

# INVENTARIO PROVINCIAL DE HUMEDALES (IPH)

Unidades de paisaje de humedales  
Bajos Submeridionales



Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible  
Argentina

Ministerio de Ambiente  
y Cambio Climático

Santa Fe  
Provincia





## **AUTORIDADES**

### **Gobernador de la Provincia de Santa Fe**

CPN. Omar Perotti

### **Ministra de Ambiente y Cambio Climático**

Erika Gonnet

### **Secretario de Políticas Ambientales**

Arq. Oreste Blangini

### **Subsecretaría de Protección a la Naturaleza**

Arq. Josefina Obeid

### **Directora de Conservación y Regeneración**

Ing. Clara Mitchell



### **EQUIPO DE TRABAJO**

Dra. Estefanía Odetto  
Ing. Agr. Luis González  
Lic. María Candelaria Cordini  
Dulcinea Lynn Bosio  
Anabela Cardozo  
Lic. Guillermo Príncipe  
Lic. Blas Fandiño  
Tec. Agr. Andrés Pautasso  
Lic. Natalia Argarañaz  
Lic. Rosario Paredes

### **COLABORADORES**

Ing. Néstor Di Leo - Universidad Nacional de Rosario  
Lic. Laura Benzaquen y Lic. Francisco Firpo Lacoste - Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Nación.

*En caso que se desee citar este documento, mencionarlo como: "Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de Santa Fe. 2023. Inventario Provincial de Humedales: Unidades de paisaje de humedales de los Bajos Submeridionales".*



## **PRÓLOGO**

En los últimos años, los sucesos ambientales tomaron protagonismo en los medios masivos de comunicación, convirtiéndose, en reiteradas oportunidades, en la nota periodística central. Pero generalmente, esa atención es captada desde una mirada adversa, es decir, contando una mala noticia.

Los incendios en nuestras islas, la desaparición de las lagunas y la bajante extraordinaria del río Paraná son algunos ejemplos claros. Ejemplos claros de sucesos ambientales de alta cobertura periodística y ejemplos claros de los impactos del cambio climático que afecta al mundo entero. Para cada uno de los casos que atraviesan de manera directa nuestros humedales y nuestros ecosistemas, social y mediáticamente se exigen respuestas inmediatas que pocas veces tienen una solución factible a corto plazo.

Desde el inicio de la gestión del gobernador Omar Perotti nos planteamos el desafío de avanzar en el desarrollo sostenible de los territorios, a través de políticas integrales hacia el futuro y diseñando soluciones basadas en la naturaleza. Y eso implica incorporar la mirada y los saberes de quienes habitan el lugar, las costumbres, la cultura, las actividades productivas y la característica del ecosistema en la región, siempre con una mirada de largo plazo.

Por eso, decidimos avanzar en diferentes procesos para potenciar el cuidado de nuestra biodiversidad que puedan dejar un camino marcado, obras y proyectos que quizás no se materialicen en nuestra gestión, pero que entendimos que era nuestra responsabilidad iniciarlos. El desarrollo del Inventario Provincial de Humedales es una de esas acciones que vinieron a trazar un rumbo. Y es una buena noticia.

Allá por 2020, luego de una temporada de incendios que todos recordaremos en nuestra memoria, decidimos iniciar este camino, siendo

una de las primeras provincias de Argentina en tomar la decisión política de avanzar en el Inventario. De esta forma, presentamos la iniciativa en el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), frente al Ministro Juan Cabandie y las 24 jurisdicciones del país, y a partir de ahí empezamos a trabajar coordinadamente con pleno apoyo del gobierno nacional.

Este inventario tiene como objetivo conocer las características de nuestro territorio para potenciar los niveles de conservación de estas regiones. Nuestra provincia tiene una diversidad enorme y el denominador común son los humedales, por lo cual entendimos que teníamos la responsabilidad de crear este documento, teniendo en cuenta el ordenamiento ambiental del territorio, el arraigo de nuestra gente y el desarrollo sostenible.

Hoy el ambiente nos atraviesa en aspectos cotidianos de nuestras vidas. Y si bien quienes vivimos en la provincia de Santa Fe no somos los responsables directos de la crisis climática, como sociedad tenemos también que hacernos cargo. Y por qué no, entender este presente como una oportunidad, para dejar atrás falsas dicotomías y avanzar, en un contexto de fragmentación social, hacia el cuidado de nuestra Casa Común. Nuestro único futuro posible.



Erika Gonnet  
Ministra de Ambiente y Cambio Climático  
Provincia de Santa Fe

## ÍNDICE

### **Capítulo 1: Introducción**

- 1.1. Los Humedales.
- 1.2. La importancia de inventariar humedales.
- 1.3 Qué es el Inventario Nacional de Humedales.

### **Capítulo 2: El inventario de humedales en la provincia de Santa Fe**

- 2.1. Objetivos del presente trabajo
- 2.2. Descripción del área de trabajo

### **Capítulo 3: Metodología - fuentes y técnicas de interpretación y procesamiento de información territorial**

- 3.1 Insumos Cartográficos Georreferenciados.
  - 3.1.1 Suelos.
  - 3.1.2 Unidades geológicas.
  - 3.1.3 Unidades geomorfológicas.
  - 3.1.4 Coberturas.
  - 3.1.5 Dinámica de agua.
  - 3.1.6 Modelo Digital de Elevación (MDE).
  - 3.1.7 Rangos altimétricos.
  - 3.1.8 Escurrimiento e hidrografía.
- 3.2 Integración y delimitación de las unidades de paisaje.



