

DOSSIER

# Propuesta de metodología de análisis para cadenas de valor agroindustriales desde la perspectiva de la bioeconomía circular

Proposal for an analysis methodology for agro-industrial value chains from a circular bioeconomy perspective

## ***Celina N. Amato***

Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

[celina.amato@unc.edu.ar](mailto:celina.amato@unc.edu.ar)

## ***Mónica Buraschi***

Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba  
[monica.buraschi@unc.edu.ar](mailto:monica.buraschi@unc.edu.ar)

## ***María Florencia Peretti***

Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba  
[florencia.peretti@unc.edu.ar](mailto:florencia.peretti@unc.edu.ar)

## ***Sofía D. Gonzalez***

Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba  
[sofia\\_gonzalez@unc.edu.ar](mailto:sofia_gonzalez@unc.edu.ar)

Fecha de recepción: 03/04/2024. Fecha de aceptación: 29/05/2024



URL de la revista: [revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics](http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics)  
ISSN 2591-555X

Esta obra es distribuida bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución No Comercial – Compartir Igual 4.0 Internacional

## Resumen

La bioeconomía es un sistema económico en el cual los recursos biológicos son la base de los procesos productivos, en reemplazo de insumos de origen fósil. Cuando esta sustitución se hace sobre la base de residuos biomásicos se habla de “bioeconomía circular”. Este trabajo desarrolla una metodología de análisis de cadenas de valor agroindustriales con el objetivo de identificar alternativas de agregado de valor de los residuos desde un enfoque de bioeconomía circular. Los resultados se relacionan con la descripción de las etapas de la metodología y su ejemplificación. Tiene como limitación la complejidad que implica proponer un modelo de aplicación práctica en el contexto de una investigación exploratoria/descriptiva, por lo que solo se esbozan lineamientos preliminares. La originalidad radica en la combinación de los marcos analíticos de Cadenas Globales de Valor y Bioeconomía Circular, lo que da por resultado una metodología específica para el análisis del aprovechamiento de la biomasa residual en cadenas agroindustriales.

**Palabras clave:** biomasa residual, cadenas globales de valor, economía circular.

## Abstract

The bioeconomy is an economic system in which biological resources are the basis of production processes, replacing fossil-based inputs. When this substitution is based on biomass waste, we speak of a circular bioeconomy. This work develops a methodology for the analysis of agro-industrial value chains with the aim of identifying alternatives for adding value to waste from a circular bioeconomy approach. The results are related to the description of the stages of the methodology and its exemplification. It is limited by the complexity of proposing a practical application model in the context of an exploratory/descriptive research, so only preliminary guidelines are outlined. The originality lies in the combination of the analytical frameworks of Global Value Chains and Circular Bioeconomy, resulting in a specific methodology for the analysis of the use of bio-waste in agro-industrial chains..

**Keywords:** bio-waste, global value chains, circular economy

**Journal of Economic Literature (JEL):** Q570, Q130, O130, M140

## Introducción

La preocupación por cumplir con los requisitos de crecimiento económico y demográfico con recursos limitados, proveer de energía al mundo y, al mismo tiempo, mitigar la contaminación parece incompatible con el sistema de producción lineal de extracción, fabricación y eliminación vigente (Meadows, Randers y Meadows, 2005; Lieder y Rashid, 2016). En un mundo organizado en torno a cadenas globales de valor, estos problemas pueden traducirse en la necesidad de procurar la sostenibilidad económica, social y ambiental en las cadenas de valor locales, regionales y globales (Amato, 2021; Buraschi, Amato y Peretti, 2017).

En oposición al sistema de producción lineal ha tomado relevancia el paradigma de la economía circular, que propone un circuito de materiales cerrado, priorizando mantener el valor de los recursos el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos y contaminación desde el diseño de los productos y regenerando los sistemas naturales (Lieder y Rashid, 2016; Korhonen, Honkasalo y Seppälä, 2018). Para el logro de una mayor circularidad en la economía se hace necesario interconectar los flujos de output e input de las diversas cadenas de valor que la conforman (Hofstetter et al., 2021; Lieder y Rashid, 2016). Según la Fundación Ellen McArthur (2015), se trata de una economía que proporciona múltiples mecanismos de creación de valor desvinculados del consumo de recursos finitos o, en otras palabras, una economía que pretende ser restaurativa y regenerativa. En los ciclos regenerativos, cuando los flujos de materiales en una economía circular están relacionados con la biomasa<sup>1</sup>, el concepto de bioeconomía emerge como relevante.

Si bien el término bioeconomía fue acuñado a principios del siglo XX por Baranoff (1919; 1925; citado en Vivien et al., 2019), se popularizó en las décadas de 1970 y 1980 cuando fue reelaborado por Georgescu-Roegen (1975), reconocido como el autor fundacional del concepto (D'Amato y Korhonen, 2021; Pungas, 2023). Georgescu-Roegen utilizó el término para referirse a una perspectiva ecológica radical de la economía en la cual las actividades económicas respetan los límites impuestos por la naturaleza. Con el correr del tiempo, el concepto evolucionó y adquirió diversas acepciones y connotaciones.

---

1 La biomasa denota cualquier materia orgánica que deriva de seres vivos, incluyendo residuos de procesos agrícolas y forestales y desechos orgánicos humanos y animales. Estos residuos pueden ser reutilizados como biomateriales o bioenergía (Saidur et al., 2011).

La literatura generada en torno al concepto moderno de bioeconomía reconoce principalmente tres enfoques: biotecnológico, biorrecursos y ecológico (Amato, 2023; Bugge, Hansen y Klitkou, 2016; Giampietro, 2023; Vivien et al., 2019). El enfoque biotecnológico se centra en los nuevos modelos de negocio e innovaciones basadas en procesos de producción de alta tecnología que surgen a partir de la bioeconomía. El enfoque de biorrecursos, por su parte, asume una economía sostenible y circular de base biológica en lugar de una economía basada en los fósiles, y reconoce la necesidad de un cambio en la forma habitual de hacer negocios. El enfoque ecológico, conocido como enfoque de Georgescu-Roegen, subraya la importancia de los procesos ecológicos que optimizan el uso de la energía, previenen la degradación y pérdida de nutrientes del suelo y fomentan la biodiversidad, y busca generar procesos y sistemas integrados, circulares y regionales. En este último, el replanteamiento de todo el proceso económico es fundamental, incluida la intensidad de explotación de los recursos.

