

# **APORTES DE LA TELEDETECCIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL SITIO RAMSAR HUMEDAL LLANCANELO, MALARGÜE, ARGENTINA**

**TELEDETECTION CONTRIBUTIONS FOR THE CHARACTERIZATION OF THREATS FOR  
THE CONSERVATION OF THE RAMSAR SITE HUMEDAL LLANCANELO, MALARGÜE,  
ARGENTINA**

**María PALMA LEOTTA**

Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR), Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

mae.leotta@gmail.com

**Jorge TORRES**

IGEO, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

jatl61@yahoo.com.ar

**Héctor CISNEROS**

IGEO, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

hcisnero@uncu.edu.ar

**Martina CALIRI**

Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR), Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

martinacaliri23@gmail.com

**María ORDOÑEZ**

Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR), Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

merce.ordz@gmail.com

**Nora. B. M. GORLA**

Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GenAR), Facultad de Ciencia.  
Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

[noragorla@gmail.com](mailto:noragorla@gmail.com)

## RESUMEN

Llanquanelo es el humedal más importante de la provincia de Mendoza, Argentina. Presenta características biogeográficas únicas, gran belleza escénica, y un valor especial para mantener la diversidad genética y ecológica. Atesora hábitats para especies animales en períodos críticos de sus ciclos biológicos. Es un sitio Ramsar bajo protección internacional por considerarse en riesgo. El objetivo de este trabajo fue profundizar el análisis de las amenazas a la conservación mediante la aplicación de teledetección e imágenes satelitales con procesamientos digitales, investigación documental y observacional. Se confirma la reducción de la superficie de la laguna. Se obtuvo la caracterización litológica y de la cobertura vegetal del área. Se presenta el análisis de los fenómenos antrópicos y biológicos que sirven para entender y monitorear la degradación de las tierras, la desertificación y la pérdida de hábitats de especies nativas vulnerables que allí residen.

**Palabras Clave:** Llanquanelo, amenazas, conservación, biodiversidad, Humedales Ramsar, teledetección.

## ABSTRACT

Llanquanelo is the most important wetland in the province of Mendoza, Argentina. It presents unique biogeographic characteristics, great scenic beauty, and a special value to maintain genetic and ecological diversity. Treasures habitats for animal species in critical periods of their biological cycles. It is a Ramsar site under international protection because it is considered at risk. The objective of this work was to deepen the analysis of threats to conservation through the application of remote sensing and satellite images with digital processing, documentary and observational research. The reduction of the surface of the lagoon is confirmed. The lithological characterization and the vegetation cover of the area was obtained. An analysis of the anthropic and biological phenomena that serve to understand and monitor land degradation, desertification and loss of habitats of vulnerable native species residing there is presented.

**Keywords:** Llanquanelo, threats, conservation, biodiversity, Ramsar wetlands, remote sensing.

## INTRODUCCIÓN

Llancanelo es considerado el humedal más importante de la provincia de Mendoza. Está localizado en el departamento de Malargüe (35° 36' S - 69° 08' O) y ocupa una depresión emplazada al pie de la Cordillera de Los Andes Centrales a una altura de 1330 m.s.n.m., forma parte de un sistema hidrológico endorreico (Figura 1). Fue declarado Reserva Provincial de Fauna en 1980, incluida en Áreas Naturales Protegidas por ley provincial 6045/1993. Mediante la ley 7824/2008 se amplían sus límites a 87.000 ha con establecimiento de límites aéreos y subterráneos de 600 m. Bajo Jurisdicción Fiscal del Gobierno de la Provincia de Mendoza se encuentran un total de 42.000 ha y en Jurisdicción Privada unas 50.000 ha que pertenecen a estancias y campos privados (en gran parte incluidos en el Área Natural Protegida “Humedal Llancanelo” bajo la categoría Reserva de Paisaje Protegido y Reserva Natural-Cultural Artículo 3º Ley 7824 y “Acta Acuerdo Laguna Llancanelo” firmada por pobladores y autoridad de aplicación.

La Convención Ramsar y el Registro de Montreaux incorporan a Llancanelo en 1995 como humedal en riesgo bajo protección internacional (designada como sitio Ramsar No. 759) (Agard et al., 2002). Estas normativas buscan preservar este humedal natural inmerso en un ambiente semi-desértico dentro de la Provincia Fitogeográfica Patagónica. Es el único en su tipo en esta región. Más de 90.000 ha de ambientes húmedos e interconectados que incluyen el espejo de agua, bañados, pajonales inundados, bajos salinos y salitrales costeros (Sosa, 2007), forman un sistema de humedales en el que confluyen elementos de varias regiones biogeográficas (Monte, Patagonia, Andina) además de formaciones de origen volcánico con presencia de conos hidroclásticos (volcanes que hicieron erupción debajo del agua como el Volcán Carapacho), lo que conforma un sistema de características únicas para la región (Bermúdez y Delpino, 1990).

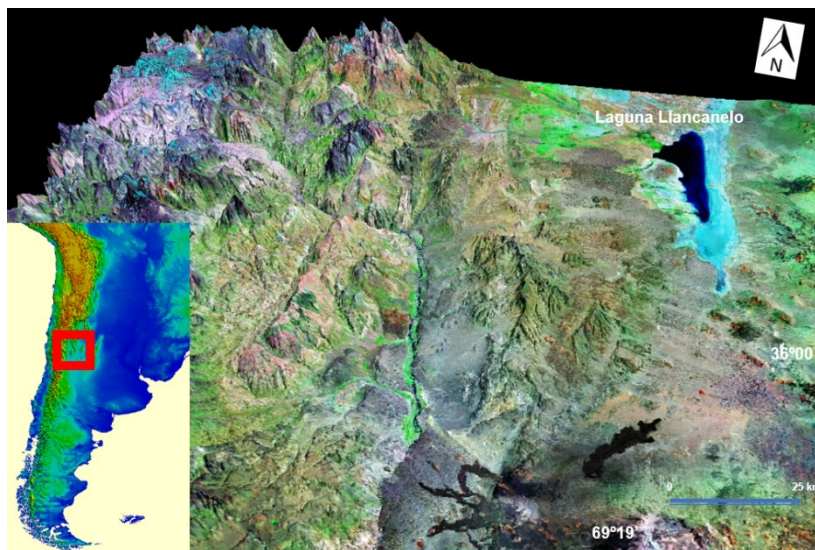


Figura 1. Mapa de Ubicación de la localidad Laguna Llancanelo, Mendoza. Fuente: Elaboración propia

El humedal LLancanelo tiene un valor especial para mantener la diversidad genética y ecológica y como hábitat de animales en un período crítico de sus ciclos biológicos. Su espejo de agua es uno de los sitios de nidificación y migración de aves más destacados de Sudamérica ya que aloja una excepcional biodiversidad, con más de 150 especies (Pescetti y Muñoz, 2005). Sustenta comunidades de macrófitas (totoraes, juncales y batrales) claves para el mantenimiento de la biodiversidad de la región. Aquí se encuentran específicamente comunidades vegetales de *Schoenoplectus californicus*; *Typha dominguensis* y *Phragmites australis* que se desarrollan en parches en las desembocaduras de los cursos de agua dulce (Méndez, 2005). Estos parches representan verdaderos refugios de vida silvestre y además son hábitats específicos para la cría de especies únicas en la región como *Cygnus melanorhynchus*, que antiguamente criaban hasta 1500 parejas. En la actualidad estas comunidades se encuentran localmente amenazadas por la invasión de tamarindo *Tamarix gallica*, que ocupa justamente las zonas de desembocadura de agua dulce y de ese modo evita el desarrollo de las comunidades nativas (Sosa, et al., 2006).

Se ha registrado una comunidad de más de 100.000 individuos de aves acuáticas en períodos estivales con situación hídrica adecuada (Blanco y Canevari, 1995). Llanccanelo es considerado banco genético de especies representativas y carismáticas como el flamenco austral, *Phoenicopterus chilensis*, por ser el segundo sitio en importancia para la cría de esta especie en su área de distribución. Los resultados de los censos demuestran que la Reserva Provincial Laguna Llanccanelo puede ser considerada como un área de vital importancia para la conservación de los flamencos, ya que además de ser probablemente el sitio de reproducción más austral conocido hasta el presente (Sosa y Martín, 2011) alberga durante el resto del año un promedio de 32.000 individuos, lo que representa el 11,4 % del total poblacional registrado para la especie (Marconi, et al., 2010). Debido a la importancia de la Laguna de Llanccanelo para la persistencia de esta especie (Sosa y Martín, 2012), es fundamental establecer medidas de monitoreo.

