños productores (29). La importancia ecológica del conocimiento tradicional ha adquirido un creciente reconocimiento (61) y sus aplicaciones agroecológicas son diversas, desde su contribución al desarrollo rural (16), la articulación del conocimiento entre actores (14), como potencial de adaptación y mitigación frente al cambio climático (3) el conocimiento respecto de propiedades de especies nativas (38), entre otros.

Por último, en la "Participación de la mujer" como criterio de diagnóstico, la definición de El nivel de decisión de la mujer sobre las actividades del predio como indicador de sustentabilidad -coincidente con el señalado por Chand *et al.* (2015) como empoderamiento de la mujer- refleja la necesaria equidad de género que debe establecerse en un sistema de manejo en el cual la mujer posee un rol preponderante pero invisible. Es sabido que las mujeres tienen un acceso mucho más limitado a los recursos, sea naturales, económicos o culturales y que la mayor parte de la propiedad privada está en manos de los hombres. Este desequilibrio, según Flores (2003) tiene efectos sociales negativos de largo alcance y profundas repercusiones en la estructura misma de las sociedades, en definitiva, en la sustentabilidad.

Rangos de valoración y medición de los indicadores

Se realizó de manera conjunta con las y los agricultores, para lo cual, se utilizaron entrevistas abiertas con cuestionarios semiestructurados (39), técnicas fitosociológicas (Braun-Blanquet) y análisis de suelo en laboratorio, así como técnicas y herramientas propias de metodologías participativas como el análisis estacional, línea de tiempo y matriz de análisis de toma de decisiones (tabla 2, pág. 328) (4, 19).

Tabla 2. Métodos de medición y rangos de valoración por indicador.**Table 2.** Measurement methods and valuation ranges by indicator.

Indicador	Método de medición	Descripción
Ingresos totales	Relación costos totales/ ingresos netos totales	Ante la inexistencia de registros la información se construye a través de entrevista a las y los agricultores. Se expresa en \$\$ (pesos chilenos).
Capacidad de almacenamiento de agua	Contenido de agua en los depósitos en m ³	Verificación en terreno calculando área y volumen.
Calidad del suelo	Análisis del suelo (laboratorio)	Se consideraron los parámetros que entrega el análisis de laboratorio: pH, m.o., suma de bases (meq/100g), saturación de Al(%).
Autoproducción de semillas	Semillas propias/semillas compradas	También se considera cualquier material vegetal como plantines y esquejes. Los rangos de valoración se expresan en % en relación con el número total registrado en terreno.
Diversidad de cultivos	Número de especies/ variedades utilizadas	Se consideró el número de especies y/o variedades por grupos de cultivos (hortalizas, legumbres y granos, frutales, aromáticas y medicinales)
Incidencia de plagas y enfermedades	Braun-Blanquet	Mediante cuadrante de 1 m ² , se contabiliza la presencia de plantas con alguna plaga y/o enfermedad. Se registra en %.
Estacionalidad de ingresos	Análisis/calendario estacional	Técnica participativa para determinar los ingresos a través del año en función de la producción y venta estacional de productos.
Cobertura de arvenses	Braun-Blanquet	Mediante cuadrante de 1 m ² , la presencia (cobertura) de plantas arvenses se registra en %.
Aplicación de tecnologías agroecológicas	Número de tecnologías incorporadas	Sobre el total de tecnologías verificadas en ambos sistemas se estableció los rangos de valoración de 1-3=baja;4-6=media; 7-10=alta.
Aplicación de conocimientos y habilidades propias	Entrevistas abiertas con cuestionario semiestructurado	A través de un ejercicio etnográfico se aplicaron a agricultores/as para la determinación de categorías nativas y la percepción de ellos/as en su identificación con cada una de ellas.
Dependencia de insumos externos	Caracterización de prácticas de manejos	Se identificaron 4 insumos (fertilización, plaguicidas, semillas, uso de maquinaria), a partir de las cuales se estableció el siguiente rango de valoración: 1=mínima, 2=baja, 3=media, 4=alta (dependencia).
Nivel Reciclaje/reutilización de recursos intraprediales	Matriz de evaluación de recursos	Sobre el total de las 9 prácticas verificadas en terreno se estableció los siguientes rangos de valoración: 1-3= baja, 4-6=media, 7-9=alta.
Nivel de participación de la mujer	Matriz de análisis de toma de decisiones	Se determinó a partir de la percepción de la mujer en relación con 4 actividades derivadas de las actividades del predio (siembra, manejo, uso de excedentes, destino de las utilidades) donde la 1=mínimo, 2=bajo, 3=medio, 4=alto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados señala que, en relación con el desempeño ambiental, ambos sistemas manejan una alta diversidad destacándose el SA por manejar no solo un mayor número total de especies, sino que duplicando y triplicando al SC por cada grupo de cultivos (tabla 3, pág. 329).

En lo referido a la disponibilidad de agua, fundamentalmente, en periodos de marcada escasez estival, el SC pese a disponer de una capacidad de almacenamiento muy superior a SA, este último realiza un uso más eficiente del recurso para su uso en la producción de hortalizas a lo largo de 10 meses. Los parámetros del análisis del suelo son similares para ambos sistemas (tabla 4, pág. 329).

Tabla 3. Diversidad de cultivos por grupos.**Table 3.** Crops diversity.

Especie y/o variedad	(SA)		(SC)	
Hortalizas	29		9	
Legumbres y granos	34		3	
Frutales mayores y menores de hoja caduca y persistente	13		6	
Hierbas aromáticas y/o medicinales	28		13	
Especies y/o variedades adquiridas fuera de la propiedad	1	00,96%	5	16,12%
Especies y/o variedades adquiridas dentro de la propiedad	103	99,03%	26	83,87%
TOTAL	104		31	

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

Tabla 4. Calidad del suelo por parámetros arrojados por análisis de laboratorio.**Table 4.** Soil quality by laboratory analysis.

Análisis de suelo	(SA)		(SC)	
	Invernadero	Terrazas	Invernadero	Terrazas
ph en agua	6,20	5,55	5,06	5,58
M.Orgánica (%)	10,85	5,74	12,03	7,86
Suma de bases (meq/100g)	17,23	6,14	9,52	6,14
Saturación de Al (%)	0,03	4,69	0,93	2,51

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

El pH registrado para el suelo de los cultivos bajo invernaderos y en las terrazas, registran valores normales para los suelos rojo arcillosos. Los valores más altos presentes en SA (invernaderos) pueden ser atribuidos a las continuas aplicaciones de guano. Los valores, en tanto, de las muestras de suelo obtenidas de los cultivos en las terrazas, para ambos sistemas de manejo, se encuentran dentro de los rangos que Rodríguez (1993) clasifica como categoría media. En relación a la suma de bases, los valores obtenidos para SA (17,23) supone el incremento de los sitios con carga negativa favoreciendo con ello la retención de cationes. Por el contrario, los valores para el SC (9,52) se podrían explicar por el constante uso de fertilizantes nitrogenados, derivando, en el largo plazo, en un aumento del pH del suelo. Los bajos valores de saturación de aluminio para las dos unidades, en ambos sistemas de manejo, permitiría suponer que la absorción de fósforo no es una limitante para el desarrollo de los cultivos (48). Estos valores, sumados a los altos porcentajes relativos a la autoproducción de semillas, en ambos sistemas de manejo (tabla 3) consigna el buen manejo que se realiza de los recursos naturales a nivel predial.

En lo referente al manejo de la sanidad de los cultivos la situación es diferente. Los valores totales que en SC triplican a SA, en lo relativo a plagas y enfermedades, estos se cuadruplican al desagregarlos por unidades, concretamente, en los invernaderos (tabla 5, pág. 330). Lo que contrasta, para esta misma unidad, con los valores referidos a la cobertura de especies arvenses que en SA sextuplican a los de SC (tabla 6, pág. 330).

En cuanto al desempeño económico, los mayores valores de ingreso total que presenta SA se explican, básicamente, por la suma de los ingresos parciales de una alta diversidad de cultivos (tabla 7, pág. 330) y los bajos costos de producción (tabla 8, pág. 330).

En complementación a lo anterior, SA presenta una menor estacionalidad de sus ingresos derivada de la venta escalonada de su producción, fundamentalmente, de hortalizas. En contraste, SC basa su ingreso en la venta de frutales y estacionada en la época de otoño y verano (tabla 9, pág. 331) y los mayores costes obedecen a la compra de insumos externos (tabla 10, pág. 331) utilizados en el establecimiento (2ha) de cultivos de cereales, principalmente.

Tabla 5. Número y porcentaje de plantas sin presencia (PSP) y con presencia (PCP) presencia de organismos dañinos.**Table 5.** Number and percentage of plants without presence (PSP) and presence (PCP) of harmful organisms.

Unidades de producción	Sistema							
	(SA)				(SC)			
	PSP	%	PCP	%	PSP	%	PCP	%
Terrazas	43,75	11,19	12,5	3,19	350	33,07	43,75	4,13
Quinta	95	24,31	10	2,55	99	9,35	81	7,65
Invernadero	200	51,18	12,5	3,19	325	30,71	137,5	12,99
Medicinales	17	4,35	0	0	22	2,07	0	0
TOTAL	355,75	91,04	35	8,95	796	75,2	262,25	24,77
TOTAL SISTEMA	390,75		100 %		1058,25		100 %	

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

Tabla 6. Cobertura de especies invasoras (EI) en relación (%) con las plantas cultivadas (PC).**Table 6.** Coverage of invasive species (EI) in relation (%) to cultivated plants (PC).

Unidades de producción	Sistema							
	(SA)				(SC)			
	PC	%	EI	%	PC	%	EI	%
Terrazas	250	29,66	0	0	228,12	27,25	71,89	8,58
Quinta	109	12,93	0	0	99	11,82	81	9,67
Invernadero	428,12	50,80	40,62	4,81	281,5	33,63	62,5	7,46
Medicinales	15	1,77	0	0	13	1,55	0	0
TOTAL	802,12	95,18	40,62	4,81	621,62	74,26	215,39	25,73
TOTAL SISTEMA	842.74		100%		837.01		100%	

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

Tabla 7. Distribución anual de los ingresos por estación y grupo de cultivos en sistema bajo manejo agroecológico (SA).**Table 7.** Annual distribution of income by season and crop group in system under agroecological management (SA).

Cultivos	%	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Frutales	5	\$8.400	-	-	-	\$ 8.400
Cereales y fabáceas	15	-	-	\$10.000	\$15.200	\$ 25.200
Hortalizas	Fruto	-	-	-	\$11.760	\$117.600
	Raíz	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	
	Bulbo	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	
	Tubérculo	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	
	Hoja	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	\$ 6.615	
Medicinales	10	\$ 4.000	\$ 2.000	\$ 6.000	\$ 4.800	\$ 16.800
Total	100	\$38.860	\$28.460	\$42.460	\$58.220	\$168.000

Tabla 8. Costos de producción de las unidades destinadas a venta.**Table 8.** Yields costs of units for sale.

Insumo	Sistema Convencional (SC)			Sistema Agroecológico (SA)
	Avena (1ha)	Trigo (1ha)	Huerta	Huerta en invernadero
Semilla		\$ 76.000		
Plantines			\$ 15.000	
Fertilizantes	\$ 62.000	\$ 77.000		
Herbicidas	\$ 9.000	\$ 9.000		
Maquinaria	\$ 77.150	\$ 86.000		
Cinta de riego				\$ 19.800
Plástico				\$ 25.350
TOTAL		\$ 148.150	\$ 248.000	\$ 15.000

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

Tabla 9. Distribución anual de los ingresos por estación y grupo de cultivos en sistema bajo manejo convencional (SC).

Table 9. Annual distribution of income by season and crop group in system under conventional management (SC).

Cultivos	%	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Total
Frutales	80	\$25.000	-	-	\$11.000	\$36.000
Cereales	5	\$ 2.250	-	-		\$ 2.250
Hortalizas	15	-	-	-	\$ 6.750	\$ 6.750
Total	100	\$27.250	-	-	\$17.750	\$45.000

Tabla 10. Nivel de dependencia de insumos externos.

Table 10. Level of dependence on external inputs.

Insumos externos	Sistema	
	Agroecológico (SA)	Convencional (SC)
1.Fertilizantes		X
2.Biocidas		X
3.Semillas y material vegetal		X
4.Maquinaria	X	X
Total	1	4
Nivel	Mínimo	Alto

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

En lo relativo al desempeño sociocultural, los mejores niveles que presenta SA obedecen a la aplicación de tecnologías agroecológicas (tabla 11, pág. 332) que no interfieren en la lógica etnoecológica local, asociadas a una cultura del reciclaje y reutilización de los residuos generados en el predio (tabla 12, pág. 332), propia de la naturaleza agraria, basadas en el despliegue de conocimientos y habilidades que junto con responder a un traspaso generacional también responde a la adquisición de "nuevo" conocimiento (tabla 13, pág. 332), donde la participación de la mujer, en diversas actividades, cobra un rol fundamental (tabla 14, pág. 333).

En un análisis agregado (tabla 15, pág. 333) -apoyados en los criterios de diagnóstico-, en tanto, se observa que la mayor eficiencia de SA, expresado en los ingresos totales, obedece, por una parte a una mayor diversidad de cultivos y, de otra, los menores costes incurridos en el establecimiento de los cultivos por la autoproducción de semillas y el buen estado de la sanidad de los cultivos. Estos aspectos, sumado a las condiciones del suelo y un uso eficiente del agua (conservando dichos recursos) permiten un adecuado manejo del sistema productivo consiguiendo establecer una cosecha a lo largo del año, confiriéndole una menor fragilidad comparado con SC. Estos resultados coinciden con McCord *et al.* (2015), quienes establecen una estrecha relación entre el ingreso predial y la diversificación en pequeña escala. Esta menor fragilidad en SA se asocia al mayor control y organización que la y el agricultor tiene sobre su sistema y se podría explicar por la utilización de sus propias habilidades y conocimientos (innatos y adquiridos) y la práctica de la reutilización y reciclaje de sus recursos (residuos) intraprediales. Lo anterior le otorga una condición de autosuficiencia al no depender de insumos externos. Dichos conocimientos, algunos de ellos adquiridos en programas formativos (10), confirman lo señalado por Noltze *et al.* (2012), quienes señalan que lo anterior aumenta la probabilidad y la intensidad de adoptar una tecnología. Lo anterior se ve reforzado cuando se trata de aplicaciones tecnológicas de carácter multifuncional (propia de la naturaleza agroecológica) y acompañadas por un periodo inicial determinado (33), en contextos socioeconómicos favorables (8, 62).

La aplicación de tecnologías agroecológicas, en el caso de SA, denota la capacidad de innovación del/la agricultor/a que, de acuerdo a Pant *et al.* (2014) cuando se trata de la integración de aproximaciones (como la del enfoque agroecológico), ayudan a establecer estrategias de transición a través de la innovación con tecnologías nuevas y mejoradas, más accesibles y adaptadas a los pequeños agricultores.

Tabla 11. Nivel de aplicación de tecnologías agroecológicas.**Table 11.** Level of application of agro-ecological technologies.

Tecnologías agroecológicas	Sistema	
	Agroecológico (SA)	Convencional (SC)
1. Policultivos	X	
2. Reciclaje y compostaje	X	
3. Utilización de guanos	X	
4. Incorporación de residuos de cosecha	X	X
5. Elaboración de biopreparados	X	
6. Trazado de curvas de nivel	X	X
7. Conservación de semillas	X	X
8. Optimización del recurso agua	X	
9. Manejo de plagas y enfermedades	X	
10. Manejo de la flora arvense	X	
Total	10	3
Nivel	Alto	Bajo

Tabla 12. Nivel de reciclaje y/o reutilización de los residuos/recursos intraprediales.**Table 12.** Level of on-farm recycling and/or reuse of waste/resources.

Recurso reciclados/reutilizados	Sistema	
	Agroecológico (SA)	Convencional (SC)
1. Restos de cosecha	X	
2. Restos de poda	X	
3. Hojarasca	X	
4. Desechos domiciliarios	X	
5. Fruta sobremadura	X	
6. Guanos	X	X
7. Madera		X
8. Leña	X	X
9. Aguas lluvia	X	
TOTAL	8	3
Nivel	Alto	Bajo

Tabla 13. Aplicación de conocimiento y habilidades propias en diferentes categorías para distintas tecnologías agroecológicas.**Table 13.** Application of knowledge and own skills in different categories for different agro-ecological technologies.

Tecnología	Me enseñaron		Lo aprendí viendo		Me nace sola		Aprendí en un curso	
	SA	SC	SA	SC	SA	SC	SA	SC
Policultivos							√	
Reciclaje y compostaje							√	
Utilización de guanos			√	√				
Incorporación de residuos de cosecha	√							
Elaboración de biopreparados							√	
Trazado de curvas de nivel			√					√
Conservación de semillas		√			√			
Optimización del recurso agua					√			
Manejo de plagas y enfermedades			√					
Manejo de la flora arvense	√							

SA: Sistema bajo manejo agroecológico; SC: Sistema bajo manejo convencional.

SA: agroecological systems; SC: conventional systems.

Tabla 14. Nivel de participación de la mujer para diferentes actividades.**Table 14.** Level of participation of women for different activities.

Actor		Actividad	Siembra	Manejo	Uso de excedentes	Destino de las utilidades	Nivel
Hombre	Sistema convencional	✓	✓	✓	✓		
	Sistema agroecológico	✓	✓	✓	✓		
Mujer	Sistema convencional	✓	✓	X	X		Mínimo
	Sistema agroecológico	✓	✓	✓	✓		Alto

Tabla 15. Valores generales por indicador y criterios de diagnóstico para SA y SC.**Table 15.** General values by indicator and diagnostic criteria.

Punto crítico	Criterio de diagnóstico	Indicador	SA	SC
Biodiversidad	Diversidad	Diversidad de cultivos	104	31
Estacionalidad y disponibilidad de agua	Conservación de recursos naturales	Capacidad de almacenamiento de agua	Menor	Mayor
Condiciones del suelo		Calidad del suelo	SD	SD
Conservación y protección de recursos		Autoproducción de semillas (material vegetal)	99,03%	83,87%
Plagas y enfermedades	Fragilidad del sistema	Incidencia de plagas y enfermedades	8,95%	24,77%
Especies invasoras		Cobertura de arvenses	4,81%	25,73%
Ingresos variables durante el año		Estacionalidad del ingreso	Menor	Marcada
Rendimiento agrícola	Eficiencia	Ingresos totales	Mayor	Menor
Uso de recursos locales	Autosuficiencia	Dependencia de insumos externos	1	4
Aprovechamiento de recursos intraprediales	Control y organización del sistema	Reciclaje y reutilización de recursos intraprediales	8	3
Conocimientos utilizados		Aplicación de conocimientos y habilidades propias	Mayor	Menor
Aprendizaje y capacitación	Capacidad de cambio y/o innovación	Aplicación de tecnologías agroecológicas	10	2
Trabajo familiar	Participación de la mujer en las decisiones	Nivel de decisión a nivel predial	4	2

La posibilidad concreta de participar en la toma de decisiones en diferentes instancias, señaladas por la agricultora de SA, podrían explicar el buen desempeño de este concordando con lo señalado por Awotide *et al.* (2015), al referirse que hay mayores impactos en el uso de las tecnologías en los hogares campesinos que son encabezados por mujeres.

Las mujeres no adoptan tecnologías (17), cuando no tienen acceso a información, tierra y crédito. En el SC, en contraste, donde la mujer tiene una menor participación en la toma de decisiones, es posible observar una menor innovación en la aplicación de tecnologías agroecológicas, un menor control y organización del predio, lo que deriva en una mayor fragilidad y menor autosuficiencia materializado, entre otros, en menores ingresos. Lo anterior concuerda con Boogaard *et al.* (2015), al señalar que las mujeres, en hogares encabezados por hombres, rara vez tienen el control sobre los ingresos de las ventas.

En tanto, en casos en que las mujeres llevan el control de sus hogares, estas desarrollan estrategias más sofisticadas para reducir el riesgo y, con ello, aumentar los ingresos (34).

Finalmente, los valores encontrados para el SA sugieren, en tanto, la presencia de un faro agroecológico para las condiciones de la agricultura mapuche del secano (1).

CONCLUSIONES

De los resultados de la investigación se concluye que el sistema agroecológico (SA) presenta mejores niveles de sustentabilidad que el sistema convencional (SC), expresado en función de los indicadores utilizados: mayor diversidad de cultivos, mayor porcentaje de autoproducción de semilla y material vegetal, mayor ingresos totales, menor estacionalidad de dichos ingresos, menor dependencia de insumos externos, mayor porcentaje de reciclaje y/o reutilización de recursos/residuos intraprediales, mayor aplicación de conocimiento y habilidades propias, mayor aplicación de tecnologías agroecológicas y una mayor participación en la toma de decisiones por parte de la mujer. Lo anterior, le confiere al SA un mejor desempeño socioecológico en lo relativo a, una mayor biodiversidad y menor fragilidad al sistema, una mejor eficiencia económica, mayor autosuficiencia, mejor control y organización, mayor capacidad de innovación y participación de la mujer.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M.; Nichols, C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integr plagas y Agroecol.* (64):17-24.
2. Altieri, M.; Nichols, C. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de Economía Crítica.* 10: 62-74.
3. Altieri, M.; Nichols, C. 2013. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climate Change.* 1-13.
4. Ardón, M. 2002. Métodos e instrumentos para la etnoecología participativa. *Etnoecología.* 6(8): 129-143.
5. Arnés, E.; Antonio, J.; del Val, E.; Astier, M. 2013. Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 181: 195-205.
6. Awotide, B. A.; Alene, A. D.; Abdoulaye, T. 2015. Impact of agricultural technology adoption on asset ownership: the case of improved cassava varieties in Nigeria. *Food Security.* 7(6): 1239-1258.
7. Barreto, H. F. M.; Soares, J. P. G.; Morais, D. A.; Silva, A. C. C.; Salman, A. K. S. 2010. Impactos ambientais do manejo agroecológico da caatinga no Rio Grande do Norte. *Pesq. agropec. bras.* 45(10): 1073-1081.
8. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J. 2018. Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 50(1): 203-216.
9. Boogaard, B. K.; Waithanji, E.; Poole, E. J. 2015. Smallholder goat production and marketing: a gendered baseline study from Inhassoro District Mozambique. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences.* 74-75: 51-63.
10. Boza, S.; Muñoz, T.; Cortés, M.; Rico, M.; Muñoz, J. 2018. Development programs for female farmers: identifying clusters for the case of Chile's "Education and training program for rural women". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 50(1): 141-155.
11. Caporal, F.; Paulus, G.; Costabeber, J. 2009. *Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade.* MDA/EMATER, Brasília. 111 p.
12. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1993. *Estudios de microrregiones.* Corporación de Fomento de la Producción. CORFO. Santiago. Chile. 221 p.
13. Chand, P.; Sirohi, S.; Sirohi, S. K. 2015. Development and application of an integrated sustainability index for small-holder dairy farms in Rajasthan, India. *Ecological Indicators.* 56: 23-30.
14. Cuéllar-Padilla, M.; Calle-Collado, A. 2011. Can we find solutions with people? Participatory action research with small organic producers in Andalusia. *Journal of Rural Studies.* 27: 372-383.
15. Daly, H.; Gayo D. 1995. Significado, conceptualización y procedimientos operativos del desarrollo sostenible: posibilidades de aplicación a la agricultura. En *Agricultura y desarrollo sostenible.* A. Cadenas (ed). Serie de estudios, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 19-38 p.
16. Diepart, J. C. 2010. Cambodian peasant's contribution to rural development: a perspective from Kampong Thom Province. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(2): 321-340.

17. Fisher, M.; Carr, E. 2015. The influence of gendered roles and responsibilities on the adoption of technologies that mitigate drought risk: The case of drought-tolerant maize seed in eastern Uganda. *Global Environmental Change*. 35: 82-92.
18. Flores, T. 2003. Género y Sustentabilidad. *Desarrollo Humano Sustentable*. 1(1): 1-13.
19. Geilfus F. 2009. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo. Instituto de Cooperación Interamericano para la Agricultura (IICA). 8va reimpresión. San José, Costa Rica. 217p.
20. Gómez, C. 2001. Conocimiento local, diversidad biológica y desarrollo. En *Agroecología y Desarrollo*. M. Altieri y J. Labrador (eds). Mundi-Prensa. España. 49-64 p.
21. González-Vallejos, F.; Riquelme-Garcés, A.; Contreras-Luque, P.; Mazuela, P. 2013. Antecedentes generales para la sustentabilidad de la producción hortícola en el valle de Azapa, Arica, Chile. *Idesia*. 31(4): 119-123.
22. Haileslassie, A.; Craufurd, P.; Thiagarajah, R.; Kumar, S.; Whitbread, A.; Rathor, A.; Blummel, M.; Ericsson, P.; Kakumanu, K. R. 2016. Empirical evaluation of sustainability of divergent farms in the dryland farming systems of India. *Ecological Indicators*. 60: 710-723.
23. Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2010. Metodología de la investigación. McGraw-Hill ed. 5ª edición. México. 613 p.
24. Inostroza, L. 2016. Agricultura familiar y comerciantes mapuches en el mercado regional de Nueva Imperial, sur de Chile (1870-1930). *Am. Lat. Hist. Econ*: 80-114 | doi: 10.18232/alhe.v23i3.681.
25. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 1985. Suelos volcánicos de Chile. J. Tosso (ed). INIA. Santiago. Chile. 723 p.
26. Jørs, E.; Lander, F.; Huici, O.; Cervantes Morant, R.; Gulis, G.; Konradsen, F. 2014. Do Bolivian small holder farmers improve and retain knowledge to reduce occupational pesticide poisonings after training on Integrated Pest Management? *Environmental Health*. 13: 75-84.
27. Loaiza, W.; Carvajal, Y.; Ávila, A. 2014. Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuencia centella (Dagua, Colombia). *Colombia Forestal*. 17(2): 161-179.
28. López-Ridaura, S.; Masera, O.; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The mesmis framework. *Ecological Indicators*. 2: 135-148.
29. Machado, M.; Ríos, L. 2016. Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. *IDESIA*. 34(2): 15-23.
30. Masera, O.; Astier, M.; Lopez-Ridaura, S. 1999. El marco de evaluación de los recursos naturales utilizando indicadores de sustentabilidad. Mundi-Prensa. México. 179 p.
31. Masera, O.; López-Ridaura, S. 2000. Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. Mundi-Prensa/Programa Universitario de Medio Ambiente e Instituto de Ecología-UNAM/Gira. AC México. D. F.
32. McCord, P. F.; Cox, M.; Schmitt-Harsh, M. 2015. Crop diversification as a smallholder livelihood strategy within semi-arid agricultural systems near Mount Kenya. *Land Use Policy*. 42: 738-750.
33. McDonagh, J.; Lu, Y.; Semalulu, O. 2014. Adoption and adaptation of improved soil management practices in the eastern ugandan hills. *Land Degradation & Development*. 25(1): 58-70.
34. Molua, E. L. 2011. Farm income, gender differentials and climate risk in Cameroon: typology of male and female adaptation options across agroecologies. *Sustainability Science*. 6(1): 21-35.
35. Montalba, R.; Fonseca, F.; García, M.; Vieli, L.; Altieri, M. 2015. Determinación de los niveles de riesgo socioecológico ante sequías en sistemas agrícolas campesinos de La Araucanía chilena. Influencia de la diversidad cultural y la agrobiodiversidad. *Papers*. 100(4): 607-624.
36. Noltze, M.; Schwarze, S.; Qaim, M. 2012. Understanding the adoption of system technologies in smallholder agriculture: The system of rice intensification (SRI) in Timor Leste. *Agricultural Systems*. 108: 64-73.
37. Norgaard, R. 2002. Una sociología del medio ambiente coevolucionista. En *Sociología del medio ambiente. Una perspectiva internacional*. Redclift, M. y G. Woodgate (eds). Mc. Graw Hill. Madrid. 167-178.
38. Nunes, A. T.; Farias, R.; Ferreira dos Santos, M. V.; Albuquerque, U. P. 2015. Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 11: 12
39. Ortí, A. 2010. La apertura y el enfoque cualitativo o estructural: la entrevista abierta semidirecta y la discusión de grupo. En *El análisis de la realidad social*. M. García, J. Ibañez y F. Alvira (comp.). Alianza Editorial. Madrid. 171-202.
40. Pant, L. P.; Kc, K. B.; Fraser, D. G. 2014. Adaptive transition management for transformations to agricultural sustainability in the Karnali Mountains of Nepal. *Agroecology And Sustainable Food Systems*. 38(10): 1156-1183.
41. Peredo, S.; Barrera, C. 2002. Desarrollo rural endógeno: condiciones para una transición agroecológica desde una experiencia de producción orgánica. *CUHSO*. 6(1):71-90.
42. Peredo, S.; Barrera, C. 2005a. La monoculturización del espacio natural y sus consecuencias socioculturales en una comunidad indígena del sur de Chile. *Revista de Antropología Experimental (RAE)* n°5. texto 15.
43. Peredo, S.; Barrera, C. 2005b. El impacto de programas de desarrollo en la calidad de vida de una comunidad rural en la Región de la Araucanía (Chile). Un análisis agroecológico. *Revista de Antropología Experimental (RAE)* n° 5, texto 8.

44. Peredo, S.; Barrera, C. 2017. Usos etnobotánicos, estrategias de acción y transmisión cultural de los recursos florísticos en la localidad de Armerillo, Región del Maule (Chile). *BLACPMA*. 16(4): 398-409.
45. Pereira, D.; Galán, A. 2015. El cultivo de maíz (*Zea mays* l.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultivos Tropicales*. 36(2): 153-158.
46. Pérez, I. 2004. Ecosistemas Mapuches, diálogo intercultural para la restauración ambiental de la Araucanía, CETSUR Ediciones. Temuco. 14 p.
47. Pérez, I. 2009. Mujeres curadoras de semillas. Contribución del conocimiento tradicional mapuche y campesino al manejo de la biodiversidad local. CETSUR Ediciones, Temuco. 31 p.
48. Pinilla, H.; Sanhueza, H. 2000. Fertilizantes nitrogenados y su impacto sobre la productividad de los suelos volcánicos del sur de Chile. Compendio de investigaciones realizadas entre 1985-1998. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera. Temuco. Chile. 35 p.
49. Ploeg, J. D. van der, Long, A. 1994. Born from within. Practices and perspectives of endogenous rural development. Van Gorcum. Assen. The Netherlands. 298 p.
50. Quiñones, X. 2013. Tipos de estrategias de obtención de ingresos y pobreza en familias mapuches rurales de Galvarino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 45(2): 269-283.
51. Ramírez, J.A.; Sigarrosa, A.K.; Del Valle, R.A. 2014. Characterization of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) farming systems in the Norte de Santander Department and assessment of their sustainability. *Rev. Fac. Nal. Agr.* 67(1): 7177-7187.
52. Riquelme-Garcés, A.; González-Vallejos, F.; Contreras-Luque, P.; Mazuela, P. 2013. Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama. Chile. *Idesia*. 31(3): 113-117.
53. Rodríguez, S. J. 1993. La fertilidad de los cultivos: un método racional. Colección Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 291.
54. Rudel, T. K.; Kwon, O. J.; Paul, B. K.; Boval, M.; Rao, I. M.; Burbano, D.; McGroddy, M.; Lerner, A. M.; White, D.; Cuchillo, M.; Luna, M.; Peters, M. 2016. Do smallholder, mixed crop-livestock livelihoods encourage sustainable agricultural practices? A Meta-Analysis. *Land*. 5(6):2-13.
55. Sánchez-Toledano, B. I.; Kallas, Z.; Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(2): 269-287.
56. Sarandón, S.; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*. 4: 19-28.
57. Sevilla, E. 2015. La participación en la construcción histórica latinoamericana de la Agroecología y sus niveles de territorialidad. *Política y Sociedad*. 52(2): 351-370.
58. Simón, X.; Domínguez, D. 2001. Desarrollo rural sustentável: una perspectiva agroecológica. *Agroecol. e Desenv. Rur. Sustent.* 2(2): 17-26.
59. Toledo, V. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina. En *Ecología, Campesinado e Historia*. E. Sevilla y M. González de Molina (eds.). La Piqueta. Madrid. 197-218 p.
60. Toledo, V. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecol. e Desenv. Rur. Sustent.* 3(2): 27-36.
61. Toledo, V.; Barrera-Bassols, N. 2008. La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial. Serie Perspectivas agroecológicas. Barcelona.
62. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
63. Vallés, M. 2000. Técnicas cualitativas de investigación social Reflexión metodológica y práctica profesional. Síntesis Editorial. España.
64. Yurjevic, A. 1998. Enfoque y estrategia del desarrollo rural humano y agroecológico. *Agroecología y Desarrollo*. 13: 6-10.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los y a las campesinas quienes desarrollaron esta investigación, a todo el equipo del CET-SUR por la colaboración prestada y al Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) del Gobierno de la Araucanía.