A raíz de las diferentes visiones sobre la bioeconomía, el concepto está siendo cuestionado en el mundo académico y en diversas iniciativas medioambientales, grupos de reflexión y organizaciones de la sociedad civil (Pungas, 2023). Por ejemplo, la biomasa es presentada por algunos defensores como renovable y, por tanto, sostenible; sin embargo, una gran cantidad de literatura, académica y no académica, cuestiona esta sostenibilidad citando los aspectos socioecológicos negativos del uso de la biomasa (Allain et al., 2022). También existen críticos que ven el concepto como una mera *ecologización* del modelo económico actual, sin que implique cambios radicales en el statu quo (Vivien et al., 2019). Y otros, por su parte, sostienen que la investigación en bioeconomía debería adoptar una perspectiva más amplia que considere la dimensión social además de la ambiental (Eversberg, Holz y Pungas, 2023).

Por su parte, la bioeconomía circular (BEC) se centra en la relación entre los constructos de economía circular y bioeconomía. Siguiendo a Stegmann, Londo y Junginger (2020), existen tres perspectivas para abordar esta relación: 1) la que concibe a la BEC como la intersección entre la bioeconomía y la economía circular; 2) la que refiere a la BEC como algo más que la economía circular y la bioeconomía por sí solas, y 3) la que entiende a la BEC como parte de la economía circular, basada en el posicionamiento de la Fundación Ellen MacArthur (2015).

Teniendo en cuenta estas perspectivas, Stegmann et al. (2020) definen a la BEC como:

la valorización eficiente de los recursos de biomasa en cadenas de producción integradas y con múltiples salidas (...) al tiempo que se aprovechan los residuos y desechos y se optimiza el valor de la biomasa a lo largo del tiempo a través de la conexión en cascada. Dicha optimización

puede centrarse en aspectos económicos, medioambientales o sociales e idealmente considera los tres pilares de la sostenibilidad (p. 5).

En el contexto de la BEC, las actividades agrícola, ganadera y agroindustrial surgen como sectores relevantes. La biomasa residual de estos sectores se torna importante por dos motivos: por un lado, el gran volumen que se desperdicia durante la producción de alimentos, incluso antes de llegar al consumidor, y que pierden su capacidad de integrarse a otras cadenas de valor (FAO, 2009; Menéndez y Hilbert, 2013); y, por el otro, la posibilidad de transformar esa biomasa residual en términos de economía circular, ya sea para nuevos productos o para energía sostenible (Neves et al., 2020). La valorización de la biomasa residual se torna especialmente relevante en un contexto de escasez como el que plantean Colwill et al. (2012), que vaticinan que en 2050 los cultivos no serán suficientes para abastecer la demanda de alimentos y biomateriales o bioenergía.

A nivel global, estos sectores se ven afectados fundamentalmente por tres problemas mundiales relacionados con la sustentabilidad: la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el cambio climático. La instalación de estos dos últimos problemas en las agendas gubernamentales creó el entorno propicio para dar impulso al aprovechamiento de fuentes de energía renovables y, en particular, los biocombustibles. Sin embargo, dado que la tecnología actual para su producción se basa en materia prima obtenida a partir de cultivos extensivos, su potencial expansión ejerce presión sobre la actividad agrícola, lo que ha sido presentado como una amenaza a la seguridad alimentaria (Buraschi, 2013; 2021).

En este contexto, el presente trabajo propone una metodología de análisis de cadenas de valor agroindustriales desde la perspectiva de la BEC. Dicha metodología fue desarrollada en el marco de un proyecto de investigación<sup>2</sup> en desarrollo que tiene como objeto de estudio determinadas cadenas productivas en diversas provincias argentinas<sup>3</sup>. Este marco metodológico pretende identificar las oportunidades de aprovechamiento de la biomasa residual en cadenas de valor agroindustriales de Argentina para contribuir a la resolución de la problemática general de los residuos agroindustriales y a la posibilidad de agregado de valor —económico, social y ambiental— en las cadenas por la transformación de ellos en recursos (biomateriales o bioenergía).

2 Proyecto PICT-2020-SERIEA-I-INVI (PICT convocatoria 2020). Directora: Celina Amato. Grupo colaborador: Mónica Buraschi, María Florencia Peretti, Sofía González, Santiago Ferro Moreno, Roberto Mariano, Rocío González, Santiago Pérez. Período junio 2022-junio 2024. Aprobado según RESOL-2022-3-APNDANPIDTYI#ANPIDTYI de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación de la Nación Argentina.

3 Las cadenas de valor que forman parte del proyecto son las del bioetanol de maíz (Córdoba), la jojoba (La Rioja), la chía y la quinoa (Salta y Jujuy), la carne bovina y aviar, la industria forestal nativa y la industria vitivinícola (La Pampa).

Este artículo, en el marco de la convocatoria especial realizada por la revista *Cuyonomics*, es una sugerencia e invitación al análisis de cadenas de valor —locales, regionales o globales— con énfasis en la sustentabilidad de los sistemas productivos, desde una perspectiva de BEC. Si bien la metodología se propuso para el análisis de determinadas cadenas en un espacio territorial, esperamos que pueda ser aplicable a otras cadenas de valor y territorios, para obtener nuevas perspectivas empíricas y conceptuales que permitan una mejor comprensión de las aplicaciones de la BEC en cadenas de valor.

El resto del artículo se estructura como sigue: en la siguiente sección se introduce el enfoque de cadenas globales de valor como marco de análisis de la BEC; posteriormente se describe la metodología propuesta en etapas; más adelante, se presentan dos ejemplos de aplicación de la metodología a partir de las cadenas de la quinoa y el etanol, y, por último, se esbozan algunas conclusiones.

## El marco de las cadenas globales de valor como enfoque de análisis para la bioeconomía circular

Para el abordaje de la BEC la perspectiva de cadenas de valor resulta especialmente útil en pos de identificar los desechos y subproductos que se generan, como paso previo para desarrollar los procesos necesarios para transformarlos en productos de la bioeconomía y, de esta manera, interconectar los flujos de *input* y *output* para el logro de una mayor circularidad (Hofstetter et al., 2021; Lieder y Rashid, 2016).