La provisión de belleza escénica es otra valoración del Humedal Llanccanelo, que integra junto a Payunia un campo volcánico que se caracteriza por la abundancia de conos monogénicos basálticos, que rodean la laguna y que condujeron al desarrollo de una cuenca hídrica endorreica (Mikkan, 2015). Ambos campos presentan una belleza escénica impactante, de importancia estética excepcional, dominada por edificios volcánicos morfológicamente contrapuestos, estructuras de imponente tamaño y otros de pequeño tamaño, edificios volcánicos puramente magmáticos y otros hidromagmáticos, coladas de lavas, flujos de ceniza, campos de bombas y piroclastos. Por la juventud de las erupciones la morfología volcánica se mantiene prácticamente intacta, sin erosión, conformando un paisaje único y variado producto de los distintos procesos volcánicos que lo generaron. Además, se le consigna a este sitio un valor universal excepcional debido a que los campos volcánicos Llanccanelo y Payún Matrú que la conforman, están originados por la actividad magmática de retroarco desde el Neógeno hasta épocas históricas. En ambos campos afloran un gran número de rocas ígneas de diferentes edades y se han elaborado numerosos relieves volcánicos que estructuran variados paisajes. Una forma de ocupación humana particular y escasa, junto con las condiciones climáticas secas del lugar y la juventud de diferentes tipos de erupciones, permiten que las condiciones naturales se mantengan sin modificarse. Este valor impulsó el proyecto de nominación de La

Payunia, Campos Volcánicos Llancanelo y Payún Matrú para su Inscripción en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco (Españon, 2010; Mikkan, 2015; Llano, 2014).

El desafío de conservar la biodiversidad, el funcionamiento ecosistémico y los servicios ambientales exige aproximaciones novedosas tanto para conocer mejor (plano conceptual) como para gestionar mejor (plano aplicado) los sistemas ecológicos. La naturaleza de las amenazas que enfrentan los ecosistemas hace que las aproximaciones experimentales tradicionales, si bien necesarias e imprescindibles, sean hoy insuficientes. El uso más generalizado de la teledetección suele estar asociado a las descripciones de tipos de cobertura del suelo, lo que mejora la caracterización de la heterogeneidad del paisaje y permite describir patrones espaciales de unidades ecosistémicas estructurales, demostrando que es una herramienta poderosa, ya que permite trabajar a una alta resolución espacial y temporal; para mapear los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas (cobertura terrestre, uso del suelo, perturbación ecológica y fenología de la vegetación) y estimar sus cambios a través del tiempo (Rocchini, et al., 2013). Además, la teledetección se utiliza en muchas aplicaciones de monitoreo, como la fragmentación y la conectividad del hábitat, en la ecología del paisaje, y los estudios de enfoque sobre especies individuales y en el monitoreo de las amenazas antropogénicas a la diversidad biológica y los servicios del ecosistema (Petorelli et al, 2015). A su vez permite el seguimiento del comportamiento funcional de los ecosistemas casi en tiempo real, y ello representa una oportunidad única para el desarrollo de sistemas de alerta temprana en espacios protegidos (Oyarzabal y Oyonarte, 2008). Esta información es esencial en el diseño de estrategias efectivas para la conservación y gestión de la biodiversidad (Willis, 2015; Rocchini, et al., 2015; Sánchez Díaz, 2018).

Se dispone de indicadores de calidad ambiental, que nos permiten cuantificar el estado de un ecosistema y su evolución en el tiempo. Estos deben poder describir los procesos del ecosistema, integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir, ser sensibles a las variaciones del clima, manejo y tiempo, accesibles a muchos usuarios y aplicables a las condiciones de campo, ser reproducibles, fáciles de entender, sensibles a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica,

reflejar el modo de utilización de los recursos, presentar y evaluar tendencias y poseer compatibilidad con los datos y formatos de las bases de datos ya existentes. Los sistemas de información geográfica (SIG) y de teledetección mediante el uso de sensores remotos son cada vez más usados en la evaluación de estos procesos (Abraham y Beekman, 2006).

La salinización de los suelos constituye una de las principales causas de la degradación de los suelos, junto a procesos erosivos tales como: el sobrepastoreo, el desmonte de la vegetación nativa, las prácticas de cultivo no sustentables y el drenaje de los humedales (Beekman, 2004). Los cambios climáticos favorecen el déficit hídrico en Mendoza (Villalba, 2009), sumado a las actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y la industria petrolera potencialmente contaminantes, que pueden resultar en amenazas para la conservación de este humedal. Se estima que de los plaguicidas utilizados en la agricultura en forma preventiva, sin importar si se presenta o no una plaga, sólo el 1% alcanza los cultivos, el resto contamina suelos, aire y, principalmente, los cuerpos de agua (Mazari, 2014). Se conoce la contribución sustancial de la ganadería al cambio climático y a la contaminación del aire, a la degradación de la tierra, aire y agua y a la reducción de la biodiversidad (Pérez Espejo, 2008). Además, los derrames y fugas de hidrocarburos constituyen los mayores contaminantes de las aguas subterráneas (EPA, 2007).

Las exploraciones petrolíferas en la zona de Llancanelo, se remontan a 1937, por lo que cuando se declaró el sitio Ramsar en el año 1995 la explotación del petróleo ya formaba parte de los rasgos habituales de la zona y así fue mencionado en la Ficha técnica de su designación. En 2003, la ONG Oikos Red Ambiental presentó un recurso de amparo a la propuesta de exploración petrolera. En marzo de 2005 se dictó sentencia definitiva a la causa, en la que se insta a la provincia a que realice una delimitación participativa del Área Natural Protegida Laguna Llancanelo con criterio faunístico y determine sus “límites biológicos”. Además se recomendó realizar el Plan de Manejo de la Reserva antes de iniciar cualquier actividad petrolera en el sector. Desde el año 2010 la empresa YPF comenzó con la explotación del Área de Concesión Petrolera Llancanelo. El pasado 15 de mayo de 2019 se publica el Decreto n° 977 del Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía, en el Boletín

Oficial n° 30852, donde el Gobierno de Mendoza aprueba una solicitud de YPF de disminución del 50% de alícuota de las regalías que debe tributar por la producción de crudo pesado en la concesión Llanquanelo (Art 27. Ley 17319), la extensión del plazo de concesión hasta el año 2036 y una inversión para la perforación de dos pozos horizontales multilaterales de cinco ramas, 5 pozos de avanzada, 27 pozos en desarrollo y la ejecución de 17 intervenciones en pozos. Este decreto y su impacto en Llanquanelo nos preocupan como científicos y como ciudadanos. Es necesario generar información al respecto, para poder alertar e ilustrar a los legisladores sobre el riesgo que implica esta normativa para la riqueza biológica y escénica de este humedal.

Si bien existen una serie de leyes y normativas para proteger a Llanquanelo, se sostiene como hipótesis que existen amenazas que ponen en peligro la conservación de este humedal. Para aportar a la conservación de este patrimonio natural el objetivo de este estudio fue utilizar la teledetección y la aplicación de diferentes métodos de procesamiento digital de las imágenes satelitales obtenidas a fin de aportar en la caracterización biogeográfica del sitio y de las amenazas o riesgos o transformaciones que puedan ser visibilizadas con estos métodos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Fuentes/Datos de entrada: Para evaluar el grado de desertificación, se descargaron imágenes de satélite LDCM *Landsat Data Continuity Mission* 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, SPOT, CBERs y SENTINEL 2 b, con sensores MSS, TM, ETM+ y OLI, para la medición del área cubierta de agua en Llanquanelo en el mes de marzo de los años 1973, 1976, 1985, 2008, 2009, 2017 y datos de nivel máximo alcanzado, denominado Prehistórico, obtenidos con la marca satelital más antigua de sedimentos lacustres precipitados. Se toma como criterio para la descarga de imágenes, utilizar datos aleatorios, del mismo mes y con buena visibilidad o baja cobertura de nubes. Se midió el área total máxima calculada con el límite de la cuenca dada por la presencia de la marca de sedimentos.

Primera etapa de procesamiento: Sobre las imágenes Landsat se aplicaron técnicas de procesamiento digital a los efectos de poder resaltar las diferencias espectrales entre los materiales presentes en la zona de estudio, en este caso de la cubierta



vegetal, para ello se aplicaron técnicas de composición a color, filtrados digitales y aplicaciones de expresiones matemáticas tales como cocientes e índices. Se utilizó el Software ENVI para generar un archivo único de bandas.