The study and use of traditional knowledge in agroecological contexts

Estudio y uso del conocimiento tradicional en contextos agroecológicos

Carolina Alzate ¹, Fédéric Mertens ¹, Myriam Fillion ², Aviram Rozin ³

Originales: *Recepción:* 30/06/2018 - *Aceptación:* 03/10/2018

ABSTRACT

The importance of researching and maintaining traditional knowledge is a concern within contemporary academic debates and public policies. Scientist of different disciplines have recognized this importance, indicating this is a broader interdisciplinary issue. Specifically, within the field of agroecological science, the concept of traditional knowledge is basic to the analysis of agroecosystems. This essay aims to analyze, within scientific papers, the approaches to traditional knowledge through agroecological studies. First, insights from traditional knowledge studies in socio-ecological systems are presented as a wider view. Secondly, papers that illustrate agroecological approach to traditional knowledge and the usage of participative research methodologies are systematically reviewed to the forward development of five propositions: 1) traditional knowledge dynamics, 2) importance of traditional knowledge and professional's ethics, 3) methodologies used for traditional knowledge gathering, 4) subjects of study in agroecological and traditional knowledge studies and 5) the integration of traditional knowledge with scientific knowledge.

Keywords

traditional knowledge • agroecology • participative methodologies • socio-ecological systems • knowledge integration

La agroecología en perspectiva
de los aspectos socioculturales

-
- 1 Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília. Brasil. calzate@aluno.unb.br
 - 2 Université Téluq. Montreal. Canadá.
 - 3 Sadhana Forest. Auroville. India.

RESUMEN

La importancia de investigar y preservar el conocimiento tradicional es una preocupación dentro de los debates académicos contemporáneos y para los hacedores de políticas públicas. Científicos de diferentes disciplinas han reconocido esta importancia, indicando que este es un tema interdisciplinario más amplio. Específicamente, dentro del campo de la ciencia agroecológica, el concepto de conocimiento tradicional es básico para el análisis de los agroecosistemas. Este ensayo pretende analizar, dentro de los artículos científicos, los enfoques del conocimiento tradicional a través de estudios agroecológicos. En primer lugar, las ideas de los estudios del conocimiento tradicional en sistemas socio ecológicos se presentan como una visión más amplia. En segundo lugar, los artículos que ilustran el enfoque agroecológico del conocimiento tradicional y el uso de metodologías de investigación participativa son revisados sistemáticamente para el desarrollo de cinco proposiciones: 1) dinámica del conocimiento tradicional, 2) importancia del conocimiento tradicional y ética profesional, 3) metodologías utilizadas para la recopilación de conocimiento, 4) temas abordados en estudios de conocimiento agroecológico y tradicional y 5) la integración del conocimiento tradicional con el conocimiento científico.

Palabras clave

conocimiento tradicional • metodologías participativas • agroecología • sistemas socio-ecológicos • integración del conocimiento

INTRODUCTION

Recent studies, especially those that use the methodology of participative investigations with agricultural communities, recognize the importance of traditional knowledge and the local knowledge of stakeholders. In some cases, this is the focus of the studies (51). In other cases it is an element of the participative methodologies in agricultural (or agroecological investigations) and it is used to integrate stakeholders into a larger view. This approach is taken for a several reasons. One is an intention in the academic community to place local actors as active members of the investigation. The purpose here is to accomplish not only an academic result for science but also to provide a management tool for improving communities.

Another possible reason is the concern of traditional knowledge maintenance. Recent reports evidence that it is at risk, increasingly threatened by the spread of globalization (42). Degradation of traditional knowledge is not only a critical concern for scientific knowledge, which could be enriched by it, but is especially a problem as it is a foundation for local management strategies. In diverse locations, these strategies are important for shaping both local livelihoods and the trajectory of local biodiversity (42).

There are several expressions that refer to the concepts studied in this text. Some authors conceive some of these differently than others and grant specific characteristics to each one. 'Indigenous Knowledge' (IK) and 'Traditional Knowledge' (TK) are expressions that describe knowledge specific to a given culture or society (59). For the purposes of this paper, we have decided to clarify and simplify the analyses by treating 'Traditional Knowledge' (TK) as synonymous with related terms (*e.g.* Indigenous Knowledge, Local Knowledge). Various authors (*e.g.* Bali and Kofinas, 2014) have defined these related expressions with the purpose of theoretically clarifying its source and the contexts in which they are used. It is important to note this simplification does not intend to devalue the academic effort in conceptualizing and differentiating these terms.

Another expression suitable for being introduced here is 'Traditional Ecological Knowledge' (TEK). This refers to people's cumulative nonscientific body of knowledge, beliefs, and practices. It describes local ecosystems and their management that has evolved through social learning and adaptive processes handed down through generations by cultural transmission (11, 13, 50). Here, we will treat it as immersed in TK which is a wider umbrella.

Even though the concept of TK is in somewhat amorphous, it is usually linked with the diverse relations between humans and nature. This is a cumulative body of knowledge that includes practices and beliefs that have evolved over time and passed on through the generations by cultural transmission. Hence, Traditional Ecological Knowledge (TEK) is both cumulative and dynamic. It has a base in experience, but an experience that is modified over time by adaptation to change (11). These concepts usually include general notions of interactions between people and the natural world, as well as the environmental connections that happen in specific localities (30).

The agroecological perspective possesses the potential to guide the study of such connections. Evidence affirming this perspective can be found in numerous peasant initiatives requiring them to apply new knowledge and technologies in a coordinated strategy. These initiatives are essentially agroecological science and TK systems (5). It is precisely the agroecological perspective that has the potential to study these complex connections between peasant initiatives, TK, local environments and the general interaction between man and nature.

We sought to answer the question: what are the existing approaches to TK in agroecological studies? The objective in answering this question is to understand the existing linkages between agroecological contexts, TK, and the participative methodologies used in these reported cases.

This essay was written as follows: firstly, literature from socio-ecological system studies and their relationship toward TK or TEK were analyzed. These various perspectives are necessary for understanding the possibilities of TK. This is done in order to draw attention to the contribution these wider visions make in the study of this subject. Afterwards, the available and reported works in indexed journals that relate TK, participative methodologies and agroecological studies were systematically reviewed. We analyzed TK as a study object in the indexed papers, considering not only the agroecological approach but also examining underlying assumptions from a range of perspectives.

From this wider view, it is possible to deduce five principal linkages in agroecological approaches in the 11 papers selected in the systematic review presented in the results.

MATERIALS AND METHODS

The methodological strategy used has both of qualitative and quantitative nature. First, insights from traditional knowledge studies in socio-ecological systems are brought to discussion to achieved a wider view. Secondly, a systematic review is developed where papers that illustrate agroecological approach to traditional knowledge and the usage of participative research methodologies are analyzed.

Using the socio-ecological systems approach to study traditional knowledge

The starting point in our analyses will be to look at several conclusions by diverse authors and scientists. These conclusions point toward Agroecology as a whole-systems approach to agriculture and food system development, an approach based on TK (34). As such, it must be viewed as immersed in social-ecological systems. We will look at what these authors have to say about the relation between TEK, social and ecological resilience, and how these interactions effect socio-ecological systems.

Resilience, as defined by Berkes *et al.* (2000), is understood as the capacity to recover after disturbance, absorb stress, internalize it, and transcend it. To be resilient, rural societies must have the ability to buffer disturbances with agro-ecological methods adopted from and disseminated through self-organization and collective action (57). Berkes *et al.* (2000) analyze the role of TEK in ecological resilience by monitoring the responses to and management of ecosystem processes. Resilience was found to be related to traditional or local practices of ecosystem management. This can be viewed from various categories, such as multiple species management, resource rotation, succession management, landscape patchiness management, and others. These practices, identified and listed by Berkes *et al.* (2000), are consistent with agroecological principles as well.

Such strategies to enhance ecological resilience are essential, not just to the natural surroundings, but also to social resilience. Defined by Nicholls and Altieri (2012), social resilience is the ability of groups or communities to adapt to external social, political, or environmental stresses. Both resiliencies would imply social mechanisms (50). These mechanisms were also identified by Berkes *et al.* (2000). They include items such as: adaptations for the generation, accumulation, and transmission of knowledge; local institutions and rules for social regulation; internalization of traditional practices; and development of cultural values. Some authors found the use of TEK contributed to an increase in survival chances by traditional communities by offering an understanding on how to adapt to changes in complex systems (*e.g.* Gómez-Baggethun, *et al.* 2013). These authors argued through case studies in Africa, Asia, America and Europe, that one of the main ways which TEK contributes to building resilience in socio-ecological systems is by promoting bio-cultural diversity.

Bohensky and Maru (2011) also posited two relevant premises of resilience theory in the reviewed literature. These concern knowledge integration and social-ecological system resilience. The first one is TK (the authors used the expression 'Indigenous Knowledge') can enhance resilience of social-ecological systems because it has the ability to deal with complexity and uncertainty. This is due to its being an accumulation of experience, learning, and adaptation developed through intergenerational transmission. The second is combining of knowledge systems can enhance resilience of social-ecological systems. This is the case despite the many academic doubts whether TK or TEK can be brought into the realm of science. Most studies appraise resilience in a theoretical level rather than a more practical one.

Social-ecological resilience, according to Bohensky and Maru (2011) will depend on, among other things, adaptive learning which requires maintaining the web of relationships of people and places. In this way, the experience of change and successful adaptations can be captured. And through community debate and decision-making processes these changes can be embedded in the culture (12, 27). Folke (2014) also states principles for building adaptive capacity in socio-ecological systems: learning to live with change and uncertainty, nurturing diversity for reorganization and renewal, combining different types of knowledge for learning, and creating opportunity for self-organization. In this way TEK and shared systems of beliefs may facilitate collective responses to crises and may contribute to the long term maintenance of resilience in social-ecological systems (35).

Efforts in integrating TEK in land and resource management and also in decision making, in the search for socio-ecological resilience, are not new. According to Ellis (2005) this issue has been prominent in the academic discourse for about 20 years. There are evidences published about processes that don't incorporate TEK in decision-making, studding the influence of contextual factors in the adoption of unsustainable agricultural models (15). Because of its connection with environmental sustainability and social improvements, there is a tendency of analyzing, systemizing, and incorporating TEK into environmental decision making processes. This usually happens in two directions: the "top-down" approach, which includes methods based on the recognition of TEK by institutions of authority that leads to the development of rules for the use of this knowledge. The other direction is "bottom up" where the capacity of aboriginal people to bring traditional knowledge to influence policies, procedures of governance, and changes in regulation is recognized (31). According to the author they are not mutually exclusive.

Knowledge of resource and ecosystem dynamics and management practices exists among communities that interact with ecosystems (32). It has become important to understand and combine it with other knowledge systems in matters of improving management and governance of complex adaptive systems. Folke (2014) lists some objectives suggested by studies of this combinations: promotion of participatory processes, creation of new information, improving use of existing knowledge, developing indicators of change and resilience for monitoring ecosystem dynamics, and developing social responses for dealing with uncertainty and change, to mention a few. Biodiversity for conservation is another example of an issue included in these several existing studies (36, 50). However, this is not identified as a practice. Rather it is a consequence of many traditional management systems.

The importance of understanding and promoting diverse cultural foundations of resource management and restoration and the potential of combining different knowledge systems in the context of social–ecological systems, is highlighted by diverse authors (32, 50, 58). Four mechanisms through which TEK could result in positive adaptation in community-based conservation contexts are: indigenous people elaboration of knowledge about ecosystems by testing it iteratively; transmission and guarding of knowledge at the local level; the relation between interpretation of ecosystem change and traditional ceremonies which contributes to cultural internalization of conservation rules; and such rules being the basis of flexible decision making.

An example of the last mechanism mentioned is from Ghimire, McKey *et al.* (2004) who point to the heterogeneity and complexity of TEK in relation to its practical and institutional context in the management of Himalayan medicinal plants. Another example of the way in which TEK strengthens community resilience was reported by E Gómez-Baggethun *et al.* (2013) using case studies about global environmental change.

Indigenous groups offer this alternative knowledge and perspectives based on their own locally developed practices of resource use (13). Such empirical experiences and the theoretical bases mentioned suggest that despite the tendency of worldwide TEK erosion (36), it persists in valuable cases. Moreover, not only does it persist but it has also been shown by the cited authors that it is basic for traditional communities in attaining socio-ecological resilience. Papers from some study cases link agroecology specifically with TK or TEK. These studies were reviewed and afterwards five links were analyzed.

Systematic review

A systematic review was made about TEK, agroecology and participative research methods. The research and selection were made by the adaptation of the Cochran Manual for medical systematic reviews proposed by PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (43). The search path used in the databases is shown:

(traditional knowledge OR native knowledge OR local knowledge OR indigenous knowledge OR community knowledge) AND (agroecology OR sustainable agriculture OR organic agriculture OR biological agriculture OR ecological agriculture OR healthy agriculture OR organic production OR multifaceted agriculture OR sustaining agriculture OR multifunctional agriculture OR urban agriculture OR conservation agriculture) AND (participatory research methods OR participatory research OR participatory methods OR community-based participatory research)

Date ranges: until August 2015

The databases were chosen for being interdisciplinary and with wide information cover. The choice finally yielded a result of 11 articles viable for analyzing in order to answer the objective question (figure 1, page 342).

Data

The information collected from each one of the 11 papers was organized as shown in table 1.

After the review of the chosen papers was made, five aspects were specifically analyzed from these literature: 1) traditional knowledge dynamics, 2) importance of traditional knowledge and professional's ethics, 3) methodologies used for Traditional Knowledge gathering, 4) subjects of study in agroecological and traditional knowledge studies and 5) the integration of traditional knowledge with scientific knowledge.

Table 1. Information gathered from the selected papers.

Tabla 1. Información obtenida de los artículos seleccionados.

Title	Authors	TEK approach	Participative research methods used	Agroecology approaches	Location of the research	Content	Journal/year
-------	---------	--------------	-------------------------------------	------------------------	--------------------------	---------	--------------

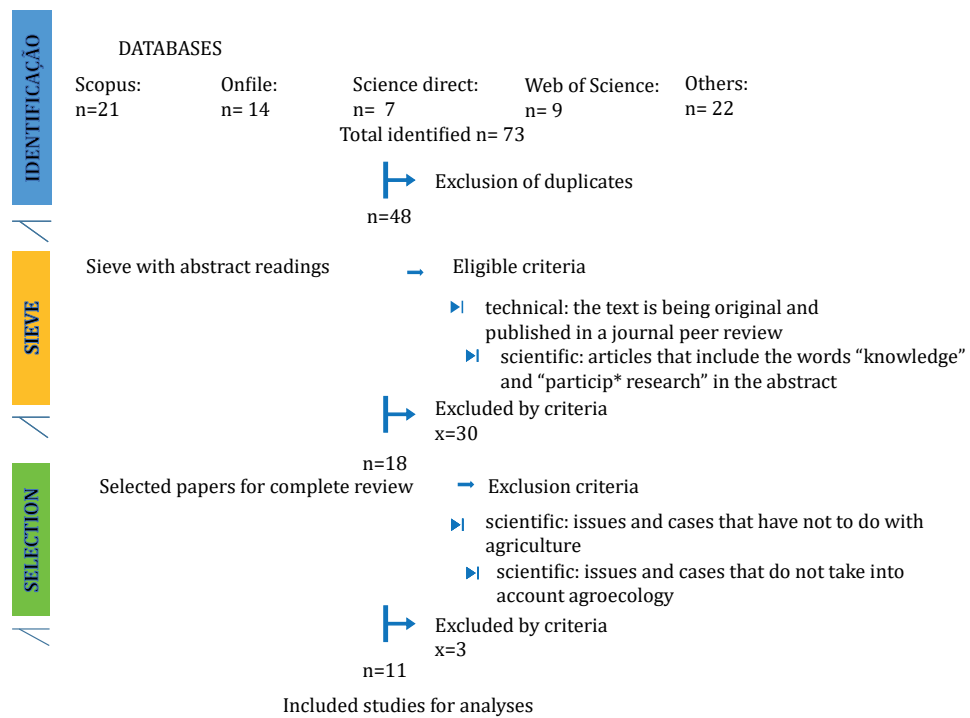


Figure 1. Selection steps in the systematic review.

Figura 1. Pasos para la selección de artículos.

RESULTS

Traditional knowledge dynamics

The study of TEK began with the study of species identifications and classification. Later it dealt with people's understandings of ecological processes and their relationships with the environment (11). According to Berkes, Colding, and Folke (2000), the analysis of many TEK systems show the following components: local observational knowledge of species and environmental phenomena, people's practices in the way they carry out their resource use activities, and finally a component of belief that deals with how people relate to ecosystems. This means TEK is a knowledge-practice-belief complex (11). In the studied papers, some of these components are immersed in the agroecological analyses.

The component of observation and experimentation is structural for the development of TK about adaptation strategies for facing agricultural systems constrains. TEK's transmission implies a dynamic nature that is never static. This can be corroborated in the literature analyzed. According to Dahlberg (1994) the interaction with local biota in ancient practices, shaped socio-ecological systems in landscapes of food production. Observation lead to the knowledge of how to raise particular plants and allowed the evolution of agrobiodiversity in particular geographical areas (26). Species developed by communities over long-term periods converse with environmental dynamics and cultivation practices resulting in a base of knowledge (4).

There is a clear tendency in these papers to find additional social components of TEK transmission that are consistent with the nature of agroecological studies. TEK is commonly conceived as inheritable from generation to generation. As such, it is a form of evolutionary ideas and practices that have been cost energy independent (52). Actually, what gives potential and strength to local knowledge as a tool for conserving natural resources and agroecological knowledge is experience. It is experience through times and generations of confronting diverse situations coupled with the fact of farmers living in complex ecosystems that demanded a wider understand of biological processes that has resulted in this knowledge (6).

TEK and knowledge transmission are also explained as dynamic processes immersed in specific networks where they are enriched and transformed. Network studies that map sources of knowledge in a certain community and explain its complexity support this contention (6). The role and leadership of different actors in the network is also analyzed in means of knowledge transmission. It was noticed how very few farmers acted as sources of knowledge. This could be due to knowledge hierarchies in the communities or even by a lack of belief in the legitimacy of farmer's knowledge and its supposed opposition to scientific knowledge. The first is also assumed to be akin to common sense, which is viewed as closed and nonsystematic knowledge. By this judgment, expert knowledge tends to be privileged over farmers' knowledge in agricultural practices (2). These assumptions of TEK lead to understanding it as immersed in unequal social relations that conflict with its production and interpretation.

One of the studies discusses this matter of power involved in social knowledge dynamics, showing how it has affected knowledge vision for both professionals and farmers. This vision of knowledge sees it as more like a commodity rather than a relationship. It affects the way it has been delivered, contributing to the "top Down" model (25) as already highlighted in the previous section. This same study reports alternative views where there were attempts to defend a more horizontal construction of knowledge and learning as an adaptive and iterative process, *e.g.* Roth (2004). This model documents innovations in TEK resulting from careful experimentation through experience and systematic observation. These efforts of constructing more horizontal studies and looking at their results in terms of benefits obtained by communities and by scientists, are a clear tendency in agroecological studies. It is not just confined to the reports analyzed here.

Importance of traditional knowledge and professional ethics

The reasons these two issues are discussed in the same section responds to the question of the pertinence of "rescuing" TK by scientists. This question is generally answered with arguments about its importance. That way, authors indirectly state the dilemma of intervening or not intervening in TK processes in the communities.

The importance of TK, specifically TEK, lies in its being a source of ideas for understanding local environments in a creative and grounded way (11). McCarter *et al.* (2014) cite from diverse authors other various reasons: It represents detailed ecological information, strengthens management strategies, raises adaptive capacity to environmental variability, and its active support can improve people-centered resource governance approaches. The analyzed studies enrich this list with more specific possible applications.

Another issue these studies point to is how TK's base is at risk. However, the social and ecological changes that have put TK at risk are also generating increased interest in this kind of knowledge (42). Several arguments backup the idea that risk is a problem to be solved.

One goal of its preservation, it is suggested, is the enhancement of the quality of life of traditional communities that produce and conserve that knowledge (52). For that matter, the same author assumes that unless professionals take it into account, they will not be able to offer sustainable bases to traditional agricultural communities.

Several other works that we analyzed also gave attention to the researcher's role in evaluating and transforming science's path toward the production of knowledge about agriculture. In addition, the institutional role of universities is also questioned. In general, they have not shown enough concern for the community's social processes and knowledge. Universities are charged with the responsibility of working with local knowledge without displacing it, and providing a useful contribution to agroecology science. This responsibility would include paying more attention to the particularities and idiosyncrasies of farmers' land instead of applying recipes and formulas that generalize production systems. This way it would be feasible to understand the micro-scale variations within farmer environments (24).

One of the most cited reasons for rescuing and studying TK dynamics is the need to find a more sustainable agriculture to counteract the negative environmental impacts of monoculture, chemical fertilizers and pesticides. Ecological designs of agroecosystems demand knowledge of how biology can regulate itself. Not only will this knowledge allow more innovative answers, but more successful social projects can be achieved with greater social acceptance (41).

Another big issue found in the study of TK is the urgent need for conservation, a need to which TK can contribute. Efforts in this matter demand new alliances among actors like “conservation biologists, agroecologists, agronomists, farmers, indigenous peoples, rural social movements, foresters, social scientists, and land managers” (22) for the achievement of an interdisciplinary approach able to construct efficient landscape, biodiversity conservation and sustainable livelihood policies.

According to Barthel, *et al.* (2013) few studies have analyzed the methods, opportunities, and challenges of maintaining and revitalize TK systems. Nevertheless, the authors tend to recommend it (10, 42). The papers analyzed suggest this as well, but their focus is a search for TK instead of its maintenance and revitalization.

It is important to cite other valuable reasons why TK is clearly needed. Although not mentioned in agroecological approaches to TK in the studies analyzed, it is actually inherently related to agroecological science. TK in a substantial number of traditional societies maintains a high level of human health, sustains natural resources in good condition (in most of the cases), and offers a diverse set of institutional solutions for ecological sustainability (10).

The list of reasons of TEK importance grows: conservation of rare species, protected areas and ecological processes (13); development planning and environmental assessment (12); designing adaptation strategies to change (*e.g.* climate change) based on experimentation and knowledge coproduction (14, 16); maintenance of qualities of traditional food systems that support traditional communities (37).

Methodologies used for Traditional Knowledge gathering

All the studies analyzed use qualitative approaches, specifically participation methodologies. Some of them use quantitative methodologies as well. According to Singh and Sureja (2008) the qualitative approach is the most appropriate in the case of studying traditional knowledge systems and natural resources.

It is important to clarify that participatory methodologies was adopted here as a generalist concept which can be found in literature under a number of titles as: Participatory Research approaches, Farmer-back-to-Farmer, Farmer-First, People Centered Agriculture Improvement, Rapid Rural Appraisal, Agroecosystem Analysis, farmer participatory strategies, and others (29).

Most of the studies aimed at finding TK through participative methodologies. For this matter, personal interviews were always a starting point and choosing the interviewees was an essential part of the process. This choice was made according to the study scope, time available for the research, chain referrals and information gathered from previously contacted community organizations. The existence of these community based farmer organizations can greatly facilitate scientist's participation in the research (29).

Different knowledge gathering methodologies are reported as being taken into account. These include things such as interactions with peasants, analytical interviews, semi-structured interviews, free list questionnaires, multi-stakeholders' approach, and schools foundations for knowledge interchange between farmers and professionals (38). The last one is for the purpose of making agricultural knowledge more horizontal rather than top-down (41).

One methodology used was having the farmers classify different factors such as soil, crop rotations, combinations, and others. The most common classification was of soil, and they were positively correlated with topographical features or fertility characteristics (54). Generally, those classifications are correlated with some biological or chemical aspect.

Various works also map knowledge flows (where the TK of farmers came from). It is observed and related that knowledge is affected by factors like gender, age, leadership and others (6). Geographic Information System (GIS) is a tool that helps researchers understand how local and scientific knowledge is linked spatially. It was reported to have been used in three of the case studies (18, 24, 41). This methodology seems to give a good basis for analyzing traditional knowledge dynamics, described in the previous section.

Another cited benefit of participatory evaluation is the capacity of explaining discrepancies between suitability prognoses provided by the method and actual land use. This revealed some big differences between farmer and expert land suitability assessment (24).

Application of participatory research action to the field of agroecology is another benefit to this approach. Diverse cases were taken from previous studies of the community-based participatory approach and applied in action-oriented research all over the world (25).

According to the studies in general, participation-based research can provide additional possibilities for agroecology where it can assume a cultural and political dimension. Specifically, it allows the co-production of new cross-cultural knowledge. This is a basic aspect of the agroecological approach due to its interdisciplinary nature (25).

Other tools brought by diverse disciplines or areas, like those studying socio-ecological systems, can enrich agroecological studies and the study of TK. These other tools and methodologies, not found in the studies analyzed are: effective documentation of TK that provides long-term baseline information about the past and contemporary social and ecological conditions (13); future scenarios and theater performance to communicate scientific knowledge to communities (16); oral history interviews (20); directed work with elders (28); creation of databases with historical archives of communities (35); making collaborative field projects and analytical workshops (23); participant observation and focus group discussions (46).

Gathering TK presents an inherent requirement for academic investigation due to its interdisciplinary nature. Specifically, this is the need to integrate methodologies from different disciplines. Given the tendency of specialization in our occidental view of knowledge, the use of social science methods to gather biological data becomes a difficult task. Additionally, Bali and Kofinas (2014) point out some other difficulties at reaching TEK like the fact that it is passed on as an oral tradition in stories attached to people and events over generations. Also contemporary local knowledge is usually shared as stories describing personal experiences. These personal experiences are often not contextualized in scientific interpretations. These authors used participatory videography, in which the community creates its own film in the attempt of facing those difficulties.

Subjects of study in agroecological and traditional knowledge studies

Most of the studies report farmer's methods of production, crop combinations and fertility. They asked farmers to evaluate these aspects. Gender is a particular aspect that was reported in some studies, but it wasn't a factor considered by farmers (52).

As mentioned, soil was repeatedly a factor studied in TK in the papers analyzed. Other important and repetitive aspects described were farmers' adaptive practices for cropping systems, perception of farmers about climate variability and collective water management, biodynamic agricultural adaptations, adaptive practices for disease and pest management, and others. Climate and soil TK were found to be consistent with recorded climate and soil data from the regions studied.

Indigenous pest management knowledge is site-specific and should be the basis for developing integrated pest management (IPM) techniques (1). Other results of studying TK are suggestive of alternatives to modern technology. This points to designing agricultural models less dependent on western science and its outputs and is more community based (9). According to Toledo (2013), it is also important to mention examinations of biodiversity based on TEK: the correlation between biological richness and cultural diversity on geopolitical and biogeographic terms; importance of indigenous communities in biomass appropriation; the overlap between indigenous territories and the world's remaining areas of high biodiversity; and the importance of indigenous views, knowledge, and practices in biodiversity conservation, as already highlighted in a previous section.

It could be said that special attention has been paid to economic/traditional crop varieties, but not as much attention has been paid in searching for plants and animals that have food value, or medicinal plants, etc. harvested from the wild. Some other socio-ecological uses found in TEK and gathered in studies (besides the studies analyzed) are: forest use practices (20); composition and management of historical species (21); traditional monitoring methods for sustainable customary wildlife harvests (44); providing historical and contemporary baseline information, suggestions of stewardship techniques, improved conservation planning and practice, resolution of management disputes; interrelation between all of the above and marine ecology (55); ecological restoration information (59); socio-ecological manipulation of biodiversity for coping with uncertainties in the environment and global change; control of soil water regimes and hydrology; soil fertility management through soil biological processes; and for efficient organic residue management. And finally TEK as a socio-ecological tool integrates ethical, cultural, spiritual, and religious belief systems that focus on sacred elements for communities (47).

Integration of Traditional Knowledge with Scientific Knowledge

First of all, in any scientific study which aims understanding TK there is an imperative need for contextualization. Fortunately, Reid *et al.* (2006) assure us that this need is receiving more attention with time. Other imperative needs of scientists are the capacity to determine the pertinence of intervening, incorporating or integrating scientific knowledge in the loci studied (16), as already highlighted in a previous section.

In the papers reviewed, we observed that TK and scientific knowledge are often compared. Both share the same objects of knowledge but differ in methodologies and, according to the papers, also differ in values. This means that both types of knowledge present different priorities and interests. *E.g.* scientific methods use a deductive approach which doesn't always achieve a satisfactory prediction of land productivity (24).

One of the papers reported a study concerning the kinds of educational training needed if professionals are to succeed in incorporating sustainability knowledge in agricultural faculties. Specifically, integrating TK with technical knowledge was one of the needs found (3). That necessity goes both ways.

Yet, TK and community skills of crop management, agronomic manipulations, and natural resource management are not fully appreciated and recognized by some researchers (54), especially in agronomical disciplines.

Another deficiency pointed out by looking at the non-integration of knowledge, is the lack of a reference for the guidance of traditional communities that are trying to adopt new technologies or new management practices. Professionals have the advantage of dominating standardized and systematic methods for assessing new technologies. On the other hand, it often happens that the assumptions used in expert evaluations aren't feasible. In this matter, farmers' knowledge has the advantage of possibly understanding better the variations of various phenomena (*e.g.* climate) as they are in direct and constant contact with the environment (24). This means that farmers' own production and transmission of knowledge gains some empirical legitimacy due to their constant experience and use of land systems on a day to day basis.

Lyon (2011) explains how scientific knowledge is limited by temporal and spatial constraints in its application. In contrast, TK doesn't seek a static solution but looks for adaptability. The scientific community tends to seek knowledge that can be generalized. Nevertheless, conventional knowledge and TK systems could complement each other (60).

Regarding using GIS as a tool for TEK studies, Bryan (2009) calls attention to existing colonizing tendencies inherent in the standardization of cartographic and digital technologies used to map indigenous territories and knowledge. The author argues that indigenous mapping should search for an alternative to the colonial geographical understanding of the world. That task would be possible only by "negotiating" limits of both kinds of knowledge.

The invitation from these studies is to attend to the need for integration of both forms of knowledge. To this end, it is essential to develop a language in which farmers and land resource professionals can understand each other. Cools *et al.* (2003) reported studies on linking local and scientific soil knowledge in Nigeria, in Peru, and in New Mexico, but little work has been done in West Asia and North Africa. All these studies make an attempt to link both farmer and expert knowledge (24).

According to Leitgeb *et al.* (2014) in studies about Cuba it was concluded that the government's commitment to social participation in knowledge development is a basic prerequisite. This kind of commitment is need to facilitate effective integration of farmers' experiments and innovation.