## **Capítulo 4: Resultados del nivel III**

4.1 UPH N°1: Humedales de Cañada de las Víboras con pequeñas lagunas

4.2 UPH N°2: Humedales de la Cañada de las Víboras con grandes lagunas

4.3 UPH N°3: Humedales del Golondrinas superior y lagunas encadenadas

4.4 UPH N°4: Humedales de transición con la Cuña Boscosa: Monte negro

## **Anexos**

## **Bibliografía**

## Capítulo I: introducción

### 1.1. Los humedales

La Convención sobre los Humedales es un tratado internacional suscrito en 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, aprobado por la Argentina mediante Ley N°23.919. Su objetivo es la conservación y el uso racional de los humedales por medio de acciones locales, regionales, nacionales y la cooperación internacional, para contribuir al desarrollo sostenible de estos ecosistemas en todo el mundo. Dicha Convención define a los humedales como “extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 1971). Así, los humedales son ecosistemas donde el agua es el principal factor regulador del medio, su flora y fauna. La presencia-ausencia de agua y el régimen hidrológico (períodos de excesos o déficit) determinan la diversidad de humedales y las interconexiones entre ellos (a través de aguas superficiales o subterráneas), generando movimiento de organismos, nutrientes y sedimentos (Benzaquen *et al.*, 2020).

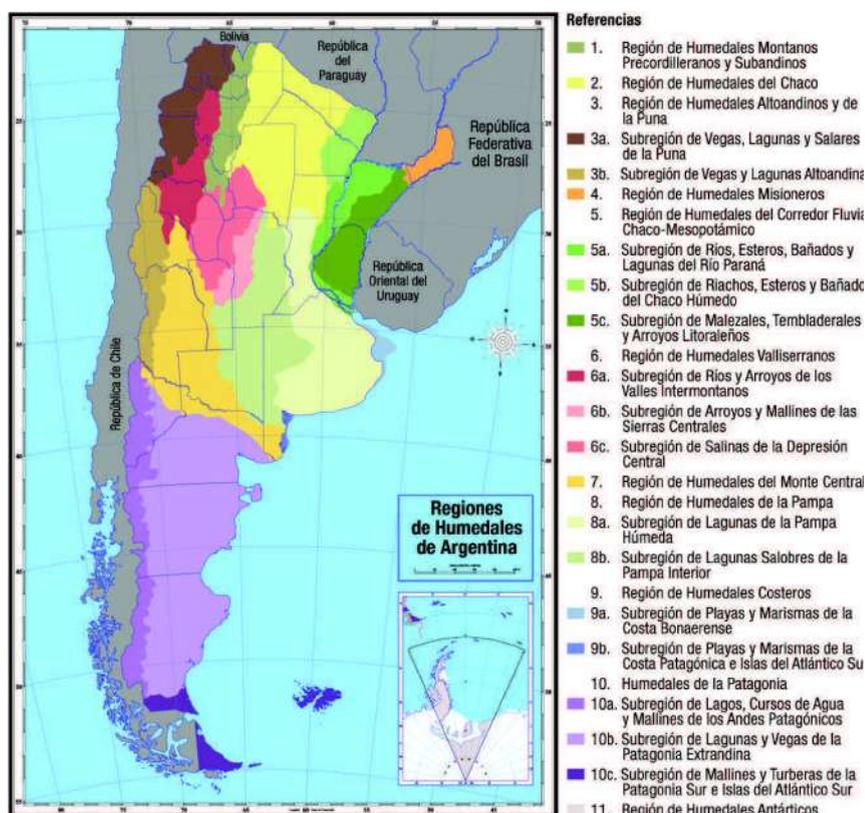
Si bien los humedales ocupan entre el 5 y el 7% de la superficie terrestre, desempeñan un papel fundamental para el desarrollo de la vida sobre la tierra y constituyen sitios claves de valores culturales y ancestrales para las comunidades locales (Ramsar, 1971; Kandus y Minotti, 2018). Los ecosistemas de humedal se destacan por las contribuciones ambientales o funciones socio-ecosistémicas que brindan a la sociedad que, a su vez, derivan de funciones que les son propias y distintivas (Kandus *et al.*, 2010; Kandus y Minotti, 2018). Como ejemplo de las contribuciones ambientales podemos mencionar la amortiguación de las inundaciones, la reposición de aguas subterráneas, la estabilización de costas, la retención y exportación de sedimentos y nutrientes y la depuración de las aguas, entre otros. Los humedales proveen hábitat, alimento y refugio para la diversidad biológica, productos como el pescado, plantas medicinales y ambientes de interés paisajístico, cultural y educativo (Bo y Quintana, 2017).

A pesar de su importancia, la extensión a nivel mundial de los humedales disminuyó entre un 64 y un 71% y su pérdida y degradación aún continúan a escala global a una tasa estimada de hasta el 1,5% anual (Quintana, 2018).

En Argentina, los humedales ocupan entre el 12 y el 21,5% del territorio nacional (Kandus *et al.*, 2008). Nuestro país cuenta así con una gran extensión territorial que, sumada a su variación latitudinal y longitudinal, determinan gran abundancia y diversidad de humedales. Estos incluyen lagunas alto andinas, mallines y turberas, pastizales inundables, bosques fluviales, esteros, bañados y zonas costeras marinas, entre otros (Benzaquen *et al.*, 2009; Benzaquen *et al.*, 2020) (Figuras 1 A y B).



**Figura 1 A.** Estimación de la superficie potencial ocupada por humedales a escala regional según criterio basado en la cartografía de suelos (Kandus *et al.*, 2008).



**Figura 1 B.** Regiones de Humedales de la Argentina (Kandus *et al.*, 2017).

## 1.2. La importancia de inventariar humedales

Hasta hace relativamente pocos años era posible afirmar que la mayoría de los humedales del país no habían sido sometidos a alteraciones extremas y masivas en su régimen hidrológico y, en consecuencia, mantenían en gran medida su integridad ecológica y su capacidad de albergar su biota original (Brinson y Malvárez, 2002). En la actualidad, estos ambientes están siendo afectados por el cambio de uso del suelo, la modificación de los cursos de agua y su régimen hidrológico (caudal, calidad y temperatura) para actividades agrícolas, extractivas, industriales y desarrollos urbanísticos y recreativos (Kandus y Minotti, 2018).