Segunda etapa de procesamiento: se realizó el procesamiento digital de la información, junto con la recopilación de los datos y la revisión bibliográfica previa. Durante esta etapa se diferencian 3 sub-etapas de trabajo: el pre-procesamiento o sub-etapa 1, caracterizada por los procesos de corrección atmosférica y corrección radiométrica de las imágenes utilizadas. La segunda sub-etapa consistió en el procesamiento digital propiamente dicho: la generación de composiciones a color, mediante la combinación de las bandas de las imágenes Landsat en sus distintas versiones, y se obtienen imágenes coloreadas que permiten una mayor discriminación de las unidades fitogeográficas (combinación Rojo, Verde y Azul RGB, *equalization*), se hicieron distintas combinaciones de bandas con el fin de analizar la potencialidad de las mismas y realizar una interpretación fotogeológica del área con el procesamiento digital conocido como *Decorrelation stretch*, se mejoró la imagen basada en el Análisis de Componentes Principales (ACP), que consiste en la transformación de los colores iniciales en base al teorema de Karhunen-Loève. Se realizó un ACP de una imagen tribanda, seguido de una normalización de los valores de varianza de cada componente y de un aumento Gaussiano de contraste de cada uno de ellos. Como consecuencia de ellos se obtiene una imagen tribanda en donde se combinan los tres componentes principales modificados que da como resultado una imagen con un alto contraste que permite la identificación de regiones de difícil discriminación en la imagen original. Se generaron composiciones a falso color compuesto, en consideración de la influencia de las bandas infrarrojas en la discriminación de las distintas litologías y se realizó el cociente entre bandas con el fin de diferenciar las unidades en base a la Mineralogía y el intemperismo. Por último, se llevaron a cabo clasificaciones digitales no supervisadas, con valores obtenidos de la cobertura vegetal y otra con valores obtenidos con el índice de desertificación con el fin de asignar los píxeles de la imagen a las distintas clases, logrando dos nuevas imágenes en donde cada píxel representa la clase donde fue incluido.

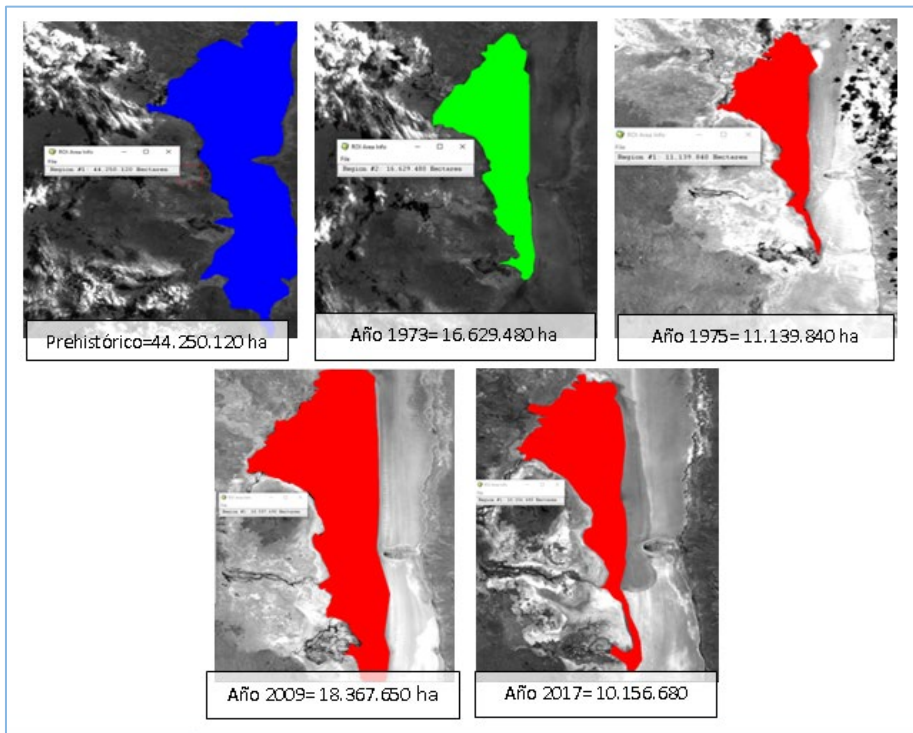
Tercera etapa; análisis de las imágenes/ resultados obtenidos como fuente de entrada para nuevos procesamientos que muestren la interrelación de las amenazas y cómo se articula la complejidad ambiental del humedal. Una vez realizado la caracterización biogeográfica mediante el uso de sensores remotos y procesamientos digitales se completó la caracterización integral del sitio mediante información recopilada de observaciones in situ (en enero del 2019) de la actividad agrícola, ganadera y petrolera en la zona, observación de avifauna y reconocimiento de especies, identificación de afluentes y bañados, recolección de información que brindaron guardaparques del sitio, sumado a la recopilación bibliográfica y análisis de revisiones y artículos de investigación, mapas geográficos, bases de datos y registros gubernamentales. La información obtenida se analizó para identificar principalmente las amenazas para la biodiversidad de Llanquanelo, utilizando un Protocolo de Evaluación de Riesgo Ecológico (basado en el libro de Sutter, 2016 y aplicado en otros sitios previos; Palma et al, 2018), para identificar posibles fuentes de contaminación, las rutas de exposición, posibles contaminantes y métodos analíticos.

## **RESULTADOS**

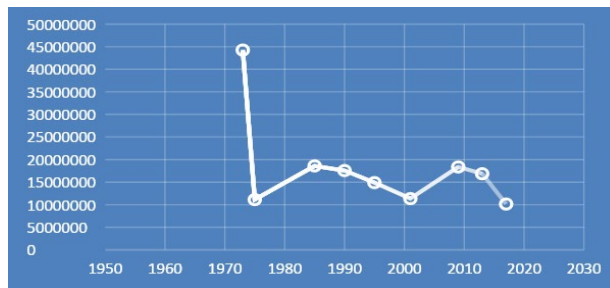
Mediante el análisis de imágenes satelitales se evidenció una variación de la superficie de agua de la laguna de Llanquanelo en el análisis espacio temporal (Figura 2 y 3).

Las imágenes satelitales obtenidas fueron analizadas por diferentes procesamientos digitales para mejorar la caracterización fotogeológica del área (Figuras 4 a 15).

Los posteriores procedimientos digitales brindaron la siguiente información. En la composición a color Rojo, Verde y Azul (RGB) se analizó la potencialidad de las combinaciones de bandas para la interpretación fotogeológica del área. Combinando las bandas del VNIR 3, 2, 1 (RGB) se logró una buena identificación de las diferentes litologías presentes en la zona de estudio lo cual permitió su comparación con mapas preexistentes.

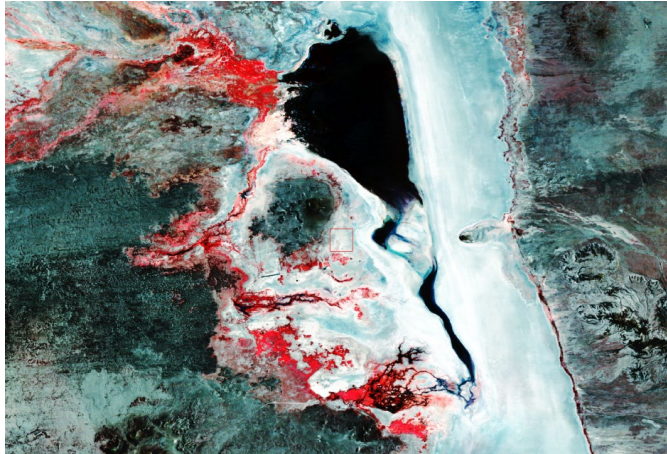


**Figura 2.** Tamaño de la laguna Llanquanelo observada mediante imágenes Landsat, en marzo de distintos años. Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.** Fluctuaciones del área de la laguna Llanquanelo en marzo de distintos años, a partir de imágenes MSS, TM, ETM+ y OLI (En la ordenada: área de la laguna en m<sup>2</sup> y en la abscisa: el año de adquisición de la imagen). Fuente: Elaboración propia

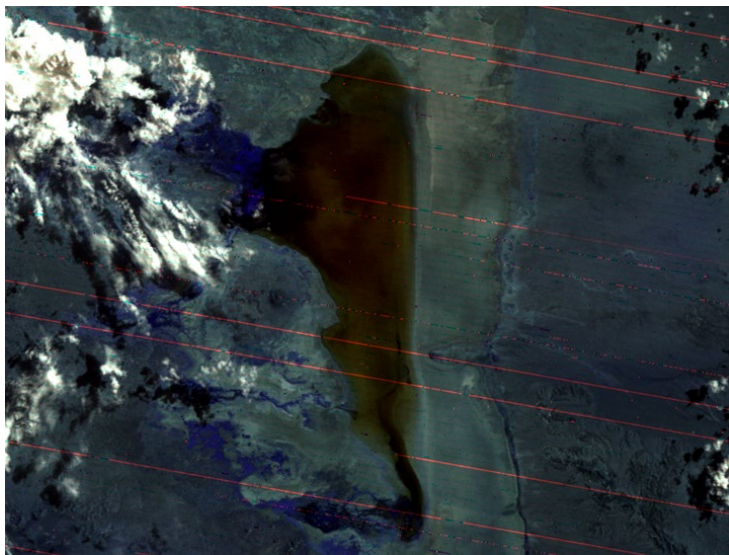
A esta combinación se le aplicó la técnica del realce de imagen con la opción *equalization*, que permite obtener una imagen con mayor contraste, donde se realzan las diferencias entre las distintas composiciones litológicas (Figuras 4 a 15).