Literature in socio-ecological systems and TK offer wide analyses contributing an important component in the integration of both kinds of knowledge. Not all these contributions can be cited in this text, but the characteristics, similarities and complementarity between TK and scientific knowledge can be identified as useful tools for agroecological science to face the challenge of integrating both.

CONCLUSIONS

Traditional knowledge is a multidisciplinary matter that is now being studied by varied disciplines through various methodologies. Here, agroecological approaches to TK were searched, and the wider linkages between this discipline and the concept of TK were analyzed.

Understanding TK transmission in agroecological studies is a useful tool for accompanying socio-ecological processes that happen in the agroecosystem. The nature of its transmission can be understood from socio-ecological theories and the concept of resilience.

Agroecological science by adopting TK as objects of study, has inherently built a theoretical and ethical position of “rescuing” TK for the clear purposes of enriching its sources and enhancing resilience. Authors analyzed in this text have lighted the construction of a theoretical framework that vision this objective.

Participative methodologies showed potential to answer questions demanded of research by providing a tool that assures a method sufficiently extensive in scope to be incorporated into any trans-disciplinary science. This does not assume that other nature methodologies could not be used, indeed it would be necessary to inquire for methodological strategies in the Social and Human sciences such as anthropology and sociology to know better the production and reproduction of TK. Suggestions were given of other applicable methodologies for enriching agroecological analyses.

Integration of knowledge and the preservation of TK sources in traditional communities is a dual demand of researchers and practitioners. As the field has advanced in the study of this area it has become clear there is a broader demand for society and academia to give this area greater attention and priority, especially thanks to the risk of losing TK sources in traditional communities threatened with disappearance.

Agroecology has the theoretical and practical bases for giving shape to TK research. The analyzed studies demonstrate the importance of this kind of knowledge for actual agroecological projects, biodiversity and social cohesion.

REFERENCES

1. Abate, T.; Van Huis, A.; Ampofo, J. K.; Van Huis, A. 2000. Pest management strategies in traditional agriculture: an african perspective. *Annual Review of Entomology*. 45: 631.
2. Agrawal, A. 2002. Indigenous knowledge and the politics of classification. *International Social Science Journal*. 54(173): 287-98.
3. Alibaygi, A.; Pouya, M. 2011. Needs assessment of senior agricultural students regarding sustainability knowledge. *African Journal of Agricultural Research*. 6(31): 6542-46.
4. Altieri, M. A.; Masera, O. 1993. Sustainable rural development in latin america: building from the bottom-up. *ecological economics*. 7(2): 93-121. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092180099390049C>.
5. Altieri, M. A.; Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in latin america: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38(3): 587-612.
6. Arora, S. 2012. Farmers’ participation in knowledge circulation and the promotion of agroecological methods in South India. *Journal of Sustainable Agriculture*. 36(2): 207-35. Available in: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10440046.2011.620231> (November 14, 2014).
7. Bali, A.; Kofinas, G. P. 2014. Voices of the caribou people: a participatory videography method to document and share local knowledge from the North American human-rangifer systems. *Ecological Economics* 19(2).
8. Barthel, S.; Crumley, C. L.; Svedin, U. 2013. Biocultural refugia: combating the erosion of diversity in landscapes of food production. *Ecology and Society*. 18(4). Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84884913034&partnerID=40&md5=1725bee0490e6e62dfd91270a678aee>.
9. Bebbington, A. 2001. Indigenous knowledge and technology. In ed. Neil J Smelser Paul B B T-International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences Baltes. Oxford: Pergamon. 7289-92. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080430767041838>.
10. Becker, C. D.; Ghimire, K. 2003. Synergy Between traditional ecological knowledge and conservation science supports forest preservation in Ecuador. *Conservation Ecology*. 8(1): 1. Available in: <http://www.consecol.org/vol8/iss1/art1>.
11. Berkes, F. 2012. *Sacred Ecology*. 3rd ed. ed. Routledge. Nova York.

12. Berkes, F.; Folke, C.; Gadgil, M. 1995. Traditional ecological knowledge, biodiversity, resilience and sustainability. *Biodiversity conservation: Problems and Policies*, eds. Charles Perrings. Kluwer Academic Publishers. 281-99.
13. Berkes, F.; Colding, J.; Folke, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*. 10(5): 1251. Available in: <http://www.jstor.org/stable/2641280?origin=crossref>.
14. Berkes, F.; Jolly, D. 2001. Adapting to climate change: social-ecological resilience in a Canadian Western arctic community. *Conservation ecology*. 5(2): 18. Available in: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art18>.
15. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J. 2018. Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(1): 203-216.
16. Bohensky, E. L.; Maru, Y. 2011. Indigenous knowledge, science, and resilience: what have we learned from a decade of international literature on 'Integration'? *Ecology and Society*. 16(4): 6. Available in: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04342-160406>.
17. Boillat, S.; Berkes, F. 2013. Perception and interpretation of climate change among quechua farmers of bolivia: indigenous knowledge as a resource for adaptive. *Ecology and society*. 18(4).
18. Brunner, A. C.; Park, S. J.; Ruecker, G. R.; Vlek, P. L. G. 2008. Erosion modelling approach to simulate the effect of land management options on soil loss by considering catenary soil development and farmers perception. *Land Degradation & Development*. 19(6): 623-35.
19. Bryan, J. 2009. Where would we be without them? knowledge, space and power in indigenous politics. 41(1): 24-32. Available in: *Futures*. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328708001110>.
20. Bürgi, M.; Gimmi, U.; Stuber, M. 2013. Assessing traditional knowledge on forest uses to understand forest ecosystem dynamics. *Forest Ecology and Management*. 289: 115-22. Available in: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112712006093> (October 2, 2014).
21. Celentano, D.; Celentano, D.; Rousseau, G.; Engel, V.; Façanha, C.; de Oliveira, E.; Gomes de Moura, E. 2014. Perceptions of environmental change and use of traditional knowledge to plan riparian forest restoration with relocated communities in Alcântara, Eastern Amazon. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 10(1): 11. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4120938&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> (November 14, 2014).
22. Chazdon, R. L.; Chazdon, R.; Harvey, C.; Komar, O.; Griffith, D.; Ferguson, B.; Martinez-Ramoz, M.; Morales, H.; Nigh, R.; Soto-Pinto, L.; Van Breugel, M.; Philpott, S. 2009. Beyond Reserves: A Research Agenda for Conserving Biodiversity in Human-Modified Tropical Landscapes. *Biotropica*. 41(2): 142-53. Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-61549121006&partnerID=40&md5=188b03d7bb8b4da4808315aa7fb5694f>.
23. Consulting, H.; River, E.; Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *ecological applications*. 10(5): 1270-74.
24. Cools, N. E. De Pauw; Deckers, J. 2003. Towards an integration of conventional land evaluation methods and farmers' soil suitability assessment: a case study in Northwestern Syria. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 95(1): 327-42.
25. Cuéllar-Padilla, M.; Calle-Collado, A. 2011. Can we find solutions with people? Participatory action research with small organic producers in Andalusia. *Journal of Rural Studies*. 27(4): 372-83. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016711000805> (August 18, 2014).
26. Dahlberg, K. A. 1994. A transition from agriculture to regenerative food systems. *Futures*. 26(2): 170-79.
27. Davidson-hunt, I.; Berkes, F. 2003. Learning as you journey: anishinaabe perception of social-ecological environments and adaptive learning. *Conservation Ecology*. 8(1): 5. Available in: <http://www.consecol.org/vol8/iss1/art5>.
28. Davidson-hunt, I.; Idrobo, J.; Pengelly, R.; Sylvester, O. 2013. Anishinaabe adaptation to environmental change in northwestern ontario: a case study in knowledge coproduction for nontimber forest products. *Ecology and Society*. 18(4).
29. Dlott, J.; Altieri, M.; Masumoto, M. 1994. Exploring the theory and practice of participatory research in us sustainable agriculture: a case study in insect pest management. *Journal of the Agriculture, Food, and Human Values Society*. 11(2): 126-39.
30. Drew, J. A. 2005. Use of traditional ecological knowledge in marine conservation. *Conservation Biology*. 19(4): 1286-93.
31. Ellis, S. C. 2005. Meaningful consideration? a review of traditional knowledge in environmental decision making. 58(1): 66-77. Available in: <http://www.jstor.org/stable/40512668> (December 1, 2014).
32. Folke, C. 2014. Traditional knowledge in social-ecological systems. *Ecology and Society*. 9(3): 7. Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art7/>.
33. Ghimire, S. K.; McKey, D.; Aumeeruddy-Thomas, Y. 2004. Heterogeneity in ethnoecological knowledge and management of medicinal plants in the Himalayas of Nepal: implications for Conservation. *Ecology and Society*. 9(3): 6.

34. Gliessman, S. 1992. Agroecology in the tropics: achieving a balance between land use and preservation. *Environmental Management*. 16(6): 681–89. Available in: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02645658>.
35. Gómez-Baggethun, E.; Reyes-García, V.; Olsson, P.; Montes, C. 2012. Traditional ecological knowledge and community resilience to environmental extremes: a case study in Doñana, SW Spain. *Global Environmental Change*. 22(3): 640–50. Available in: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378012000246> (July 9, 2014).
36. Gómez-Baggethun, E.; Corbera, E.; Reyes-García, V. 2013. Traditional ecological knowledge and global environmental change: research findings and policy implications. *Ecology and Society*. 18(4).
37. Kuhnlein, H. V.; Receveur, O. 1996. Dietary change and traditional food systems of indigenous peoples. *Annual review of nutrition*. 16: 417.
38. Leitgeb, F.; Funes-Monzote, F. R.; Kummer, S.; Vogl, C. R. 2011. Contribution of farmers' experiments and innovations to Cuba's agricultural innovation system. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 26(4): 354–67. Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80855163596&partnerID=40&md5=0fccb29ec6fc24d957f033618d85932e>.
39. Leitgeb, F.; Kummer, S.; Funes-Monzote, F. R.; Vogl, C. R. 2014. Farmers' experiments in Cuba. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 29(1): 48–64. Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84897852425&partnerID=40&md5=c549174211ce35a677f8452152380c8>.
40. Lyon, A.; Bell, M. M.; Gratton, C.; Jackson, R. 2011. Farming without a Recipe: Wisconsin Graziers and new directions for Agricultural Science. *Journal of Rural Studies*. 27(4): 384–93. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074301671100026X> (September 10, 2014).
41. Malézieux, E. 2012. Designing cropping systems from nature. *Agronomy for Sustainable Development*. 32(1): 15–29. Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84857857787&partnerID=40&md5=caa39395c301cc048799c031068f217b>.
42. McCarter, J.; Gavin, M.; Bareleo, S.; Love, M. 2014. The Challenges of maintaining indigenous ecological knowledge. *Ecology and Society*. 19(3). Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol19/iss3/art39/>.
43. Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D. 2009. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PloS Medicine*. 6(7). Available in: <http://www.plosmedicine.org/article/info:doi/10.1371/journal.pmed.1000097>.
44. Moller, H.; Berkes, F.; Lyver, P. O.; Kislalioglu, M. 2004. Combining science and traditional ecological knowledge: monitoring populations for co-management. *Ecology and Society*. 9(3): 2. Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art2>.
45. Nicholls, C. I.; Altieri, M. A. 2012. Agro-ecological approaches to enhance resilience. *Farming Matters* (June): 14–17.
46. Oteros-Rozas, E.; Ontillera-Sánchez, R.; Sanosa, P.; Gómez Baggethun, E.; Reyes García, V.; González, J. 2013. Traditional Ecological Knowledge among Transhumant Pastoralists in Mediterranean Spain. *Ecology and Society*. 18(3). Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss3/art33/>.
47. Ramakrishnan, P. S. 2001. Ethnobiology. In ed. Neil J Smelser Paul B B T - International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences Baltes. Oxford: Pergamon, 4846–52. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080430767041796>.
48. Reid, W.; Berkes, F.; Wilbanks, T.; Capistrano, D. 2006. Bridging scales and knowledge systems concepts and applications in ecosystem assessment. Washington, D. C. USA: Millennium Ecosystem Assessment. <http://www.unep.org/maweb/en/Bridging.aspx>.
49. Roth, R. 2004. Spatial organization of environmental knowledge: conservation conflicts in the inhabited forest of Northern. *Ecology and Society*. 9(3): 5. Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art5>.
50. Ruiz-Mallen, I.; Corbera, E. 2013. Community-based conservation and traditional ecological knowledge: implications for social-ecological resilience. *Ecology and Society*. 18(4): 12.
51. Sánchez-Toledano, B. I.; Kallas, Z.; Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 49(2): 269–287.
52. Singh, R. K.; Sureja, A. K. 2008. Indigenous knowledge and sustainable agricultural resources management under rainfed agro-ecosystem. *Indian Journal of Traditional Knowledge. Tradit. Knowl.* 7(4): 642–54.
53. Singh, R. K.; Kumar, S.; Jat, H.; Singh, A.; Raju, R.; Sharma, D. 2014a. Adaptation in rice-wheat based sodic agroecosystems: a case study on climate resilient farmers' practices. *Indian Journal of Traditional Knowledge. Tradit. Knowl.* 13(2): 377–89.
54. Singh, R. K.; Singh, A.; Pandey, C. B. 2014b. Agro-biodiversity in rice-wheat-based agroecosystems of Eastern Uttar Pradesh, India: implications for conservation and sustainable management. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. 21(1): 46–59. Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84896715786&partnerID=40&md5=ca2758853dd6d676acea9b27fe8a81ad>.

55. Thornton, T. F.; Scheer, A. M. 2012. Collaborative engagement of local and traditional knowledge and science in marine environments: a review. *Ecology and Society*. 17(3): 8.
56. Toledo, V. M. 2013. Indigenous peoples and biodiversity. In ed. Simon A B T-Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition) Levin. Waltham: Academic Press. 269-78. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847195002999>.
57. Tompkins, E. L.; Adger, N. 2004. Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society*. 9(2): 10. Available in: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/>.
58. Turner, N. J.; Boelscher Ignace, M.; Ignace, R. 2000. Traditional ecological knowledge and Wisdom of Aboriginal Peoples in British Columbia. *Ecological Applications*. 10(5): 1275-87.
59. Upreti, Y.; Bergeron, Y.; Doyon, F.; Boucher, J. 2012. Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: practices and applications. *Ecoscience*. 19(3): 225-37. Available in: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2980/19-3-3530> (November 13, 2014).
60. Wanzala, W. 2012. A survey of the management of livestock ticks and other aspects of animal ethno health in Bukusu Community, Western Kenya. *Livestock Research for Rural Development*. 24(10). Available in: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867447739&partnerID=40&md5=fe924346b94ac55352561c01b1f7b8aa>.
61. Warren, D. M.; Rajasekaran, B. 1993. Putting local knowledge to good use. *International Agricultural Development*. 13(4): 8-10.

Socioecological diagnosis and peri-urban family agriculture typification, with emphasis in the production of peach (*Prunus persica*), in El Jarillo, Venezuela

Diagnóstico socioecológico y tipificación de agricultura familiar periurbana, con énfasis en producción de durazno (*Prunus persica*), en El Jarillo, Venezuela

Silvia Josefina Silva Laya ^{1*}, Simón Pérez Martínez ^{2*}, Javier Álvarez del Castillo ¹

Originales: *Recepción*: 19/04/2018 - *Aceptación*: 21/09/2018

ABSTRACT

The objective of this work was to typify and describe, from a socioecological perspective, the agricultural activity of the family farming systems in El Jarillo, Venezuela. A transversal descriptive research was carried out from 2009 to 2016 and mixed methods and tools were used, including ethnographic ones. Twenty-seven family farming systems and 44 indicators were measured and analyzed to describe the main characteristics of the systems. Emphasis was placed on peach production. The indicators were grouped in four categories of analysis: Quality of Life (QL), Social Reproduction of the Family (SRF), Energy Efficiency and Conservation of Natural Resources (EECNR) and Autonomy vis-à-vis the Markets (AM). All indicators were weighted on a scale of 0 to 4. Despite being all systems focused on peach production, the differences were sufficient to identify the four types of production systems (A-D). Most of the farms grouped in type A (68%), and only one farm in type D (4%). Types A and D produce only peach, types B produce peach combined with other crops for sale and types C produce items for self-consumption. The average yield of peach was higher than 140 kg plant⁻¹ crop⁻¹ in the period analyzed for all types, except for type D. All types of farms are using agrochemicals to fertilize, fight pests and diseases, and induce flowering, based on techniques of the green revolution. The categories of QL, SRF and AM turned out to be favorable to sustainability, however, the difficulties encountered in the EECNR limit sustainability. The quality of life standards of the farming families are the product of the high rentability and the moderate economic risk, at the expense of the natural resources.

Keywords

peri-urban family agriculture • peach • typification • socioecological systems • sustainability indicators

La agroecología en perspectiva
de los aspectos socioculturales

- 1 Universidad Politécnica de Cataluña. Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Avenida Diagonal 647. C. P. 08028 Barcelona. España. * silvia.josefina.silva@upc.edu /
- 2 Universidad Estatal de Milagro. FACI-UNEMI. Facultad de Ingeniería. Calzada Universitaria Km. 1.5 vía Milagro-Km26. Milagro. Guayas. C. P. 090112. Ecuador. * sperez2@unemi.edu.ec

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue tipificar y describir, desde una perspectiva socioecológica, la actividad agrícola de los sistemas de agricultura familiar en El Jarillo, Venezuela. De 2009 a 2016 se realizó una investigación descriptiva transversal y se utilizaron métodos y herramientas mixtas, incluidos los etnográficos. Se analizaron 27 sistemas agrícolas familiares y se analizaron 44 indicadores para describir las características principales de los sistemas. Se hizo hincapié en la producción de durazno. Los indicadores se agruparon en cuatro categorías de análisis: Calidad de Vida (QL), Reproducción Social de la Familia (SRF), Eficiencia Energética y Conservación de los Recursos Naturales (EECNR) y Autonomía frente a los Mercados (AM). Todos los indicadores se ponderaron en una escala de 0 a 4. A pesar de estar todos los sistemas centrados en la producción de durazno, las diferencias fueron suficientes para identificar los cuatro tipos de sistemas de producción (A-D). La mayoría de las fincas se agruparon en tipo A (68%) y solo una en tipo D (4%). Los tipos A y D producen solo durazno, las fincas tipo B producen durazno combinado con otros cultivos para la venta y las C producen rubros para autoconsumo. El rendimiento promedio de durazno fue superior a 140 kg plant-1 crop-1 en el período analizado, excepto para el tipo D. Todos los tipos de fincas utilizan agroquímicos para fertilizar, combatir plagas y enfermedades e inducir la floración, al estilo de la revolución verde. Las categorías QL, SRF y AM resultaron favorables para la sostenibilidad, sin embargo, las dificultades encontradas en la EECNR limitan la sostenibilidad. Los estándares de calidad de vida de las familias de agricultores son producto de la alta rentabilidad y el riesgo económico moderado, a expensas de los recursos naturales.

Palabras clave

agricultura familiar periurbana • durazno • tipificación • sistemas socioecológicos • indicadores de sostenibilidad

INTRODUCTION

Sustainability science is trying to study agro-systems as if they were socioecological systems, and specifically, it is trying to understand the dynamic character of the interactions between nature and society (5). Research on sustainability assumes the objects of study as systems that integrate to social and ecological systems, known as socioecological system (22).

The socioecological integrations or interactions are relations that are established between these subsystems through different channels. First, through the set of human activities and process that create an impact on the ecological systems, like for example, the production of food; second, through the dynamics of the ecosystems, as the floodings, the climate variations, the changes in seasons, and the transformation of the characteristics of the soil that produce effects on the social systems (9).

The interaction can be material, as the flow of energy and natural resources, money, raw material or people; and not material, as flow of information and knowledge, influence of power, the trust, consumers' expectations, etc. Hence that the analysis of a socioecological system is usually considered ecological, economic, and sociocultural aspects (5, 9, 16).

The peach production system in Venezuela has been of particular interest for the agricultural development programs since 1969 (19). Since then, between fourteen and forty-eight peach varieties from different parts of the world have been introduced and tried. Beyond these initiatives, which have been favored by the national government and the private sector, the producers tried to optimize the agro-productive systems and developed their own varieties. They achieved fourteen national varieties with a high level of acceptance between 1973 and 1995 (27).

The national varieties of peach have been introduced in Colombia. These varieties were developed in two localities that today are, at the same time, the largest producers of peach, La Colonia Tovar and El Jarillo located in the Central Mountain of Venezuela. In the period between 2003 and 2011, the production of peach grew in three key indicators at a national

level: 38.4% of cultivated area (between 1,246 and 2,022 ha), 59.4% production (between 16,099 and 39,680 mt year⁻¹) and 34.5 % in the performance across the country (between 12,918 and 19,717 kg ha⁻¹) (4).

El Jarillo, that holds second place in production nationwide, dedicates about 500 hectares to the production of this fruit in systems of peri-urban family agriculture. Despite the importance of this primary activity for El Jarillo and Venezuela, there is no significant research about the long-term productivity of these productive systems within the context of sustainability of complex system (18).

This investigation studies agroproductive systems of farming families, with peach as a main crop, under a system of conventional management based on green revolution techniques. Such farming families have developed in El Jarillo, processes of resistance and adaptation to reach the maximum productivity, reason why there are processes other than the productive one that deserve to be integrated in the conception of the family production systems. Thinking of them in this manner implies recognizing them as complex socio-ecological farming systems (2, 24).

A preliminary version of this work was presented before (25). Then, only the evaluation of the agro-ecological sustainability for the year 2007 was carried out and the ecological, economical, and socio-cultural dimensions were worked on separately. The approach of the research has been expanded to include the results of the study by Silva-Laya *et al.* (2017), in terms of the indicators of energy efficiency and based on the premise of the production of peaches by farming families as complex socioecological systems. The systems are supposed to be able to describe the main characteristics of the multiple interactions within the system, and of them with the environment, and to establish the possible groups based on the detected characteristics, just as it is proposed by Merma and Julca (2012).

Based on this context, the objective of this investigation was to typify, as per the socio-productive and the performance characteristics of sustainability indicators, and describe, in a socio-ecological manner, the real situation and its tendencies at a most immediate phenomenological level of twenty-seven peri-urban family agricultural systems, with emphasis in the production of peach in El Jarillo, Venezuela (period 2009/2016). All this with the intention of reaching an approximation to the inherent complexity of the farms and generate spaces and thought processes with the farming families for the understanding of the problems of unsustainability, essential requirement to decision making.

MATERIALS AND METHODS

Geographical location

The study took place in El Jarillo, parish located in Miranda State, Bolivarian Republic of Venezuela (figure 1, page 354). Despite being one of the smallest states in Venezuelan, it is the second largest in population, with approximately three million people (17). This characteristic turns it into an important center of commercial, socio-cultural, and political activity.

El Jarillo belongs to the hillsides of the Coastal mountain range (1,200-2,000 m above sea level) with a yearly average temperature of 16.7°C. As for the type of soil, it is characterized by entisols and inceptisols soils, little evolved characteristic of the mountains of the coastal mountain range (10). Therefore, the land use capacity of El Jarillo sets this land in class VIIe and class VIIIe-1s-1 (10), because they are not very deep, with very steep slopes, and a high hydro-erosive potential, it can also have superficial rockiness or stoniness; as well as flat soils with micro-depressions, clayey and poorly drained and flood-prone.

Studies types and techniques

A descriptive observational study was designed. The evaluation instrument was put to the test in a preliminary study that assessed the agro-ecological sustainability of the peach farms in the year 2007 (25).

In that instrument, the indicators for each dimension of agroecology are contemplated in a scale of 0-4, where 0 represents the least favorable sustainability value, 2 is the threshold value, and 4 is the optimum value. In the present work, the information gathering took place in the years 2010, 2012, 2014, and 2016, with the intention of investigating the processes of the previous years, that is, 2009, 2011, 2013, and 2015.

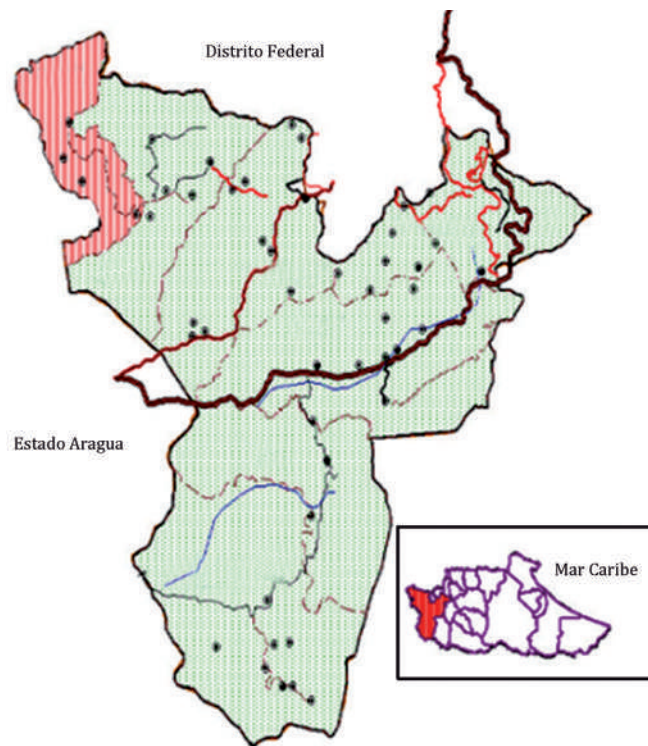


Figure 1. Relative location of El Jarillo parish (striped pink) in Guaicaipuro Municipality (red) in the Miranda State (green).

Figura 1. Ubicación relativa de la parroquia El Jarillo (rosado rallado) en el municipio Guaicaipuro (rojo) en el estado Miranda (verde).

The same instrument was applied to each of the farms, each year; this way the indicators to issue a final report were considered based on the averages of the years and of the farms, and thus obtain only one result per indicator. Two that changed their productive activity halfway through the study.

Live sources were used and data was collected observing the event in its natural context. The 90 farms registered in the Ministry of Agriculture and land by the year 2009 were those considered. From these, with a non-probabilistic or directed sample, twenty-seven farms were chosen for the study. An advantage of this type of sample is its usefulness for particular study designs where it is more important a careful and controlled selection of farms than the representation of the elements of the population.

The diagnosis criteria were determined based on the application of a SWOT matrix (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats), as per the methodologies proposed by Astier *et al.* (2011) and Sarandón *et al.* (2014). Once the criteria were determined, four analysis categories were defined in the context of sustainability and thirty-three status indicators to measure (23). These provided information relevant to the situation of the farms for each year of study. The indicators were evaluated in a scale of 0-4 (table 1, page 355-356) as described before (25, 29).

Four key informants of the El Jarillo parish helped with the access to the farming families. Structured interviews were carried out for which a socio-demographic questionnaire was used where they were questions about general information such as age, gender, education level, and family structure.

Likewise, the number of families per productive system, the number of participants, the number of people between 16-60 years of age, the number of hectares, the number of peach plants, kg of peach/plant, the number of total crops, the number of other fruit species, the number of crops used for self-consumption, altitude (m a. s. l.), the number of crops per year, the number of crops for sale, and the supplies needed for production (chemical as well as biological).

Table 1. Description and weighing of indicators per analysis category, in a scale of 0-4.
Tabla 1. Descripción y ponderación de indicadores por categorías de análisis, en la escala 0-4.

Indicator	Standarization of values
Quality of life	
CV1 Housing	(4): Quinta; (2): House; (0): Ranch
CV2 Education	(4): Access to higher education; (2): Access to elementary and high school; (0): With no access to education
CV3 Health	(4): Health Center with permanent doctors and adequate infrastructure; (3): Health Center with temporary staff moderately equipped; (2): Health Center poorly equipped and temporary staff; (1): Health Center poorly equipped and unsuitable staff; (0): With no health center
CV4 Services	(4): Complete installation with water, electricity, telephone line, and Internet; (2.70): Installation of water from aquaduct and electricity (1.33): Installation of water and water from well; (0): With no electricity and no source of water nearby
CV5 Acceptance of the production system Aceptabilidad de la producción	(4): They are very happy with what they do, wouldn't do anything else, even if it meant more income; (3): They are happy, but they did better before; (2): They are completely satisfied. They stay because it is the only thing they know how to do; (1): Not satisfied with this style of life. They wish to live in the city and engage in a different activity; (0): They are disillusioned with their life, would not continue doing this.
CV6 Human diseases	(4): No disease associated to the use of agrochemicals; (2): Some disease associated to the use of agrochemicals; (0): More than one disease associated to the use of agrochemicals
Social Reproduction of the Family	
RS1 Tenure of the land	(4): Owner with over 20 years with the same area; (2): Tenant with over 10 years; (0): Tenant with less than 5 years
RS2 Residence	(4): Lives in the farm; (2): Only on weekends; (0): Does not live in the farm
RS3 Generational replacement	(4): 3 or more descendants of family members work on the farm; (2): 2 descendants of family members work on the farm; (0): No family member works on the farm
RS4 Community participation	(4): Active participation in all the social organizations; (2): Active participation in at least one of the social organizations; (0): Does not participate in any organization
RS5 Ecological knowledge and conscience	(4): They conceive ecology from a broad vision, beyond their farm and know its basics; (3): They have knowledge about ecology from their everyday practice. Their knowledge is reduced to the farm; (2): They only have a reduced vision of ecology. They have the sensation that some practices might be damaging the environment; (1): They don't have knowledge about ecology nor do they perceive the consequences of some of their practices; (0): No type of knowledge about ecology. They engage in aggressive practices against the environment because of this lack of knowledge
RS6 Manpower	(4): Family laborers or reciprocity; (2): Partial laborers; (0): Paid laborers
Energy Efficiency and Conservation of the Natural Resources	
EFC1 Energy efficiency	(4): >1; (2): =1; (0): >1;
EFC2 and Energy productivity	(4): >1; (2): =1; (0): >1
EFC3 Yield	(4): more than 20 mt/ha; (3): 16 - 20 mt/ha; (2): 11 - 15 mt/ha; (1): 6 - 10 mt/ha; (0): 1 - 5 mt/ha
EFC4 Earthworms	(4): 21 or more; (2): 6 to 20; (0): 0 to 5
EFC5 Managing of plantations and diseases	(4): They engage in annual pruning of rejuvenation and/or sanitation. They substitute plantations every 10 years and sick varieties for more resistant ones; (2): They engage in pruning. They substitute plantations every 10 years and sick varieties for more resistant ones; (0): They don't prune and keep old plantations.
EFC6 Incidence of plagues and diseases	(4): No diseases or plague in the last year; (3): Some diseases or plague in the last year that affected 10% of the production; (2): Some diseases or plague in the last year that affected more than 10% and less than 50% of the production; (1): Some diseases or some plague in the last year that affected between 50 and 70% of the production; (0): Some diseases or some plague in the last year that affected more than 70% of the production

Table 1 (cont.). Description and weighing of indicators per analysis category, in a scale of 0-4.
Tabla 1 (cont.). Descripción y ponderación de indicadores por categorías de análisis, en la escala 0-4.