Es por ello que diversos autores (Brinson, 1993; Kandus y Minotti, 2018; Benzaquen *et al.*, 2020) impulsan la elaboración de inventarios, evaluaciones y monitoreos de estos ambientes como herramientas fundamentales para su gestión. En Argentina, el avance del Inventario Nacional de Humedales se está realizando en el marco de la aplicación de

la Convención sobre los Humedales (2), la Ley General de Ambiente (1) y el Programa de Humedales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (A).

### **1.3. Qué es el Inventario Nacional de Humedales<sup>1</sup>**

El Inventario Nacional de Humedales (INH) es un instrumento a través del cual se brinda información sobre la distribución espacial de los humedales de la Argentina como herramienta para su gestión ambiental y como insumo para el ordenamiento ambiental del territorio. Es un proceso que tiene un carácter innovador y complejo debido a sus aspectos técnicos, que incluyen enfoques específicos para abordar la configuración de los humedales en varias escalas espaciales para todo el territorio nacional y tipos de humedales, y a sus aspectos institucionales ya que involucra múltiples organismos y actores en su conocimiento y gestión ambiental.

El INH se lleva adelante con la coordinación general del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) y participación de las provincias que, a través de la suscripción de convenios de colaboración técnica que establecen los mecanismos de cooperación, realizan sus inventarios provinciales. En este sentido, la provincia de Santa Fe suscribió un convenio con el MAyDS y comenzó el proceso del Inventario Provincial de Humedales (IPH).

La Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos del MAyDS elaboró el Documento Marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina como parte de las acciones del Programa de Humedales (Resolución MAyDS 80/2021). Este Documento (Benzaquen *et al.*, 2020) establece la base conceptual y lineamientos metodológicos generales para el desarrollo de los proyectos de inventario de humedales que se integran en el proceso de INH y está basado en la experiencia y avances consolidados a lo largo de años de trabajo e intercambios con especialistas, organismos de gestión, académicos y de conservación.

---

<sup>1</sup> Redacción del apartado en colaboración con la Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos del MAyDS

La complejidad, diversidad y variabilidad de los humedales conllevan desafíos técnicos para el desarrollo del INH, que son abordados en la base conceptual y lineamientos metodológicos plasmados en el Documento Marco del INH. Estos lineamientos son susceptibles de ajustes a fin de incorporar los aprendizajes y experiencias logrados a partir de los proyectos de inventario ejecutados, avances respecto de la información de base necesaria (identificación de plantas hidrófitas y suelos hídricos, por ejemplo), desarrollos tecnológicos vinculados a la teledetección y sistemas de información y los acuerdos metodológicos entre especialistas y actores involucrados de diferentes organismos y regiones.

Debido a lo anteriormente mencionado, el desarrollo de inventarios de humedales implica un proceso progresivo que se va profundizando a medida que se consolida su marco técnico. En este sentido, en caso de ser necesario los resultados de los proyectos podrán ser revisados y actualizados. A su vez, cabe mencionar que los resultados de los proyectos de inventario deben interpretarse a la luz de sus objetivos y características particulares. Los proyectos de inventario de humedales se desarrollan en el marco de sus objetivos específicos, sus escalas espaciales y temporales, la extensión del área de trabajo, así como información antecedente disponible, pudiendo necesitar datos e información más detallada de manera de enfocar adecuadamente cuestiones más específicas.

## Capítulo 2: el inventario de humedales en la provincia de Santa Fe

El inventario provincial de humedales (IPH) se enmarca en el Programa “Regenera Santa Fe” (figura 2) aprobado por el decreto 007/22 y cuyo objetivo es la coordinación de políticas de gestión de las Áreas Naturales Protegidas, incluyendo tanto la ampliación como la creación de nuevas reservas, la evaluación del estado de los humedales a los fines de establecer pautas de gestión, preservación y recuperación de los mismos, el fomento a la investigación sobre estos ecosistemas, entre otros. Así, el IPH es uno de los instrumentos de materialización de este programa y una decisión política de conocer las características del territorio santafesino y amplificar los niveles de conservación de estas regiones.



**Figura 2.** Esquema programa “Regenera Santa Fe”.

Si bien a finales del año 2020, la provincia le planteó a la Asamblea General del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) la necesidad de fortalecer políticas de gestión sobre estos territorios, poner en la agenda de la Comisión de Aguas y Cuencas Hídricas y la implementación de inventarios provinciales de humedales, en el Día Mundial de los Humedales del año 2021, el Ministerio Ambiente y Cambio Climático (MAYCC) toma la decisión de iniciar el proceso de inventariar los humedales. Así, la provincia de Santa Fe suscribió un convenio de colaboración con el Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible de Nación y comenzó un camino de fortalecimiento del equipo técnico del Ministerio, necesario para el gran desafío que implica el IPH.

Durante el año 2022 y 2023 se realizaron talleres de “Fortalecimiento de la dimensión federal del Inventario Nacional de Humedales” a fin de generar herramientas para diagramar los próximos niveles de trabajo en conjunto con Fundación Humedales, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, la Universidad Nacional de San Martín y la del Litoral. Participaron también técnicos de otras provincias (Entre Ríos, Chaco, La Pampa, Buenos Aires) entendiendo el aspecto federal del INH fomentando el intercambio entre investigadores y técnicos.

Al tiempo que se avanzó con el inventario de las unidades de paisaje de humedales (nivel 3) de una zona de los bajos submeridionales, cuyos resultados se presentan en este documento, se está desarrollando el inventario de los sistemas de paisajes de humedales (nivel 2) del lado oeste de la provincia de Santa Fe en conjunto con la Universidad Nacional de Rosario y las unidades de paisaje de humedales (nivel 3) de la zona del valle de inundación del río Paraná desde la ciudad de Santa Fe hasta el límite con Chaco con Fundación Humedales, la Universidad Nacional del Litoral y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Nación. Se progresa así en el desarrollo y consolidación del IPH por primera vez en la historia de Santa Fe con una firme decisión de conservación de estos ecosistemas.