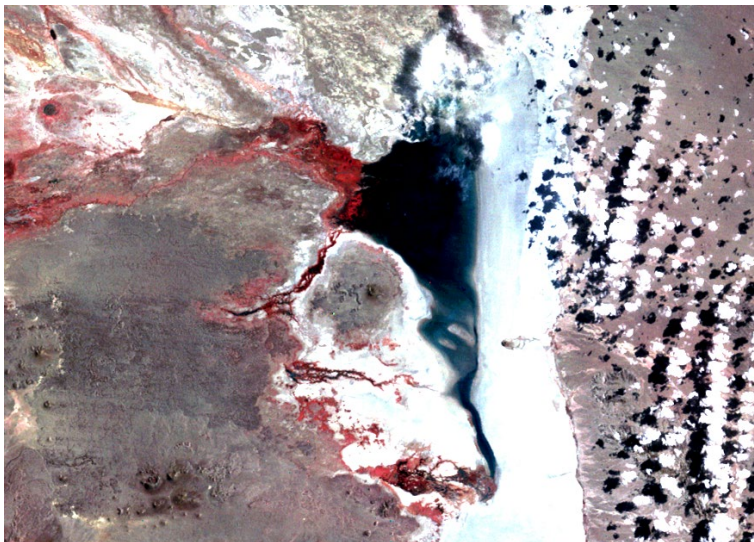
**Figura 4.** Humedal Llancanelo, Mendoza. Combinación de bandas 4, 3, 1 (RGB) de los distintos subsistemas (VNIR y SWIR). En esta figura se puede observar en tonos rojos la zona de mayor vegetación, en tonos cian el basamento precuaternario y las partes blancas y más claras son rocas meteorizadas. Fuente: Elaboración propia



**Figura 5.** Humedal Llanquanelo, Mendoza. Combinación de bandas simples RGB432 imagen del satélite ETM+ (fecha de toma 20 de marzo 2016). Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Humedal Llanquanelo, Mendoza. Combinación de bandas simples RGB432 imagen del satélite MSS con "stripping" (no corregida) (fecha de toma marzo 1973). Fuente: Elaboración propia



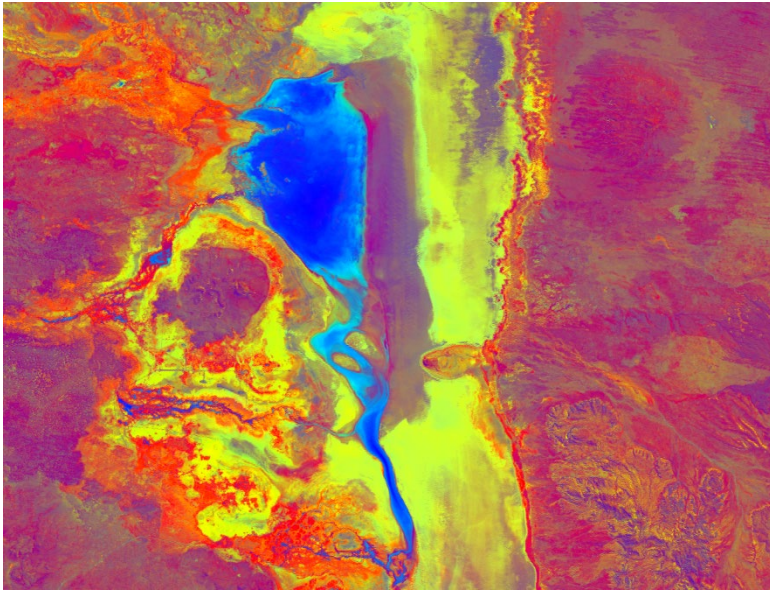
**Figura 7.** Humedal Llancanelo, Mendoza. Combinación de bandas con realce de contraste tipo “*stretching*” en modo ecualización de histograma RGB654 imagen MSS del satélite LANDSAT (fecha de toma 20 de enero de 1975). Fuente: Elaboración propia

En el ACP se utilizó la imagen OLI con todas sus bandas, incluyéndose la banda pancromática (porque en el caso de efectuar el *layer stacking*, reduciría el tamaño de píxel, lo que es conveniente para la disminución de la redundancia de datos). Se obtuvieron 11 bandas, las tres primeras tienen más del 90% de la información total y las tres últimas son insignificantes en su aporte (Figura 8).



**Figura 8.** Humedal Llanquanelo, Mendoza. Combinación de bandas con corrección atmosférica QUICK del software ENVI 5.0 RGB654 imagen OLI del satélite LANDSAT 8 (fecha de toma 26 de abril de 2016). Resolución espacial: 15 m con ampliación de *layer stacking* usando la banda pancromática (*sharpen 18*). Fuente: Elaboración propia

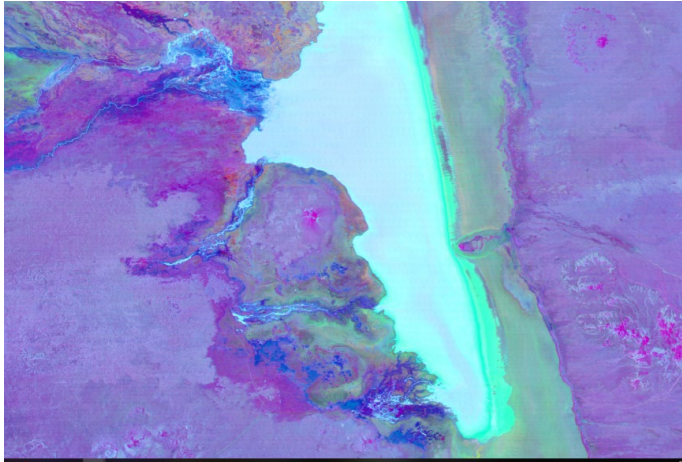
El realce por *decorrelation Stretch* fue aplicado a la combinación RGB543. Se puede notar al hacer decorrelación estadística con este elemento, que los elementos estructurales tienden a desaparecer, pero la respuesta que se obtiene para contrastar elementos litológicos aumenta en resolución (Figura 9).



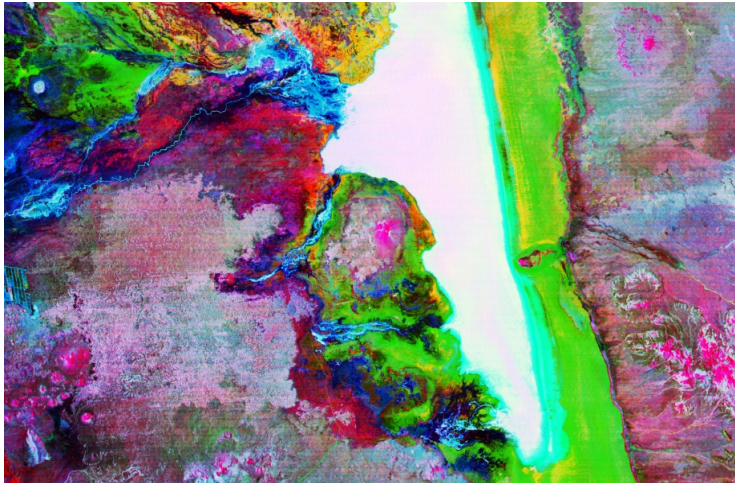
**Figura 9.** Humedal Llanquanelo, Mendoza. Aplicación del módulo *decorrelation stretch* del software ENVI 5.0 RGB654 imagen OLI del satélite LANDSAT 8 (fecha de toma 26 de abril de 2016). Resolución espacial: 15 m con ampliación de *layer stacking* usando la banda pancromática (*sharpen 18*). Fuente: Elaboración propia

En la combinación de bandas ACP RGB123 se presentó lo obtenido con el 90% de los datos totales, mostrando el sector sur del área de trabajo. Existe una significativa correspondencia entre los colores resultantes en esta combinación y las litologías presentes en el sector (se aplicó ecualización de histograma) (Figuras 10, 11, 12 y 13).