El concepto de cadena de valor fue utilizado originariamente por Porter (1985) como un modelo para describir todas las actividades que las organizaciones realizan con el fin de producir un bien o servicio desde su concepción hasta que llega al consumidor final, incluyendo actividades como diseño, *marketing*, distribución y posventa, que pueden estar dentro de una o diferentes empresas. Las cadenas de valor pueden analizarse en distintos niveles: micro (los productores de pequeña escala), meso (la actividad de una determinada región), macro (la industria nacional) o global (considerando los nexos internacionales) (Gereffi y Kaplinsky, 2001).

En el análisis a nivel global cobró popularidad el enfoque de las cadenas globales de valor (CGV), cuya consideración geográfica para el flujo de entrada-salida está fuera de los límites nacionales, describiendo procesos de transformación de materias primas en productos finales que pueden incluir varias regiones (Gereffi, 1994). Este enfoque ha conseguido protagonismo en las agendas de investigación de muchos organismos internacionales relacionados con el desarrollo económico que han adoptado el concepto y el lenguaje de CGV, y así han dado relevancia política a los estudios que utilizan esta perspectiva (Dalle, Fossati y Lavopa, 2013; Gereffi, 2019). De esta manera, el enfoque de CGV, que se concibió como una perspectiva teórica, viró hacia un método de investigación aplicada basado en el estudio de casos, que se vale de la estructura de la cadena de valor para realizar análisis

detallados de una industria en particular, aportando perspectivas que las estadísticas dejan de lado (ver, por ejemplo, Gereffi y Fernández-Stark, 2011). A pesar de sus orígenes vinculados al estudio de cadenas globales, como enfoque analítico es aplicable también a nivel regional o local (Sturgeon, 2011).

La elección del enfoque de CGV como marco para el desarrollo de la presente propuesta se fundamenta en tres razones: en primer lugar, la experiencia previa del equipo de investigación, que ha utilizado exitosamente este enfoque en la evaluación del desempeño de cadenas de valor en diversos ámbitos relacionados con la sustentabilidad (ver, por ejemplo, Staricco y Buraschi, 2022; Amato et al., 2022); en segundo lugar, la existencia de un comercio global de residuos que lleva a la conformación de cadenas globales específicas (Gregson y Crang, 2015), y, en tercer lugar, la versatilidad del marco, que permite ser adaptado para enfocarse en un aspecto determinado del devenir de la cadena, como es en este caso identificar las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa residual, y ser utilizado en combinación con otras perspectivas teóricas (Buraschi, Amato y Peretti, 2017).

El enfoque de CGV propone las siguientes etapas de análisis: 1) estructura de entradas y salidas, donde se describe el proceso de transformación de materias primas a producto final (en este punto se tendrán en cuenta especialmente los procesos que generen biomasa residual); 2) alcance geográfico, es decir, cómo la cadena está dispersa; 3) estructura de gobernanza, que explica cómo algunas empresas controlan la cadena de valor; 4) *upgrading*, que describe el movimiento dinámico dentro de la cadena de valor al examinar cómo los actores mejoran sus posiciones o su desempeño; 5) contexto institucional local en el cual la cadena de valor está inserta, y 6) *stakeholders*, aquellos actores que interactúan con la cadena (Fernández-Stark y Gereffi, 2019).

Los desperdicios y subproductos que se generan en cada eslabón de la cadena de valor pueden formar parte a su vez de otras cadenas, que tienen su propia dinámica. Por ejemplo, específicamente para el caso de las cadenas de valor de los materiales reciclables, se ha estudiado que las empresas líderes ejercen la gobernanza en los aspectos de precio, volumen, regularidad y calidad (Amato et al., 2022). La configuración que adquiere la cadena de valor asociada a la biomasa residual da lugar a diferentes modelos de negocio de bioeconomía circular (Donner, Gohier y de Vries, 2020; Jurgilevich et al., 2016; Khan y Ali, 2022; Salvador et al., 2023; Teigiserova, Hamelin y Thomsen, 2020; Velasco-Muñoz et al., 2021).

## Presentación del marco metodológico para el análisis de bioeconomía circular en cadenas de valor

A partir de la integración del marco de CGV a la perspectiva de BEC elaboramos una propuesta metodológica para el análisis de cadenas de valor que consiste en cuatro etapas: 1) descripción de las cadenas de valor, con énfasis en la etapa final

de generación de biomasa residual; 2) caracterización de los desperdicios y subproductos agroindustriales con posibilidad de transformación en biomateriales; 3) relevamiento de posibilidades tecnológicas de transformación de esos recursos, y 4) alternativas factibles de generación de valor agregado desde un enfoque de BEC.

## **Etapa 1. Descripción de las cadenas de valor agroindustriales seleccionadas, con énfasis en la etapa final de generación de biomasa residual**

El objetivo es que en esta primera etapa se proporcione una visión integral de las cadenas de valor agroindustriales seleccionadas. Este proceso implica el mapeo exhaustivo de los actores y actividades involucradas en la cadena de valor, desde los proveedores de materias primas hasta los consumidores finales, para comprender cómo interactúan y se relacionan los diferentes eslabones de la cadena (Kaplinsky y Morris, 2001; Gereffi y Fernández-Stark, 2011; Fernández-Stark y Gereffi, 2019).

Específicamente, se presta especial atención a la generación de la biomasa residual dentro de la cadena de valor. Cobra relevancia el alcance geográfico, debido a que en el marco de la BEC es óptimo que las actividades se realicen en una cercanía geográfica para lograr una menor huella de carbono. El análisis complementario de aspectos de gobernanza, *upgrading*, *stakeholders* y contexto institucional que intervienen en la cadena permite comprender la dinámica de la cadena, así como las relaciones de poder, alianzas y cooperación entre los distintos actores que intervienen de manera directa o indirecta.