## **2.1 Objetivos del presente trabajo**

- Realizar la identificación y delimitación de las Unidades de Paisaje de Humedales de manera compatible con el Nivel 3 del INH de un sector de los Bajos Submeridionales.
- Realizar la caracterización de las Unidades de Paisaje de Humedales identificadas según sus atributos y características básicas.

## 2.2 Descripción del área de trabajo

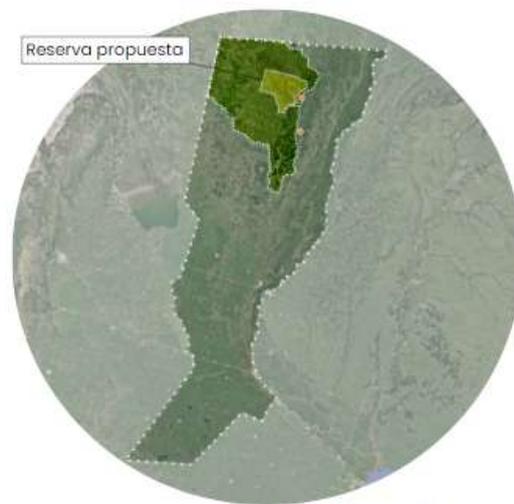
El área de trabajo (figura 3) para el presente inventario de humedales se encuentra limitada al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, en dirección este con la ecorregión denominada Cuña Boscosa, y el Arroyo Golondrinas. Determinan una zona con límites definidos incluida dentro del departamento Vera.

### Cuenca Bajos Submeridionales

5.430.000 ha

### Bajos Santafesinos

2.800.000 ha



### Área de Trabajo

310.000 ha



**Figura 3.** Mapa localización del área de trabajo.

Cabe mencionar que la zona en estudio se encuentra dentro de la “Región de Humedales del Chaco” (nivel 1 del INH) que se extiende a lo largo de la porción centro-norte del país, incluyendo partes de las provincias de Santa Fe, Salta y Formosa, la totalidad de Chaco y Santiago del Estero, el este de Tucumán y el norte de Córdoba (Benzaquen *et al.*, 2017).

Los Bajos Submeridionales se ubican al sureste del Chaco Austral, en la planicie distal del mega-abanico aluvial del río Salado. Conforman un extenso sistema hidrológico de características no típicas dada su exigua pendiente y escurrimiento poco jerarquizado y que ocupan la parte norte de la provincia de Santa Fe (27.889 km<sup>2</sup>), el sur de la provincia del Chaco (12.847 km<sup>2</sup>) y el sudeste de la provincia de Santiago del Estero (13.542 km<sup>2</sup>). Lo que da un total aproximado de 54.278 km<sup>2</sup>. (Giraut *et al.*, 2001).

El tipo climático regional se describe como mesotermal subhúmedo húmedo (Morello *et al.*, 2012). La precipitación media anual es algo inferior a los 1000 mm, decreciendo de oeste a este unos 166 mm aproximadamente cada 100 km (Espinosa, 2021). Se alternan ciclos plurianuales secos y húmedos, con extremos de 400 mm/año a 1800 mm/año. Se identifica una estación húmeda estival y una seca invernal, siendo los meses más lluviosos diciembre y marzo y el más seco julio. La temperatura media anual se ubica cercana a 21°C, con temperaturas estivales que superan los 40°C, teniendo en cuenta esto y las precipitaciones medias mensuales, el balance hídrico pueden presentar déficits en meses estivales por aumento de la evapotranspiración (Sosa y Diaz, 2021).

Con respecto al relieve, esta zona muestra un paisaje plano extendido, subnormal a subnormal-cóncavo, en relación a las áreas vecinas, conformando una gran depresión rodeada de tierras relativamente más altas, por lo cual recibe aportes hídricos desde ellas (Morello *et al.*, 2012). La suave pendiente NO-SE tiene variaciones de entre 5 y hasta 30 cm/km,

interrumpida por esteros, cañadas y lagunas en un paisaje modelado por la acción fluvio eólica, a veces superpuesta. (Giraut *et al.*, 2001).

Si analizamos su hidrología, los Bajos submeridionales son un sistema con gran capacidad de almacenamiento, generando un escurrimiento muy lento para grandes volúmenes de agua (Gioria *et al.*, 2002). Recibe aportes hídricos desde las zonas norte santiagueña, suroccidental chaqueña o noroccidental santafesina, hacia la depresión central, drenando sus excesos a través del sistema de Golondrinas-Calchaquí. (Giraut *et al.*, 2001). Los anegamientos en periodos húmedos son recurrentes debido a que el escurrimiento superficial a través de bajos, cañadas y hoyas de deflación interconectadas se realiza desorganizadamente (Morello *et al.*, 2012). El régimen de escurrimiento natural del área de estudio se ve afectado por la construcción de caminos y canalizaciones en dirección predominante E-O, hacia el límite de la cuenca.

Según (Sosa, 2017), desde el abordaje hidrogeológico, el límite del sistema se desconoce con exactitud, pudiendo extenderse desde una zona de recarga en las Sierras Subandinas hasta un nivel general de descarga impuesto por el río Paraná.

En cuanto a calidad de aguas, tanto las superficiales como las subterráneas presentan altos contenidos de sales cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Las variaciones del nivel freático, situado casi en superficie en periodos húmedos y hasta 8 a 10 metros debajo del nivel del terreno en épocas de sequía con un gran aumento de la concentración de sales disueltas (Sosa, 2017) constituyen un factor que cobra relevancia en la dinámica hídrica y ecosistémica de este sector.