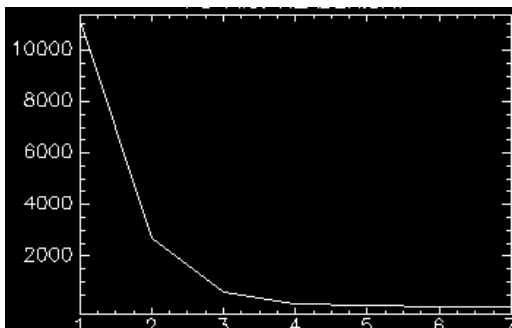




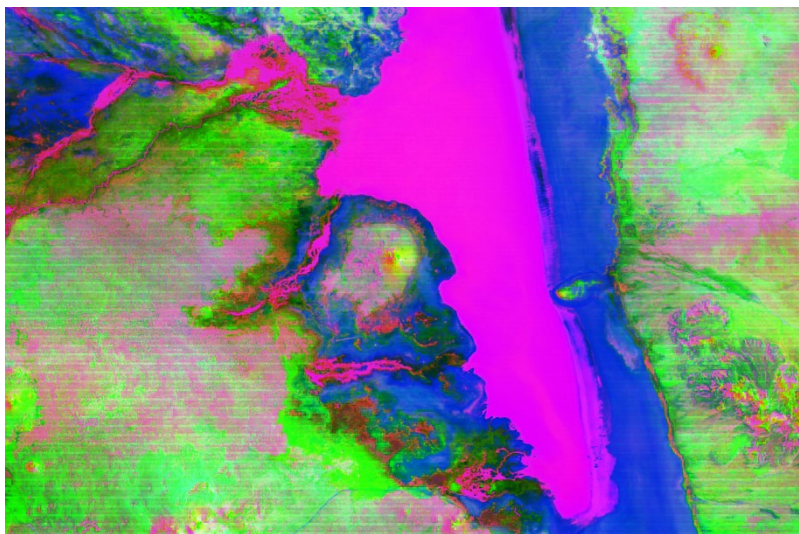
**Figura 10.** Humedal Llancañelo, Mendoza. Bandas resultantes de la aplicación de componentes Principales en ENVI 5.01. Se omitieron las 3 últimas bandas por tener casi nula repercusión en los resultados finales. Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** Laguna Llancañelo, Mendoza. Se aplicó el método de componentes principales, donde se resume la información existente eliminando indiscriminadamente la menos significativa, colocando a la banda 1PC con el 80% de los autovalores (ver imagen siguiente), concentrando al 20% restante en 6 bandas consecutivas posteriores. El resultado es esta imagen donde puede verse resaltado la gran cantidad de elementos resultante que pueden fácilmente discriminarse y pueden ser objeto de posteriores análisis visuales. Fuente: Elaboración propia

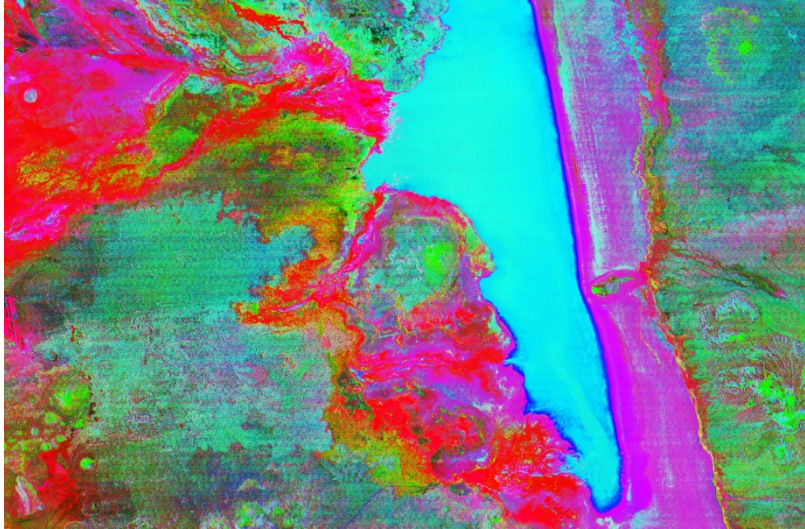


**Figura 12.** Distribución de autovalores estadísticos luego de aplicar el análisis de componentes principales ACP. En la ordenada se encuentran los autovalores resultantes de la transformación estadística y en la abscisa se indican las bandas obtenidas de 1PC a 7PC. Fuente. Elaboración propia

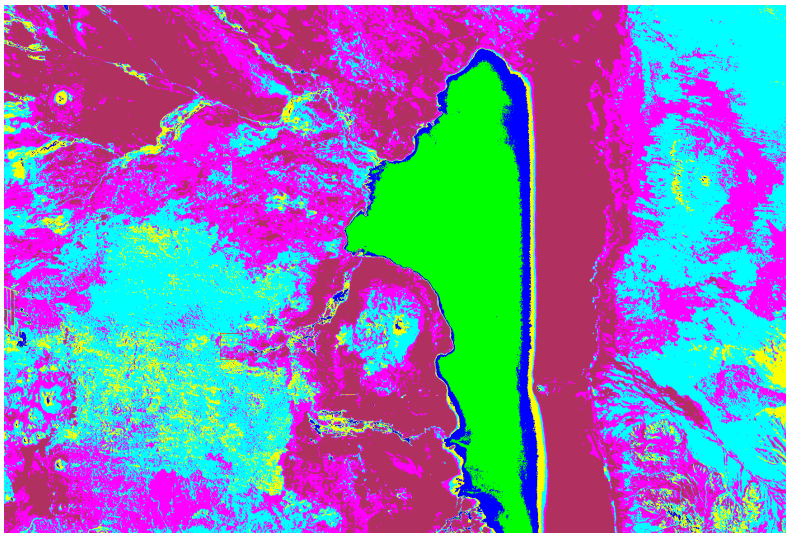


**Figura 13.** Humedal Llancanelo, Mendoza. Combinación de bandas ACP RGB123 con el 90% de los datos totales, mostrando el sector sur del área de trabajo. Existe una significativa correspondencia entre los colores resultantes en esta combinación y las litologías presentes en el sector (se aplicó ecuilización de histograma). Fuente: Elaboración propia

En la combinación de bandas ACP RGB543, también con el 9% de los datos totales, no existe ninguna valoración positiva para distinguir elementos litológicos, pero si estructurales como son los cauces (Figuras 14 y 15).

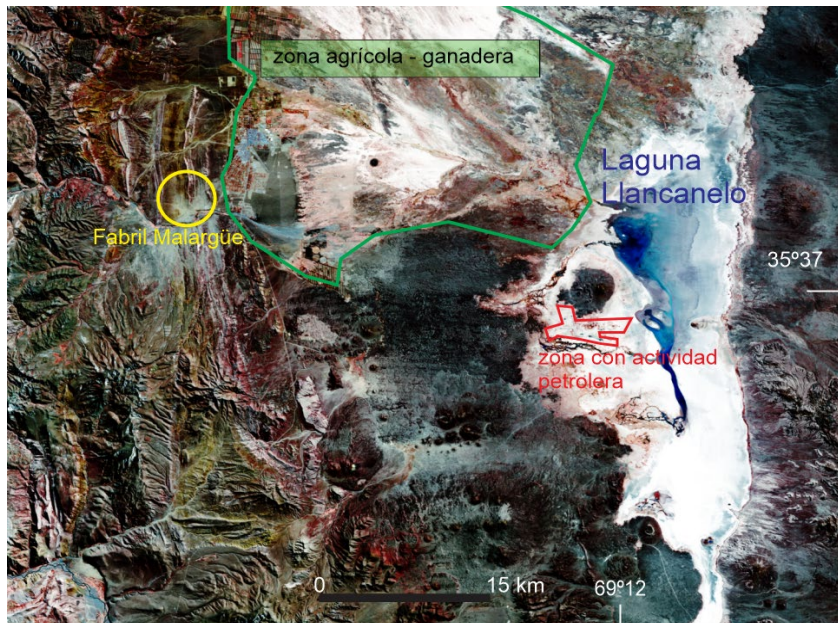


**Figura 14.** Humedal LLancanelo, Mendoza. Combinación de bandas ACP RGB543 con el 9% de los datos totales, mostrando la laguna. En este caso no existe ninguna valoración positiva para distinguir elementos litológicos, pero si estructurales (es muy notoria la diferencia entre los cauces, los cuales se encuentran muy marcados y contrastados, lo que se explicaría a través de respuestas minoritarias que se observan muy bien en esta combinación). Fuente: Elaboración propia



**Figura 15.** Humedal Llancahuelo, Mendoza. Clasificación mediante el método no supervisado realizado en bandas de imagen OLI con 10 m de resolución (ampliada) y posterior combinación de colores. Área inundada del sitio RAMSAR (en verde) contrastando con el área de máxima inundación periódica (azul) y extraordinaria (amarillo) y área de cobertura prehistórica máxima (rojo). Fuente: Elaboración propia

Las principales actividades antrópicas que pueden reflejar impactos y amenazas para este humedal, localizadas muy próximas al espejo de agua, están señaladas en la Figura 16.