## **Etapa 2. Caracterización de los desperdicios y subproductos agroindustriales que constituyen la biomasa residual con posibilidad de transformación**

El objetivo de esta etapa es profundizar en el estudio de los desperdicios y subproductos que se identifican como más estratégicos en el contexto de la BEC, relevando sus características, información sobre volúmenes, periodicidad y localización geográfica del lugar donde se generan. También se considera el análisis de las prácticas actuales de gestión de esa biomasa residual, incluyendo métodos de tratamiento, reutilización, reciclaje, disposición final y cualquier impacto ambiental asociado (Amato et al., 2022). Existen trabajos anteriores que han profundizado en esta caracterización y que se pueden utilizar de base, por ejemplo, para el caso de algunas cadenas asociadas a la bioeconomía (Menéndez y Hilbert, 2013; Bocchetto et al., 2020; Lengyel y Zanazzi, 2020).

### **Etapa 3. Relevamiento de posibilidades tecnológicas de transformación de la biomasa residual en biomateriales**

Esta instancia implica un análisis exploratorio de las capacidades tecnológicas nacionales para transformación de la biomasa residual según la pirámide de valor bioeconómico (Donner et al., 2020, 2022; Henríquez, 2020). Esta etapa puede contribuir directamente al diseño de nuevos productos que prioricen la minimización del impacto ambiental desde la concepción, utilizando subproductos como materia prima, implementando procesos de producción eficientes en el uso de recursos y energía, alargando la vida útil y reduciendo el valor residual al final del ciclo de vida (Fundación Ellen MacArthur, 2015).

Para ello se propone recurrir a un análisis documental y de entrevistas a informantes clave de la cadena seleccionada. Por ejemplo, en el caso de nuestro proyecto se entrevistó a personal técnico de diversos organismos públicos y organizaciones privadas, además se incluyó en el relevamiento a profesionales de la Red Federal de Bioeconomía en Argentina. Por otra parte, se realizó el análisis de diversos materiales y documentos relacionados a la transformación de los desechos de cada cadena en nuevos productos o materias primas, con la utilización de tecnología. También en el marco del proyecto, otros integrantes avanzaron en esta etapa sobre el caso de la cadena de valor de la carne vacuna, tipificando los residuos biomásicos y sus posibilidades de transformación a través de una revisión profunda de la literatura disponible en bases de datos académicas (González, Amato y Buraschi 2023).

### **Etapa 4: Alternativas factibles de generación de valor agregado desde un enfoque de BEC**

La idea detrás de esta etapa es proponer un modelo de BEC en las cadenas seleccionadas con base en las alternativas factibles de generación de valor agregado a través de la circularidad de los residuos de biomasa y su transformación en biomateriales o bioenergía. Las categorías de análisis para esta etapa se relacionan con los modelos de negocio de BEC definidos en la actualidad por la literatura en la materia. En este caso, seleccionamos el trabajo reciente de Salvador et al. (2023), quienes definen y caracterizan siete arquetipos: optimización de la eficiencia y del uso de los recursos; creación de biorrefinerías; recuperación del valor de los residuos; intercambio de recursos; innovación hacia recursos biológicos y renovables; valorización de la economía local, y ofertas de valor orientadas a servicios y resultados. Otros trabajos analizan aplicaciones de modelos de negocio especialmente en industrias relacionadas con el agro (Jurgilevich et al., 2016; Donner et al., 2020; Teigiserova, Hamelin y Thomsen, 2020; Velasco-Muñoz et al., 2021; Khan y Ali, 2022). En la tabla 1 se sistematizan estas etapas y sus principales categorías de análisis.

**Tabla 1. Metodología de análisis de cadenas de valor agroindustriales desde la perspectiva de la BEC**

Etapa	Categorías	Autores
Descripción de la cadena de valor	Entradas/salidas Alcance geográfico Gobernanza <i>Upgrading</i> <i>Stakeholders</i> Contexto institucional	Kaplinsky y Morris (2001) Gereffi y Fernández-Stark (2011) Fernández-Stark y Gereffi (2019)
Caracterización de los desperdicios y subproductos	Características Volumen Periodicidad	Menéndez y Hilbert (2013) Bocchetto et al. (2020) Lengyel y Zanazzi (2020) Amato et al. (2022)
Relevamiento de posibilidades de transformación	Niveles de conversión de la biomasa residual	Donner et al. (2020, 2022) Henríquez (2020)
Alternativas de valor agregado desde un enfoque de BEC	Modelos de negocio BEC	Salvador et al. (2023) Específicos del sector del agro: Jurgilevich et al. (2016) Donner et al. (2020) Teigiserova et al. (2020) Velasco-Muñoz et al. (2021) Khan y Ali (2022)

Fuente: elaboración propia.

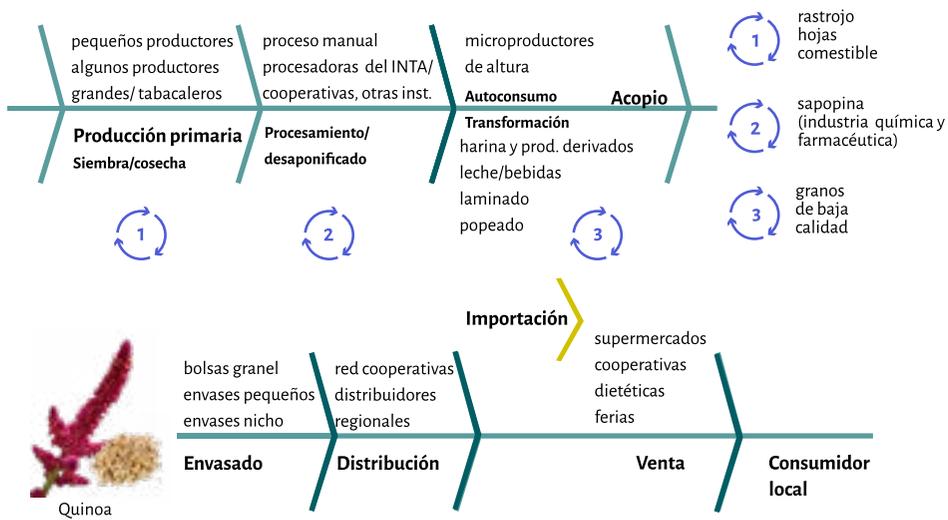
## Ejemplos de aplicación

Como ejemplo podemos mencionar algunos avances realizados en las cadenas de valor de la quinoa y el etanol.