Como se desarrolla con mayor detalle en las fichas resultantes del actual inventario, en el área de trabajo se distingue la presencia de biota adaptada a las condiciones de anegamientos frecuentes y suelos con

rasgos hidromórficos, siendo posible identificar tipologías de humedales que se repiten con cierta frecuencia en el área de estudio. En primer lugar, se encuentran grandes áreas cubiertas con pastizales de espartillos (*Sporobolus spartinus*), peladales y bajos vegetados salinos, lagunas someras y semipermanentes, y albardones de bosques que usualmente acompañan el ambiente lagunar, además de algunos parches de bosque pluriespecífico y sectores con palmares de caranday (*Copernicia alba*) que poseen suelos con hidromorfismo superficial.

Con respecto a la población en el área de estudio su densidad es escasa, generalmente relacionada a puestos ganaderos, permanentes o temporales. Sin embargo, en las proximidades, se encuentran las localidades de Intiyaco, Colmena, Pozo de los Indios y Fortín Olmos. La mayor parte del territorio es utilizado para la ganadería extensiva sobre pastizales naturales con algunas zonas destinadas a la agricultura se encuentran el algodón, sorgo, girasol, entre otros.

### Capítulo 3: Metodología – fuentes y técnicas de interpretación y procesamiento de información territorial

El proceso metodológico que se utilizó en el primer avance del Inventario Provincial de Humedales se detalla en la Figura 4.



**Figura 4.** Proceso propuesto para la metodología del desarrollo del IPH (elaboración propia).

De acuerdo con el documento marco del INH, un humedal es un ambiente en el cual la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los ambientes terrestres y acuáticos. Rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas, y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo (Benzaquen *et al.*, 2017).

Para su análisis, se tienen cuatro niveles o escalas espaciales que permiten conocer la representación gráfica de los humedales. En cada uno de ellos, con diferentes objetivos y técnicas de análisis, se identifican un conjunto de variables para la delimitación y caracterización de estos ecosistemas, abarcando aspectos físicos, químicos, ambientales, biológicos, funciones socio ecosistémicas, usos de la tierra, amenazas y estado de conservación.

Las escalas espaciales o niveles son:

- Nivel 1: Regiones de humedales.
- Nivel 2: Sistemas de Paisajes de humedales.
- Nivel 3: Unidades de paisaje de humedales.
- Nivel 4: Unidades de humedal.

Con respecto al Nivel I, la Provincia de Santa Fe presenta tres regiones de humedales: la región chaqueña al norte, la región vinculada a la llanura de inundación del Paraná al este y, el resto de la provincia, asociada principalmente, a la región pampeana (Benzaquen *et al.*, 2017). Para el Nivel II se tiene en cuenta el "Inventario de los humedales de Argentina: Sistemas de paisajes de humedales del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay" (Benzaquen *et al.*, 2013) y se está llevando adelante el inventario para el resto del territorio provincial. Sobre el Nivel III se cuenta con el que se desarrolla en el presente documento y el del valle de inundación del río Paraná desde Santa Fe capital hasta el límite con Chaco.

En este capítulo se presenta la aplicación de la teledetección en el proceso de inventario de humedales. Se trata de una técnica que utiliza sensores remotos para adquirir información sobre la superficie terrestre sin contacto directo. En el contexto de los humedales, la teledetección ofrece numerosas ventajas, como la capacidad de cubrir grandes áreas de manera eficiente y la detección de cambios en la cobertura y condiciones del agua.

Para el Inventario Provincial de Humedales (IPH) de Santa Fe, se utiliza el Sistema de Referencia Cartográfico (SRC) de Posiciones Geodésicas Argentinas 2007 (POSGAR 07) como el marco de referencia geodésico nacional. Este sistema, basado en la Proyección Gauss-Kruger, divide el país en siete fajas meridianas, siendo la Faja 5 la correspondiente a la provincia de Santa Fe.

Los datos utilizados en el IPH de Santa Fe son de tipo ráster (grilla) y vectoriales, y se utilizan los formatos Geotiff y ESRI Shapefile respectivamente. Además, se puede representar la información en formato Geopack (QGIS) y posteriormente migrarla a bases de datos versionadas como Oracle, Spatial, SpatialLite, PostGis, entre otros. Los resultados se presentan en formato vectorial.

La integración de datos espaciales se basa en un enfoque descentralizado, siguiendo los lineamientos metodológicos del "Marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales" elaborado por Kandus y Minotti (2018). Se emplean técnicas como el

análisis e interpretación visual de imágenes ópticas, clasificación de imágenes NDVI, y análisis de coberturas de agua y pulsos de inundación basados en índices como NDWI y AWEY.

Para la delimitación de los humedales, se subdividen los sistemas de paisajes de humedales en áreas homogéneas según distintas variables como formas de relieve, génesis y modelado del relieve, patrones de inundación y/o anegamiento, y patrones de vegetación. Se busca identificar el emplazamiento de los humedales considerando las condiciones naturales u originales del paisaje.

Por lo tanto, a lo largo de este capítulo, se describen las fuentes de datos utilizadas y sus escalas espaciales, así como los criterios de clasificación utilizados en la metodología propuesta. Estos aspectos deben tenerse en cuenta a fin de considerar los alcances y limitaciones de los resultados obtenidos.

### **3.1 Insumos Cartográficos Georreferenciados**

En el proceso de elaboración del IPH se han utilizado diversos insumos cartográficos georreferenciados que proporcionan información sobre las características del área de trabajo. A continuación, se presenta una tabla (tabla 1) que resume los principales, tanto generados como adquiridos.