Indicator	Standardization of values
Quality of life	
EFC7 Biological activity in the soil	(4): There is a lot of life in the soil (100 or more little animals); (2): There is somelife in the soil (between 10 and 99 little animals); (0): There is little life in the soil (less than 10 little animals)
EFC8 Predominant slope	(4): from 0 to 5; (3): from 5 to 15; (2): from 15 to 30; (1): from 30 to 45; (0): > 45
EFC9 Vegetation cover	(4): all year around; (2.70): from 4 to 8 months; (1.33): at least 3 months; (0): never
EFC10 Furrow orientation - barriers	(4): Terraces, live or dead barriers and drainage furrows; (2): Individual terraces of plateaus; (0): No type of practice for soil conversions.
EFC11 Time diversity	(4): Rotation of non-fruit species every 10 years. They leave the lot in fallow for one year or incorporate leguminous plants or green manure; (2.70): They rotate with other fruit plants. They don't let the soil rest nor do they incorporate; (1.33): Every so often they rotate; (0): They do not rotate
EFC12 Spatial diversity of crops and surrounding natural vegetation	(4): ≥ 3 associated crop species, lots surrounded on at least 50% of their boundaries with natural vegetation; (2.70): 2 associated crop species and surrounded on at least one side with natural vegetation; (1.33): Monocrop and surrounded on at least one side with natural vegetation; (0): Mono crop surrounded by other crops, wastelands or roads
EFC13 Var association/phenol phase	(4): ≥ 3 varieties/several phenological phases; (2): 2 varieties/several phenological phases; (0): 1 variety / 1 phenological phase
EFC14 Rationality in the use of chemical/biological supplies	(4): rational use of some chemical and biological products; (2): Use of large variety of agrochemical products and some biological ones; (0): Use of large variety and quantity of agrochemical products
Autonomy vis-à-vis the Markets	
AM1 Sales diversification,	(4): More than 6 products; (2.70): 4 to 5; (1.33): 2 to 3; (0): 1
AM2 Number of commercialization channels	(4): At least one safe channel for commercialization during adverse conditions; (2): 3 to 4, in normal conditions; (0): 1 or 2 in normal conditions
AM3 Dependence on external supplies	(4): from 0 to 20; (3): from 20 to 40; (2): from 40 to 60; (1): from 60 to 80; (0): from 80 to 100
AM4 Profit margin	(4): more than 46%; (2.70): 31% - 45%; (1.33): 16% - 30%; (0): 0 -15 %

For the analysis, the altitude of the farm changed from a continuous variable to an ordinal one: Altitude 1 from 1,388 to 1,582 m a. s. l. includes the sectors of Jarillo Abajo and Tierra Caliente, Altitude 2 from 1,661 to 1,791 m a. s. l. includes the sector of La Enea, and Altitude 3 from 1,822 to 1,942 m a. s. l. includes the sector of Enea Arriba. The second part of the questionnaire was prepared taking into consideration the proposal by Astier *et al.* (2011), about the attributes of the sustainability and the categories of analysis that allow for a better description of the farms (table 1).

Categories of analysis

Quality of life

It refers to the state of wellbeing in which the producers and their families can satisfy their basic needs and participate in community life and the cultural traditions; at the same time, they have awareness of the need to maintain an equilibrium of the ecosystem and of the interdependency of the human being and nature.

The degree of satisfaction was measured by calculating the indicators: Housing (CV1), Access to education (CV2), Access to health care and health coverage (CV3), Services (CV4), Acceptance of the production system (CV5), and Incidences of human diseases (CV6).

Social reproduction of the family

This category is developed considering the concept of the family social reproduction strategies in an approximation to what Bourdieu (1972) presents, according to which the productive activities are considered as strategies that tend to reproduce the fundamental characteristics of a system, in this case socio-ecological (B). Said strategies can maintain or improve the conditions of the social structure of said system. In this sense, the following indicators were considered: Tenure of the land (RS1), Residence (RS2), Generational replacement (RS3), Community participation (RS4), Ecological knowledge and conscience (RS5), Manpower (RS6).

Energy efficiency and conservation of natural resources

The understanding of the energetic factor, as an ecological element in agriculture, and the acceptance of the flow of energy, as an emergent quality of the agro-ecosystems, allows having better mechanisms to assess the agricultural practices. The requirements of external energy to the farms in the agricultural farming processes are closely related to the levels of modification of the natural processes of the eco-systems. From the standpoint of sustainability, the energetic analysis considered the amount of energy harvested, compared to the quantity of energy coming from non-renewal sources (15, 21). Details of energy efficiency calculations were described elsewhere (26)

The improvement and conservation of the base of the natural resources is a necessary task in agriculture. It should be achieved by the managing practices and by the actions that lead to the minimization negative impact on the protection and the improvement of the natural capital, and by the strategies for their managing (1, 3).

The context of this research considers that the degree in which an agro-system increases its ecological sustainability depends basically on its management by using the optimization of the following processes: Availability and balance in the flow of nutrients; Protection and conservation of the soil surface; Preservation and integration of biodiversity; and Use of varieties adapted to the existing environmental heterogeneity that responds to operation with few external supplies and plague and diseases control (25).

For the construction of this category of analysis, the energetic indicators were taken into consideration: Energy efficiency (EFC1) and Energy productivity (EFC2), and the ecological indicators: EFC3=Yield, EFC4=Earthworms, EFC5=Managing of plantations and diseases, EFC6=Incidence of plagues and diseases, EFC7=Biological activity in the soil, EFC8=Predominant slope, EFC9=Vegetation cover, EFC10=Orientation of the furrows and the existence of soil conservation barriers, EFC11=Time diversity, EFC12=Spatial diversity of crops and surrounding natural vegetation, EFC13=Crops Variety association/phenological phase per lot, EFC14=Rationality in the use of chemical/biological supplies (table 1, page 355-356).

Autonomy vis-à-vis the markets

The agricultural production system that can satisfy the economic needs of the farmer is considered economically sustainable, without undermining the natural capital. This is why it is necessary to consider the capacity of the agroecosystem to offer the required level of goods and services. In the context of this study, it is understood as the capacity the agro-eco-system has to generate the necessary products that satisfy the demands of the farming families. For this reason, the following indicators have been considered: AM1=Sales diversification, AM2=Number of commercialization channels, AM3=Dependence on external supplies, AM4=Profit margin (table 1, page 355-356), (Sarandón *et al.* 2014).

Statistical analysis

The data were systematized and a matrix was created with 25 rows (farms) and 44 columns (variables). We carried out descriptive statistics with the matrix using Excel, and the multivariate analysis Principal Component Analysis (PCA) and Cluster with the Infostat program (13, 16).

The PCA is a multivariate method whose objective is to convert a very complex statistical information problem (many quantitative variables measured in each observation unit) into another almost equivalent but more manageable (few new variables) without significant information loss (12).

The technique obtains linear combinations of all the original variables that are orthogonal among themselves. This way a subset of new variables is reached that are independent, but that are highly correlated with the original variables, called original components, that when organized in a decreasing order according to their variance explain the variable percentage of the data for each component (figura 6, page 363).

Consecutively, each observation of the sample reaches punctuation in each of the main components selected, which allows to order the observations based on the multivariable information. In this study, the main components were obtained diagonalizing the correlation matrix, given that the different variables have different units of measure and each variable contributes with the same importance.

The result of the PCA is visualized by a biplot with the two main components, the farms and the 44 variables, linked. Subsequently, the nine most important variables of the PCA were used that had a correlation above 0.3 with regards to the two main components, such as the input to carry out the cluster analysis. The result was four groups, made up from dividing the dendrogram at half the scale of the distance. The productive systems that make up the four groups of the PCA and the four of the cluster coincided, from there that the typification cast four types of productive systems.

RESULTS AND DISCUSSION

Socio-demographic information

Of the 60 interviewed families, more than 66% has members older than 30 years of age, with a proportion of 53-47% between women and men, respectively. The extended family represents 90%, made up of parents, children, and grandparents. The average number of families per farm is three and the average number of people per farm is seven. Of the young people in the age of higher education, more than 90% of the women continue university studies. It has been observed a positive relationship between rural women's level of education and age and their level of participation in the decision making process within the farm (Boza *et al.*, 2018).

On the other hand, the young men finish high school but do not continue to higher education because they prefer to dedicate themselves to activities related to the commercialization of agricultural products or tourist activities of the area.

Quality of life and social reproduction of the family

A summary of the indicators grouped in this category are presented in spider graph form (figure 2, page 359), the closer to four the average value pondered of each indicator is, better the performance and larger the hexagone created in the spider graphs.

Figure 2A (page 359), shows the indicators of Quality of life (CV1 to CV6) with very good performance. With the exception of farm 26, all the families interviewed were owners of the land and lived in the farms. Each family works and individually administers its farm with its own economic organization that enables a more equitable distribution of the income among the members of the family. Social Reproduction of the Family showed good performance of the indicators above two (figure 2B, page 359), with the exception of the indicators of Ecological knowledge and conscience (RS5=1.8), which is coherent with the result of other indicators such as Dependence on external supplies (AM3=0) or the Rationality in the use of chemical/biological (EFC14=0.48). This dynamic improves the quality of life of the inhabitants of El Jarillo, and favors the sustainability because it depends less on external factors (15).

The area has a favorable climate and a geographical condition that allows an infrastructure to develop tourism and offer activities such as paragliding, walks around the area, restaurants with typical German food, sale of agricultural products harvested in the community, and local breads and sweets prepared by the local people. They maintain a very detailed care of the aesthetics, keeping a common façade for the houses and public service buildings, linked to the German heritage of the culture. This constitutes one of the touristic attractions of the area (figure 3, page 360).

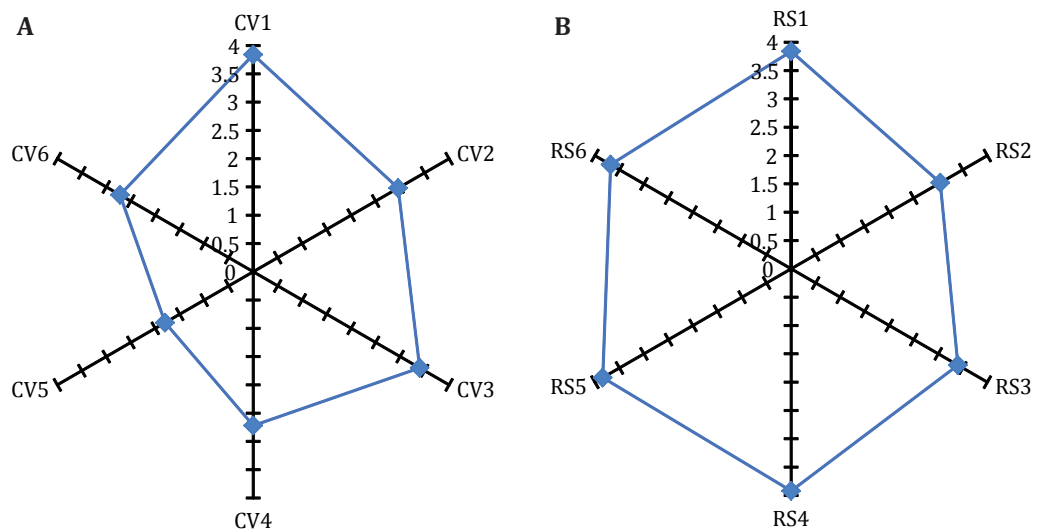


Figure 2. Summary of the category Quality of Life (A, CV1-CV6), and Social Reproduction of the Family (B, RS1-RS6) (table 1, page 355-356).

Figura 2. Resumen de la categoría Calidad de vida (A, CV1-CV6), y Reproducción social de la familia (B, RS1-RS6) (tabla 1, pág. 355-356).

As health service infrastructure, it has an outpatient primary health care that offers: vaccinations, dentistry, general medicine, gynecology, pediatrics, healthy children checkups, pre-natal care, four nurses, and two permanent ambulances. According to the statistics, this center treats motorcycle accidents, convulsions, respiratory insufficiencies, paragliding accidents, childbirths. As for educational institutions, it has four high schools, three elementary schools, in Quiripital, la Ciénega, and Quebrada Honda; there is also a preschool. It has a catholic church constructed in the architectural style of the area that the locals show with pride. In addition, it has several restaurants, a commercial center, three agrochemical stores, a bank, a petrol station, three hardware stores, a pharmacy, and an auto spare part shop.

In reference to the satisfaction of basic needs, the results show that the producing families live in very good quality houses with all the services and good road access, thanks to the actions of the Community Councils. Likewise, according to the results, there is a high acceptance of the production system, 84% of the farmers were very happy with what they do and would not engage in another activity, even if it would offer more income.

The majority actively participates in all the social organization of the community (Water Technical Committee, Community Councils, Asojarillazo (*El Jarillo Association*)). The generational replacement is one of the indicators that favors the largest sustainability because 72% of the farming families work the land with at least three family members of different generations; 12% has at least two descendants, the remaining 12% has no family member to replace them.

These categories, Quality of life and Social reproduction of the family, show a positive balance in favor of sustainability because the families have internalized agricultural production as a dignified way of life and have developed strategies that tend to continue with the system in the long run, in reference to sense of belonging, self-management, equitable distribution of resources, and community participation, the importance of the creation of spaces that guarantee that type of organization (as the community councils) has also been noted. Cuéllar and Sevilla (2009) call this, actions geared to control and self-management of the circulation processes seeking an endogenous socioeconomic transformation.



Figure 3. Photographic memory of El Jarillo, where the characteristic architectural style is shown. From left to right and from top to bottom: outpatient care, commercial center, panoramic of La Enea sector, catholic church, agrochemical store and gas pump.

Figura 3. Memoria fotográfica de El Jarillo donde se muestra el estilo arquitectónico que lo caracteriza. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: ambulatorio, centro comercial, panorámica del sector La Enea, iglesia católica, tienda de agroquímicos y estación de combustible.

Energy Efficiency and Natural Resources Conservation

The indicators for Energy Efficiency, and Energy Productivity, (of the category energy efficiency) resulted with a value of zero (26) (table 1, page 355-356; for the ponderation of these indicators).

The dependency on products derived from oil makes these systems more vulnerable phasing changes concerning price and availability of oil. During the oil crisis of the years 1973, 1991, and 2008, the price of crude increased and this had a repercussion on the cost of agricultural production (15).

During the political, economic, and social crisis that Venezuela is undergoing, shortage is another of the problems the producing families face. The systems become more vulnerable with respect to external disturbances.

The key for a sustainable management of energy in agriculture is to use the renewable energy that is available in the system and that can be controlled locally, given that it does not damage the natural capital (21). According to Silva-Laya *et al.* (2017) the shortage crisis that the country is going through has contributed to improve the indicators of energy efficiency because they have reduced the use of agrochemical.

The results of the Life Conservation in the soil category can be seen in figure 4.

The observation of the soil of the farms by counting and identifying earthworms and macrofauna in 1 m² (25) provided an average between six and twenty earthworms and showed that also, in the majority of the cases, some other life can be perceived in the soil. Forty percent of the sample has predominant slopes above 45%, 36% with slopes between 30% and 45%, and only 16% has slopes between 15% and 30% (figure 4).

In reference to the vegetation cover, it was observed that 88% of the sample is covered at least three months per year. As for the Orientation of the furrows and the existence of barriers for soil conservation, it was observed that 96% of the farms do not have any type of conservation practice of the soils and that only one farm has done individual terraces.

The majority of the farms do not engage in crop rotation through time in the same lot. Only one farm rotates with other fruit plants. Spatial diversity means the association of crops to attain maximum efficiency in the use of the nutrients of the soil, the water, and the solar radiation; however, 80% of the farms have a monoculture (peaches or prunes), surrounded by other crops (prunes and strawberries), by unused plots, or by roads. Only 20% of the sample had at least two crop species associated and is surrounded, at least, on one side, by natural vegetation (figure 5, page 362).

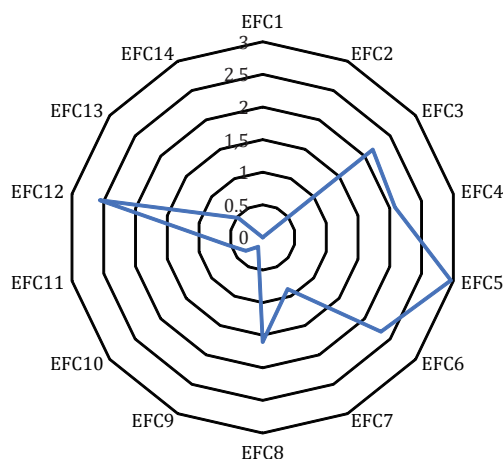


Figure 4. Energy efficiency and Conservation of natural resources and the use of technology (table 1, page 355-356).

Figura 4. Eficiencia energética y Conservación de los recursos naturales y el uso de la tecnología (tabla 1, pág. 355-356).

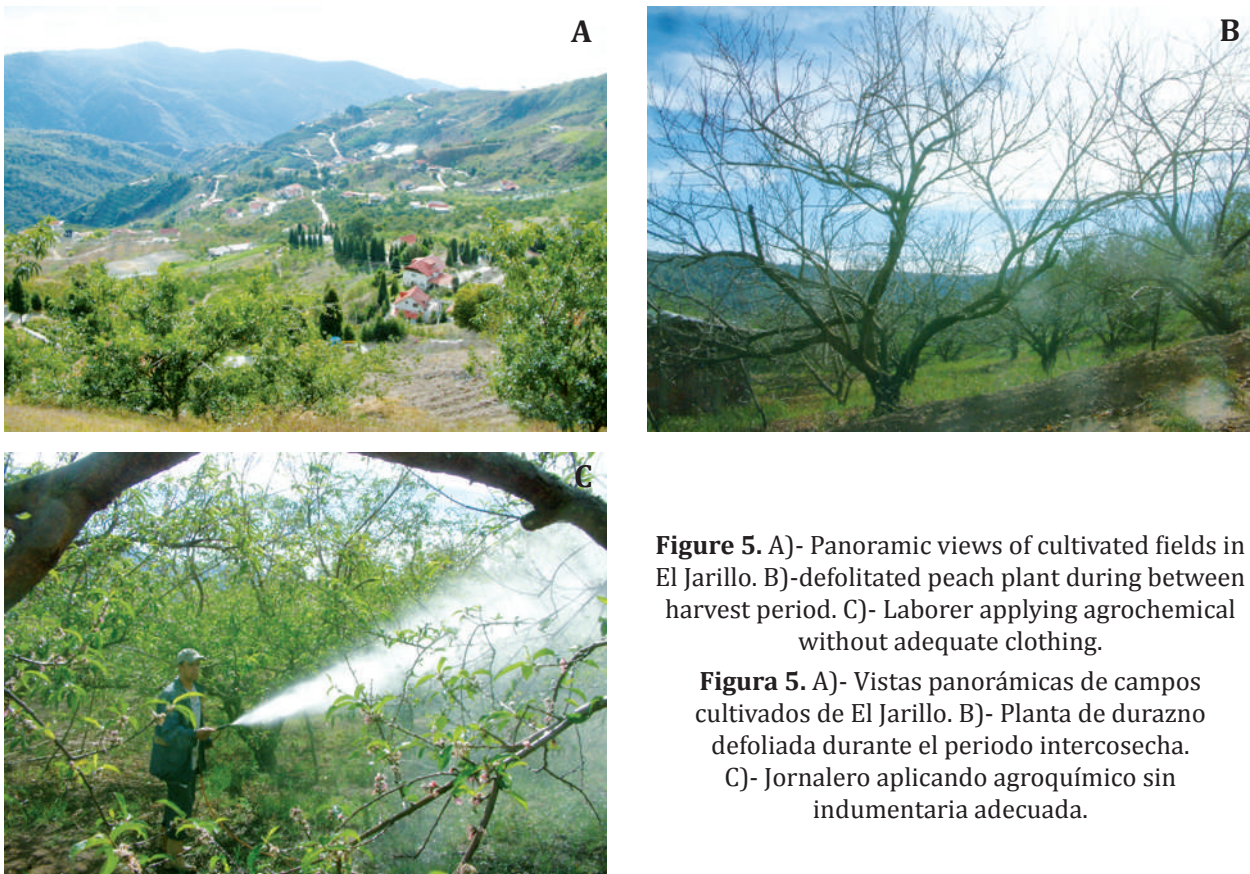


Figure 5. A)- Panoramic views of cultivated fields in El Jarillo. B)-defoliated peach plant during between harvest period. C)- Laborer applying agrochemical without adequate clothing.

Figura 5. A)- Vistas panorámicas de campos cultivados de El Jarillo. B)- Planta de durazno defoliada durante el periodo intercosecha. C)- Jornalero aplicando agroquímico sin indumentaria adecuada.

In this category, Energy Efficiency and Conservation of Natural Resources, the results are less favorable for sustainability.

The use of chicken manure has contributed with the good results of the indicators that measure the quality of the soil; however, this use of external fertilizers is a threat for both energy efficiency and independence of the producing families of the external market.

In accordance with Altieri and Nicholls (2009), if they would engage in more soil conservation practices, such as crop rotation and association, lots in fallow and vegetation cover, as well as, the adoption of an adequate nutrients cycling, they would get better results in the conservation of life in the soil and in the management of the natural resources.

Autonomy vis-à-vis the Markets

The average yield of the productive system was near 30%, nine resulted in a yield above 35%, five above 50%, eight with a yield above 20% and another eight with a yield between 13% and 20% (26) (table 2, page 363).

The indicators for Sales diversification and Number of commercialization channels came up with average values above the threshold value (2), 100% of the productive systems have a dependency on external supplies above 80%. Regarding Sales diversification, 85% has three or four products. Peach is the main crop and it is combined with prunes, strawberries, apples, pears, or tree tomatoes.

The indicator Number of channels for commercialization reported that 72% of the farms have, at least, one commercialization channel ensured in adverse conditions, and 28% has three or four channels under normal conditions. The Performance, measured in mt/ha, indicated very favorable values to sustainability; 36% of the farms produce more than 20 mt/ha, 44% produces between 16 mt/ha and 20 mt/ha; 12% between 11 mt/ha and 15 mt/ha, and only 8% of the sample is below the threshold of sustainability, with a value of one (between 6 mt/ha and 10 mt/ha).

Table 2. Summary of selected productive indicators and profitability of peach' farms in El Jarillo, Venezuela between 2009-2015.

Tabla 2. Resumen de indicadores productivos seleccionados y rentabilidad de fincas durazneras en El Jarillo, Venezuela entre 2009-2015.

Types of farm*	N° Farms	No. ha	No. Plants	Plants /ha	Cultivated ha
A (68%)	17	2.6 (0.5-7.5)	198.8 (70-600)	124.5 (100-166)	2 (0.5-6)
B (16%)	4	6.5 (1-15)	480 (120-1000)	130 (100-200)	4.8 (1-10)
C (12%)	3	1	100 (50-150)	116.7 (100-150)	0.8 (0.5-1)
D (4%)	1	1	100	100	1
Average		2.8	219.7	117.8	2.1

Types of farm*	Kg / harvest / Plant	TM / Harvest	% Return
A (68%)	129.7 (65-300)	25 (8.4-60)	30.7 (12.8-58.4)
B (16%)	113.8 (80-150)	53.5 (15-100)	31.3 (17.4-51.9)
C (12%)	108.3 (80-125)	11.5 (4-18)	31 (19.2-39.4)
D (4%)	120	12	18.5
Average	117.9	25.5	27.9%

Table 3 (page 366) and figure 6. / Tabla 3 (pág. 366) y figura 6.

The results of this category, Autonomy vis-à-vis the markets, show the productive systems as economically profitable (figure 6) since they allow the producing families to satisfy their economic needs, but it is not sustainable in time because they undermine the natural capital. Furthermore, the dependence on external supplies constitutes a threat to the system (6).

Typification of the Farms

El 97 % of the farms belongs to owners and 3% is leased. Most farms have between three and five hectares (52%), followed 33% with two or less cultivated hectares and only 14% has more than eight hectares. All of the farms grow peaches as the main crop, 60% of them grows prunes and 33% grows strawberries. These orders constitute the category in importance. Seven percent of the farms grows apples, pears, figs, and tree tomatoes for sale.

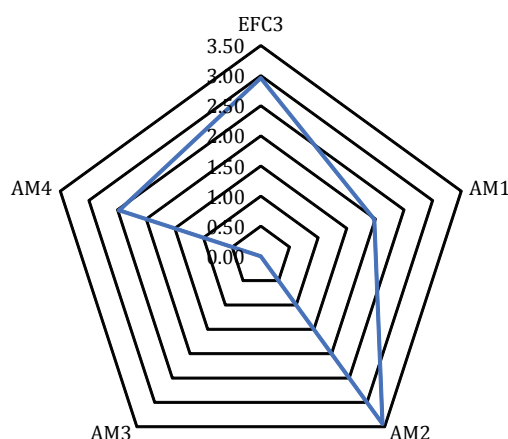


Figure 6. Category Autonomy vis-à-vis the Markets (table 1, page 355-356).

Figura 6. Autonomía de la categoría frente a los Mercados (tabla 1, pág. 355-356).

In the categories that are grown for self-consumption (33% of the farms), there are avocados, scotch bonnet peppers, garlics, onions, spring onions, strawberries, guavas, little oranges, tangerines, apples, oranges, potatoes, bell peppers, prickly pears.

The average peach cultivated area is 3.5 ha, with an average production per plant per harvest of 140 kg and a productivity of 17 MT/y/Ha. Productivity is supported by the use of chemical supplies.

The PCA applied to the complete data matrix with the 44 original variables-indicators (25x44), allowed the identification of those that explained in a larger extent the total variability of data (data not shown). This way, nine components explained 80% of the total variance, fairly high to explain the characterization of the system (12). For determining which variables were the most important, in terms of its correlation with the nine selected components, only those with $r \geq 0.3$ were considered. The first component (PC1) is the one that had the highest variance and, therefore, the greatest capacity to explain the data. In this case, it reaches 16.5% of the total (figure 7, page 365). With this first component, the positive values were observed in proportions more or less the same as the variables that reflect the category of analysis Conservation of the Natural Resources: Biological Activity in the soil (NRC5); Rationale in the use of External Supplies, chemical or biological (NRC12); Vegetable Coverage (NRC7) and Earthworms (NRC2). Regarding how these variables are linked to the concept of biological activity in the soil and to the rational use of external supplies in the farm, it can be pointed out that the high values of this component are linked to a farm where the biological activity of the soil (earthworm, insects, and other species display of the edaphic microfauna) is abundant.

The second component (PC2) explains 12.5% of the total variability (figure 7, page 365) and was linked ($r \geq 0.3$) at most to the number of families per farm (Fam), number of members per family (Intg), and the number of working age people between 16 and 60 years (p16-60).

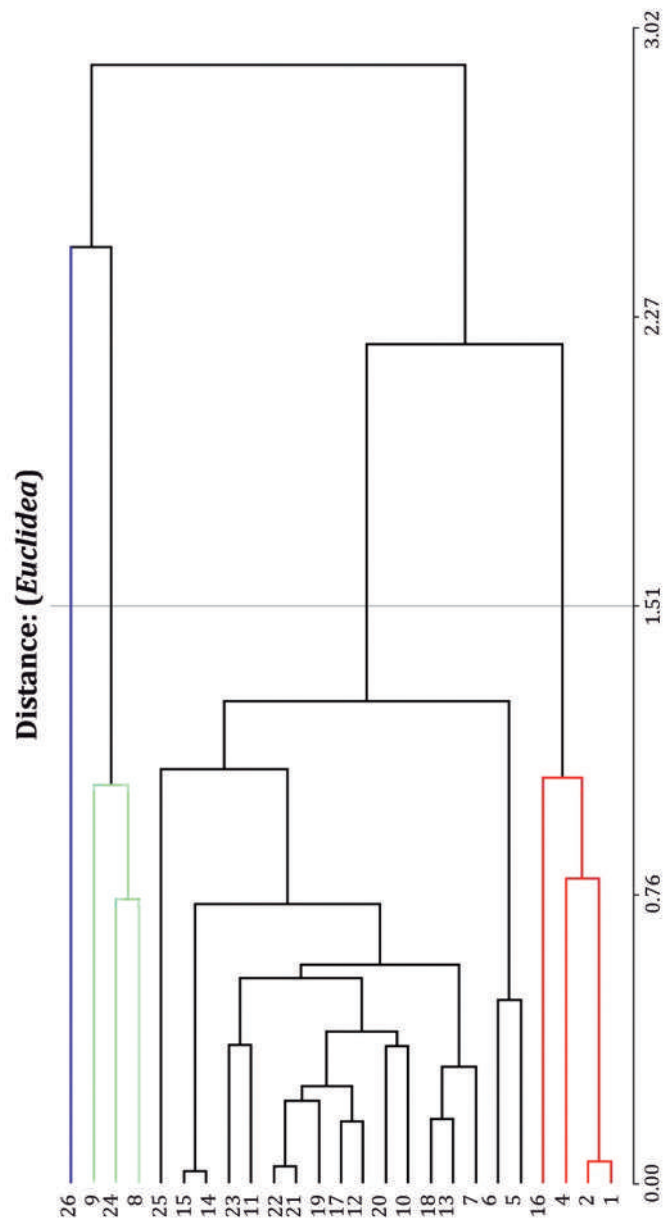
Relating this component with the first could indicate that the number of people in the farm could better do the work in the farm, with a direct impact in the biological activity of the soil. While more members of the family participate in the productive activities the better care is taken in the maintenance and/or sanitation pruning, which would require applying less chemicals; thus, resulting in an increase of the biological activity in the soil.

PC3 interprets 11% of the total variability, all with positive values (data not shown). It refers to peach kg/plant, number of crops in the farm, number of other fruit species in the farm (apples, pears, tree tomatoes, avocados, figs, little oranges, tangerines, oranges, prickling pears, and guava), and the number of crops destined to self-consumption (vegetables). This can infer that this component is related to the number of plant species grown in the farm, especially peaches.

The rest of the components are related to the majority of the subvariables of the different categories analyzed. Eighteen variables explained 20% of the total variance (data not shown), grouping the less important variables in the analysis. Moving away from the PC1, the variance proportion explained by the most relevant variables of the others components, reduces considerably.

A representation of the farms by means of a PCA biplot using all the 44 indicators showed four groups (data not shown). The cluster analysis using the nine variables with greater correlation with the first two components of PCA, also grouped the farms in four groups by their similarities. These groups were obtained when the dendrogram was cut in half (figure 7, page 365). Both the PCA and the cluster analysis grouped the farms into four groups, which coincided completely. This result allowed, in consequence, to typify four types of farms in El Jarillo (table 3, page 366).

The biological activity of the soil allowed to differentiate 84% of the productive systems of El Jarillo in types A-B with lower levels than types C-D. These indicators were correlated with the PC1. Second in importance (PC2). They were grouped by the number of peach plants, total hectares, number of crops, and number of families that make up the system. The majority of the productive systems centers on the stone fruits with high yield for the locality (Type A).



The vertical line indicates the four types of production systems. / La línea vertical indica los cuatro tipos de sistemas productivos.

Figure 7. Grouping of El Jarillo farms according to the nine variables with the highest correlation with the main components (PC1 and PC2).

Figura 7. Agrupamiento de las fincas de El Jarillo en función de las nueve variables de mayor correlación con los componentes principales (PC1 y PC2).

Tabla 3. Características principales de los tipos de fincas de El Jarrillo.**Table 3.** Main characteristics of the types of farms of El Jarrillo.

Types *	Characteristics**	%
A	Farms focused in peach and prune productions for sale. They do not grow strawberries and have 1-2 crops for self-consumption. They are on average small (3.32 ha) and have a yield of >140 kg plant ⁻¹ per crop. They are inhabited by 1-3 families with 1-4 working members.	68
B	Farms focused in peach and strawberry production for sale, although they are more diversified because they commercialize in a smaller scale other product (prunes, tree tomatoes, and apples) and they grow for self-consumption (=3.5). Its average size doubles the previous category (7.5 ha) and the have a yield of >140 kg plant ⁻¹ per crop. They are inhabited by 3-5 families with 4-12 working members. Characterized by low biological activity in the soil.	16
C	Farms focused in peach production for sale. They are scarcely diversified to sell other products or to provide for self-consumption. They have a medium average size (=3.0) and the have a yield of >140 kg plant ⁻¹ per crop. They housed between 3-5 families with 4-7 working members. They outstand by their high biological activity in the soil.	12
D	Only grow peaches, none of the other nineteen fruit species or horticulture that exist in the totality of the other farms. The peach has a yield of <140 kg plant ⁻¹ per crop. This type is inhabited by 1-3 families with 1-4 working members. Present high biological activity in the soil because of the use of chicken manure. Only one farm differentiated in this category.	4

* Figure 7 (page 365). / * Figura 7 (pág. 365).