### Avances en la cadena de valor de la quinoa

Para el caso de la quinoa se realizó el mapeo de la cadena desde la etapa de producción de la semilla hasta la comercialización y distribución en el mercado (figura 1). Este mapeo se generó a partir del análisis de quince fuentes documentales y nueve entrevistas a informantes clave. Las fuentes secundarias se seleccionaron teniendo en cuenta la diversidad de tipos de documentos (informes sectoriales, artículos periodísticos y académicos, bases de datos), mientras que la selección de los entrevistados buscó abarcar diferentes eslabones de la cadena de valor y otros actores intervinientes que pudieran tener una mirada más integral del sector. Los principales resultados de las primeras etapas de análisis de esta cadena se incluyen a continuación.

**Figura 1. Cadena de valor de la quinoa en Argentina**



Fuente: elaboración propia.

El cultivo de quinoa en Argentina conforma una cadena de valor diversa, caracterizada por una complejidad de factores geográficos, culturales y económicos que influyen en su producción y comercialización. Este cultivo está presente tradicionalmente en la región andina —también conocida como “puna”— donde las condiciones de desarrollo son óptimas por las características climáticas y de suelo. En los últimos años ha logrado expandirse hacia otras regiones a partir del crecimiento en la demanda y gracias a la introducción de nuevas variedades de semillas, por lo que puede distinguirse una quinoa “de altura” y otra quinoa “de llanura”.

La mayor parte de la producción de quinoa de altura es informal y de pequeña escala. Estos productores trabajan superficies menores a una hectárea y el proceso de siembra, cultivo, cosecha y poscosecha se realiza en forma manual, con herramientas simples y tracción a sangre; en algunos casos se contratan maquinarias solamente para las tareas de laboreo (Scalise, 2014; Daza et al., 2015). La producción se destina principalmente al autoconsumo y los excedentes se venden en los mercados cercanos. Por su parte, las variedades de quinoa de llanura se cultivan en otras regiones, a mayor escala y en general en campos donde se hace rotación de cultivos. Igualmente es escaso el volumen total de producción de este cultivo en Argentina.

Dentro de la cadena de valor se identificaron los desperdicios generados, con énfasis en aquellos producidos en la poscosecha. Entre las actividades que se realizan en la poscosecha se incluyen la trillada, proceso mediante el cual se separa el grano de la panoja, y el venteo, a través del cual se arrojan los granos de quinoa desde una determinada altura para que el viento separe las impurezas más livianas. A continuación, se realiza el proceso de desaponificado, que consiste en extraer la

saponina, una sustancia amarga que recubre al grano de quinoa, no apta para el consumo humano.

Si bien la saponina es aprovechable para distintos usos farmacéuticos y de la industria cosmética, para artículos de perfumería e higiene personal, en la actualidad este producto no se comercializa en Argentina, por lo que se desecha o se utiliza en forma casera. Sin embargo, los precios de la saponina duplicarían los del grano de quinoa. Este aspecto resulta conocido por varios industrializadores, que no cuentan con el conocimiento técnico ni el mercado para su comercialización local o internacional (Scalise, 2014).

Otro de los residuos identificados son las hojas y panojas de la planta de quinoa y otros descartes del cultivo en la producción primaria que pueden tener un valor agregado, usándose para forraje o para consumo humano, por ejemplo, reprocesado en sopas deshidratadas. Las panojas, como suelen tener color, se pueden usar para hacer pigmentos para la industria alimenticia, y las hojas se pueden comer.

En las primeras etapas de la cadena de valor se identificaron otros desperdicios que, si bien su posible transformación en subproductos ha sido ampliamente estudiada en otros contextos y regiones del mundo, en Argentina aún no se ha avanzado lo suficiente en ese camino, de acuerdo con el relevamiento realizado.

En este caso los modelos de BEC existentes son de tipo artesanal, vinculados a la agricultura familiar. De acuerdo con Salvador et al. (2023), el modelo de negocio de la BEC en el caso de esta cadena es el de “valorización de la economía local”, y según Donner et al. (2020) es el de “cooperativas agrícolas”. Ambos trabajos profundizan en estrategias y acciones válidas para estos tipos de modelos, que pueden ser de gran utilidad para los tomadores de decisiones —tanto del ámbito público como privado— sobre aspectos de la cadena en nuestro contexto.

## Avances en la cadena de valor del etanol

Para el caso del etanol se realizó el mapeo en la producción de la provincia de Córdoba, Argentina, a partir del análisis de trece entrevistas a informantes clave (propietarios o gerentes de plantas de bioetanol, de biogás, de *feedlots*, productores de alimentos, productores de gas carbónico y *stakeholders*, como ONG u organizaciones de innovación). Además, se relevaron datos de fuentes secundarias, como informes sectoriales, reportes de las empresas del sector, cámaras empresariales, entidades gubernamentales, organismos técnicos como el INTA y de noticias periodísticas, entre otros. A continuación, se muestran resultados preliminares de las primeras etapas de análisis de esta cadena.

En la actualidad, Argentina se encuentra entre los principales productores de biodiésel y bioetanol a nivel mundial (USDA, 2022). El Estado promueve el uso de biocombustibles a través de un mandato de corte, con el objetivo de transformar la matriz energética nacional, fuertemente dependiente de los combustibles fósiles