Capa de información geográfica	Tipo de datos	Resolución espacial (escala y tamaño de pixel)	Fuente
Límites del área de trabajo	Vectorial	1:250.000	Administración de Parques Nacionales y Elaboración propia
Suelos	Vectorial	1:250.000	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Cursos de agua	Vectorial	1:100.000	SIG-IGN Corregidas en base al análisis e interpretación de datos Landsat y Sentinel 2
Unidades geomorfológicas	Vectorial	1:9.000.000	Tesis en la publicación Thalmeier et. al. (2021)
Unidades geológicas	Vectorial	1:250.000	Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
Modelo Digital de Elevación (M.D.E)	Grilla	463,313 m	Elaboración propia a partir de los compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI)
Modelo Digital de Elevación Reclasificado (M.D.E.R)	Vectorial	En base al M.D.E (presentado a escala 1:450.000)	Elaboración propia a partir de los compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI)
Agua nivel máximo	Grilla	10-20 m	Elaboración propia a partir imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C
Agua nivel medio			
Agua nivel mínimo			
Cobertura al 25/02/2023	Grilla	10 m	Elaboración propia a partir imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C
Escurrimiento e hidrografía	Vectorial	1:100.000	Elaboración propia a partir de M.D.E generado y carta hidrográfica

**Tabla 1.** Insumos Cartográficos Georreferenciados para el IPH de la Provincia de Santa Fe en el área de trabajo.

### 3.1.1 Suelos

La capa de suelos, proporcionada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, brinda información sobre las diferentes unidades cartográficas de suelo presentes en el área de estudio. Se presenta en formato vectorial, a una escala de 1:250.000 y contiene diversos atributos.

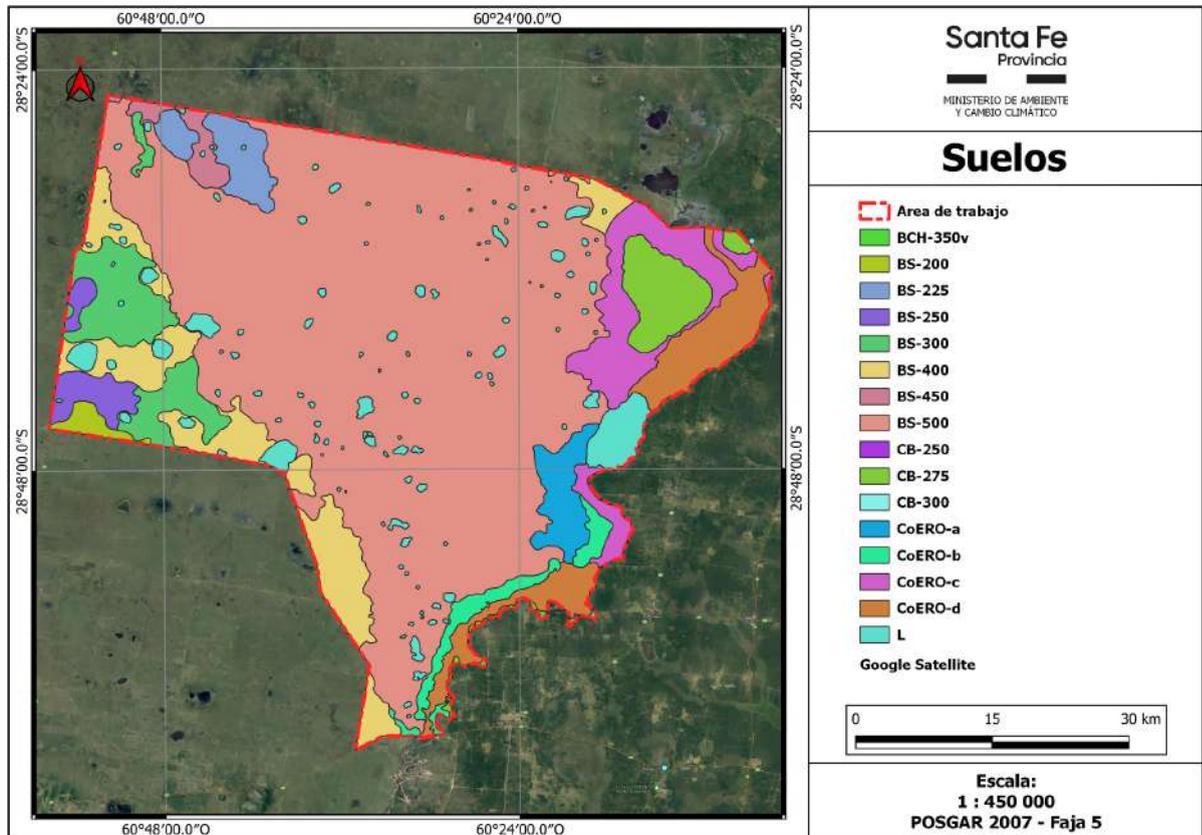
La capa incluye dentro de sus atributos la clase de suelos según la clasificación del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) que categoriza los suelos en diferentes clases según sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que facilita la comprensión de las características de los suelos en los humedales.

Otro atributo relevante es el índice de aptitud de suelos, el cual proporciona una evaluación cuantitativa de la idoneidad de los suelos para diferentes usos, como la agricultura, la ganadería u otros fines

específicos. Este índice tiene en cuenta variables como la fertilidad del suelo, el drenaje, la profundidad efectiva y otros parámetros importantes para determinar el potencial de los suelos en la región y orientar las decisiones de gestión adecuadas.

Por último, la capa de datos de suelos también ofrece información sobre la fase del suelo, que indica la presencia de ciclos de anaerobiosis o encharcamiento, esencial para comprender las condiciones de drenaje y la capacidad de retención de agua en los humedales. Esta información permite evaluar la idoneidad de los suelos para diferentes tipos de vegetación y actividades agrícolas, así como para la gestión adecuada del agua en estos ecosistemas.