** The grouping of the systems was not related to the altitude of the farms, considering the Pearson Chi2 statistic, not significant according to the contingency analysis.

** El agrupamiento de los sistemas no mostró relación con la altitud de las fincas, considerando el estadístico Chi2 de Pearson, no significativo según el análisis de contingencia.

Others dedicate their combined efforts to growing peaches and strawberries, although with less yield (Type B). From the analysis of the CP3, and in third place of importance, it was evident that the systems were differentiated by the purpose of the production whether it be self-consumption/sales and by the return. The yield allowed to differentiate Type C and and Type D systems, given that the second only grows peaches. Type D was conformed by one productive system.

In a previous typification of these systems in El Jarrillo, Soto *et al.* (2004), identified two types of production systems basically differentiated by the variety of peach grown. One of the systems is based on the yellow Criollo variety, at an altitude of 1,200-1,600 m a. s. l., with family laborers, in lots with 400 plants.

The other system grows Jarillazo, at 1,800-1,900 m a. s. l., with fences as a way to use the laborers. It handles lots of about 600 plants. With the methodology used in this work, altitude had little weight at the moment of separation of the majority of the systems (Types A and B). On the other hand, it did contribute to separate Type C from D, and, at the same time, these two from A and B (see that the altitude variable (Alt) is presented parallel to the axes of the X in figure 7, page 365).

Both, in the analysis of Soto *et al.* (2004) and in the case of this research, three fundamental processes for production were identified, and that are defined in their manner in the handling of natural resources: i) control of biotic stress (plagues and diseases), ii) handling of water and nutrients (use of fertilizers and organic matter), and iii) control of flowering (allows at least one and a half harvest per year).

The two former process are common on cultivation of plants, but peach also requires a forced growing cycles with three harvest per 2 years in order to get higher value in the market (13). The application of chemical fertilizers is commonly used in the four types of systems identified in this study. The nitrogenated fertilizer is applied at the rate of 200 kg/ha. The systems Type A use less quantity of chemical fertilizers, but a lot more organic compost like poultry manure (> 1MT/ha). This type of handling has negatively influenced the indicators of the category Energy efficiency and conservation of natural resources (26), and, thus, it represents a threat to the sustainability of the system.

CONCLUSIONS

The socioecological systems of El Jarillo turned out to be fairly homogeneous in relation to the four analysis categories, both in its interactions with the environment and the handling systems of its crops; in this last case, the systems based on techniques the green revolution for forced production of at least one and a half crops per year, to fertilize and control plague and diseases. Nonetheless, in accordance with the variables used, four types of productive systems were identified in the 27 studies of the 90 counted in the area. All the systems concentrate their efforts in the production of peaches for sale.

In terms of the analysis categories, the study reports that the strategies of social reproduction of the families, in the family agriculture of El Jarillo, tend to maintain their own and autonomous characteristics, especially in the production of peaches. Through more than a century, they have maintained the conditions of the social structure.

The agriculture in El Jarillo is strongly integrated to the productive skills and ways of life of the inhabitants of El Jarillo. However, the natural resources suffer grave deterioration and the local productive technology is a threat for the conservation of the natural resources; therefore, for the sustainability of the system in the long run.

The production of peach is economically viable for most of the farms subject of this study because of the low economic risk and the high rentability, despite the fact that there is a strong dependency on external supplies. Nonetheless, the multidimensional analysis clearly shows that sustainability of the farms does not only depend on the growth in financial gains but also in the consideration of increasing other aspects such as energy efficiency.

The changes of the natural processes of the agro-eco-systems for artificial processes based on external chemical supplies outside the farms influence considerably in the high-energy cost; this makes that the systems be energetically deficitary and that the improvement and the conservation of the base of the natural resources be a necessary task.

The quality of life standards of the farming families of El Jarillo are the product of the high rentability and the moderate economic risk, at the expense of the natural resources that are handled less favorably for sustainability.

The degradation of the natural capital is masked by economical capital, by means of chemical supplies that come from outside the farms in order to achieve the levels of production and income necessary to satisfy the needs of the farming families.

REFERENCES

1. Altieri, M.; Nicholls, C. 2009. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*. 16: 3-13. Available in: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/133/130>.
2. Altieri, M.; Toledo, V. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty. *J. PeasantStudies*. 38: 587-612.
3. Astier, M.; Speelman, E., López, S.; Maser, O.; González, C. 2011. Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems: analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 9: 409-422.
4. Aular, J.; Cásares, M. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. 2011. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal -SP. Volume Especial. E: 187-198.
5. Berkes, F.; Folke, C. 1998. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In: Berkes, F. and Folke, C. (Eds.). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. p 1-26.
6. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J. 2018. Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 50(1): 203-216.
7. Bourdieu, P. 1972. *Trois études dethnologie kabyle*. At: La distinción. Ed. de Minuit. París. p. 145.
8. Boza, S.; Muñoz, T.; Cortés, M.; Rico, M.; Muñoz, J. 2018. Development programs for female farmers: identifying clusters for the case of Chile's "Education and training program for rural women". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 50(1): 141-155.
9. Castillo-Villanueva, L.; Velázquez-Torres, D. 2015. Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. *Quivera Universidad Autónoma del Estado de México*. Toluca, México. 17(2): 11-32.

10. Comerma, J. 1971. La 7ª aproximación y los suelos venezolanos. *Agronomía Tropical*. 25(1): 365-377.
11. Cuéllar, M.; Sevilla E. 2009. Aportando a la construcción de la Soberanía Alimentaria desde la Agroecología. *Ecología Política*. 38: 28-39.
12. Demey, J. R.; Adams, M.; Freites, H. 1994. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. *Agronomía Tropical*. 44:475-497 Available in: http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4403/Arti/demey_j.htm
13. Di Rienzo J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2008. InfoStat, versión 2017. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
14. Fischer, G.; Casierra-Posada, F.; Villamizar, C. 2010. Producción forzada de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) en el altiplano tropical de Boyacá (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 4(1): 19-32.
15. Gliessman, S. 2008. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Costa Rica: CATIE. p. 380.
16. Gómez-Luciano, C. A.; De Koning, W.; Vriesekoop, F.; Urbano, B. (en prensa). A model of agricultural sustainable added value chain: The case of the Dominican Republic value chain. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
17. Instituto Nacional de Estadística. 2014. Available at: http://www.inec.gov.ve/secciones/menuprincipal.asp?nedo=15&Entid=150000&seccion=1&nvalor=1_1
18. León, T. 2012. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas - la perspectiva ambiental. Bogotá. Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 261 p.
19. MAC. 1999. Organización y administración del sector agropecuario de Venezuela. Caracas - Venezuela: Ministerio de Agricultura y Cría (Venezuela). Oficina ministerial de programación y presupuesto. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Proyecto 80.
20. Merma, I.; Julca, A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*. 11(1): 1-11. Available in: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/420/412>
21. Pimentel, D.; Pimentel, M. 2005. Energy use in agriculture: an overview. *Mag. Low External Input Sustain. Agric*. 21(1): 5-7.
22. Salas-Zapata, W.; Ríos-Osorio, L.; Álvarez-Del Castillo, J. 2012. Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral*. 22: 74-79.
23. Sánchez-Toledano, B. I.; Kallas, Z.; Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(2): 269-287.
24. Sarandón, S.; Flores, C.; Gargoloff, A.; Blandi, M. 2014. Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. At: *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (Ed. Sarandón, S.), La Plata: Universidad Nacional de La Plata. p. 375-410.
25. Silva-Laya, S.; Pérez-Martínez, S. 2010. Sustentabilidad de fincas productoras de durazno en El Jarillo, Estado Miranda, Venezuela. *RET*. 2:45-62. Available in: <http://www.redalyc.org/pdf/1792/179221617005.pdf>
26. Silva-Laya, S.; Silva-Laya, H.; Pérez-Martínez, S. 2017. Eficiencia energética y monetaria de sistemas de producción de durazno (*Prunus persica*) en El Jarillo, Venezuela. *IDESIA* (Chile). 35(4):17-26. Available in: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v35n4/0718-3429-idesia-35-04-00017.pdf>
27. Soto, E.; Gerig, L. 2002. Variedades del duraznero. In: *El duraznero en Venezuela*, Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 36-42.
28. Soto, E.; Arnal E.; Rondón, A. 2004. Análisis del proceso productivo de durazno en Venezuela: el caso de la Colonia Tovar, Estado Aragua. *CENIAP HOY*. 5.
29. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the dedicated collaboration of Lucas Gerik and Florencia Ardían and their families for their persistence in participating in the study and in helping us with the other farmers so they would receive us in their farms and be open to responding our questions.

Maíces locales; una contextualización de identidad tradicional

Local maize; a contextualization of traditional identity

Francisco Guevara-Hernández^{1*}, Manuel Antonio Hernández-Ramos²,
José Luis Basterrechea-Bermejo³, René Pinto-Ruiz¹, José Apolonio Venegas-Venegas⁴,
Luis A. Rodríguez-Larramendi², Pedro Cadena-Iñiguez⁵

Originales: *Recepción*: 24/04/2018 - *Aceptación*: 05/10/2018

RESUMEN

En este artículo se plantea la importancia de acordar un concepto integrador para referirse a los maíces cultivados y conservados en diferentes contextos agroecológicos y culturales, y surge como una necesidad conceptual de un proyecto de investigación sobre maíces y sus usos múltiples. Es decir, el artículo se propone debido a la confusión actual que existe entre algunos conceptos y definiciones que normalmente se leen y escuchan en el lenguaje académico respecto del maíz. Esta propuesta se hace a partir de una revisión de documentos académicos; con un enfoque etnoagronómico y holístico de integración conceptual en el uso, manejo y conservación de los maíces. Se recurrió a información académica clásica y reciente para descifrar y puntualizar las tendencias en la nomenclatura (conceptos y definiciones) que se le asigna a los tipos de maíces cultivados. A manera de conclusión se plantea que los maíces que han sido seleccionados y conservados por los propios productores, se les llame "maíces locales"; principalmente aquellos que se utilizan desde la integración de los componentes culturales, genéticos y fenotípicos, y que se originan como resultado de un uso, manejo y conservación continuos en aquellos nichos donde se encuentran presentes.

Palabras clave

Zea mays L. • sistemas tradicionales • usos múltiples

-
- 1 Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Facultad de Ciencias Agronómicas. México. Carretera Ocozocoautla-Villaflores Km. 84.5. Apdo. Postal 78. C. P. 30470 Villaflores. Chiapas. México. * francisco.guevara@unach.mx
 - 2 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Facultad de Ingeniería. México.
 - 3 Estudiante de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la UNACH (PNPC-CONACYT).
 - 4 Facultad de Ciencias Agronómicas. Cátedras CONACYT-UNACH. México.
 - 5 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Chiapas. Ocozocoatula de Espinosa Chiapas.

ABSTRACT

This article rises at a first glance on the how important is to agree on an integrative concept for the diversity richness of the maize species and currently grown and preserved in different agroecological and cultural contexts of Mexico, and arises as a conceptual necessity for research project about maize and its multiple purpose uses. The article is proposed due to the current confusion between some concepts and definitions usually read and heard in academic vocabulary regarding the maize. This proposal is made from a literature review of academic documents; with an ethnoagronomic and holistic approach of conceptual integration on the use, management and conservation of maize. Classic and recent academic information was used to decipher and point out the trends in the nomenclature (concepts and definitions) used to name the types of maize currently grown. In conclusion, it is proposed that the maize grown mainly in rural communities could be called "local maize", especially those that are used from the integration of cultural, genetic and phenotypic components or that originate as a result of continuous use, management and conservation in those niches where they can be found.

Keywords

Zea mays L. • traditional farming systems • multipurpose use

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es parte constitutiva e imprescindible de la identidad de su población y resulta indispensable para la construcción de la soberanía alimentaria desde los programas de desarrollo, debido al papel básico en la dieta del mexicano. Además, por los vínculos histórico-culturales con el resto de Mesoamérica, México tiene la responsabilidad ante el mundo de considerar el nicho sociocultural y biofísico que legó este recurso biológico, como único medio de conservar la agrobiodiversidad de los maíces y las especies que conllevan sus sistemas de producción como la yerba mora (*Solanum nigrum* L.), chile (*Capsicum annum* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), entre otras.

El maíz debe su diversificación y distribución prácticamente a los procesos socio-culturales y de manejo. Desde su establecimiento como cultivo ha sido una especie simbólica entre las culturas mesoamericanas, tal como se menciona en los textos del Popol vuh, los escritos de Fray Bernardino de Sahagún, algunas esculturas de piedra y cerámicas antiguas. Este proceso co-evolutivo ha permitido al maíz ser parte de diferentes escenarios socio-ambientales. Es así que se cultiva tanto en climas cálidos como en templados, en regiones de poca y mucha humedad; el manejo se realiza en situaciones de bajos insumos y tecnificadas; y se emplean en diferentes contextos de uso, como autoconsumo, comercio o industrial. De acuerdo con Hernández (2001), en México la producción de maíz sigue representada por la agricultura tradicional y manejo carente de tecnologías; es parte fundamental de agro-ecosistemas importantes como los policultivos tradicionales "la milpa"; y es el elemento más importante en la comida mexicana "la tortilla"; lo que le da ese valor de identidad al país.

Una de las cualidades principales del maíz es su nobleza, que le permite al ser humano disponer de sus características físicas y químicas para diferentes usos. El grano se emplea como alimento humano y animal, materia prima para producir aceites, mieles, etanol, entre otros; la planta es utilizada como forraje, ensilado o rastrojo, la mazorca se utiliza para alimento humano o forraje y el olote como combustible (31). No obstante, la diversidad genética del maíz se torna vulnerable a las actuales tendencias del desarrollo según la Revolución Verde.

La introducción de nuevas variedades mejoradas suscita un riesgo de erosión genética al desplazar la diversidad local. Sin embargo, el uso de germoplasmas híbridos y variedades de polinización abierta junto a la diversidad podría representar una fuente de rasgos valiosos para los usos locales, tal como lo demuestra un estudio hecho por Van Heerwaarden *et al.* (2009), en la región Frailesca Chiapas.

Recientemente Hernández (2014), realizó un estudio molecular y social de maíces con potencial de uso múltiple, pero enfocado a comunidades serranas del municipio de Villaflores, las cuales a su vez forman parte de la Reserva de la Biosfera La Sepultura (REBISE). Este autor identificó 26 nombres comunes para algunos maíces. Explicó además que el uso de los maíces cultivados está determinado principalmente por sus características de adaptabilidad al ambiente, sin olvidar las relacionadas con el rendimiento y la elaboración de alimentos (2). Definió también el potencial de uso como la integración de las características morfológicas, cualidades agronómicas de adaptación al ambiente y utilización del producto.

Finalmente concluyó que la presencia de poblaciones de generaciones avanzadas se convierte en un importante banco de genes para otras variedades locales destinadas a usos similares. Sin embargo, también tienden a representar una amenaza para otros maíces locales, ya que corren el riesgo de ser desplazadas al ser sustituidas.

De esta forma queda planteada la conservación y el uso sostenible de los maíces cultivados en diferentes nichos socio ambientales como un desafío complejo para la ciencia, el desarrollo y la innovación (I+D+I). Como desafío de desarrollo, se requiere de la intervención de múltiples actores en escenarios biofísicos, socioeconómicos y culturales también diversos, y en algunos casos inestables o afectados. Este problema de desarrollo se convierte a su vez en un problema científico debido a que el uso sostenible y determinación del potencial de los maíces, en estos escenarios con múltiples actores, requiere del conocimiento compartido de esta diversidad (16). Se trata de un conocimiento nuevo como punto de partida, construido sobre bases epistemológicas múltiples, considerando el conocimiento científico generado previamente, la evidencia ancestral, la visión sociocultural local y mediante la documentación de evidencias empíricas a través de la investigación socioagronómica desde una perspectiva etnocientífica y agronómica.

Por ello, con frecuencia a la diversidad genética y morfológica que representa, comúnmente se le nombra de distintas formas: maíces criollos, acriollados, nativos, tradicionales, mejorados, y se utilizan indistintamente o como sinónimos para referirse a cualquier material observado, descrito o utilizado agronómicamente. Así, en la literatura se encuentran frases como: variedades de maíz criollo, variedades locales, originales de maíz, poblaciones nativas de maíces criollos, criollo local, entre otros. Sin embargo actualmente no se aprecia un cuestionamiento intelectual en cuanto a la inconsistencia de estos términos.

En este sentido, es preciso una reflexión o aclaración sobre conceptos, definiciones y frases que normalmente confunden al lector al referirse a las manifestaciones locales de características genéticas y morfológicas del maíz, sobre todo de los materiales que son utilizados, manejados y conservados en comunidades rurales, y que prevalecen sobre la base de su uso y condición agroecológica para su establecimiento. Frente a esta disparidad conceptual, se plantea una propuesta como punto de partida para los estudios socio-agronómicos actuales, pero también como un ejercicio de reflexión y consenso que sea útil para el proyecto de investigación: Caracterización socio-agronómica de maíces locales con potencial de uso múltiple en la Frailesca, Chiapas; y los estudios posteriores que surjan a partir de este.

Objetivo

Presentar una revisión de información académica publicada para entender y aclarar algunos conceptos y definiciones de los tipos de maíces que se cultivan, así como proponer un concepto integrador para aquellos maíces presentes en las comunidades rurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Referencia del contexto local

Se consideró la región Frailesca, Chiapas, México como un marco de referencia en la contextualización del maíz local. La región Frailesca se caracteriza por su importante actividad agrícola, en especial por su alta producción de maíz; tal que se ha considerado como el granero de Chiapas. Además, por su localización en la llanura costera del océano Pacífico y la depresión central de Chiapas presenta una amplia variación agroclimática; así como su diversidad socio-cultural.

Enfoque metodológico y recursos utilizados

Esta propuesta se construye sobre bases epistemológicas múltiples, considerando el conocimiento científico generado previamente, la evidencia ancestral documentada en documentos académicos, la visión sociocultural de los productores y la documentación de evidencias empíricas a través de la investigación socio-agronómica realizada por varios autores con una perspectiva etnocientífica y agronómica.

Con base a esto, se hace un análisis crítico a partir de un enfoque etnoagronómico y holístico de integración conceptual en el uso, manejo y conservación de los maíces. Se recurrió a información académica clásica y reciente para descifrar y puntualizar las tendencias en la nomenclatura (conceptos y definiciones) que con frecuencia se le asigna a los tipos de maíces cultivados.

DISCUSIÓN

El Origen

El maíz es una especie originaria y domesticada en Mesoamérica, las diferentes evidencias encontradas hasta la actualidad así lo demuestran. Estudios arqueológicos y antropológicos señalan que antiguas civilizaciones mesoamericanas basaban su alimentación en el maíz y lo usaban en ceremonias religiosas. En Europa y Asia las evidencias se presentaron posteriores al descubrimiento de América (12). En México, análisis moleculares han demostrado que la domesticación ocurrió hace aproximadamente 9.000 años (24). Uno de los principales centros de origen o quizás el único, se encuentra en la región de la Cuenca del Río Balsas y el Altiplano en el centro de México (35).

El origen del maíz se ha explicado también desde una perspectiva biológica. Uno de los aspectos principales que da pauta a teorizar su origen, es su alto parentesco con el teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), cuya relación ha llevado a establecer diferentes teorías que colocan a dicha especie como su ancestro más cercano. Entre estas teorías se encuentran la de la Transmutación Sexual Catastrófica (TSC) (19), la Teoría Unicéntrica (24) y Multicéntrica (23).

La teoría de TSC, desde la perspectiva de la selección natural, plantea que debido a cambios ambientales el teocintle sufrió una condensación de las ramas laterales y posteriormente una asimilación genética, que da origen a las mazorcas; donde las inflorescencias masculinas sufrieron un cambio hormonal permitiendo la "feminización" o formación de la mazorca (23).

La teoría unicéntrica se basa en que el maíz tiene un único lugar de origen, la cuenca del Río Balsas. Al respecto, Matsuoka *et al.* (2002) dedujeron que el teocintle *Zea mays* ssp. *parviglumis* es el único progenitor del maíz y el teocintle *Zea mays* ssp. *mexicana* como contribuyente de su diversificación. Y por último la teoría multicéntrica plantea que el maíz fue originado en diferentes regiones, localizadas desde México hasta Guatemala. En este sentido, Kato (2005), considera que la diversificación de maíces es el resultado de la combinación de diferentes teocintles ubicados en cada una de esas regiones. Como resultado se formaron diferentes complejos raciales, denominados: complejo Mesa Central, complejo pepitilla, complejo Tuxpeño, complejo Zapalote y complejo altos de Guatemala. Posteriormente estos complejos migraron a diferentes lugares, donde surgieron nuevas razas por hibridación y selección.

Existen otras teorías como la Tripartita, que trata de explicar la relación Teocintle-Maíz. Esta teoría de Mangelsdorf en 1974, estableció que el teocintle se originó de sus ancestros, el *Tripsacum* (con muchos nudos cromosómicos) y un maíz primitivo del tipo palomero-tunicado (sin nudos cromosómicos), ya extinto (23). Sin embargo, esta teoría fue rechazada por el mismo Mangelsdorf, ya que la hibridación entre estas dos especies da como resultado un maíz estéril.

Las diferentes teorías que sustentan el origen del maíz, denotan lo controversial de este tema. Sin embargo, se desconocen otras evidencias concretas del teocintle como ancestro del maíz (25). Así como no hay dudas acerca del origen del maíz en Mesoamérica, el esfuerzo por entender el origen biológico, nos permite reflexionar sobre la historia y vínculo con el hombre antiguo. Si se fundamenta en la teoría darwiniana, que plantea la existencia de un ancestro común para cada especie, el cual evoluciona conforme los cambios ambientales,

entonces la teoría TSC podría ser la más acertada, siempre y cuando se trate de una planta que pueda reproducirse libremente.

Posteriormente de forma accidental pudo haberse hibridado con otra especie, como el *tripsacum* u otro parecido, del cual fue seleccionado. Considerando que el ser humano llegó a Mesoamérica hace aproximadamente 11.600 años a.p. (46), es probable que la hibridación haya ocurrido tiempo después, influenciada inconscientemente por este. Así más tarde, hace 9.000 años, el Hombre inició su domesticación (8). De este modo se estaría hablando de una Teoría Unicéntrica (origen de un maíz primitivo), y otra Multicéntrica (origen del maíz actual a partir de la domesticación del Hombre).

Es evidente que el maíz ha evolucionado a partir del mejoramiento realizado por el Hombre, lo cual lo ha llevado a depender totalmente de él. Colín (2000) menciona que el maíz actual es el resultado de un proceso de domesticación en diferentes regiones (centros de domesticación) donde el ser humano comenzaba a establecerse, completándose en diferentes etapas. Actualmente, los maíces se agrupan, en cinco grupos principales (26): 1) Razas originadas en México a partir del maíz primitivo tunicado (indígenas antiguas); 2) Razas que fueron introducidas a México desde Centro o Sudamérica, durante las épocas prehistóricas (Exóticas precolombinas); 3) Razas que se originaron a partir de hibridaciones entre razas indígenas antiguas y exóticas precolombinas y posteriormente con el teocintle (Mestizas prehistóricas); 4) Razas que se han desarrollado desde la época de la conquista y aún no han alcanzado condiciones de uniformidad racial (modernas incipientes) y 5) Razas colectadas recientemente, pero la información con que se cuenta de estas no justifica su clasificación genealógica con seguridad (Razas no bien definidas).

Hoy existe una diversidad enorme de maíces, los cuales a su vez son conocidos como Razas, adaptadas a diferentes regiones agroecológicas y distribuidas en todas partes del mundo. Tan solo en el continente americano se considera que existen alrededor de 220 a 300 razas de maíces (22). En México existe un promedio de 60 razas, de las cuales 23 se han registrado en Chiapas, pero solo 11 de ellas se consideran con presencia bien establecida: Comiteco, Cubano Amarillo, Nal-Tel, Olotillo, Olotón, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande (30).

La diversidad

Los maíces son diversos debido a su polinización cruzada y a la influencia del agricultor mediante la selección e intercambio de conocimiento. Por lo tanto, sus características dependen prácticamente de su genética, manejo y condiciones ambientales. Por ello, se pueden encontrar desde altitudes de los 0 m s. n. m. hasta más de los 3000 m s. n. m.; desde el Ecuador hasta latitudes altas de ambos hemisferios; donde las precipitaciones oscilan entre los 200 mm y 4,000 mm, en suelos y climas muy variados, factores que son determinantes en su distribución y variabilidad (29). Es por eso que el tipo de clasificación de especie (ej. *mays*) y subespecie (*ssp. mays*) es muy general para describir la diversidad que presenta el maíz. Por lo que es necesario emplear otra más precisa basada en las razas, variedades o cultivares (23).

El término raza, para Bellon y Brush (1994) es un concepto importante para la comprensión del cultivo. En su trabajo definen raza como un conjunto de individuos relacionados, con suficientes características en común, que permite su reconocimiento como grupo. En otras palabras, es un grupo de maíces que tienen características en común (33).

Algunas características distintivas de los maíces se muestran en su fenotipo, como: la altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas en las espigas, días a la floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca; presente por la mayor proporción de variabilidad morfológica de las variedades (7). Por tanto, estas tienen un alto significado biológico en las agrupaciones raciales (3, 36).

De acuerdo con Perales y Hernández (2005), las variaciones en algunas características físicas de la mazorca son las principales para determinar una raza; aunque no siempre es precisa la delimitación de la raza. Por ejemplo: 1) existen maíces blancos, amarillos, negros, azules, rojos y pintos, cada uno con características específicas tanto biológicas como culturales; y 2) en un mismo color pueden presentarse diversos tipos de adaptaciones a distintas condiciones ambientales y fisiológicas como la precocidad, resistencias a sequías o insectos, entre otras. Esto se debe a que, como grupo de individuos, es muy común que

tengan sobre posición en su morfología y fenología. Sin embargo, por esta condición de presentar un espectro de riqueza amplio, la diversidad del maíz también puede ser estudiada desde el punto de vista genético o cultural (socio-antropológico).

Una delimitación más específica es el de variedades y se define como un grupo de individuos de relaciones más estrechas de una raza (31). Este término se le adjudica a las que: 1) son producto de una selección por algún método de mejoramiento genético; 2) forman grupos de plantas con características similares (son más homogéneas y menos heterocigóticas); 3) son seleccionadas por su precocidad, altura de planta, color, resistencias, etc. Estas variedades pueden ser mejoradas, sintéticas, híbridas, o líneas comerciales. Otros, que se forman a partir de segregaciones de híbridos se les conoce como generaciones avanzadas de híbridos o híbridos acriollados, y al cruzamiento recíproco de maíces locales con variedades mejoradas se les llama criollos híbridos. Todas estas variantes pueden estar presentes en los campos de los agricultores; donde interactúan e intercambian genes constantemente. Es por ello que se propone el uso de un término más acorde "maíces locales"; debido a que los ubica localmente como materiales que los productores conservan por razones de usos o gustos particulares.

La producción

Según INEGI (2016), hasta el 2014, Estados Unidos, China y Brasil fueron los países con mayor producción de maíz en el mundo, con 361 091,1; 215 812,1 y 79 877,7 miles de toneladas respectivamente.

Por otra parte, han sido los de mayor superficie sembrada con 32 960,4; 32 519,9 y 12 14,8 miles de hectáreas para China, Estados Unidos y Brasil. México ocupa el sexto lugar en producción con 23 273,3 miles de toneladas anuales, y el quinto en superficie sembrada con 7 060,3 miles de hectáreas. Sin embargo, es uno de los países con rendimiento bajo (3,3 t.ha⁻¹), ubicándose en el cuadragésimo sexto lugar.

En ese sentido, el maíz es el tercer cultivo más importante a nivel mundial, después del trigo y el arroz (37). En este contexto, México representa el mercado más grande de maíz (19), siendo este cultivo el más importante desde el punto de vista alimentario, económico, industrial y social, en comparación con otros cereales como el arroz, sorgo, trigo y cebada (9).

Las cifras anteriores muestran que en México, el maíz es un cereal de gran importancia, que ocupa el 36,7 % de la superficie cultivada (39), el 75 % es de tipo tradicional y subsistencia (40), lo que indica el protagonismo del sector rural en el cultivo del maíz en el país. Además, el valor cultural es una de las razones de siembra, y que por tradición se ha destinado al autoconsumo.

El estado de Chiapas ha sido el quinto productor nacional de maíz desde 2011 y 2012 con 1,7 y 1,4 millones de toneladas respectivamente (38, 39) y representa el sustento alimentario de las familias y el empleo de tres de cada cinco productores del campo (13). El 90% de los productores de maíz son de autoconsumo, y poseen una parcela menor de 2,1 ha, con un rendimiento promedio de 2,5 t.ha⁻¹, equivalente a 5,25 t/parcela/año, bajo condiciones de temporal (5).

Los municipios con mayor producción son Villaflores (78 561,6 t), Venustiano Carranza (71 225,0 t), Frontera Comalapa (68 241,0 t), La Concordia (65 800,0 t), Ocozacoautla de Espinoza (56 917,0 t), Palenque (53 071,1 t), La Trinitaria (44 739,8 t), Villa Corzo (44 482,4 t). Así, La Concordia, Villaflores y Villa Corzo que se encuentran en la región Frailesca junto con los municipios de Ángel Albino Corzo (9 564,3 t) y Montecristo de Guerrero (1 351,6 t) producen el 14,2 % de la producción estatal. En este sentido, la Frailesca es una zona potencialmente productiva y de importancia para el estudio de los maíces tanto técnica como culturalmente. Para sostener la producción de maíz en la Frailesca en el período comprendido entre 2001 y 2012 se sembraron 197 445 ha como promedio anual. Entre 2001 y 2007 se observa una ligera tendencia a disminuir dicha superficie, llegando al mínimo de 40 000 ha en el año 2007 (tabla 1, pág. 375).

Tabla 1. Comportamiento de la producción del sistema de cultivo maíz en función de la superficie sembrada, rendimiento por hectárea y costo de producción en la Frailesca, Chiapas, México.

Table 1. Production trends of the maize farming system according in relation to sown area, yield per hectare and production cost in La Frailesca, Chiapas, Mexico.

Año ciclo PV-2001/2014	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento promedio (t.ha ⁻¹)	Costo de producción (\$.ha ⁻¹)	Precio por tonelada (\$)
2001	141 004,0	2,60	3 77,0	1 510,0
2002	154 706,0	2,70	3 481,0	1 660,0
2003	133 615,0	2,84	4 131,0	1 670,0
2004	112 013,0	3,03	4 161,0	1 700,0
2005	94 305,0	3,27	4 201,0	1 800,0
2006	90 999,0	3,04	4 891,0	2 100,0
2007	40 000,0	4,00	5 394,0	2 300,0
2008	674 403,0	2,40	7 690,0	3 200,0
2009	706 324,0	2,20	6 088,6	3 285,0
2010	114 397,0	2,40	7 780,0	3 300,0
2011	54 338,0	2,99	8 345,0	3 500,0
2012	53 238,0	3,20	8 730,0	4 200,0
2013	54 951,0	4,33	-	2 875,0
2014	54 653,0	3,35	-	3 035,0
2015	58 992,5	2,69	-	3 655,6
2016	59 225,0	3,61	-	3 481,2
2017	57 005,0	3,47	-	3 254,1

Fuente: elaborado a partir de SIAP (2008, 2012, 2014-2018).

Source: Self-elaborated from SIAP (2008, 2012 y 2014-2018).

Los usos múltiples

México es uno de los países más consumidores de maíz, con una fuerte tradición en sus usos (45). Evidencias antropológicas e históricas han señalado que el maíz fue parte de la dieta básica de nuestros antepasados.