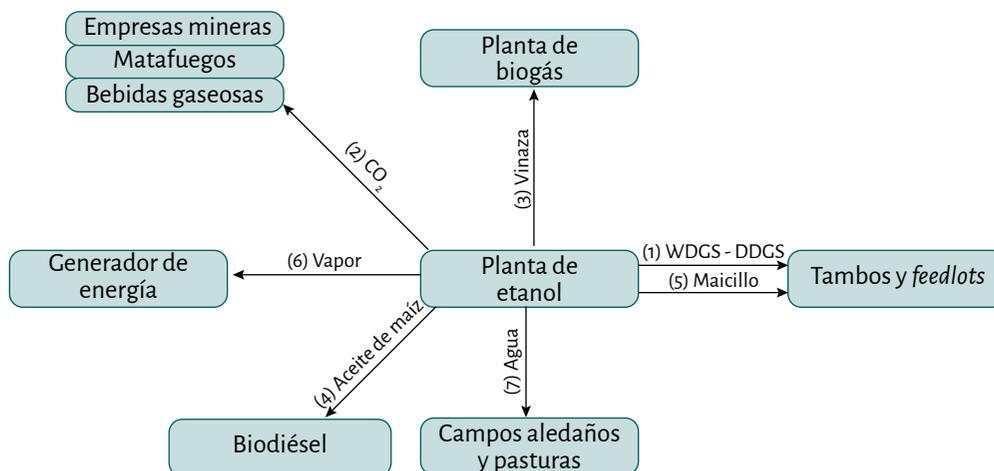
(IICA, 2021; USDA, 2022). El país cuenta con 51 plantas productoras de biocombustibles, que se dividen en dos tipos: de biodiésel (2 500 000 toneladas anuales), cuya biomasa de origen es la soja, y de bioetanol, producido a partir de maíz (463 000 toneladas anuales) y de caña de azúcar (417 000 toneladas anuales) (Secretaría de Energía, en línea).

La provincia de Córdoba es la responsable del 80 % de la producción de bioetanol de maíz de Argentina, y con respecto a la totalidad del sector de bioetanol representa el 42 % de la producción nacional (Secretaría de Energía, en línea). Tres empresas son las que integran el sector productor de etanol como hidrocarburo: ACABIO (constituye el 49 % de la producción provincial), Promaíz S. A. (36 %), y Bio4 (15 %). El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) relevó previamente a ACABIO y Bio4 como ejemplos de bioeconomía en el país.

El etanol derivado del maíz es importante en términos de bioeconomía circular dado que en su proceso productivo surgen múltiples subproductos que permiten obtener el máximo valor del grano del maíz, tal como se puede ver en la figura 2. A partir del proceso de bioetanol de maíz se pueden obtener:

1. Granos destilados: burlanda seca (DDGS) o húmeda (WDGS) con grandes propiedades nutricionales para la alimentación animal en tambos o en *feedlots* y potenciales de exportación;
2. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): se recupera este componente para utilizarlo en la industria alimentaria (especialmente bebidas carbonatadas), en medicamentos, en producción de cemento y de equipos antincendios, como matafuegos;
3. Vinaza: para generar energía, ya sea térmica o eléctrica;
4. Aceite de maíz: para biodiésel u otros usos industriales (Torroba, 2021).

**Figura 2. Subproductos del etanol y su valorización en Argentina**



Fuente: elaboración propia en base a González, Amato y Buraschi (2023).

Estos subproductos, principalmente la burlanda, tanto húmeda como seca, y el CO<sub>2</sub>, son generalmente aprovechados por las plantas de etanol. El 30 % del resultado del proceso de producción de etanol corresponde a este tipo de alcohol, otro 30 % es burlanda, y el tercio restante CO<sub>2</sub>, lo sobrante corresponde a otros subproductos (González, Amato y Buraschi, 2023).

En el análisis se encontró que, en menor medida, algunas empresas consideran importante un subproducto de la molienda del maíz, llamado maicillo, y lo destinan como alimento para ganado (figura 2). Además, algunas plantas de producción de etanol aprovechan los excedentes de recursos del proceso para agregarles valor y darles un uso adicional. Por ejemplo, el vapor se utiliza para generar energía térmica, mientras que el agua se destina al riego de campos aledaños (figura 2).

En términos de valorización de biomasa, según la escala de Donner et al (2022), el etanol produce residuos factibles de agregado de valor de distintos niveles. Algunos subproductos inicialmente presentan un nivel básico de valorización, como la vinaza, el vapor y el aceite de maíz, los cuales pueden ser transformados en bioenergía; luego viene el agua, utilizada para regar campos aledaños. Por otro lado, existen subproductos con un mayor potencial de valorización, como la burlanda (seca o húmeda) y el maicillo, destinados a la alimentación del ganado y como forraje. Finalmente, la captura y recuperación de CO<sub>2</sub> corresponden al máximo nivel de valorización de biomasa, a través de su transformación química (González, Amato y Buraschi, 2023).

En este caso, los modelos de BEC existentes requieren de un agregado de valor, aunque sea mínimo. En términos de Salvador et al. (2023), el modelo de negocio es, en primer lugar, de “creación de biorrefinerías” y, luego, de “intercambio de recursos (materia prima y desperdicios)”. En ambos modelos la clave es compartir, se unen diferentes sistemas de producción para cerrar el círculo, intercambiando subproductos o residuos y transformándolos en materia prima, en consonancia con el concepto de simbiosis industrial.

## Discusión y conclusiones

En el contexto de este *dossier* orientado a la problematización de modelos productivos regionales frente a los desafíos de la sustentabilidad, este artículo propuso una metodología de análisis de cadenas productivas en el marco de la BEC. Esta propuesta fue diseñada especialmente para analizar cadenas de valor agroindustriales, un sector que se encuentra en el centro de los debates por sus impactos en la sustentabilidad. La metodología descrita pone el foco en los residuos biomásicos de este sector, que en países como Argentina adquieren relevancia por su volumen y que generan diversos impactos negativos en el ambiente.

La metodología propuesta no pretende ser una receta para el análisis de cadenas de valor agroindustriales. Más bien, una invitación a repensar los marcos ana-

líticos que usamos habitualmente desde una perspectiva de circularidad, teniendo en cuenta que la bioeconomía necesita ser dotada de respaldos empíricos y metodológicos para no quedar estancada en discusiones conceptuales sino, por el contrario, contribuir a una mayor sustentabilidad de los sistemas productivos.

Esta propuesta tiene como limitación que resulta complejo proponer un modelo de BEC de aplicación práctica en el contexto de un proyecto de investigación exploratorio/descriptivo. Un desarrollo de estas características, más en línea con la propuesta de un proyecto de inversión, requeriría un financiamiento específico por parte de los actores interesados en llevarlo a cabo. Es por ello que los ejemplos de aplicación del marco metodológico abarcan hasta la descripción de los modelos de BEC ya existentes en las cadenas, sin llegar a realizar una propuesta de intervención.