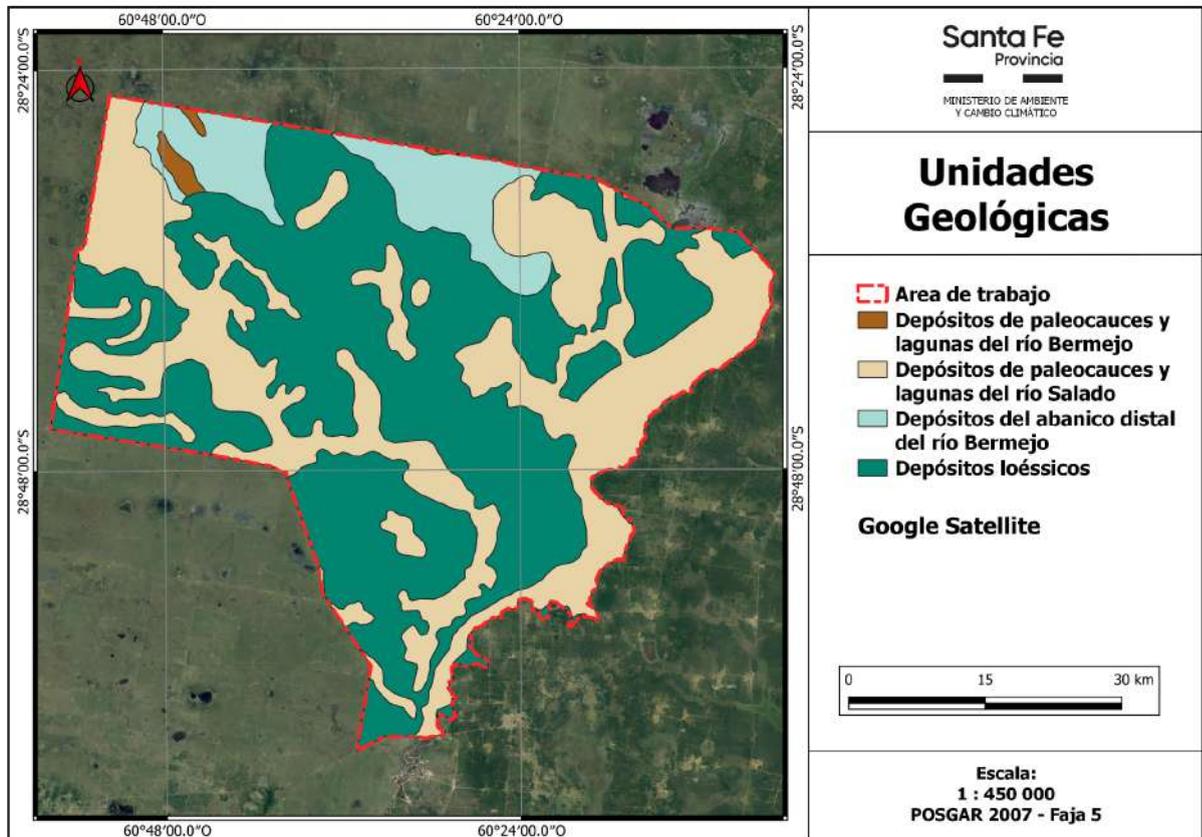
En la figura 5, se observan las diferentes unidades cartográficas de la zona permitiendo una clasificación y delimitación de las características del suelo en la región, insumo fundamental para el inventario de humedales.



**Figura 5.** Suelos en el área de trabajo. Elaboración propia a partir de capa de carta de suelos de la provincia de Santa Fe a escala 1:250.000.

### 3.1.2 Unidades geológicas

La capa de unidades geológicas fue brindada por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) en formato vectorial y a una escala de 1:250.000.



**Figura 6.** Unidades geológicas en el área de trabajo. Elaboración propia de carta geológica nacional a escala 1:250.000.

En la figura 6 se expone una detallada representación de las unidades geológicas presentes en el área, que son de gran importancia para comprender la evolución del terreno y los procesos geológicos que han dado forma a la región. El área de trabajo presenta 4 unidades, pero dos de ellas son unidades geológicas prominentes.

La primera son los "Depósitos de los paleocauces y lagunas del río Salado" (color beige), originados durante el pleistoceno y compuestos, principalmente, por arenas arcillosas. Representan antiguos cauces y lagunas en un ambiente continental fluvial/palustre. Su presencia resalta la importancia histórica de los sistemas fluviales y palustres asociados al río Salado.

La segunda unidad geológica son los "Depósitos loésicos" (color verde), también originados durante el Pleistoceno y consisten principalmente en