**Figura 16.** Humedal Llanccanelo y regiones aledañas donde se visualiza la ubicación de actividades antrópicas potencialmente contaminantes. Fuente: Elaboración propia

La actividad petrolera, emplazada en las zonas aledañas de la reserva determinada como “Área de Concesión Petrolera” es una amenaza dada la alta vulnerabilidad del acuífero al peligro de contaminación por hidrocarburos y por las aguas de producción derivadas de dicha actividad.

Las zonas dedicadas a la agricultura son una posible fuente de contaminación por el uso plaguicidas en los cultivos, que pueden llegar, por las características del relieve y tipo de suelo, a los acuíferos que sustentan el humedal. En general, los cultivos son forestales, forrajes y algunas especies hortícolas como papa y ajo.

La actividad ganadera tanto bovina como caprina existente en la reserva, son fuente de contaminación orgánica propia de la producción, sumado al uso de medicamentos y liberación de éstos o sus metabolitos al ambiente. No existen registros oficiales del número de cabezas de ganado en este sitio.

A un km del centro de Malargüe se encuentra el Complejo Ex Fabril Malargüe, una planta de tratamiento de minerales de uranio que inició su actividad en 1945 y cesó sus actividades en 1986. En 1997 se aprobó un proyecto para realizar verificaciones del sistema de encapsulamiento realizado en el sitio durante un periodo de 20 años. Al finalizar esta etapa se deberá continuar con un plan de vigilancia y monitoreo durante la vida útil del sistema, que deberá cubrir un periodo mínimo de 200 años que incluya estudio de las condiciones físicas del sitio y controles de aire y agua, por la alta perdurabilidad de estos contaminantes en el ambiente (Wagner, 2011).

Las fuentes potenciales de contaminación anteriormente nombradas usan el agua como ruta de exposición de contaminantes con la biodiversidad de Llanquanello. Las características geofísicas del humedal, al ser una cuenca endorreica nutrida de afluentes surgentes (como pueden apreciarse los cauces en figura 14) muestran la compleja estructura hidrológica de aportes de agua desde zonas superiores. A su vez, como se observa en la figura 4 las zonas de mayor vegetación del humedal (zona de bañados) coinciden con las zonas de actividad petrolera y ganadera principalmente.

Se suma además como amenazas ya conocidas, la presencia en el sitio de especies exóticas invasoras como el tamarindo (*Tamarix gallica*) y jabalíes (*Sus scrofa*), avistados por pobladores y guardaparques. El tamarindo es una especie de árbol de rápido crecimiento y expansión observado en las zonas de los bañados, ocupando hábitats y propiciando refugio a los jabalíes, los cuáles producen predación sobre la avifauna y competencia por los recursos.

## DISCUSIÓN

La utilización de los SIG y de teledetección mediante el uso de sensores remotos ha ganado terreno en la última década para la evaluación de los procesos de desertificación, en la formulación de indicadores de calidad ambiental y como herramientas útiles para la toma de decisiones políticas, con respecto a la regulación del uso y cuidado de los recursos naturales (Rabolli y Gulich, 2005; Abraham y Beekman, 2006). La utilización de métodos de procesamiento digital de imágenes satelitales como el ACP logra el objetivo de resumir un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto (más pequeño) sin perder una parte significativa de la información original, como lo expone Chuvieco, 2010. Permite la construcción de

una o varias imágenes que incrementen la capacidad de diferenciar distintas coberturas. Es por ello que al realizar una composición color resulta interesante usar, en lugar de algunas bandas de la imagen, los componentes principales 1, 2 y 3 en la secuencia RGB respectivamente. Como exponen Ferrero, et al. (2002), cuando se realiza una composición color con los primeros componentes principales usualmente se distinguen más coberturas que si se utilizan las bandas. Por otra parte, en aplicaciones multitemporales en las que interesa detectar cambios, se seleccionan los últimos componentes porque ofrecen la información no común. El ACP puede aplicarse como realce previo a la interpretación visual o como procesamiento anterior a la clasificación. En general, esta técnica incrementa la eficiencia computacional de la clasificación porque reduce la dimensionalidad de los datos.

El ACP facilita una primera interpretación sobre los ejes de variabilidad de la imagen (Chuvieco, 2010), lo que permite identificar aquellos rasgos que aparecen en la mayoría de las bandas y aquellos otros que son específicos de algún grupo de ellas. Este estudio se refiere a casos en los que interesa identificar la información común a la mayoría de las bandas, que está presente en los primeros componentes. El ACP también es usado en aplicaciones multitemporales con el objeto de detectar cambios en distintas fechas. En este caso, los primeros componentes resultantes del análisis no son los más interesantes ya que recogen información común a las distintas fechas (la estable). Los últimos componentes ofrecen la información no común (el cambio) que es lo que interesa en este contexto, como refiere Chuvieco (2010), evidenciado en el presente procesamiento de imágenes.

El análisis temporal de la superficie de agua de la laguna mediante imágenes satelitales evidencia un marcado detrimento en el tiempo hacia la actualidad. Las variaciones observadas en la superficie de la laguna de Llanquanelo podrían deberse a causas naturales, disminución de acumulación nívea en altura y fenómenos climáticos y/o a causas antrópicas como la disminución del afluente del río Malargüe por derivaciones para la actividad agrícola o ganadera, como quedó demostrado en el artículo de Bianchi, et al. (2017), que describe cómo las fluctuaciones en la laguna Llanquanelo está significativamente correlacionada con el flujo del río Malargüe a escala regional, y proponen utilizar el monitoreo de estas fluctuaciones como un Indicador de balance hídrico para esta región.

El agua de las cuencas que aportan a Llanquanelo tiene diversos usos (consumo humano, riego agrícola, industria petrolera y minera), pero como en toda la provincia el consumo predominante es la agricultura. Bajo la influencia del río Malargüe y los arroyos se riegan aproximadamente 2.400 ha, y de los ríos Atuel y Salado alrededor de 400 ha. Prácticamente la totalidad se riega con agua superficial (Martinis, et al., 2002). Por tanto, el agua de aporte hacia el sitio se encuentra en marcada disminución debido a la creciente utilización de agua en la parte media de la cuenca. Además, se debería considerar los desvíos clandestinos de los cursos de agua del río y de los arroyos tributarios.

Llanquanelo, como Reserva Provincial, cuenta con una concesión de agua de riego por 2.500 ha que se le otorgaron en 1994 para satisfacer las demandas ambientales debido a la variedad de especies animales y vegetales que cohabitan la misma. En el documento técnico VI del IPCC “El Cambio Climático y el Agua” elaborado por el grupo intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático del OMM y PNUMA en el año 2008, se hace referencia que para América Latina se han observado cambios en las precipitaciones en los dos últimos decenios, registrándose menos nevadas en tierras altas con la disminución lógica de los caudales de ríos y arroyos cordilleranos. Estudios locales refuerzan esta idea. Durante el siglo XX hubo una importante retracción de los cuerpos de hielo asociado a tendencias negativas en las precipitaciones níveas y en los escurrimientos de los ríos cordilleranos (Villalba, 2009). Por el contrario, se está registrando un gran aumento en las lluvias de verano en las llanuras al pie de los Andes. Estos escenarios climáticos podrían influir fuertemente en los patrones económicos de producción, sobre todo en las provincias de Mendoza y San Juan. Estos cambios necesitarán de adaptaciones en las actividades productivas regionales y, posiblemente llevarán a un cambio en la cultura tradicional del manejo del agua en los territorios adyacentes a los Andes Centrales (Villalba, 2009). En el artículo de Rivera, et al. (2017) se identificó que las sequías hidrológicas se asociaron a una acumulación de nieve más baja de lo normal en la región de los Andes central. Es probable que esta característica esté relacionada con el patrón de La Niña y el forzamiento oceánico que genera una escasez de precipitaciones observando consistencia espacio-temporal en la sequía 2010-2015, lo que indicaría también que otros factores podrían desempeñar un papel relevante en la extensión espacial de la sequía hidrológica y su gravedad.