Por último, este artículo se inscribe en una concepción más amplia que comprende a la BEC no solamente como el aprovechamiento de residuos biomásicos, sino también la concepción de los productos o servicios biocirculares desde su diseño, minimizando el impacto ambiental y maximizando el rendimiento de los recursos disponibles.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación de la Nación Argentina por el subsidio otorgado para la realización del proyecto del cual este artículo forma parte. Agradecemos también a los integrantes del equipo de investigación que no son coautores de este trabajo (Dr. Santiago Ferro Moreno, Dr. Roberto Mariano, Dr. Santiago Pérez y Dra. Rocío González) por sus contribuciones para testear empíricamente el marco metodológico en otras cadenas agroindustriales y proporcionar su retroalimentación.

## Referencias bibliográficas

- ALLAIN, S.; RUAULT, J.; MORAINÉ, M. y MADELRIEUX, S. (2022). The 'bioeconomics vs bioeconomy' debate: Beyond criticism, advancing research fronts. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 42, 58-73.
- AMATO, C. N. (2021). Investigación en Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad Corporativa: evolución, tensiones actuales y perspectivas futuras. *Cuadernos de Administración*, 34. Recuperado el 17/06/2024 de [https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos\\_admon/article/view/28701](https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/28701).
- AMATO, C. N. (2023). (Bio)economía circular para el desarrollo productivo local: discusión teórica y análisis conceptual. *Territorios Productivos*, 1, 27-49.
- AMATO, C. N.; BURASCHI, M.; PERETTI, M. F. y GONZÁLEZ, S. D. (2022). *Economía Circular: Mapeo de cadenas de valor de materiales reciclables de la ciudad de Córdoba*. Córdoba: Editorial Económicas, FCE-UNC.

- BOCCHETTO, R.; GAUNA, D.; BRAVO, G.; GONZÁLEZ, C.; REARTE, M.; MOLINA TIRADO, L.; HILBERT, J.; EISENBERG, P.; LECUONA, R.; TARABORRELLI, D.; PAPAGNO, S. y VAUDAGNA, S. (2020). *Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles*. Proyecto "Bioeconomía Argentina: Construyendo un Futuro Inteligente y Sustentable para el Norte Argentino 2030". Buenos Aires: MINCYT-INTA-INTI-UNNE-UNSa-UNSE. Recuperado el 17/06/2024 de [http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2021/09/Dosier-4\\_Vo6.pdf](http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2021/09/Dosier-4_Vo6.pdf).
- BUGGE, M.; HANSEN, T. y KLITKOU, A. (2016). What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, 8(7), 691.
- BURASCHI, M. (2013). *Biocombustibles argentinos: ¿oportunidad o amenaza? La exportación de biocombustibles y sus implicancias políticas, económicas y sociales*. Córdoba: Libryco.
- BURASCHI, M. (2021). La cadena de valor del biodiésel argentino. En S. Reynay M. S. Juliá (Eds.), *Actores sociales frente al desafío de la sustentabilidad II* (p. 73-90). Recuperado el 20/06/2024 de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/19067/Actores%20Sociales%20Frente%20al%20Desaf%3%ado%20de%20la%20Sustentabilidad%20II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- BURASCHI, M.; AMATO, C. N. y PERETTI, M. F. (2017). Integración de perspectivas teóricas sobre sustentabilidad en cadenas globales de valor. *Revista de Economía y Estadística*, LV(1), 45-68.
- COLWILL, J.; WRIGHT, E. I.; RAHIMIFARD, S. y CLEGG, A. (2012). Bio-plastics in the context of competing demands on agricultural land in 2050. *International Journal of Sustainable Engineering*, 5(1), 3-16.
- DALLE, D.; FOSSATI, V. y LAVOPA, F. (2013). Política industrial: ¿el eslabón perdido en el debate de las Cadenas Globales de Valor? *Revista Argentina de Economía Internacional*, 2, 3-16.
- DAZA, R.; BURIN, D.; PEREYRA, E. y HERAS, A. (2015). *Quinoa, regalo ancestral: historia, contexto, tecnología, políticas*. Jujuy: Fundación Nueva Gestión. Recuperado el 21/06/2024 de <https://www.aacademica.org/ana.ines.heras/278>.
- DAMATO, D. y KORHONEN, J. (2021). Integrating the green economy, circular economy and bioeconomy in a strategic sustainability framework. *Ecological Economics*, 188, 107143.
- DONNER, M.; GOHIER, R. y DE VRIES, H. (2020). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716, 137065.
- DONNER, M.; ERRAACH, Y.; LÓPEZ-I-GELATS, F.; MANUEL-I-MARTIN, J.; YATRIBI, T.; RADÍC, I. y EL HADAD-GAUTHIER, F. (2022). Circular bioeconomy for olive oil waste and by-product valorisation: Actors' strategies and conditions in the Mediterranean area. *Journal of Environmental Management*, 321, 115836.
- EVERSBERG, D.; HOLZ, J. y PUNGAS, L. (2023). The bioeconomy and its untenable growth promises: Reality checks from research. *Sustainability Science*, 18(2), 569-582.