A partir de estas evidencias, se sostienen varias hipótesis sobre el uso inicial del maíz como fuente de azúcares (15).

Ciertamente, se sabe que una bebida conocida como chicha fue inventada por las civilizaciones mesoamericanas antiguas, mediante la fermentación de maíz mascado (31).

Cuando los españoles llegaron a Mesoamérica se encontraron con una gran diversidad de platillos y bebidas hechas a base de maíz, como ingrediente principal. Algunos historiadores escribieron:

...y allí trajeron indias para que hiciesen pan de su maíz... (Bernal Díaz del Castillo)

...Las mujeres amasaban y molían pan de centli, que es maíz... (Francisco López de Gómora).

Entre la gran diversidad de alimentos Sahagún (1979), reportó que existían alimentos importantes derivados del maíz. Tales como atoles calientes, con miel, con chile amarillo, con harina muy espesa y blanca, o tequesquite. Fray Cervantes de Salazar, religioso y cate-drático escribió:

... La semilla del maíz, que en su lengua se dice tlauli, es la principal semilla... Cóménla los hombres, las bestias y las aves; la hoja de ella, cuando está verde, es el verde con que purgan los caballos; y seca, regándola con un poco de agua, es buen mantenimiento para ellos...el fruto es una mazorca grande y pequeña; echa cada caña dos, tres y cuatro mazorcas a lo más; cuando están verdes y tiernas las llaman cloteseletes; son sabrosas de comer; después de secas se guarda el maíz, o desgranado o en mazorca, el cual, cuando se come tostado, se llama cacalote. Para hacer pan, que es en tortillas, se cuecen con cal y, molido y hecho masa, se pone a cocer en unos comales de barro... y de su harina se hacen muchas cosas, como atole, que es como poleadas de Castilla, y en lugar de arroz se hace el manjar blanco, buñuelos y otras cosas muchas, no menos que de trigo. Hácese del maíz vino y vinagre, y antes que hubiese trigo se hacía biscochos...

Valdés y Flores (1984), reportaron que Francisco Hernández, médico e historiador de Felipe II, describió diferentes tipos de atoles, tamales y tortillas. Los *atoles*, en su mayoría eran para curar enfermedades o mejorar al enfermo (Naquetolli o atolli con miel; Atolli iztac o atole blanco; Xocoatolli o atole agrio; Yollatolli o atole blanco; Chillatolli o atole mezclado con chilli; Nechillatolli o atole mezclado con chile y miel; Ayocomollatolli o atole con frijoles; Chinatolli o atole con chían; Chiantzotzolatolli o atole hecho con una semilla más grande que la del chían; Michuauhtolli o atole de semillas con michihoautli; Tlatonolatolli; Tlaxcalatolli; olloatolli; Quauhnextolli; Izquiatolli; Hoauhatolli; y Michihoauhatolli).

Las *tortillas* eran blancas, pardillas, hojaldradas, de maíz tierno y duro, de distintos tamaños y grosor, suaves o duras, calientes o frías. Y los *tamales* eran blancos y pardillos, solos o rellenos de frijol o bledos, suaves o duros, de distintos tamaños y formas. Estos platillos eran para los nobles.

Una de las cualidades principales del maíz, es su nobleza, que le permite al Hombre disponer de sus características físicas y químicas. No obstante, uno de los secretos principales que le ha dado valor al maíz como consumo alimenticio, es la *nixtamalización*, del náhuatl *nixtli* (cenizas) y *tamalli* (masa), transmitido de generación en generación en Mesoamérica desde tiempos prehispánicos (28).

La nixtamalización es uno de los descubrimientos más grandes e importantes de nuestra civilización (29) y consiste en cocer con cal los granos de maíz, durante un tiempo determinado en función del tipo de grano seleccionado para tal fin, hasta que obtengan la consistencia y humedad adecuada para molerlo. Este es uno de los procesos más importantes en el consumo del maíz, ya que se liberan vitaminas y se aporta calcio, indispensable para la dieta del Hombre. La nixtamalización no sólo se emplea para la elaboración de tortillas, de ella se han derivado diferentes platillos, como pozol, atoles, tamales, entre otros.

En la actualidad, la principal forma de aprovechar el maíz es en tortillas, elote, tamales, pinole, atole, tostadas, botanas, con fines alimenticios, medicinales y religiosos (11).

Varias partes de la planta sirven para hacer figuras artesanales. También es utilizado como combustible y abono.

De acuerdo con ASICH (2007), las especies con usos múltiples se consideran aquellas con mayor potencial en sus diferentes formas de aprovechamiento; son plantas que de acuerdo con sus características morfológicas tienen utilidad variada para el ser humano. Esto indica que el maíz tiene un potencial enorme de uso múltiple. Es decir, los productores y familiares pueden aprovechar desde el grano, olote, hoja, tallo y hasta la espiga, con diferentes propósitos (23).

Esto representa un potencial que se ve reflejado en su genotipo. Sin embargo, en los sistemas tradicionales la diversidad genética responde a exigencias variables de uso. Por ejemplo, Ortega (2003), menciona que en los usos tradicionales las mujeres del país prefieren maíces con alta calidad culinaria y fácil de desgranar.

Por otra parte, el maíz blanco se utiliza habitualmente para hacer tortillas comunes, el amarillo para los animales y el morado para los antojitos; mientras que en comunidades indígenas se acostumbra comer tortillas de maíces de color diferente en distintos días, dando por consiguiente una variedad a la dieta. En este sentido, en una misma región puede encontrarse diferentes maíces cultivados (42).

Por ello, el maíz junto con su gran riqueza biológica y cultural es cultivado principalmente para consumo doméstico o el mercado industrial (6).

Según Reyes (1990), el maíz tiene múltiples usos que se pueden agrupar en los siguientes rubros: 1) Grano: Alimento humano, alimento del ganado, materia prima para la industria (harina, aceite, mieles, etanol) y Semilla; 2) Planta: forraje verde, ensilado, rastrojo (planta seca) y materia orgánica para el suelo; 3) Mazorca: Elote (alimento humano), forraje y olote (combustible).

En este tenor, los criterios de uso múltiple e incluso los nombres que los maíces reciben se fundamentan principalmente en los principios culturales locales, los cuales, tienden a dar prioridad a la alimentación humana y animal, considerándose estos el punto clave en la definición de sus usos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que la amplia diversidad de la especie favorezca el aprovechamiento mediante nuevos usos: industrial, artesanal, religioso, medicinal, y otros que pudieran surgir en el proceso.

Desde el punto de vista de Abril, *et al.* (2016), señalan que las especies mayormente aprovechadas se debe a la satisfacción de necesidades, prioritariamente en medicina y alimentación, pero que se ven influenciadas por la cultura material y mágico-religiosa, orientada a otros fines (artesanales, al aprovechamiento para leña, material de construcción, cercos y corrales).

Esta puede ser una de las respuestas a las incógnitas planteadas en el proyecto que nos compete y que permita enfocar y reorientar el análisis acerca del aprovechamiento múltiple del maíz conforme a los conocimientos locales de los productores de la región.

En primer lugar, la cultura debe ser considerada un agente que ofrece respuestas en la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos, partiendo de sus intereses e ideando acciones que permitan alcanzar los objetivos y deducir sus necesidades.

El hecho de considerar a los productores partícipes en la identificación de criterios de uso y aprovechamiento de una especie, ayuda a entender el punto fuerte de su estrategia de vida. Estos agentes cambian y evolucionan dependiendo de algunas variables por ejemplo a partir de: *“espacio/territorio, tiempo, evolución y contexto. Algunas de las tomas de decisiones para el aprovechamiento de los recursos se fundamentan bajo modelos de organización, situándose dentro de su realidad y su situación histórica, contemplando su estructura económica, social, cultural y política que lo rodea. Esto los lleva a conectarse con sus intereses, sus gustos, aspiraciones, necesidades y problemas del contexto socioeconómico en el que viven”* (14).

Maíces locales, una propuesta

Las evidencias de su origen ancestral, el arraigo en las civilizaciones antiguas y los grupos étnicos actuales, han convertido al maíz en un importante símbolo cultural y considerado una especie nativa del territorio mexicano (18). Es decir, referirse al maíz como nativo de México es hablar de las dinámicas socioculturales de este país (34). Por ejemplo, la megadiversidad cultural ha permitido a lo largo de la historia una relación estrecha con la diversidad, uso y manejo del maíz; por lo que como nación debe asumir un rol protagónico para proteger y conservar esta diversidad existente y generada tanto *in situ* como *ex situ*.

El hecho de calificar al maíz como nativo de México nos obliga emplear congruentemente un nombre que dé identidad y resalte su origen ancestral y cultural. Frecuentemente se escucha en el argot académico términos como criollo, acriollados, nativos, tradicionales o locales, híbridos o mejorados para referirse al origen agroecológico; se han hecho referencia a términos criollos y mejorados para resaltar la importancia de uso. En inglés, se emplea el término *“landraces”* para referirse a aquellas variedades adaptadas localmente (43). Esto ha originado una serie de discusiones interminables de la terminología adecuada a utilizar. Sin embargo, en un contexto donde los antecedentes históricos y culturales dan al maíz un valor de existencia y herencia, la diversidad genética es variable y dinámica, y los usos son emergentes a las necesidades del ser humano; es necesario dejar en claro una conceptualización apropiada para el maíz mexicano y aquellos cultivados en diferentes contextos agroecológicos y culturales

Para identificar o caracterizar las variedades formadas localmente, resultado de un proceso cultural, se han desarrollado términos como variedades nativas o tradicionales y/o variedades criollas o maíces criollos (21, 27). Según estos autores, las variedades nativas son aquellas que se originan en un lugar determinado donde evolucionaron. Estos lugares se definen como Centros de Origen, y se refiere a una zona geográfica donde se encuentra un máximo de diversidad de cultivo y coexisten o coexistieron sus parientes silvestres.

Por otra parte, Reyes (1990) menciona que las variedades criollas son las introducidas y/o adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción. En este sentido, Kato, *et al.* (2009), aclara que el término criollo, variedad criolla, raza criolla o maíz criollo es una nomenclatura equivocada ya que el maíz es una planta de nuestro país. Para ser más explícitos, la palabra criollo se definió en América en la época de la colonización y se empleó para describir a los nacidos en "América" pero de origen europeo. Diferente al término indígena que se refería a los originarios de América; y mestizo para señalar a los descendientes de una cruce de padres europeos y nativos americanos. Entonces la palabra correcta para referirse al maíz cultivado en México debe ser, maíces nativos.

Sin embargo, tanto en maíces nativos como en criollos existen diferentes razas, que han surgido en nichos donde también se han desarrollados diferentes culturas. A estos lugares se les conoce como centros de domesticación. Estas nuevas razas, producto de la asociación "ambiente-cultura-genotipo" establecen una nueva nomenclatura de "razas y variedades locales" (36). Según Arias y Cano (2009), estas nuevas variedades locales son dinámicas, presentan identidad propia y se relacionan con sitios geográficos más específicos.

Los maíces presentes en los campos de los agricultores surgen como resultado de una dispersión hacia nuevos nichos ecológicos, donde se lleva a cabo un flujo genético permanente entre los maíces ahí cultivados, forman parte de un nuevo proceso de construcción social y cultural, como sucede en la edificación de nuevas comunidades en algunas Áreas Naturales Protegidas (ANP). Estos grupos sociales nuevos han adoptado tanto las variedades nativas, como las mejoradas. De las mejoradas han tomado algunas variedades segregadas. Como consecuencia del nuevo ambiente surgen nuevas variedades, que por su interacción hace posible una relación filogenética cercana.

Aunque el término variedad es una denominación agronómica muy específica y hace referencia a una estructura genética más homogénea entre sus individuos; en una población donde la diversidad de alelos es constante, emplear variedad local no refleja el estado de los maíces cultivados; por lo que el término más apropiado sería "maíces locales" para diferenciar los maíces nativos.

Los maíces locales, son conocidos por "nombres comunes"; nombres que son dados en el lugar donde se cultivan o son denominaciones que describen una característica en particular; por ejemplo: olote rojo, jolochi morado. Por lo tanto, la clasificación puede definirse a partir de dos grupos, desde el punto de vista de su origen, y de su domesticación y diversificación. En el primero se diferencia los maíces nativos de los criollos. En la segunda se agrupan en variedades locales y mejoradas.

Aunque los nombres comunes no necesariamente reflejan una relación racial y en ocasiones una relación entre los mismos maíces con el mismo nombre. La particular importancia de los maíces locales prescinde de una selección constante para aprovechar su plasticidad de uso, tal es que presenta una gran riqueza genética que se ve reflejada en su potencial de uso múltiple, adaptación a diferentes cambios ambientales y manejo, y que aún permanecen a pesar de los esfuerzos de las transnacionales y empresas semilleras por sustituirlas.

En la región Frailesca de Chiapas los estudios relacionados con la caracterización socioagronómica o molecular de los maíces locales son escasos. Hernández (2014), realizó una investigación molecular y social de maíces con potencial de uso múltiple en algunas comunidades remotas en el municipio de Villaflores, Chiapas. Entre los principales resultados encontrados por este autor se refieren los siguientes: En algunas comunidades de la Reserva de la Biosfera la Sepultura (REBISE) dentro del municipio indicado, existe alrededor de 26 nombres comunes con los que se conocen las variedades locales. Algunas como el Amarillo, Jarocho, Crema, Maíz Negro y Olote Rojo son los más importantes; presentan mayor distribución, son los más cultivados por los agricultores y han permanecido por más tiempo. Existen otros que no se agrupan entre los más importantes pero en ciertas comunidades son fundamentales, como son el Precoz en la comunidad Tres Picos; el Morales en La Sombra de la Selva; el Huesito en Nueva Independencia, el San Gregorio en La Sierrita; y el maíz Pablo Pina en El Triunfo. Algunos maíces como el Tuxpeño, Chimbo, Jolochi Morado, Pollito y Americano su aceptación en las comunidades donde se encontraron puede calificarse como mediana.

El uso de los maíces locales en comunidades serranas del municipio de Villaflores y que forman parte de la REBISE está determinado principalmente por sus características de adaptabilidad al ambiente, sin olvidar las sobresalientes en la producción y elaboración de alimentos como sabores y consistencias agradables.

Las características principales y más importantes por las que se prefieren los maíces locales son: 1) resistencia a la pudrición de mazorca; 2) resistencia a la presencia de gorgojos; 3) resistencia al viento; 4) mazorcas grandes, completamente llenas y como granos pesados; 5) rendimiento mayor que los maíces comerciales "mejorados"; 6) presentan buen sabor en elotes y/o en la elaboración de comidas o bebidas como el pozol; 7) se consideran más nutritivos (para el caso de maíces amarillos); 8) algunos son precoces, de alturas aceptables y con diversidad de color del grano.

Hablar del potencial de uso, es más que la simple concepción en la alimentación y otros productos obtenidos. Es la integración del uso del producto, características morfológicas y cualidades agronómicas de adaptación al ambiente. Es poner en práctica el conocimiento que se ha transmitido de generación a generación y que los agricultores integran desde el cultivo hasta el uso. Estos aspectos son fundamentales para la conservación y persistencia de los materiales genéticos de los maíces de cualquier lugar. Por ello, tanto el autoconsumo como la venta local permiten una variación genética mayor de los maíces. En ese contexto, contar con una preferencia a las ventas comerciales obliga al agricultor a aplicar mayor presión de selección buscando únicamente aquellos maíces aceptados en el mercado. Así entonces, la presencia de poblaciones de generaciones avanzadas se convierte en un banco de genes importante para otras variedades locales destinadas a usos similares. Sin embargo, tienden a ser una amenaza para otras razas, ya que suelen desplazarlas.

Ciertas diferencias en las variedades locales se relacionan principalmente con el manejo y sus usos. Por ejemplo, el almacenado de grano permite seleccionar maíces con ciertas características de cristalinidad y dureza (6). En otros usos como es la producción de forraje, cualquier tipo puede cultivarse, pero las de mejor rendimiento de biomasa son aquellas de porte alto y mayor número de hojas (10).

Los materiales locales en general, presentan un amplio potencial de uso, que es necesario estudiarlos con mayor profundidad y sobre todo aprovecharlos como parte de las acciones a implementar en las estrategias de conservación y mejoramiento. Por lo tanto, en investigaciones interdisciplinarias sobre la riqueza de los maíces es necesario considerar aspectos como: 1) si provienen de generaciones avanzadas o no; 2) si la importancia del uso es comercial o local; y 3) si el maíz es ampliamente distribuido entre los grupos sociales de ciertas regiones geográfico-ambientales o no.

En este sentido, y a manera de resumen, se propone la presente definición para integrar algunos de los conceptos y definiciones que con frecuencia generan dudas respecto del significado real de lo que se quiere referir cuando se habla de maíces. Por ello, se hace el planteamiento de que el concepto de maíz local representa, considera e integra a la riqueza y la diversidad de esta especie, ya sean razas, variedades (nativas, tradicionales, mejoradas) o cultivares que están presentes en los campos de los agricultores (por más de dos años continuos), y las cuales han sido creadas, adoptadas o adaptadas por su valor económico o cultural, a través de criterios construidos socialmente, por una población o individuos, en un determinado contexto geográfico y cultural específico, como resultado de la asociación "ambiente-cultura-genotipo".

CONCLUSIÓN

Los maíces usados por los productores presentan una gran diversidad tanto genética como de uso y manejo de acuerdo con cada contexto agroecológico y cultural donde estos han sido generados, adaptados o mejorados a partir de sus características genéticas y fenotípicas originales, y muchos de ellos han sido sometidos a procesos de cruce, adaptación local y selección dirigida. Esto significa que es muy difícil definirlos más allá de sus características genéticas intrínsecas y conocer en detalle si corresponden a maíces nativos, criollos, acriollados, mejorados, híbridos o la mezcla de todo lo anterior. En este sentido, se sugiere que los maíces que han sido seleccionados y conservados por los propios productores se les llame "maíces locales"; principalmente aquellos que se utilizan desde la integración de los componentes culturales, genéticos y fenotípicos, y que se originan como resultado del uso, manejo y conservación continuos en aquellos nichos donde se encuentran presentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abril, R. V.; Ruiz, V. T. E.; Alonso, L. J.; Aguinda, V. J. K. 2016. Plantas utilizadas en alimentación humana por agricultores mestizos y kichwas en los cantones Santa Clara, Mera y Pastaza, provincia de Pastaza, Ecuador. *Cultivos Tropicales*. 37(1): 7-13.
2. Alcalá-Rico, J. S. G. J.; Espinoza-Velázquez, J.; López-Benítez, A.; Borrego-Escalante, F.; Rodríguez-Herrera, R.; Hernández-Martínez, R. (en prensa). Agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) populations segregating the polyembryony mutant. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
3. Alvarado-Beltrán, G.; López-Sánchez, H.; Santacruz-Varela, A.; Muñoz-Orozco, A.; Valadez-Moctezuma, E.; Gutiérrez-Espinosa, M. A.; López, P. A.; Gil-Muñoz, A.; Guerrero-Rodríguez, J. de D.; Taboada-Gaytán, O. R. (en prensa). Variabilidad morfológica del maíz nativo (*Zea mays* L.) del altiplano poniente de Puebla y altiplano oriente de Tlaxcala, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
4. Arias, M. L.; Cano, C. I. M. 2009. Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 10(1): 33-42.
5. ASICH. 2007. Producción de maíz en Chiapas. Agencia de servicios Informativos de Chiapas. México.
6. Bellon, M. R.; Brush, S. B. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany*. 48(2): 196-209.
7. Chávez-Servia, J. L.; Diego-Flores, P.; Carrillo-Rodríguez, J. C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
8. Colín, S. M. 2000. Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agricultura Técnica en México*. 1(1): 3-15.
9. Conde, E. R. 2007. Residuos agrícolas, forestales, ganaderos e industriales. Ed. Instituto de Investigaciones Ecológicas. Málaga. España.
10. Elizondo, J.; Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*. 13(1): 13-17.
11. Esteva, G. 2003. Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México. 63 p.
12. Figueroa, J. D. C.; Aguilar, R. 1997. El origen del maíz. *Avance y Perspectiva*. 16: 91-98.
13. García, F. C. 2005. XVIª Jornadas Ganaderas de Pergamino y Expofeedlot, Estudio Ganadero Pergamino. Arquitecto, M.Sc., UCLA. Productor agropecuario. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado 19 febrero 2018.
14. Garrido, A. M. C.; Hernández, C. A. M. 2014. El patrimonio cultural: una propuesta de gestión participativa. The cultural heritage: participative management proposal. *Facultad de Formación del Profesorado*. Universidad de Extremadura. Tejuelo. 19: 62-75.
15. González Jácome, A. 2008. El maíz: planta portentosa. *Iberóforum*. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*. 3(5): 1-17.
16. Guevara-Hernández, F. 2007. ¿Y después qué?: action-research and ethnography on governance, actors and development in Southern Mexico. *Technology and Agrarian Development Group*. Department of Social Sciences. Wageningen University and Research Centre. Wageningen. The Netherlands. 223 p.
17. Hernández, X. 2001. Exploración etnobotánica y su metodología. *Publicación N° 1 Serie: Exploración etnobotánica (Décimo sexta reimpresión)*. Programa Nacional de Etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/bagebage/04.pdf>. Consultado 05 febrero 2018.
18. Hernández, R. M. A. 2014. Maíces locales con potencial de uso múltiple en un área natural protegida de Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 159 p.
19. Iltis, H. H. 1983. From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. *Science*. 222 (4626): 886-894.
20. INEGI. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México en el mundo 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 290-291 p.
21. Instituto Nacional de Investigación y Extensión (INIE). 2006. Manual para Caracterización *In situ* de cultivos nativos. INIEA. Lima. Perú. 11-12 p.
22. Kato, T. A. 2005. Cómo y dónde se originó el maíz. *Investigación y Ciencia*. Agosto. 68-72 p.
23. Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, I. M.; Serratos, J. A.; Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D. F. 116 p.
24. Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M.; Sánchez, G. J.; Buckler, E.; Doebley, J. 2002. A single Domestication for Maize shown by Multilocus Microsatellite Genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99(9): 6080-6084.
25. McClung, T. E.; Martínez, Y. D.; Acosta, G.; Zalaquet, F.; Robitaille, E. A. 2001. Nuevos fechamientos para las plantas domesticadas en el México prehistórico. *Antrop*. 35: 125-156.
26. Navarro-Garza, H.; Hernández-Flores, M.; Castillo-González, F.; Pérez-Olvera, Ma. A. 2012. Diversidad y caracterización de maíces criollos: Estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. 9(2): 149-165.

27. Ortega, P. R. 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva, C. y C. Marielle (eds.). Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México. 23-154.
28. Paredes, L. O.; Guevara L. F.; Bello, P. L. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*. 92-93: 60-70.
29. Perales, R. H. 2012. Maíz, nuestra herencia y responsabilidad. *Ecofronteras*. 46: 2-5.
30. Perales, H.; Hernández, C. 2005. Diversidad de maíz en Chiapas. En: M. González- Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya, editores. *Diversidad biológica de Chiapas*. Plaza y Valdés/ECOSUR/ COCYTECH. México. Distrito Federal. México. 337-355.
31. Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. *México D. F.* 9-10.
32. Sahagún, B. D. 1979. *Códice Florentino: historia general de las cosas de la Nueva España* (No. 972.01 S3).
33. Sánchez, G. J.; Goodman, M. M. 1992. Relationships among the Mexican races of maize. *Econ. Bot.* 46: 72-85.
34. Sánchez-Toledano, B. I.; Kallas, Z.; Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 49(2): 269-287.
35. Serratos, H. J. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Editorial Review. Greenpeace México*. D. F. 33 p.
36. Serratos, H. J. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Editorial Review. Greenpeace México*. D. F. 6-37.
37. SIAP. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado 05 diciembre 2015.
38. SIAP. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado 05 diciembre 2015.
39. SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado 05 diciembre 2015.
40. Turrent, F. A.; Wise, T. A.; Garvey, E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. 2-36.
41. Valdés, J.; Flores, H. 1984. Historia de las plantas de Nueva España. Comisión editora de las obras de Francisco Hernández. Comentarios a la obra de Francisco Hernández. 1570-76. México: UNAM. Disponible en: <http://www.ibiologia.unam.mx/plantasnuevaspana/prologo.html> (fecha de consulta: 21/04/2019).
42. Valdes Salazar, R. 2018. Measuring market integration and pricing efficiency along regional maize-tortilla chains of Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 279-292.
43. Valero, T.; González, J. M.; Soriano, J. J.; López, P. 2010. Oportunidades para la conservación, mejora y producción de las semillas campesinas. En: *De Agroecología, V. E. I.* 2010. 6-9 de octubre 2010. In *Actas del IX Congreso de SEAE: Calidad y seguridad alimentaria*. Lleida. 5(9): 226.
44. Van Heerwaarden, J.; Hellin, J.; Visser, R. F.; van Eeuwijk, F. A. 2009. Estimating maize genetic erosion in modernized smallholder agriculture. *TAG. Theoretical and Applied Genetics*. 119(5): 875-888. Disponible en: <http://doi.org/10.1007/s00122-009-1096-0>. Consultado 21 diciembre 2017.
45. Vázquez-Carrillo, M. G.; Guzmán-Báez, L.; Andrés-García, J. L.; Márquez-Sánchez, F.; Castillo-Merino, J. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(4): 231-238.
46. Villarreal, D. Z.; Marín, P. C. G. 2008. El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista de Geografía agrícola*. (41): 85-113.

AGRADECIMIENTO

Este artículo se elaboró como parte de los resultados del proyecto: Caracterización socio-agronómica de maíces locales con potencial de uso múltiple en la Frailesca, Chiapas; financiado por SEP-CONACYT en su convocatoria CB2015, y cuyo responsable técnico es el primer autor. Por lo anterior, se agradece al personal del CONACYT y de MasAgro-CIMMYT, así como a los productores, estudiantes e investigadores con quienes se trabaja y colabora a través de este proyecto de investigación.

Potencialidades, desafíos y limitaciones de la investigación agroecológica como un nuevo paradigma en las ciencias agrarias

Potentialities, challenges and limitations of agroecological research as a new paradigm in agricultural sciences

Santiago J. Sarandón

Originales: *Recepción:* 09/04/2018 - *Aceptación:* 26/11/2018

RESUMEN

La investigación científica aplicada a las ciencias agrarias en los últimos 50-60 años ha generado una agricultura altamente productiva y rentable, pero con grandes consecuencias ambientales y sociales. El predominio de un enfoque cortoplacista y reduccionista, que no tiene en cuenta los costos sociales y ambientales ha dado, como resultado previsible, este modelo insustentable. Se requiere un nuevo paradigma en las ciencias agrarias que contemple y minimice los impactos ambientales y sociales a largo plazo y genere una agricultura más inclusiva. Este nuevo paradigma tiene 3 componentes interrelacionados: a) la sustentabilidad, b) la complejidad y c) la incertidumbre. La Agroecología surge como ese nuevo paradigma y concepción de la investigación. Desde este nuevo paradigma este artículo reflexiona sobre los temas a investigar, el perfil y formación de los investigadores y las características de las Instituciones y si sirven las metodologías diseñadas y utilizadas comúnmente por la investigación y la extensión.

Palabras clave

paradigma científico • ciencia posnormal • agricultura sustentable • agroecosistemas

Universidad Nacional de La Plata. CIC-Facultad Cs. Agrarias y Forestales. Agroecología.
Argentina. CC 31. 1900. La Plata. Argentina. sarandon@agro.unlp.edu.ar

ABSTRACT

The scientific research applied to the agrarian sciences in the last 50-60 years has generated a highly productive and profitable agriculture, but with great environmental and social consequences. The predominance of a short-term and reductionist approach, which does not take into account social and environmental costs, has resulted in this unsustainable model. A new paradigm in agrarian sciences is required that contemplates and minimizes long-term environmental and social impacts and generates more inclusive agriculture. This new paradigm has 3 interrelated components: a) sustainability, b) complexity and c) uncertainty. Agroecology emerges as that new paradigm and conception of research. From this new paradigm this article reflects on the topics to be investigated, the profile and training of the researchers and the characteristics of the Institutions and if they serve the methodologies designed and commonly used by research and extension.

Keywords

scientific paradigm • post-normal science • sustainable agriculture • agro-ecosystems • teaching

INTRODUCCIÓN

La investigación científica aplicada a la agricultura en los últimos 50-60 años, desarrollada y llevada a cabo en las Instituciones de Investigación, con financiamiento del estado nacional o provincial, ha generado conocimientos y un gran número de publicaciones. Esto se han traducido en el desarrollo de tecnologías que han dado, como producto final, un modelo altamente productivo (por unidad de superficie) y, aparentemente, muy rentable (37). Sin embargo, este modelo está en crisis porque presenta una serie de características negativas, que lo definen como: 1) insostenible ambiental y socialmente y 2) no trasladable o aplicable a un amplio número (la mayoría) de los agricultores (41).

La crisis ambiental ha alcanzado hoy tal magnitud y visibilidad, que aquello que se negaba enfáticamente hasta hace muy poco, ha comenzado a ser finalmente admitido como una realidad preocupante. En las ciencias agropecuarias se ha señalado que el paradigma de la revolución verde está agotado y superado desde hace tiempo, porque no tuvo en cuenta las externalidades ambientales negativas generadas por el uso intensivo de fertilizantes y agroquímicos para controlar plagas y enfermedades (24).

También se asume el carácter excluyente de este modelo, al reconocer el gravísimo error de no priorizar la generación de tecnologías de bajo costo adecuadas para las circunstancias de escasez de capital y adversidad físicoproductiva de la gran mayoría de los productores agropecuarios (23). Esta característica, común a toda Latinoamérica, ha sido evidente también en la Argentina, donde el gran desarrollo tecnológico producido en las últimas décadas estuvo centrado principalmente en tecnología de insumos y capital intensiva, lo que desplazó al sector de pequeños productores familiares considerada parte de un sector social relevante (25). El hecho que los agricultores familiares representen aproximadamente el 71% de los agricultores en la Argentina, el 84% en Brasil y el 74% en el Uruguay, nos invita a reflexionar e indagar acerca del rol que ha tenido la investigación en la generación de conocimientos y tecnologías, y asociado con esto, a discutir sobre la formación de los investigadores.

A pesar de que existe un reconocimiento creciente de las consecuencias negativas del modelo predominante, aún no ha sido suficientemente analizada la responsabilidad y el rol que la ciencia (y los investigadores) han tenido y tienen en el logro de sistemas más sostenibles. Mientras algunos consideran que estas consecuencias negativas son producto de una mala aplicación de una buena tecnología, otros consideran que esto se debe en definitiva a un enfoque, a un marco conceptual equivocado (40). Esto pone en disputa dos paradigmas: por un lado, un enfoque aún predominante: simplista, reduccionista y cortoplacista y, por otro lado, un paradigma emergente, aún en construcción, que valora lo sistémico, holístico, lo interdisciplinario, y donde la preocupación por las futuras generaciones, la complejidad (31) y la incertidumbre son los rasgos distintivos. Este es justamente el escenario de una

ciencia posnormal, concepto propuesto por Funtowicz y Ravets (1993) en oposición a la idea de ciencia normal señalado por Khun (2004), donde la ciencia y la incertidumbre son manejadas automáticamente, los valores no son manifestados y los problemas fundamentales no son escuchados. En respuesta al colapso de esta “normalidad” (14) aparece un tipo de ciencia llamada posnormal en la cual la incertidumbre no es negada sino manejada, los valores no son presupuestos sino explicitados y el modelo para el argumento científico no es una deducción formalizada sino un diálogo interactivo.