Otra amenaza identificada son los riesgos que presenta la explotación petrolera en el sitio, dado la vulnerabilidad del acuífero, evidenciado en el estudio de Chiodi (2014), y las posibles fugas de hidrocarburos a los cuerpos de agua. La explotación petrolera debería garantizar a la ciudadanía las evaluaciones de impacto ambiental, los monitoreos y los protocolos de seguridad correspondientes.

La posible contaminación por la descarga desde 1954 a 1986 de desechos radiactivos del ex CFM, debe ser monitoreados por la alta persistencia en el ambiente y generación de efectos acumulativos a la exposición crónica. Se han encontrado estudios previos realizados entre los años 1996 y 2000 por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), organismo que tiene competencia en la fiscalización de la actividad nuclear en el país, que realizó cinco rondas de extracción de muestras instantáneas y sus respectivos análisis de concentraciones de uranio en agua y sedimentos, en las cercanías del ex CFM y en otros puntos dentro de la cuenca hidrográfica de la Laguna de Llanquanelo, así como en dos puntos de la Laguna (Agard, et al., 2002). Como resulta lógico, las concentraciones de uranio en el agua de las muestras tomadas en los tres puntos de muestreo más cercanos al ex CFM (pozo de Finca San Gabriel, Arroyo Los Caballos y napa de Puesto Sepúlveda) presentaron valores promedio (de cinco rondas) 10,2; 3,3 y 8,0 mg/l de uranio en agua, respectivamente, superiores a los de las muestras de sitios más alejados (cuyos promedios oscilan aproximadamente entre 0,75 ug/l Pozo YPF y 6 ug/l napa Puesto Rivero), debido a la incidencia de las colas de minerales. Desde el año 1999 se ha construido un drenaje semiperimetral en el predio en el que están depositadas las colas, con el objeto de mantener la napa freática a una profundidad no menor a 1,5 m de la base del área a ocupar por la obra de encapsulado de las colas de mineral de uranio. El límite establecido para uranio en agua de bebida por la US EPA es 30 ug/l (ATSDR, 2005), también superior al rango mencionado para los tres puntos más cercanos. Los valores individuales resultan muy variables, sin una tendencia clara, lo que puede deberse a las diferencias entre aportes desde la cuenca y la evapo-infiltración en la laguna, fenómeno cuyo resultado neto es un aumento en la concentración de las sustancias disueltas, lo cual se comprueba por los elevados valores de conductividad eléctrica (del orden de 15.000 a 20.000  $\mu$ ohms/cm. No obstante, las cifras obtenidas son en todos los casos muy inferiores al límite permitido por la ARN para agua de bebida (1000 ug/l) y si se tiene en cuenta el de la US EPA (30 ug/l) sólo se vería

superado por el valor obtenido en 1996 para la muestra norte en la laguna de Llanquanelo (Agard, et al., 2002).

La actividad ganadera es otra actividad que podría tener impacto en la reserva. No existen estudios sistemáticos sobre carga animal y la situación ganadera en la reserva, tampoco se cuenta con mediciones que nos den una idea del grado de impacto que los animales domésticos pueden estar produciendo en las zonas de pastoreo aledañas al humedal. En el marco del Plan de Manejo Participativo en Llanquanelo año 2003-2007 se realizaron talleres de ganadería con los pobladores a fin de obtener algunos datos iniciales sobre cantidad de ha de pastoreo, tipo de manejo, cantidad de cabezas de ganado, planes sanitarios (Sosa, 2007).

Con respecto a la actividad agrícola en zonas aledañas y superiores, preocupa principalmente por el desvío y uso del agua, y la posibilidad de contaminación del agua y napas por plaguicidas dado que, por las características del tipo de suelo, declive de la cuenca, y aguas de surgentes podrían terminar en el humedal.

Otra amenaza que se presenta es la invasión de especies exóticas, como el tamarindo (Novaro, 2005; Sosa, 2007) y el jabalí (Chebez, et al., 2011), y sus relaciones ecológicas que pueden actuar en la disminución, fragmentación y pérdida de hábitats, competencia por los recursos y predación sobre la biodiversidad.

## **CONCLUSIONES**

Se pudo identificar y caracterizar las amenazas que ponen en riesgo este importante humedal, sumando herramientas de análisis y monitoreo, encontrando problemáticas ambientales complejas, como el retroceso del agua de la laguna, el avance de la explotación petrolera, la fuente posible de contaminación con uranio radioactivo, la falta de registros y controles de la actividad agropecuaria y otros, que nos hacen preguntarnos cómo protegemos este lugar. Este grupo de investigación ha indagado algunas propuestas de conservación, aportando en la caracterización de los servicios ecosistémicos que brinda el humedal Llanquanelo, para poder implementar instrumentos de valoración económica, proponiendo un sistema de pago por servicios ecosistémicos que identifica los productos, actores y mecanismos que entrarían en juego en esta Reserva, constituyendo una potencial herramienta

para efectuar gestiones de conservación sobre estos servicios (Palma Leotta, et al., 2019).

El potencial de sinergias entre la ciencia y la teledetección es la clave para mejorar las interpretaciones y usos de los datos de satélite para apoyar futuras investigaciones en la toma de decisiones de gestión de procesos para la conservación de la biodiversidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham E. y Beekman G. (ed.) (2006). *Indicadores de la desertificación para América del Sur*. Programa de lucha contra la Desertificación y mitigación de los efectos de la Sequía en América del Sur, LaDyOT, BID, IICA, UNCCD; Mendoza: BID.
- Agard J., et. al. (2002). *Sitio Ramsar Laguna Llanquanelo Malargüe, Mendoza, Argentina*. Informe de la Misión Ramsar de Asesoramiento, Gland, Suiza.
- ATSDR (2005). Public health assessment guidance manual (update). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. *Department of Health and Human Services*. Atlanta Georgia.
- Beekman G. (2004). *Social Change and Resettlement Related to Water Resources Planning and Development*, Doktorandus Thesis, Royal Technology Institute-KTH, Estocolmo- Suecia.
- Bermúdez A. y Delpino D. (1990). La provincia basáltica andino cuyana. *Revista Asociación Geológica Argentina* 44 (1-4), 35-55
- Bianchi L., et. al. (2017). A regional water balance indicator inferred from satellite images of an Andean endorheic basin in central-western Argentina, *Hydrological Sciences Journal*, 62:4, 533-545.
- Blanco D., Canevari P. (1995). Censo Neotropical de aves acuáticas 1994. *Programa de Ambientes Acuáticos Neotropicales (NWP)*. 62 pp.
- Chebez, J. C., et. al. (2011). Estado de conservación de los tetrápodos de la Argentina. En: Porini, G. y D. Ramadori (eds.). *Manejo de Fauna Silvestre en Argentina. Conservación de especies amenazadas*. Fundación de Historia Natural "Félix de Azara".
- Chiodi, V. (2014). *Análisis de Vulnerabilidad Ambiental del Acuífero de la Laguna de Llanquanelo, en el Área de Bloque de Concesión Llanquanelo*. Práctica Supervisada, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio*. Ariel Ciencia, Barcelona, España.
- EPA (2007). Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (Twelfth Edition). Solid Waste and Emergency Response (5203P) EPA-542-R-07-012.