- Food and Agriculture Organization (2009). *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina. WISDOM Argentina*. Informe final. FAO-ONU. Recuperado el 21/06/2024 de: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a023df44-c15e-4b77-9b26-c41d9ce7cd50/content>.
- FERNÁNDEZ-STARK, K. y GEREFFI, G. (2019). Global value chain analysis: a primer (second edition). En S. Ponte, G. Gereffi y G. Raj-Reichert, *Handbook on global value chains* (p. 54-76). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Fundación Ellen MacArthur (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. Recuperado el 17/06/2024 de [www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf).
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1975). Bio-economic aspects of entropy. En L. Kubat, J. Zeman (Eds.), *Entropy and Information in Science and Philosophy* (p. 125-142). Amsterdam: Elsevier.
- GEREFFI, G. (1994). The organization of buyer-driven global commodity chain: how U.S. retailers shape overseas production networks. En G. Gereffi y M. Korzeniewicz, *Commodity Chains and Global Capitalism* (p. 95-122). Wesport: Praeger.
- GEREFFI, G. (2019). Global value chains and international development policy: Bringing firms, networks and policy-engaged scholarship back in. *Journal of International Business Policy*, 2, 195-210.
- GEREFFI, G. y KAPLINSKY, R. (Eds.) (2001). The Value of Value Chains. *IDS Bulletin*, 32(3), 1-8.
- GEREFFI, G. y FERNÁNDEZ-STARK, K. (2011). *Global value chains: a primer*. North Carolina: Duke University.
- GIAMPIETRO, M. (2023). Reflections on the popularity of the circular bioeconomy concept: The ontological crisis of sustainability science. *Sustainability Science*, 18(2), 749-754.
- GÓNZALEZ, S. D.; AMATO, C. N. y BURASCHI, M. (2023). *The potential of industrial symbiosis in bioeconomy: the case of corn-based bioethanol*. [Conferencia] Annual Meeting of the Society for the Advancement of Socio-Economics-SASE. Rio de Janeiro, Brasil.
- GONZÁLEZ, R. L.; PEREZ, S. A.; MORENO, S. F. y CARLOS, M. R. (2023). Estrategias de bioeconomía circular: revisión de aplicación sobre complejo agroindustrial cárnico bovino. *Tiempo de Gestión*, 1(34), 31-54.
- GREGSON, N. y CRANG, M. (2015). From waste to resource: The trade in wastes and global recycling economies. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 151-176.
- HENRÍQUEZ, P. (Coord.) (2020). *Tecnologías de bioeconomía para valorizar residuos y desperdicios: oportunidades de negocio para la agricultura familiar*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- HOFSTETTER, J.; DE MARCHI, V.; SARKIS, J.; GOVINDAN, K.; KLASSEN, R.; OMETTO, A. et al. (2021). From sustainable global value chains to circular economy—different silos, different perspectives, but many opportunities to build bridges. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 21-47.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agroindustria (2021). *Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agroindustria. Recuperado el 17/06/2024 de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18564/BVE21088315e.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- JURGILEVICH, A.; BIRGE, T.; KENTALA-LEHTONEN, J.; KORHONEN-KURKI, K.; PIETIKÄINEN, J.; SAIKKU, L. et al. (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability*, 8(1), 69.
- KAPLINSKY, R. y MORRIS, M. (2001). *A handbook for value chain research*. International Development Research Centre.
- KHAN, F. y ALI, Y. (2022). Moving towards a sustainable circular bio-economy in the agriculture sector of a developing country. *Ecological Economics*, 196, 107402.
- KORHONEN, J.; HONKASALO, A. y SEPPÄLÄ, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46.
- LENGYEL, M. y ZANAZZI, L. (2020). *Bioeconomía y desarrollo en la Argentina: oportunidades y decisiones estratégicas*. Buenos Aires: CIECTI.
- LIEDER, M. y RASHID, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.
- MEADOWS, D.; RANDERS, J. y MEADOWS, D. (2005). *Limits to growth: The 30-year update*. London: EarthScan.
- MENÉNDEZ, J. y HILBERT, J. (2013). Cuantificación y uso de biomasa de residuos de cultivos en Argentina para bioenergía. *Informes Técnicos Bioenergía*, 2(4). Recuperado el 21/06/2024 de: [http://www.probiomasa.gov.ar/\\_pdf/INTA-cuantificacion%20y%20uso%20de%20biomasa%20de%20residuos%20de%20cultivos%20en%20Argentina.pdf.pdf](http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/INTA-cuantificacion%20y%20uso%20de%20biomasa%20de%20residuos%20de%20cultivos%20en%20Argentina.pdf.pdf).
- NEVES, A.; GODINA, R.; AZEVEDO, S. G. y MATIAS, J. C. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113.
- PORTER, M. (1985). *Competitive Advantage*. New York: Free Press.
- PUNGAS, L. (2023). Invisible (bio) economies: A framework to assess the 'blind spots' of dominant bioeconomy models. *Sustainability Science*, 18(2), 689-706.
- SAIDUR, R.; ABDELAZIZ, E. A.; DEMIRBAS, A.; HOSSAIN, M. S. y MEKHILEF, S. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2262-2289.
- SALVADOR, R.; BARROS, M. V.; PIERONI, M.; SILVA, D. A. L.; FREIRE, F. y ANTONIO, C. (2023). Overarching Business Models for a Circular Bioeconomy: Systematising archetypes. *Sustainable Production and Consumption*, 43, 349-362.

- SCALISE, J. (2014). *Caracterización y diagnóstico de la cadena de valor de la quinua en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina. Recuperado el 17/06/2024 de <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Cultivos%20Andinos/Quinua/Bibliografia%20Quinua/2%20AGREGADO%20de%20VALOR/Caracterizacion%20y%20Diagnostico%20de%20la%20cadena%20de%20valor%20de%20la%20quinua%20en%20Argentina.pdf>.
- Secretaría de Energía (s/f). *Datos de energías renovables – plantas de biocombustibles*. Recuperado el 17/06/2024 de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/energias-renovables-plantas-biocombustibles>.
- STARICCO, J. I. y BURASCHI, M. (2022). Putting transnational “hybrid” governance to work: An examination of EU-RED’s implementation in the Argentinean biodiesel sector. *Geoforum* 131, 185-195.
- STEGMANN, P.; LONDO, M. y JUNGINGER, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation and Recycling*, X(6), 100029.
- STURGEON, T. (2011). De cadenas de mercancías (commodities) a cadenas de valor: construcciones teóricas en una época de globalización. *Eutopía*, 2, 11-38.
- TEIGISEROVA, D. A.; HAMELIN, L. y THOMSEN, M. (2020). Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Science of the Total Environment*, 706, 136033.
- TORROBA, A. (2021). *Biocombustibles líquidos: institucionalidad y formulación de políticas públicas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el 17/06/2024 de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18566/BVE21088316e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- United States Department of Agriculture (2022). *Biofuels Annual Report: Argentina*. Recuperado el 17/06/2024 de <https://www.fas.usda.gov/data/argentina-biofuels-annual-7>.
- VELASCO-MUÑOZ, J. F.; MENDOZA, J. M. F.; AZNAR-SÁNCHEZ, J. A. y GALLEGOSCHMID, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation & Recycling*, 170, 105618.
- VIVIEN, F. D.; NIEDDU, M.; BEFORT, N.; DEBREF, R. y GIAMPIETRO, M. (2019). The hijacking of the bioeconomy. *Ecological Economics*, 159, 189-197.