Este es el nuevo escenario de las ciencias agropecuarias en la cual los agroecosistemas comienzan a ser percibidos como un tipo de ecosistema de gran complejidad, lo que lleva a admitir que no es posible conocerlos totalmente y eliminar la incertidumbre y que jamás se podrá alcanzar un saber total (31). Se requiere entonces una nueva epistemología, una epistemología del sur, como señala Boaventura de Sousa Santos (2011), para abordar este desafío. Esta propuesta surge ante la crisis de la modernidad, que requiere otra forma de encarar la ciencia debido a que el paradigma de la ciencia normal tiene muchas “ausencias” o negaciones (35). Según este autor, no necesitamos buscar alternativas, sino más bien maneras alternativas de pensamiento, para lo que propone entonces una nueva epistemología o, más precisamente, nuevas epistemologías, basadas en las ecologías de los conocimientos y la traducción intercultural.

La incorporación de este nuevo paradigma en las ciencias agronómicas, tanto en la generación de nuevos conocimientos, como en la formación de profesionales-científicos (38) es uno de los mayores desafíos de la actualidad. La Agroecología surge como ese paradigma adecuado para generar y validar conocimientos adecuados a una agricultura sustentable. Por su característica de enfoque holístico y sistémico y su carácter pluriepistemológico, como nueva matriz disciplinar (8), busca romper con el aislamiento de las ciencias y de las disciplinas generado por el paradigma cartesiano, y puede resultar particularmente adecuado para este desafío. Sin embargo, esto no resulta sencillo en un escenario donde los investigadores, las universidades que los forman y las instituciones de investigación aún se encuentran bajo un claro dominio del paradigma de la simplicidad.

La hipótesis que aquí se ensaya es que la Agroecología constituye el marco adecuado para realizar una investigación que conduzca hacia agroecosistemas sustentables; pero que su aplicación aún requiere vencer varios desafíos. El objetivo de este artículo es demostrar, por un lado, la relación entre los problemas de la agricultura y el modelo de ciencia aplicado y, por el otro, analizar las potencialidades y los desafíos y limitaciones que presenta una investigación con enfoque agroecológico en el logro de agroecosistemas sustentables.

LAS CAUSAS

El modelo con que las Universidades en general, pero particularmente las de las ciencias agrarias en particular, han formado tradicionalmente y forman a los profesionales, se ha traducido en una forma de entender la docencia, la investigación y la extensión, las que se retroalimentan continuamente (38). Por un lado, estos profesionales en su rol de docentes, reproducen el mismo modelo y, por el otro, en su rol de científicos, generan tecnologías que, si bien permiten lograr una alta productividad (en ciertas condiciones de buena disponibilidad de insumos), no son sustentables ni resultan accesibles para todos los agricultores. El sistema de evaluación y categorización de los docentes-investigadores de las universidades argentinas incorporado en los últimos años, privilegiando su “producción científica” medida a través de la publicación de artículos científicos en revistas internacionales de alto nivel, es un ejemplo de ello. Por otra parte, en general, en estas instituciones, aún predomina una visión difusionista y paternalista hacia los agricultores, a quienes se los ve solo como destinatarios de nuestras investigaciones, negándoles un conocimiento propio y valioso (38).

Admitidos los graves problemas de la agricultura moderna, es importante analizar si ellos son consecuencia de una mala aplicación de una buena idea, un buen modelo, o, por el contrario, existe un problema en su génesis. En muchos científicos, prevalece aún la idea que la ciencia es neutra y que genera y ha generado buena tecnología y que han sido los agricultores los que la han aplicado mal, o los extensionistas quienes no han logrado los niveles de adopción esperados. Sin embargo, es necesario analizar si no existe un problema en la

génesis de este conocimiento ¿Es posible que 50 años de buena ciencia hayan generado una mala tecnología? Para contestar esta pregunta hay que analizar el paradigma bajo el cual se ha desarrollado la enseñanza, la investigación y la extensión en el área agropecuaria. En este sentido, tal como lo señala Kuhn (2004) en su libro "La estructura de las revoluciones científicas", la ciencia se desarrolla generalmente en lo que denomina "períodos normales". Durante estos períodos de "ciencia normal", la comunidad científica actúa siguiendo un modelo o paradigma generalmente aceptado, aunque a veces, en forma no conciente. Según Morin (1990), estos mecanismos funcionan comandados por principios supralógicos de organización del pensamiento o paradigmas que gobiernan nuestra visión de las cosas sin que tengamos conciencia de ello. El paradigma que ha dominado la investigación (y a los científicos) en las ciencias agropecuarias puede resumirse en las siguientes características (38): a) Dominio sobre la naturaleza, b) Enfoque productivista y cortoplacista, c) Visión atomista y/o reduccionista prevaleciente en los científicos y profesionales como forma de entender la realidad, d) Evaluación inadecuada del éxito económico de las actividades agropecuarias ignorando costos ambientales, e) Valorización del conocimiento científico: desvalorización del conocimiento no científico (campesinos, agricultores), f) La modernización como un valor positivo en sí mismo frente al atraso, g) Neutralidad, superioridad e infalibilidad (brinda certezas) de la Ciencia, h) El conocimiento es general, no situado: lo local no es importante, i) Excesiva confianza en la tecnología, j) La ética como valor "difuso" en la formación de los profesionales, investigadores y técnicos y k) Las publicaciones científicas son un objetivo casi excluyente para el investigador y para muchas instituciones.

La idea de dominio de la naturaleza por parte de los seres humanos, está profundamente arraigada en la mayoría de nosotros y, por supuesto, se da también en la ciencia normal, concebida como una tentativa tenaz y ferviente de obligar a la naturaleza a entrar en los cuadros conceptuales proporcionados por la educación profesional (26). Esta relación inapropiada del ser humano con la naturaleza ha sido denominada por Sevilla Guzmán *et al.* (2000) como el "pecado original de la Ilustración".

La arrogancia de la ciencia moderna como única forma de conocimiento es otra de las características del paradigma dominante. El erigirse como una única forma de conocimiento implica relegar a no conocimiento todo aquello que no se adapta a este modelo de pensamiento. Boaventura de Sousa Santos (2011) señala a esta monocultura del saber y el rigor del saber como un modo de producción de no existencia muy poderoso. Añade que la ciencia moderna se ha constituido en criterio único de verdad y se arroga ser canon exclusivo de producción de conocimiento. Todo lo que el canon no legitima o reconoce es declarado inexistente (35). Otras lógicas prevalecientes son la de la monocultura del tiempo lineal, que declara atrasado todo lo que es asimétrico en relación a lo moderno, y la lógica de lo global o universal en contraposición a lo local o particular (35). Por otra parte, la epistemología positivista ha generado saberes excluidos, como el saber cotidiano, el saber campesino, el saber indígena amerindio, el afronegro americano y el saber femenino (12). Estas concepciones están aún muy presentes en la mayoría de los científicos y han tenido una enorme influencia en el tipo de ciencia (y tecnología) que ha predominado en el área agropecuaria. La tecnología generada no es entonces la única posible, sino la que surge de estos paradigmas, lo que implica que hay entonces otros conocimientos, ocultos, relegados, prohibidos. En este sentido, es importante el aporte de Proctor y Schiebinger (2008) quienes acuñan el concepto de Agnotología, como la construcción y/o la promoción deliberada de la ignorancia por aquellos grupos de poder que están interesados en que algo no se pueda conocer o se conozca de una manera equivocada. Dieleman (2012) señala que estos autores y Sullivan & Tuana (2007) abordan la ignorancia como una faceta importante pero hasta ahora no desarrollada de la epistemología. Estos segundos autores examinan el complejo fenómeno de la ignorancia, analizando e identificando diferentes formas de ignorancia, examinando cómo se producen y se sostienen y cuál es el rol que juegan en las prácticas de generación del conocimiento (43). Posteriormente, Frickel *et al.*, (2010) incorporan la idea de "Undone science", ciencia no realizada, que se refiere a aquellas áreas del conocimiento que han sido dejadas incompletas, no subsidiadas, o generalmente ignoradas pero que son identificadas por los movimientos sociales o las organizaciones de la sociedad civil como merecedoras de un esfuerzo para lograr más investigación.

La investigación desarrollada en las ciencias agrarias con predominio de este enfoque, bajo este paradigma aún predominante en las instituciones de investigación y en la mente de la mayoría de los investigadores, ha dado, como resultado previsible, este modelo de agricultura, altamente productivo, pero insustentable y no accesible a todos los agricultores. Por lo tanto, dentro de este paradigma, no hay solución. En estos casos, cuando comienza a percibirse la inseguridad generada por el fracaso persistente de la ciencia normal para dar resultados apetecidos, es necesario un cambio de paradigma (26). El “colapso” de la normalidad, es el que sirve de preludio a la búsqueda de otras nuevas reglas (26). Sin duda, estamos en esta situación.

Cuando esto ocurre no sirve de mucho crear institutos, incorporar más investigadores y/o entregar grandes subsidios de dinero para el abordaje de temáticas ambientales o con especial énfasis en la agricultura familiar, si no existe un cambio profundo en el enfoque con que se va a hacer la investigación. La falta de comprensión sobre la necesidad de un nuevo abordaje de las ciencias agropecuarias puede conducir a resultados insatisfactorios, aun en aquellos casos donde exista una manifiesta voluntad política de cambio.

LA NECESIDAD DE UN NUEVO PARADIGMA EN LAS CIENCIAS AGROPECUARIAS

El logro de un modelo de agricultura más sustentable y humano, requiere reemplazar este enfoque cortoplacista, productivista (y excluyente), que no tiene en cuenta los costos ambientales y sociales, por uno sustentable, que contemple y minimice los impactos ambientales y sociales a largo plazo y genere una agricultura aplicable a un mayor número de agricultores. Pero esto no es sencillo: este nuevo paradigma tiene 3 componentes novedosos e interrelacionados que representan todo un desafío para los científicos y sus instituciones: a) **la sustentabilidad**, b) **la complejidad** y c) **la incertidumbre** (39).

El primero de ellos, lo que llamamos la **sustentabilidad** es la aparición (y aceptación) de nuestro compromiso ético con las futuras generaciones (los que aún no han nacido) y, por supuesto, con las actuales. A partir de la irrupción del concepto de desarrollo sostenible (48) aparece un nuevo objetivo que no estaba suficientemente explícito previamente: preservar para las futuras generaciones. A pesar de su concepción “ecotecnocéntrica” de desarrollo (1), introduce un nuevo concepto: el de la solidaridad con las generaciones futuras. La incorporación de este objetivo significa ampliar los horizontes temporales mucho más allá del cortoplacismo dominante. Y nos desafía a ser capaces de restringir nuestro disfrute si este va en contra de la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Incorporar esto en la investigación es un desafío complejo por el cortoplacismo dominante y porque, como hemos señalado, la ética no está aún suficientemente presente en la tarea de investigación ni en la formación de profesionales de las ciencias agronómicas (37).

El otro desafío es el de la incorporación de **la complejidad**. La idea que puede entenderse el mundo, o la naturaleza, simplificándolo o dividiéndolo en sus partes constitutivas, bajo los principios de la disyunción, reducción y abstracción (31), ha predominado claramente en las ciencias. Hoy se reconoce, sin embargo, que esto no es posible y que, para entenderlos, es necesario abordar los sistemas en su verdadera complejidad. Una de las razones de la difusión generalizada de este enfoque reduccionista ha sido la enorme influencia de René Descartes cuando, con la publicación del *Discurso del Método* en 1637, sienta las bases del racionalismo científico moderno. Según este, para comprender y conocer un problema complejo hay que reducirlo a sus partes más simples. Del análisis individual de cada una de las partes, podrá llegarse luego a la comprensión del todo. Bajo esta idea, aún vigente en casi todas la universidades de la Argentina y de Latinoamérica, la sumatoria de conocimientos de la realidad parcializada permitirá encontrar soluciones a problemas complejos. Sin embargo, la realidad es mucho más que la suma de las partes y, precisamente, los sistemas agropecuarios son mucho más complejos de lo que creíamos hasta hace un tiempo. Morin (1990) cuestiona severamente este enfoque (que denomina el paradigma de la simplificación), para entender la realidad o realidades y señala que los modos simplificadores del conocimiento mutilan más que expresan, esas realidades. Es importante aclarar que los sistemas complejos no son simplemente más “complicados”, sino que, por su propia naturaleza implican profundas incertidumbres y una pluralidad de perspectivas legítimas (30).

Es complejo aquello que no puede resumirse en una palabra, que no puede reducirse a una idea simple (31). Esta es justamente la característica de los sistemas agropecuarios, son sistemas ecológicos, (de un tipo especial: el agroecosistema), con toda la complejidad que esto implica, con numerosos componentes interrelacionados entre sí y dentro de una matriz sociocultural. Como señala Paiva Cabrera (2004), la realidad que percibimos cada día, trae inmersa los aires de la complejidad, de lo global, lo contextual y lo multidimensional.

Ante esta realidad, “la visión reduccionista, analítica, que divide los sistemas en aun más pequeños elementos, los que son estudiados por aun más “esotéricos” especialistas, está siendo reemplazada por un enfoque sistémico, sintético y humanístico” (14). Se requiere un cambio de un pensamiento simplista, reduccionista y mecanicista, a un pensamiento de la complejidad, que permita enfrentar el desafío ambiental (27); un pensamiento multidimensional (31). Esto es lo que Funtowicz y Ravetz (1993) llaman ciencia posnormal, que se da cuando se observa el colapso de la normalidad, y cuando la calidad de los datos es dudosa, la incertidumbre es elevada y hay mucho puesto en juego en las decisiones. En la ciencia posnormal, la incertidumbre no es rechazada sino manejada. Y es aquí donde surge la importancia de las opiniones y la participación de todos los que, de alguna manera, pueden verse afectados por las decisiones. En condiciones de complejidad, incertidumbre y dificultades de evaluación, delimitación, imputación y compensación, la participación del público en los procesos de decisión adquiere una nueva racionalidad (30). Un ejemplo de esto es el análisis de las consecuencias de la liberación de los organismos genéticamente modificados, como entidades que se auto replican y que, por lo tanto, no pueden luego ser eliminadas del ambiente, como sí puede hacerse, hasta cierto punto, con los pesticidas. El otro es el de la toxicidad de los pesticidas que ha motivado en la Argentina la prohibición de su aplicación en las cercanías de zonas urbanas en muchos pueblos de la región sojera.

Es cierto que la simplificación de esta complejidad y el abordaje disciplinario permitieron realizar investigaciones y generar mucha información y publicaciones. Pero aún es una asignatura pendiente entender la realidad (o las realidades). Y estas realidades requieren una aproximación interdisciplinaria que ayude a abordar las diferentes dimensiones, sociales, económicas, ecológicas, culturales que contiene, como señala García (1994). A pesar del reconocimiento creciente que la investigación interdisciplinaria resulta vital si queremos enfrentar las diversas necesidades de la sociedad moderna (32), en la realidad no es un objetivo sencillo de alcanzar. Por ejemplo, en Australia, los proyectos interdisciplinarios tienen mucho menos financiamiento que los proyectos de campos más estrechos o específicos debido, entre otras causas, a la falta, en las instituciones evaluadoras, de equipos o de indicadores que puedan analizar correctamente estos proyectos y evaluar sus productos (6). Esto lleva, según estos autores, a la “paradoja de la interdisciplinarietà”: los proyectos interdisciplinarios son fomentados a nivel político, pero poco recompensados a nivel de subsidios.

Por último, y estrechamente asociado a la noción de complejidad, aparece **la incertidumbre**: el reconocimiento que esta complejidad nos obliga a descartar la idea que la ciencia puede dar certezas. Este es, tal vez, uno de los aspectos más difíciles de aceptar, ya que hemos sido formados en la idea de que la ciencia es precisamente lo que nos permite eliminar la incertidumbre y despejar las tinieblas de la ignorancia. Los graves problemas ambientales que enfrentamos son una clara demostración de las limitaciones de nuestra capacidad de control y previsión. La complejidad de lo que queremos entender es tal que debemos ser más humildes en nuestras expectativas de certeza. Por ejemplo, definir y evaluar los niveles de biodiversidad funcional necesarios para fortalecer ciertos procesos ecológicos (entre ellos, la regulación biótica de las poblaciones de plagas en los agroecosistemas) resulta tan complejo e influenciado por una enorme cantidad de variables, muchas de ellas de carácter local, que difícilmente logremos entenderlos totalmente (22). La complejidad y la incertidumbre están estrechamente asociadas (31), la complejidad siempre está relacionada con el azar. Por esta razón, en las sociedades contemporáneas, los científicos no pueden seguir garantizando certidumbre y deben compartir sus dudas con el público (30). De alguna manera, esta nueva realidad ha sido contemplada y plasmada en el principio de precaución introducido en la declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo (47), como un reconocimiento que la incertidumbre que nos rodea no debe impedirnos tomar decisiones. Los científicos no son más la única voz autorizada, la única opinión legítima. Ante la gravedad de las decisiones y la poca calidad y previsibilidad de la información científica, se hace necesaria una mayor democratización de la ciencia.

LA AGROECOLOGÍA: UN PARADIGMA SUPERADOR

La Agroecología surge como un nuevo paradigma que intenta superar este problema. Podemos definirlo como *“un nuevo campo de conocimientos, un enfoque, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica, y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y un fuerte componente ético, para generar conocimientos y validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables”* (36).

La Agroecología se consolida como enfoque científico en la medida en que este campo de conocimientos se nutre de otras disciplinas científicas, así como de saberes, conocimientos y experiencias de los propios agricultores y agricultoras, lo que permite el establecimiento de marcos conceptuales, metodológicos y estratégicos con mayor capacidad para orientar, tanto el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables, como los procesos de desarrollo rural sustentable” (7). Como matriz disciplinar, busca aportar las bases para un nuevo paradigma científico, que, a diferencia del paradigma convencional de la ciencia, busca ser integrador rompiendo con el aislamiento de las ciencias y de las disciplinas generado por el paradigma cartesiano (8). La Agroecología, como enfoque científico, pluriepistemológico, pretende diferenciarse no solo por el objeto de estudio (los agroecosistemas; sistemas socioecológicos) sino también, por el modo de hacer investigación. Esto le da un enorme potencial, pero también implica un enorme desafío: lograr un cambio de paradigma. Boaventura de Sousa Santos (2011) propone una nueva epistemología, las epistemologías del Sur como un reclamo de nuevos procesos de producción y de valoración de conocimientos válidos, científicos y no científicos, y de nuevas relaciones entre diferentes tipos de conocimiento y propone una ecología de saberes. La Agroecología posee características que la hacen adecuada para este desafío porque, entre otras cosas: a) Valora y promueve el pensamiento complejo, b) Propone objetivos a largo plazo, c) Tiene un abordaje holístico y sistémico, d) Admite que existen varios modos de hacer agricultura: múltiples objetivos, múltiples realidades, e) Entiende el uso múltiple del territorio: no solo es para producir, f) Considera que lo local es importante, valorando el conocimiento situado y empírico de los agricultores y las agricultoras, g) Valora la inclusión del enfoque de género, h) valora el conocimiento científico, y de otro tipo (pluriepistemológico), i) Reconoce la necesidad de un abordaje interdisciplinario, j) Considera a la ética como un valor trascendente e importante en la ciencia, k) Acepta la incertidumbre como realidad y trata de manejarla, l) Reconoce el derecho de los afectados a participar de la toma de decisiones.

La Agroecología reconoce que el conocimiento científico, general, teórico es valioso y compatible y complementario del conocimiento local, situado y muchas veces empírico que caracteriza a los agricultores y agricultoras. Esta racionalidad ecológica presente en agricultores y campesinos de diferentes países, entendida como la capacidad de adaptar las características de sus agroecosistemas a las condiciones del medio aumentando su resiliencia mediante un manejo localmente adecuado de los recursos, ha sido reconocido por numerosos autores (2, 18, 20, 45) y constituye un pilar para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.

La necesidad de complementar conocimientos o saberes, es un incentivo a la colaboración entre científicos y agricultores, a través de una investigación participativa, para reducir la brecha entre la teoría científica y las prácticas de los agricultores. Esto ha sido llevado a cabo con muy buen resultado en el África Sub Sahariana, de gran pobreza (42). Aquí se reconoce que este análisis conjunto y previo del impacto de la investigación entre científicos y agricultores es una valiosa herramienta para facilitar la comprensión del complejo contexto socio ambiental de las comunidades locales como también de las estructuras de pensamiento e intercambio de información.

LOS NUEVOS DESAFÍOS

La necesidad de un nuevo paradigma para la investigación en las ciencias agropecuarias nos obliga a reflexionar acerca de la validez de los temas a investigar, sobre el perfil que deben tener los investigadores y las mismas instituciones, sobre su organización, estructura y mecanismos de evaluación de los investigadores. También incorpora la discusión sobre

cómo debe ser y dónde debe tener lugar la formación de los mismos, y si sirven las metodologías diseñadas y utilizadas comúnmente por la investigación y la extensión. Estas preguntas podríamos agruparlas en: a) ¿Qué investigar? ¿Dónde buscar las preguntas a abordar? b) ¿Cómo investigar? c) ¿Dónde investigar? d) ¿Quiénes deben o pueden investigar? ¿Cuál es el rol de los extensionistas, de los agricultores, de los técnicos de terreno?, e) ¿Para quiénes o para qué debe servir la investigación? Y, finalmente f) ¿Dónde y cómo formamos a esos investigadores?

Un interrogante básico que surge es si debe hacerse nueva investigación o solo se necesita transferir los conocimientos ya existentes. Es decir, ¿es necesario hacer nueva investigación? Si es así: ¿se deben abordar temas básicos o aplicados? Por otro lado, si la investigación debe ser más cercana a las necesidades de la sociedad: ¿cómo conocer lo que hace falta investigar?

Sobre si es necesario hacer una nueva investigación o no, debemos entender que la Agroecología no pretende reemplazar el paquete químico propuesto por la revolución verde por otro paquete o recetas ecológicas. La disminución del uso de insumos implica un rediseño de los agroecosistemas para fortalecer las funciones ecológicas presentes en los agroecosistemas. Esto requiere nuevos conocimientos para comprender su funcionamiento y, entre otros, el rol ecológico de la biodiversidad, su íntima relación con aspectos culturales y las formas de valorarla y cuantificarla (22, 29, 44). El problema es que estos temas no han sido, en general, una prioridad de los sistemas de investigación agropecuarios y, por lo tanto, aunque existen trabajos sobre estos temas, no han sido suficientemente estudiados por la ciencia convencional agronómica. En este sentido, adquieren plena vigencia los conceptos de ciencia no realizada mencionada por Fickel *et al.*, (2010) y por Proctor y Schiebinger (2008) y Sullivan y Tuana (2007) sobre la construcción de la ignorancia y el no conocimiento. Por otro lado, cuando se han abordado aspectos relacionados con la biodiversidad, en general, se han hecho desde un enfoque de la simplicidad.

Otro de los desafíos de la investigación con enfoque agroecológico es determinar cuáles son los temas que hay que investigar. Asumiendo que exista un interés genuino por acercarse a la investigación a las necesidades de la sociedad. ¿Cómo saber el tipo de conocimiento que hace falta? ¿Quién se encarga de recoger estas inquietudes? El predominio del enfoque difusionista de generación y transferencia de tecnologías desde las instituciones científicas, que son las que generan la tecnología para los agricultores, que la reciben, generó una escasa preocupación y débiles mecanismos para detectar los problemas o temas de investigación. En teoría, existen tres actores que podrían encargarse de recoger estas inquietudes: los investigadores, los extensionistas y los agricultores. Sin embargo, ninguno de los tres actores está preocupado (ni preparado) para este objetivo. Los investigadores están preocupados por publicar (o “perecer”): de alguna manera, en los sistemas de ciencia y técnica se les va la vida (la académica) en esto. No han desarrollado mecanismos ni tampoco mucho interés en saber qué es lo que necesita la sociedad. Como señala García-Quero (2014) para la realidad española, pero que podría aplicarse a otros países: *“La universidad está inmersa en un proceso que aniquila intelectuales y los convierte en un nuevo tipo de ser académico cuyo fin último es hacer “papers” sin pausa, sin poso y sin reflexión”*. La visión de Morin (1990) sobre el rol de las universidades es mucho más dura al señalar que dentro del enfoque reduccionista prevaleciente, la universidad produce una cretinización de alto nivel. En este escenario no hay interés, ni tiempo para preocuparse por los problemas de los agricultores.

Los extensionistas, por otra parte, tampoco están muy bien preparados para este desafío porque han sido formados para transferir y no para recoger e interpretar los problemas de los agricultores como preguntas de investigación. Como señala Caporal (2009b), para la realidad de Brasil, este fue precisamente el objetivo buscado: *“no fue por casualidad que, a lo largo de las décadas de la Revolución Verde, la calificación profesional de los extensionistas estuvo basada en metodologías difusionistas y tecnologías insumo-dependientes (a los paquetes tecnológicos de la modernización conservadora de la agricultura)”*.

Y, finalmente, los propios agricultores, están inmersos en un modelo que los ha predisposto para adoptar y recibir la tecnología y no para pensar y traducir problemas en buenas preguntas que den origen a investigaciones. Un ejemplo de esto se observa en La Plata, una de las principales regiones de producción hortícola de la Argentina, con el crecimiento de la superficie bajo invernáculo (5). La adopción del sistema de producción bajo invernáculo

significa la adopción de un paquete tecnológico que incluye el fertirriego, donde la dosificación de los nutrientes y el riego por goteo muchas veces es manejada mediante computadoras. En este sentido, este avance tecnológico ha significado un alejamiento del agricultor respecto de su sistema productivo, haciéndolo menos dependiente de su propio conocimiento (menor capacidad de autogestión) y más de las tecnologías de insumos produciendo un quiebre en la relación entre la cultura y el manejo de los recursos (4), generando una erosión cultural y una gran dependencia (45). Esto es lógico porque, tal como se señalaba anteriormente, en períodos de ciencia normal, esta opinión “no científica” no tenía validez alguna. Una investigación con enfoque agroecológico requiere redefinir este rol empoderando a los agricultores que deben recuperar su rol de investigadores e innovadores.

Uno de los principales desafíos que se presentan para la Agroecología es decidir cómo debe realizarse la investigación. A diferencia de muchas disciplinas científicas que se reconocen por su objeto de estudio, como la Fisiología Vegetal, la Edafología o la Microbiología, entre otras, la Agroecología pretende, además, diferenciarse por la forma en que se hace la investigación. No solo el qué, sino el cómo. ¿Existe entonces una metodología agroecológica diferente de la metodología clásica, o esta última resulta válida, con un enfoque diferente? Por un lado, la diferencia con la investigación predominante radicaría en la detección y planteo del problema (el enfoque): el qué investigar y para quién se traduce luego en el análisis de los alcances de los resultados. Con un enfoque reduccionista, productivista y cortoplacista, la elección de los temas a abordar y la interpretación de los resultados tendrá estas características. Pero el análisis de estos mismos resultados, a la luz de un enfoque mucho más amplio, de un pensamiento complejo, resultará sumamente enriquecedor (40). Esta discusión se traslada también a las formas de entender y analizar la complejidad.

En este sentido, ha comenzado a relativizarse el papel de la estadística como un indicador inexorable de la calidad científica de una investigación. Durante mucho tiempo, los científicos se veían obligados a recortar la realidad en el marco de la rigidez y limitaciones de los test estadísticos, so pena de no ser científico. En muchos casos, este recorte posibilitaba las publicaciones en revistas científicas, pero abordando solo parcialmente la realidad. Lo que hoy se requiere no es ya amoldar la realidad al instrumento (estadística), sino desarrollar instrumentos más flexibles y poderosos para analizar la realidad en su verdadera complejidad. Esta es precisamente, una de las grandes preocupaciones de la investigación agroecológica. Como ejemplo puede mencionarse el creciente desarrollo y uso de indicadores de sustentabilidad como un instrumento que permite simplificar la multidimensión de la sustentabilidad en valores objetivos y claros que ayudan a tomar decisiones al respecto. Hoy esta metodología, cuestionada al principio, está ampliamente difundida y aceptada en publicaciones científicas (3, 46).

Otro aspecto, asociado al anterior, que se presta a discusión, es dónde debe realizarse la investigación. Existe, en general, una fuerte crítica hacia la investigación de carácter universal, realizada en grandes estaciones experimentales o en los predios y laboratorios de las universidades. Este tipo de investigación, en condiciones controladas, con solo algunas pocas variables y con tamaños reducidos de parcelas, difícilmente permita entender y evaluar la complejidad de procesos que se dan en los sistemas agroecológicos reales, fuertemente influenciados por características locales y en otra escala espacial. Y donde, además, los aspectos relacionados con lo sociocultural son fundamentales. El trabajar en campos de agricultores permite entender muchos de estos procesos, aunque el hecho de que no sea posible controlar todas las variables como en una parcela experimental, resulta un enorme desafío para los científicos. Los estudios de caso son un ejemplo de este enfoque y son cada vez más frecuentes en las investigaciones del campo agroecológico. Aún así, para muchos, esto adolece de rigor científico. El desarrollo y validación de nuevas metodologías de abordaje y de estudios de la realidad compleja sin simplificarla, son algunos de los grandes desafíos que debe enfrentar la investigación agroecológica. También es importante la complementación entre las valoraciones cuantitativas (que permiten un mayor grado de objetivización) con las cualitativas que muchas veces permiten entender mejor la profundidad y los diversos matices de muchas decisiones. Sin embargo, a veces se instala una investigación en la parcela del agricultor, quien solo cumple el papel de invitado. Aunque se ha avanzado mucho en este aspecto aún queda mucho por aprender en metodologías adecuadas a una investigación agroecológica. La propuesta de la entrevista paisajística para poder evaluar el conocimiento situado de los/as agricultores/as es un ejemplo en este sentido (17).

LAS DIFICULTADES A VENCER

Uno de los aspectos limitantes para una investigación agroecológica es el aún escaso número de investigadores formados en este paradigma, con las herramientas conceptuales y metodológicas adecuadas para planear, dirigir y ejecutar una investigación con enfoque agroecológico. Esto es consecuencia lógica de un modelo de enseñanza universitaria occidental, en el cual también se forman los científicos, donde el enfoque de la Agroecología es una singularidad y donde aún predomina el paradigma de la simplicidad.

Sin dudas, las universidades tienen un rol fundamental en formar científicos que puedan cumplir con estos objetivos. Pero esto requiere mucho más que el simple agregado de nuevos contenidos “ecológicos” a los currículos profesionales (27, 36). Esta formación implica un nuevo paradigma, una nueva concepción de la relación del ser humano con la naturaleza, un nuevo modo de entender, de mirar y de investigar. La introducción de la dimensión ambiental (y sociocultural) en el sistema educativo, exige un nuevo modelo de docente, la formación es clave en el cambio que se propone (28). A pesar de los avances que se observan en muchas instituciones científicas y universidades, aún quedan muchos aspectos que limitan la formación de investigadores y dificultan la investigación con enfoque agroecológico, como, por ejemplo, a) Insuficiente masa crítica de docentes-investigadores y extensionistas formados con un enfoque holístico y sistémico, b) Incipiente desarrollo de metodologías adecuadas para el abordaje de la complejidad socioambiental, c) Rechazo a la existencia de conocimientos propios de los campesinos o agricultores, d) Estructuras compartimentalizadas inapropiadas para abordar la complejidad socioambiental, e) El objetivo de la investigación no es siempre la solución de problemas concretos sino, muchas veces, el prestigio científico, lograr el reconocimiento de sus pares o de la misma institución, f) Dificultades para el trabajo interdisciplinario, producto de una formación fuertemente disciplinar, g) Limitaciones para publicar en áreas o ciencias “emergentes”, más complejas, h) La incertidumbre: como algo difícil de aceptar y molesto, i) Mecanismos de evaluación de las instituciones inadecuados para los objetivos de una investigación, extensión o enseñanza con enfoque agroecológico, j) Criterios de “calidad” institucionales que no fomentan ni se adecuan a la conformación de equipos interdisciplinarios. k) No se tiene en cuenta la influencia ni la interrelación de los factores culturales, socioeconómicos, ecológicos, etc., sino meramente los biológicos-productivos, l) No se consideran las consecuencias (externalidades) de aplicación de la tecnología.