- Españon, V. R. (2010). Cosmogenic <sup>3</sup>He and <sup>21</sup>Ne dating and geochemistry of young basaltic lavas from southern Mendoza, Argentina. *Bachelor of Science (Honours), School of Earth & Environmental Sciences, University of Wollongong*. Disponible en: <http://ro.uow.edu.au/thsci/91>.
- Ferrero S., Palacio M., Campanella O. (2002). Análisis de componentes principales en teledetección. Consideraciones estadísticas para optimizar su interpretación. *Revista de Teledetección*, 17, 43-54.
- Llano C. (2014). Nominación de la Payunia, Campos Volcánicos Llanquanelo y Payún Matrú para su inscripción en la lista de Patrimonio Mundial de Unesco. *Informe Técnico. Comunicaciones Conicet*, 281-345. En: [www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=llano&id...inf...](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=llano&id...inf...)
- Novaro, A. (2005). Control y Monitoreo del tamarisco en la reserva Faunística Laguna Llanquanelo, Malargüe Mendoza. *Informe inédito. Wildlife Conservation Society (WCS)*.
- Marconi, P., et. al. (2010). Fourth simultaneous flamingo census in South America: preliminary results. *Bulletin of the Flamingo Specialist Group*. 18, 61–67
- Martinis, N., et. al. (2002). Evaluación hidrogeológica de la cuenca del Valle de Uco. *Tomo 1, 2 y 3. Publicación Interna IT N° 15-CRA. Instituto Nacional del Agua. Centro Regional Andino*. Pp. 520.
- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua, Rosario Pérez Espejo y Alonso Aguilar (coords.). *Problemas del Desarrollo* 45 (177) [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362014000200011&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362014000200011&script=sci_arttext&tlng=en)
- Méndez, E. (2005). La vegetación de la Reserva Provincial Laguna de Llanquanelo (Mendoza, Argentina). En: *Candollea. Botaniques de Genève*. 60 (1), 123-148.
- Mikkan R. (2015). Campos Volcánicos Llanquanelo y Payún Matrú: Patrimonio Mundial Natural. *Boletín de Estudios Geográficos*. 105, 55-74.
- Oyarzabal, M., Oyonarte, C., Giorno, A. 2008. Propuesta de un sistema de seguimiento y alerta para la gestión de espacios protegidos: el caso del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería, España). *Ecosistemas* 17(3), 98-107.
- Palma Leotta, M, et. al. (2019). Servicios ecosistémicos del Humedal Llanquanelo y estrategias de conservación. *Revista Investigación, Ciencia y Universidad*, 2 (3), 198-201.
- Pérez Espejo R. (2008). El lado oscuro de la Ganadería. *Problemas del desarrollo*, 39 (154). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362008000300011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362008000300011&script=sci_arttext)
- Pescetti, E. & I. Muñoz. (2005). Reserva Provincial Laguna de Llanquanelo. En: Di Giacomo, A.S. (Ed.) *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Temas de Naturaleza y Conservación 5. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata*, 263-264.
- Pettorelli, N., et. al. (2015). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839-848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>

Rabolli M., Gulich A. (2005). Conocimientos básicos sobre Teleobservación. Satélites NOAA, 2ª ed. Buenos Aires: Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

Rivera J., et. al. (2017). Spatio-Temporal Patterns of the 2010–2015 Extreme Hydrological Drought across the Central Andes, Argentina. *Water* 9, 652.

Rocchini, D., et. al. (2015). Satellite remote sensing to monitor species diversity: potential and pitfalls. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(1), 25-36. DOI: <https://doi.org/10.1002/rse2.9>

Rocchini, D., et. al. (2013). Uncertainty in ecosystem mapping by remote sensing. *Computers and Geosciences*, 50, 128-135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.05.022>

Sánchez-Díaz, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. *Revista Científica*, 33(3), 243-253.

Sosa H., et. al. (2006). Prueba de erradicación manual de parches herbáceos y arbustivos de tamarindo (*Tamarix* sp.) en sitio Ramsar laguna Llanquanelo Malargüe, Mendoza Argentina. *II Jornadas Nacionales de flora nativa. III Encuentro de cactáceas. Comisión de flora nativa, Mendoza, Argentina*, 28-31.

Sosa, H. (2007). (Coordinador- Editor). Plan de Manejo Participativo del Sitio Ramsar y Reserva Provincial Laguna Llanquanelo, Mendoza. *Dirección de Recursos Naturales Renovables, Gobierno de Mendoza. Documento técnico Inédito*.

Sosa, H. y S. Martín (2011). Descripción de la colonia de nidificación del flamenco austral (*Phoenicopus chilensis*) en la reserva provincial Laguna Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Nótulas Faunísticas Segunda Serie* 78.1 (10).

Sosa, H. y S. Martín (2012). Evaluación de la población del flamenco austral (*Phoenicopus chilensis*) en la Reserva Provincial Laguna Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Nótulas Faunísticas Segunda Serie* 104.1 (8).

Villalba, R. (2009). Cambios Climáticos Regionales en el Contexto del Calentamiento Global. *Rev. Compromiso Ambiental por Mendoza*. 1(11), 14. Universidad de Congreso. Mendoza.

Wagner, L. S. (2011). "Problemas Ambientales y Conflicto Social en Argentina: Movimientos socioambientales en Mendoza. La defensa del agua y el rechazo a la megaminería en los inicios del Siglo XXI", <http://www.eumed.net/tesis/2011/lsw/>

Willis, K. S. (2015). Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation*, 182, 233-242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.12.006>

## LOS AUTORES

**María E. PALMA LEOTTA** es Médica Veterinaria, especializada en Patología Animal por la Universidad Nacional del Nordeste, Docente de la Universidad J. A. Maza, Titular de las Cátedras de Patología General y Especial en la Carrera de Cs. Veterinarias y Titular de Introducción a las Ciencias. Ambientales en la Lic.

En Cs Ambientales. Es Investigadora del Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GENAR; UMaza- CONICET) donde ha dirigido y participado en diversos proyectos de investigación en patología animal en relación a calidad ambiental, evaluación de riesgo ecológico, valoración de servicios ecosistémicos y conservación de la naturaleza, con publicaciones en revistas nacionales y extranjeras.

**Jorge Alberto TORRES** es Licenciado en Higiene y Seguridad en el trabajo de la Universidad del Aconcagua y maestrando en Desarrollo Sustentable del Hábitat Humano por la Universidad Nacional de Cuyo. También se encuentra culminando su carrera de profesor universitario. Es docente Investigador de la Facultad de ciencias Exactas y Naturales y de la Universidad Juan Agustín Maza. Actualmente es el coordinador de extensión del Instituto de Geotecnologías y director del Observatorio de Gestión de Riesgos de Desastre de la Universidad Maza. Posee numerosos artículos y trabajos en revistas especializadas y congresos, estando su actividad principal enfocada en la gestión de riesgos naturales en la Provincia de Mendoza y el resto de Cuyo.

**Héctor Américo CISNEROS** es Licenciado en Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de San Juan. Es profesor titular efectivo en la Facultad de Filosofía y Letras y Profesor Asociado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Cuyo. Actualmente se desempeña como director de la carrera de Geología en la FCEN y vicedirector del Instituto de Recursos Naturales y ambiente IDEARN de la FFyL. Dirige un proyecto de investigación clase 1 del SIIP. Asimismo, es docente investigador de la Universidad Juan Agustín Maza donde dirige un proyecto clase I y el Instituto de Geotecnologías de esa casa de estudios. Posee numerosos artículos de investigación y presentaciones en congresos nacionales e internacionales, y ha formado recursos humanos de grado. Ha participado y participa en diversos comités científicos de revistas y congresos especializados, siendo su eje de trabajo la Teledetección aplicada a los Recursos Naturales y los Riesgos de Desastres.

**Martina Noel CALIRI** es becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina; Ayudante diplomada Ad honorem en la cátedra de Patología general en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales de la Universidad Juan Agustín Maza (UMaza), Mendoza. He participado como investigadora de la UMAZA en proyectos de biomonitorio de ambientes acuáticos mediante el uso de animales como biomarcadores de contaminación ambiental. Actualmente desarrollo tareas de investigación en el laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (GENAR)

**María M. ORDOÑEZ** es Licenciada en Ciencias Ambientales por la Universidad Juan Agustín Maza. Se encuentra cursando la especialización en Gestión Ambiental Estratégica por la Universidad de Congreso. Se ha desempeñado en el ámbito académico como Ayudante de Cátedra en la cátedra de Historia de los Asentamientos Humanos de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales (UMaza), sumándose a su participación en diversos proyectos de investigación del Laboratorio de Genética, Ambiente y Reproducción (UMaza) e Instituto de Geotecnologías (UMaza). En el ejercicio profesional se ha dedicado al diseño y gestión de políticas públicas socio-ambientales en ámbitos locales. Actualmente se desempeña como Jefa del Departamento de Evaluaciones Ambientales en el municipio de Godoy Cruz.

**Nora. B. M. GORLA** es miembro investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina; y profesora de Genética Animal en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales de la Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza. Realizó investigaciones en el campo de la

Toxicología Genética y la Salud Ambiental. Ha completado el doctorado en la Universidad de Buenos Aires (UBA). El tema de su tesis fue "Evaluaciones genotóxicas de los fármacos antichagásicos". Su desarrollo profesional ha sido en el área de la citogenética humana y animal, y la genética toxicológica. Le interesa especialmente el uso de animales como candidatos a ser bioindicadores de la calidad de los ecosistemas en entornos agrícolas, urbanos y silvestres, con aplicación directa en la salud pública y ambiental. Ha publicado más de 70 artículos en diferentes revistas nacionales e internacionales y 3 libros en el campo de la toxicología y la salud.