La estructura basada en disciplinas (cátedras, departamentos, asignaturas) y no por ejes de problemas, con un saber compartimentalizado, resulta claramente inapropiada para abordar la complejidad socioambiental. A su vez, esto está asociado al predominio de mecanismos institucionales de evaluación excesivamente enfocados a las publicaciones científicas (21) y su evaluación a través de indicadores de calidad supuestamente universales como el “factor de impacto” y otros, que no favorecen el trabajo interdisciplinario. Estos mecanismos tampoco favorecen el abordaje de áreas emergentes, más complejas y de difícil publicación, que representan un mayor riesgo que no todos los investigadores están dispuestos a correr. A pesar de todas estas dificultades, la creciente toma de conciencia del “colapso” del modelo de agricultura moderno es una excelente oportunidad para introducir el debate sobre estos temas en el seno de las instituciones de ciencia, lo que ya constituye todo un éxito.

CONCLUSIONES

La investigación científica aplicada a las ciencias agrarias en los años ha generado una agricultura altamente productiva y rentable, pero con grandes consecuencias ambientales y sociales. El predominio de un enfoque cortoplacista y reduccionista, que no tiene en cuenta los costos sociales y ambientales ha sido en gran parte responsable de este modelo insostenible. El logro de una agricultura más sustentable requiere de un nuevo rol de la investigación. El abordaje debe hacerse desde otro paradigma, el de la complejidad, desde la concepción de la ciencia posnormal donde la incertidumbre es elevada, la calidad de los datos dudosa y lo que está en juego es importante. La Agroecología, por sus características de matriz disciplinar pluriepistemológica, con fuerte contenido ético y un enfoque holístico y sistémico, puede ser el camino adecuado. Sin embargo, deben hacerse grandes esfuerzos aún para introducir este paradigma en instituciones (e investigadores) con fuerte arraigo del paradigma de la simplicidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso Mielgo, A.; Sevilla Guzmán, E. 1995. Sobre el discurso ecotecnocrático de la sostenibilidad. En A. Cadenas (Ed.) Agricultura y desarrollo sostenible. Madrid: MAPA, Serie Estudios.
2. Altieri, M. A.; Toledo, V. M. 2011. La revolución agroecológica en Latinoamérica. SOCLA. 34 p.
3. Astier, M.; Masera, O. 1996. Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad. MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable. Gira. Documento de Trabajo N° 17: 1-30.
4. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J.; Veiga, I. 2015. Impactos de la modernización tecnológica sobre dimensiones contextuales en el cinturón hortícola platense. Consecuencias para la Sustentabilidad. Memorias Del V Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata. 7, 8 y 9 de Octubre de 2015. A2-519. 6 p.
5. Blandi, M. L.; Rigotto, R. M.; Sarandón, S. J. 2018. Influencia de factores contextuales en la adopción de modelos de agricultura insustentables. La incorporación del invernáculo en agricultores platenses. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 50(1): 203-216.
6. Bromham, L.; Dinnage, E. Xia Hua. 2016. Interdisciplinary research has consistently lower funding succes. Nature. 534: 684-687.
7. Caporal, F. R.; Costabeber, J. A. 2004. Agroecologia: Alguns conceitos e principios. MDA/SAF/DATERIICA. Bibliotecaria Marileia Pinheiro Fabiao-CRB10/161. Brasília DF: 24 p.
8. Caporal, F. 2009a. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. En Roberto Caporal FR, Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade. Francisco Roberto Caporal (org.). José Antônio Costabeber. Gervásio Paulus. Brasília: 9-64.
9. Caporal, F. 2009b. Bases para uma política nacional de formação de extensionistas rurais. Francisco Caporal-Brasília. 55 p.
10. Descartes, R. 1637. El discurso del método. Reglas para la dirección de la mente. Ediciones Orbis. 1983. Argentina. 563 p.
11. Dieleman, S. 2012. Review Essay of 'Agnotology: The making and unmaking of ignorance.' Robert Proctor and Londa Schiebinger (editors) and 'Race and epistemologies of ignorance.' Shannon Sullivan and Nancy Tuana (editors). The social epistemology review and reply Collective social-epistemology.
12. Freyre Roach, E. F.; Ramos Lamar, A. 2012. El giro hacia los saberes excluidos. Revista entreideas. Salvador. 1: 27-43.
13. Frickel, S.; Gibbon, S.; Howard, J.; Kempner, J.; Ottinger, G.; Hess, D. J. 2010. Undone Science: charting social movement and civil society challenges to research agenda setting. Science, Technology, & Human Values. 35(4): 444-473.
14. Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. 1993. Science for the post-normal age. Futures. 739-755.
15. García, R. 1994. Interdisciplinariedad y sistemas complejos. En: Ciencias Sociales y Formación Ambiental. E Leff (compilador). Editorial Gedisa. Barcelona. España. 85-124.
16. García Quero, F. 2014. Crisis y Universidad: de intelectuales a hacedores de "papers". Zona Crítica. http://www.eldiario.es/autores/economistas_sin_fronteras/30/5/2014.
17. Gargoloff, N. A.; Albadalejo, C.; Sarandón, S. J. 2011. La entrevista paisajística: un método para situar las prácticas y saberes de los agricultores. Cuadernos de Agroecología. 6(2). Dez 2011. Resumen Expandido N° 10906. 5 p.
18. Gliessman, S. R.; Rosado-May, F. J.; Guadarrama-Zugasti, C.; Jedlicka, J.; Cohn, A.; Méndez, V. E.; Cohen, R.; Trujillo, I.; Bacon, C.; Jaffe, R. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Ecosistemas. 16(1): 13-23.
19. Guzmán Casado, G.; González de Molina, M.; Sevilla Guzmán, E. 2000. Métodos y técnicas en Agroecología. En: Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 5: 149-195.
20. Guzmán Casado, G.; Morales Hernández, J. 2012. Agroecología y agricultura ecológica. Aportes y sinergias para incrementar la sustentabilidad agraria. Agroecología. 6: 55-62.
21. Hicks D.; Woutersb, P.; Waltmanb, L.; de Rijckeb, S.; Rafols, I. 2015. The Leiden Manifesto for research metrics. Nature. 520: 429-431
22. Iermanó, M. J.; Sarandón, S. J.; Tamagno, L. N.; Maggio, A. D. 2015. Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del "potencial de regulación biótica" en agroecosistemas del sudeste bonaerense. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata. Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio. 114(1): 1-14.
23. IICA. 1999. Discurso de Severino De Melo Araujo, Subdirector General de FAO para AL y el Caribe. XI Conferencia Latinoamericana de ALEAS. Abril 1997. Santiago, Chile. En: Educación agrícola superior, desarrollo sostenible, integración regional y globalización. R. Chateneuf. A Violic & E Paillacar (Eds). 9-13.
24. IICA. 2012. Situación y desempeño de la agricultura en ALC, desde la perspectiva tecnológica. San José. C. R.: IICA. 92 p.
25. INTA. 2005. Programa Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico para la pequeña agricultura familiar. Documento Base.
26. Kuhn Thomas, S. 2004. La estructura de las revoluciones científicas. Breviarios, Fondo de Cultura Económica. México. Octava reimpresión. 319 p.

27. Leff, E. 1994. Sociología y ambiente: formación socioeconómica, racionalidad ambiental y transformaciones del conocimiento. En E. Leff (Comp). Ciencias Sociales y Formación Ambiental. Gedisa Editorial. Barcelona. 17-84 p.
28. Medina, N. M.; da Conceição Santos, E. 2002. Educação ambiental. Uma metodologia participativa de formação. Petrópolis. Brasil. Vozes. 231 p.
29. Moonen, A. C.; Bárberi, P. 2008. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. Agriculture, ecosystems and environment. 127(1-2): 7-21.
30. Moral Iruarte, L.; Pedregal Mateos, B. 2002. Nuevos planteamientos científicos y participación ciudadana en la resolución de conflictos ambientales. Documents d'Anàlisi Geogràfica. 41: 121-134.
31. Morin, E. 1990. Introducción al pensamiento complejo. España: Gedisa Editorial.
32. Nature. 2016. The Big Picture. Editorial, Nature 534. 589-590 p.
33. Paiva Cabrera, A. J. 2004. Edgar Morin y el pensamiento de la complejidad. Revista Ciencias de la Educación. Valencia. 4 (1). 23: 239-253.
34. Proctor, R. N.; Schiebinger, L. 2008. Agnotology: The making and unmaking of ignorance. Stanford: Stanford University Press.
35. Santos Boaventura de Sousa. 2011. Epistemologías del Sur. Utopía y Praxis Latinoamericana. Revista Internacional de Filosofía Iberoamericana y Teoría Social. 16. 54: 17-39.
36. Sarandón, S. J. 2002. Incorporando el enfoque agroecológico en las instituciones de Educación Agrícola Superior: la formación de profesionales para una agricultura sustentable. Revista Agroecología y Desarrollo Rural Sustentável. EMATER RS. Brasil. 3(2): 40-49.
37. Sarandón, S. J. 2010. Incorporando la Agroecología en las instituciones de Educación Agrícola. Una necesidad para la sustentabilidad rural. La Agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural. Jaime Morales Hernández (editor). Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente. Guadalajara. México. Ediciones Siglo XXI.
38. Sarandón, S. J. 2014. La Agroecología: integrando la enseñanza, la investigación, la extensión y los agricultores. Resumos do I Congresso Paranaense de Agroecologia-Pinhais 2014. Cadernos de Agroecologia. Vol 9(1).
39. Sarandón, S. J. 2015. La temática ambiental en las ciencias agrarias y forestales. Desafíos y limitaciones en la incorporación de formación de profesionales. Revista Producción Forestal. Año 5. 12: 15-16.
40. Sarandón, S. J.; Hang, G. M. 2002. La investigación y formación de profesionales en Agroecología para una agricultura sustentable: El rol de la Universidad. En "Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable". Ediciones Científicas Americanas. La Plata. 23: 451-464.
41. Sarandón, S. J.; Flores, C. C. 2014. La insustentabilidad del modelo agrícola actual. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Programa Edición Libros de Cátedra. Editorial Universidad Nacional de La Plata. UNLP. Capítulo 1: 13-41. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>
42. Schindler, J.; Graef, F.; Jochen König, H. 2016. Participatory impact assessment: Bridging the gap between scientists' theory and farmers' practice. Agricultural Systems. 148: 38-43.
43. Sullivan, S.; Tuana, N. 2007. Race and Epistemologies of Ignorance. Albany: State University of New York Press.
44. Swift, M. J.; Amn, I.; Van Noorfwijk, M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? Agriculture. Ecosystems and Environment. 1, 04: 113-134.
45. Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA. Revista de Agroecología. 16-19 p.
46. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
47. UN. 2012. Rio declaration on Environment and Development. Report of The United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro. 3-14. 5 p.
48. World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Our common future. Oxford Univ. Press. Oxford.

La dimensión simbólica de la agroecología

Tomás León-Sicard

La ética/estética en la dimensión ambiental

La perspectiva ambiental es una manera de interpretar la realidad, que pretende explicar las complejas relaciones que suceden entre los seres humanos y el resto de la naturaleza o, como lo propuso el maestro Augusto Ángel Maya, las relaciones ecosistema-cultura (Angel, 1993; 1995; 1996). Esta última connotación, indica que la humanidad se apropia y transforma el resto del ordenamiento natural, a partir de las estructuras simbólicas del pensamiento, de sus distintas manifestaciones de organización (social, económica, política y militar) y de los instrumentos físicos que desarrolla a través de sus cambiantes plataformas tecnológicas.

Pero en esa red compleja de acciones y reacciones entre el mundo ecosistémico y las acciones humanas, que daría la impresión a primera vista de no tener soluciones fáciles o de esconder truculentos caminos muchos de ellos sin salida, subyace una especie de mejor ruta para resolver esas complejidades, una suerte de guía hacia procesos de armonía, de caminos donde las cosas encuentran su sitio en el mundo, su razón de ser, su correspondencia única. Y esa ruta, que devela el justo sentido de la dimensión ambiental, pertenece al mundo de los símbolos y es ética y estética. No corresponde a la razón económica y esquivo los caminos del poder, incluso los de las sectas y fanatismos. Esa ruta que encausa lo bello y lo sensible con lo justo y lo equitativo, no requiere modelos matemáticos sino una predisposición individual de origen desconocido, que no necesita explicaciones, porque se conoce de antemano. Unos le llaman conciencia moral, otros la denominan intuición, otros consideran que es el balance necesario surgido del mismo asombro del vivir, de la misma expectación de la vida.

Como quiera que sea, los requerimientos del deber (la ética) y de la vida sensible (la estética), se traducen en actos, gestos y aproximaciones de bondad y de gozo con las cosas suaves, con la simplicidad de lo complejo, con las maravillas de la vida diaria. Y en este escenario, vivido por millones de seres humanos a lo largo de la historia, aparece el llenar las aspiraciones y necesidades básicas de los demás, el preocuparse por el prójimo, por el próximo, por el hermano...e incluso y con mayor verdad, por el extraño, por el que acaba de llegar, por el forastero, por el desplazado, por el que nada tiene.

Y nada más ambiental y nada más retador para el que sienta ese impulso ético y estético por la armonía del mundo y por la convivencia de los seres humanos entre sí y con su entorno ecosistémico, que el alimento. Nadie sabe nada de exclusiones hasta que no ha tenido hambre de verdad y se ha visto relegado por la sociedad a mendigar un pan para su día. Y es por esta misma razón de la profunda necesidad de comer y beber a diario, que el alimento se convierte en la esencia de la vida, en el hilo conductor de las relaciones entre humanos y de ellos con su entorno.

Agrólogo, Dr. Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia, Intituto de Estudios Ambientales (IDEA). teleons@unal.edu.com

Por supuesto que ese hilo conductor, el vital alimento para la existencia de todos los seres, tiene origen y ancla en las maneras en que se produce. El alimento no surge *per se*, sino que corresponde a una trama compleja de relaciones históricas en las que participan variados elementos del orden ecosistémico (suelos, relieves, climas, aguas, biodiversidad) y del orden cultural (visiones del mundo, aspiraciones individuales, políticas, relaciones sociales, intereses económicos, tecnologías).

Las acepciones corrientes de la agroecología

Y estas relaciones, complejas y profundas a la vez, es lo que ha venido comprendiendo cada vez con mayor fuerza la agroecología, entendida como ese conjunto de símbolos, relaciones sociales y plataformas tecnológicas con los que los humanos se relacionaron durante más de diez mil años con el arte de producir alimentos. Pero antes de abordar la dimensión simbólica de la agroecología, permítanse unas pocas palabras aclaratorias sobre el uso corriente del término agroecología.

La palabra “agroecología” posee por lo menos tres significados ampliamente utilizados en la literatura: es al mismo tiempo una ciencia que estudia las relaciones ecosistémicas y culturales de los agroecosistemas, un movimiento social y político que busca reivindicaciones agrarias alrededor de la tenencia de la tierra y, finalmente, una forma de hacer agricultura, un sistema de producción que posee varios principios filosóficos de respeto a la vida y se expresa en formas de agricultura sin el uso de sustancias tóxicas, con exclusión de organismos genéticamente modificados y promoción del uso de la agrobiodiversidad, entre otros aspectos (Hecht, 1983; León, 2014; González de Molina, E. 2011).

En tanto que ciencia, la agroecología se centra en el estudio de las características de los agroecosistemas, aunque igualmente en la literatura aún no se diferencie con claridad a qué se refiere exactamente este objeto de estudio.

Muchas investigaciones giran en torno a un determinado tipo de cultivo, que bien puede ser considerado como un agroecosistema en sí mismo, pero otras toman como referencia principal o como agroecosistema, a los sistemas de propiedad agraria, englobados bajo los términos de finca, hacienda, predio, ejido o resguardo, palabras que difieren entre sí pero que al final se refieren al conjunto de elementos biofísicos de tipo agropecuario manejados de manera individual o colectiva por un propietario o por una asociación de propietarios.

Un poco para debatir estos conceptos, el autor propuso diferenciar los campos individuales de cultivo, las praderas y los sitios forestales que existen dentro de una determinada finca como “agroecosistemas menores” y reservar el término de “agroecosistemas mayores” a la finca o hacienda que engloba tales agroecosistemas menores. Los conjuntos más o menos homogéneos de fincas o agroecosistemas mayores en un determinado paisaje, vendrían a constituir “matrices de agroecosistemas” y serían los eslabones de unión entre la agroecología y la ecología del paisaje (León *et al.*, 2018).

La agroecología se encarga, entonces, de estudiar la extensa gama de relaciones simbólicas, de organización (social, económica, política) que dirigen a las distintas alternativas tecnológicas creadas por los seres humanos para producir alimentos, fibras y otros materiales en sus distintos agroecosistemas (que pueden ser desde una chagra indígena amazónica hasta un sofisticado conglomerado de fincas que utilizan agricultura de precisión y plantas genéticamente modificadas). Todas ellas pueden ser estudiadas desde la perspectiva de la agroecología.

Como movimiento social y político, el término agroecología engloba aquellas posturas de crítica al modelo dominante de desarrollo agrario. Desde esta perspectiva, critica severamente la distribución injusta de la tierra (que se da principalmente en los países más pobres, el denominado Sur planetario), las asimetrías de poder entre estados nacionales y compañías transnacionales, los negocios monopólicos de semillas e insumos que poseen estas últimas y el reciente fenómeno del acaparamiento de tierras. También se opone a las modernas formas tecnológicas de producción agraria que terminan contaminando suelos y aguas, reduciendo la biodiversidad y afectando la salud de millones de personas alrededor del planeta. La agroecología política defiende la soberanía, la seguridad y la autonomía alimentarias, denuncia el robo de los derechos de los agricultores a intercambiar sus semillas y busca nuevos caminos para que se produzcan alimentos sanos para todas las poblaciones en condiciones de igualdad.

En consonancia con lo anterior y de manera particularmente notable a partir de la segunda mitad del siglo pasado, los agricultores del mundo que no aceptan el modelo convencional de agricultura moderna, han venido retomando tecnologías ancestrales y recuperando formas antiguas de producción agropecuaria que fueron probadas en el transcurso de más de diez mil años de historia y las han fundido con los aportes de las ciencias agrarias modernas. Como resultado han aparecido corrientes de agricultura ecológica, agricultura biológica, biodinámica, agricultura natural, permacultura, agricultura orgánica y otros sistemas de producción que, pese a sus distintas denominaciones y propósitos, se asemejan en que se han constituido en formas de agricultura alternativa ante el modelo convencional dominante.

De esta manera, la agroecología puede expresar cada uno de estos significados y en el momento actual es muy difícil realizar distinciones, dada la fortaleza de los significados que esconde el término, que es polisémico y universal.

Los símbolos en la agroecología

Existe, sin embargo, otro significado que se le puede endilgar al término agroecología. Otra dimensión que no se nombra explícitamente, pero que subyace a las tres anteriores: *la dimensión simbólica*, término un tanto ajeno a los profesionales agrarios, a los agrónomos, médicos veterinarios, ingenieros forestales y biólogos de campo pero que es ampliamente aceptado entre profesionales de las humanidades.

La cultura, en su aspecto más abarcante, se refiere al conjunto de las estructuras teóricas, las explicaciones, las formulaciones místicas o las concepciones individuales o colectivas emanadas del pensamiento humano (los símbolos), que se enlazan con sus formas de organización socioeconómica, política y militar y que se expresan en sus plataformas tecnológicas. Símbolo, organización e instrumentos, son los tres pilares de la cultura a través de la cual los seres humanos hemos transformado profundamente a los ecosistemas. Y ninguna otra transformación humana ha sido más profunda y constante que la agricultura. Y no hay nada más que pese sobre la agricultura que los símbolos en los que ella misma se ha edificado. En última instancia, esta dimensión correspondería a lo que Lugo y Rodríguez (2018) denominaron como el “entramado de racionalidad en la que confluyen...estilos de vida, visiones de mundo, saberes, configuraciones de sentido, órdenes estéticos, historias, narrativas, rituales, y uso de tecnologías...” entendidos como símbolos del habitar la tierra.

El primer y tal vez más importante significado o *status* simbólico de la agricultura es su valor como medio para preservar la vida, a través del alimento. Esta concepción, comprendida y practicada por la agroecología, revela el carácter profundamente sagrado del arte de producir alimentos, porque incluye a los no humanos. Y entre los humanos, a todos. Al anciano y antiguo sacerdote y al viejo pensionado de la urbe moderna. Al que se marchó a la guerra o al obrero que trabaja en las fábricas de manufactura. Al navegante que retorna o al conserje, portero o celador de la empresa que no se mueve de su puesto. El alimento es un derecho humano fundamental y así lo comprenden quienes practican la agroecología en sus distintas expresiones. Esto implica, por lo tanto, el origen y la aceptación de vínculos espirituales que ligan la tierra a los huesos de los hombres y a sus sombras y a sus memorias y a sus hijos.

La sola manera de producir las habas, la leche, los maíces, las naranjas o las tortas, devela la trascendencia que cada agricultor le da a ese sagrado acto, le imprime un sello a los productos de su mano y le deja en el alma los réditos necesarios para continuar en el surco y en la fatiga de sus días. Y son estos agricultores, en la base de la pirámide de los alimentos, quienes dan el primer paso para otorgarle un sentido de ética a la agricultura, para incluir en ella desde el principio los valores de espiritualidad, solidaridad, respeto, generosidad y amor que pueden perderse luego en el camino mercantil, en el supermercado oligopólico, en la política rastrera.

Pero nada mejor que iniciar esta ruta deseada desde la agricultura ecológica, intercambiando semillas nativas sin restricciones, dando y recibiendo conocimientos, dialogando con el tiempo, con las flores, con los insectos (antes que matándolos), entendiendo las señales que vienen en las tormentas, en la floración temprana de las plantas indicadoras, en las primeras migraciones de los pájaros. Y luego, nada que alegre más el espíritu y que reconforte el alma y las finanzas, que encontrarse con amigos y desconocidos en los mercados

ecológicos, lejos de la tiranía de las grandes superficies de alimentos, para vender a precios justos y para comprar lo que produjeron las manos de los hombres y mujeres que iniciaron la cadena ambiental del alimento sano.

Hay quienes creen que producir de esta manera agroecológica empobrece al campesino y le torna más dura su existencia o que su producción no le reportará los mismos dividendos que si se dedicara a cultivar armado con las ideas de eficiencia, uniformidad y precisión que le brinda la ciencia positiva, el modelo convencional y el mercado abierto.

Pero no. No existe incompatibilidad entre producir alimentos sanos, con tecnologías respetuosas del entorno biofísico, pensando en la justicia y la equidad ambiental, con la posibilidad, bien trabajada, de acumular capital. Es más. En la medida en que se avanza, la sociedad descubre que el agricultor ecológico añade con mayor facilidad valor económico a su actividad y en la misma proporción aumentan sus activos, porque en lugar de eliminar obstáculos (plantas arvenses, insectos que antes se consideraban dañinos, organismos emergentes), estos campesinos suman procesos y activos naturales, cosecha a cosecha, que los vuelve más fuertes, más resilientes, más capaces, con más colaboradores (ahora poseen lombrices que le aran la tierra gratis, plantas que le fijan nitrógeno igualmente gratis, microorganismos que le transforman, sin salario, la materia orgánica, predadores que le cuidan la espalda de posibles plagas, plantas que lo protegen de la erosión y no les cobran nada, animales que lo suplen de abonos sin tener que pagarle a ninguna empresa y sin ejecutar gastos de transporte). Sus finca crecen y sus Estructuras Agroecológicas Principales se desarrollan cada día más, hasta convertirse, al mismo tiempo, en refugios de biodiversidad y en altos productores de agrobiodiversidad. Resiliencia, productividad y estabilidad aseguradas.

El alimento que proviene de estas granjas o fincas ecológicas, ya viene con su carga de beneficios intangibles para la sociedad en general. Quienes los producen, con seguridad no se están auto-intoxicando con plaguicidas de síntesis química ni se están endeudando para comprar insumos. Quienes los compran, compran salud. Los alimentos ecológicos son sanos y vitales por naturaleza. Llevan una carga simbólica única de valores y actitudes hacia la vida. Son literalmente mensajeros de buena energía. Estas fincas ecológicas no contaminan suelos ni aguas. Al contrario: los conservan para las futuras generaciones. En sus predios aumenta el empleo rural, porque muchas de las prácticas para producir ecológicamente se realizan a mano, a pura fuerza, aunque ello no significa que la mecanización deba estar ausente.

Y aquí la agroecología le devuelve a la agricultura otro de sus símbolos perdidos: la solidaridad. La generosidad de la tierra, en la mano del agricultor ecológico, le da el alimento al que lo requiere. De ahí la aparición y auge de los mercados agroecológicos que se multiplican en las ciudades o en las mismas fincas para quitarle ese poder a la empresa transnacional.

El respeto, como símbolo escondido del oficio agrícola, es otro aporte de la agroecología. Se respeta la vida de los demás seres que intervienen en el campo de cultivo (plantas arvenses, microorganismos, artrópodos, mamíferos, aves), porque cada uno de ellos cumple un papel en el equilibrio global del agroecosistema. La premisa de no matar, se extiende no solo a los habitantes de los agroecosistemas (insectos, hongos o bacterias que ya no se consideran enemigos) sino a todos los seres humanos y no humanos que se colocan en contacto diariamente con la agricultura. Si en el mundo muere una sola persona envenenada con un producto utilizado en un sistema de agricultura, este sistema de agricultura no vale a la luz de la ética. Porque no respeta.

Pero la producción y distribución de alimentos también es motivo de alegría, de gozo. Y ello lo reconoce la agroecología cuando se coloca al lado y entre los agricultores para celebrar con ellos los días de las siembras, los días del trabajo duro y los días de las cosechas. Y estas fechas y momentos inspiran cantos y poemas, por su belleza intrínseca. Y entonces la agroecología también es poesía, poderoso símbolo del alma humana, porque ayuda a escribir en letras lo que otros hombres escriben en sudor y en sacrificio.

El alimento es pues, la base de la vida de los humanos y en esa base ocupa un lugar destacado el modo de producir, las técnicas empleadas y la ética implícita en el modelo propuesto. Sus repercusiones se expanden hasta la misma esencia de la organización social, puesto que si una sociedad acoge a profundidad este tipo de agricultura, deberá modificar

sus escuelas de enseñanza, sus instituciones políticas, sus sistemas de acceso a la tierra, sus circuitos de mercado, las relaciones obrero-patronales, sus mismas prácticas de alimentación.

Aunque es posible producir alimentos ecológicos en tierras de otros, ello tiene connotaciones de poco valor social. La tierra genera afectos y raíces, sentido de pertenencia y sentimientos de apego que no pueden soslayarse. Es duro labrar el terruño de un desconocido. Al mismo tiempo el propietario que no conoce su tierra no la valora, justamente porque no la conoce. No sabe cuáles son sus partes más mullidas o más duras o más secas o cuál es la profundidad a la que puede introducir el arado. El agricultor que no conoce su tierra se puede hundir en terrenos pantanosos o toparse con arcillas expandibles cuando labore el surco. No conoce los propios caminos del agua en su predio ni la temperatura que la tierra puede guardar en su seno. Por eso, los agricultores ecológicos y en general todos los campesinos y campesinas, deben poseer la tierra que trabajan. Porque su conocimiento obliga y demanda su propiedad, desde la ética.

Al mismo tiempo se necesitan funcionarios estatales que comprendan la utilidad manifiesta del sistema ecológico, para promocionar su práctica y fomentarla a través de incentivos económicos y de otra naturaleza. Se requiere legislar en consonancia y establecer rutas pedagógicas para que se conozcan sus potencialidades y debilidades. Todas las escuelas, rurales y públicas, debieran tener conocimientos básicos de pensamiento ambiental y de las opciones agropecuarias derivadas del mismo y en las universidades debieran abrirse programas de pregrado y posgrado para albergar investigadores en ambiente y en agroecología. Urge la apertura de Facultades de Estudios Interdisciplinarios, que complementen la visión integral inherente a la complejidad del acto agrario y que se dediquen a pensar en los retos tecnológicos de una agricultura biodiversa, múltiple e independiente.

La apretada síntesis anterior sirve para dibujar un esbozo rápido de las complejas relaciones que se esconden en los productos alimenticios, a los cuales la actual sociedad de consumo les adjudica valores secundarios, un poco porque son superabundantes y otro poco porque son cotidianos y por ello mismo casi invisibles. Y estas mismas características de alta disponibilidad para algunos y de invisibilidad relativa para otros, hace que los alimentos hayan pasado de ser elementos esenciales para la vida, a artículos de consumo, *commodities*, que se tranzan en mercados de futuros y que generan especulación y riqueza para comerciantes carentes de la sabiduría que viene de la ética y cuya estética parece reducirse a satisfacer los placeres básicos de la vida fácil.

Finalmente, los científicos de la agroecología, saben que se está criticando uno de los símbolos más poderosos de la modernidad (la ciencia positiva) y que al mismo tiempo se está construyendo un nuevo paradigma con el conocimiento popular, donde se dialoga con las comunidades campesinas, indígenas y raizales. Y con estos nuevos símbolos se construye confianza y se solidifican las relaciones de intercambios de conocimientos.

La agricultura de corte agroecológica o ecológica, invita a los científicos de todas las disciplinas a pensar en maneras distintas de producir, conservar y mercadear productos ecológicos. Ya las preguntas no giran alrededor de tal o cual producto para controlar tal o cual plaga sino de la manera en que se debiera organizar el agroecosistema para dirigir su producción total de biomasa hacia tal o cual grado y para que, a través de su propia biodiversidad, se puedan regular tales poblaciones o curar tales enfermedades. Las preguntas se trasladan ahora de la parte al todo. Y el aparato científico sale ganando porque sus preguntas se diversifican y sus metodologías se vuelven más complejas, más creativas. La agricultura ecológica invita a pensar, más que a copiar.

Entonces, sí. La agroecología es baile, poesía, respeto, espiritualidad, solidaridad, comprensión, imaginación, conocimiento nuevo e integral, ética y valores. Esta es su cuarta dimensión, la dimensión simbólica, que está en la base de las otras tres dimensiones, aunque aún poco revelada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ángel, M. A. 1993. La trama de la vida. Bases ecológicas del pensamiento ambiental. Ed. Dirección General de Capacitación del Ministerio de Educación Nacional - Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 p.
2. Ángel, M. A. 1995. La fragilidad ambiental de la cultura. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 127 p.
3. Ángel, M. A. 1996. El reto de la vida. Ecosistema y cultura. Una introducción al estudio del medio ambiente. Ed. Ecofondo. Bogotá. 109 p.
4. González de Molina, M. 2011. Introducción a la agroecología. Serie agroecología y ecología agraria. España: Cuadernos Técnicos SEAE.
5. Hecht, S. 1983. La evolución del pensamiento agroecológico. En: Altieri, M. (comp.), Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Valparaíso: Ediciones Cetal. 15-30.
6. León-Sicard, T. 2014. Perspectiva ambiental de la agroecología. La ciencia de los agroecosistemas. Bogotá, D. C. Instituto de Estudios Ambientales-IDEA. Universidad Nacional de Colombia. 298 p.
7. León-Sicard, T.; Toro, C.; Martínez-Bernal, L.; Cleves-Leguízamo, A. 2018. The Main Agroecological Structure (MAS) of the Agroecosystems: Concept, Methodology and Applications. En: Sustainability. Vol 10 3131.
8. Lugo, P. L.; Rodríguez, L. H. 2108. El agroecosistema: ¿objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecologizada? Anotaciones para una tensión epistémica. En: Interdisciplina. 6(14): 89-113.