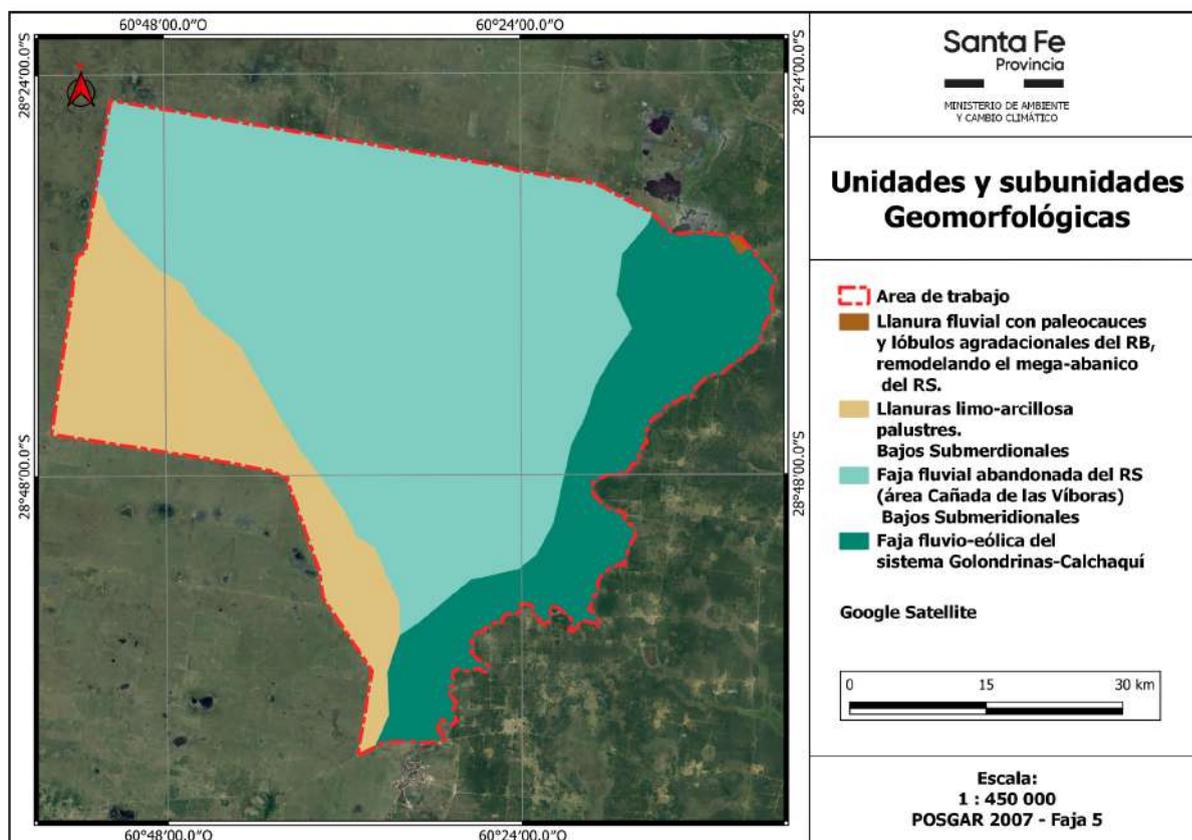
limos. Se originaron en un ambiente continental eólico, donde el viento tuvo un papel fundamental en la acumulación de sedimentos. Estos depósitos son evidencia de los procesos de deposición eólica que han ocurrido en la región a lo largo del tiempo.

En la zona celeste, que ocupa el tercer lugar en términos de superficie, se encuentran los "Depósitos del abanico distal del río Bermejo". Estos depósitos, también de origen pleistoceno, están compuestos principalmente por arenas limosas. Se formaron en un ambiente continental que combina procesos de abanico aluvial y eólico, lo que indica la influencia de los procesos aluviales y eólicos en la deposición de sedimentos.

Por último, el área de menor superficie denominada "Depósitos de paleocauces y lagunas del río Bermejo" (color castaño), se caracteriza por su composición de arenas arcillosas y se formaron durante el Pleistoceno. Representan antiguos cauces y lagunas del río Bermejo en un ambiente continental fluvial/palustre. Su presencia destaca la importancia histórica de los sistemas fluviales y las condiciones palustres en esta área.

### **3.1.3 Unidades geomorfológicas**

La capa de unidades geomorfológicas utilizada fue desarrollada por Thalmeier *et al.* (2021) en formato vectorial en una escala de 1:9.000.000. Se puede observar en la figura 7 que revela la presencia de tres subunidades geomorfológicas que forman parte de una unidad más amplia denominada "Área distal del mega-abanico fluvial del Salado-Juramento", la cual está enmarcada dentro del Sistema del Mega-abanico Fluvial del Salado-Juramento. Además, se identifica una cuarta región correspondiente a la unidad geomorfológica llamada "Faja fluvio-eólica del sistema Golondrinas-Calchaquí".



**Figura 7.** Unidades y subunidades geomorfológicas en el área de trabajo. Elaboración propia a partir de la capa de unidades geomorfológicas de los bajos submeridionales a escala 1:9.000.000 (Thalmeier *et al.*, 2021).

A continuación, se describen brevemente los cuatro sectores diferenciados, poniendo énfasis en las características observadas específicamente dentro de esta reserva:

*SUG2b-Llanura fluvial con paleocauces y lóbulos agradacionales del RB, remodelando el mega-abanico del RS.*

Está compuesta por áreas bajas que sufren inundaciones con frecuencia, limitadas por franjas más elevadas que tienen una orientación general de Noroeste a Sureste. Se caracterizan por la presencia de paleocauces de los ríos Salado y Bermejo, cauces activos, lóbulos de agradación, arroyos cortos alimentados por aguas subterráneas, pequeños pantanos y suelos inundados (Thalmeier *et al.*, 2021). En el área de trabajo, este sector abarca

un pequeño sector de unas 275 ha de superficie, representada por un sector elevado correspondiente a una incursión de la cuña boscosa.

*SUG2f y 2c-Llanuras limo-arcillosa palustres -Bajos Submeridionales.*

La SUG2f y 2c en los Bajos Submeridionales presenta áreas bajas con hoyas de deflación circulares y elipsoidales, pantanos y lagunas. Es una región afectada por inundaciones frecuentes y suelos hidromórficos y salinos-sódicos. La sedimentación es principalmente palustre, con influencia eólica en la formación de hoyas y lunetas. Incluye grandes humedales estacionales, importantes para la conservación de la vida silvestre. También se observan paleocauces sinuosos y cauces de alimentación conectados a hoyas de deflación. La región es una llanura de inundación conectada al sistema fluvial Golondrinas-Calchaquí y está incluida en la región de los Bajos Submeridionales (Thalmeier *et al.*, 2021). En el área de trabajo, este sector representa un sector con una superficie aproximada de 58.162 ha ubicadas en el sector centro-este de la subunidad geomorfológica descrita.

*SUG2g Faja fluvial abandonada del RS (área Cañada de las Víboras) -Bajos Submeridionales.*

La SUG2g presenta numerosas depresiones de origen eólico, que en la actualidad están ocupadas por lagunas temporales, modeladas parcialmente por procesos lacustres. Las lunetas asociadas a estas depresiones tienen dimensiones de 2-9 km de largo, 120-750 m de ancho y 2-3 m de alto, con vegetación arbustiva y ubicada en el margen de sotavento (costas norte-noreste y noroeste). Alrededor de estas depresiones eólicas, hay lóbulos de derrames de 2-4 km de largo que las delimitan (Thalmeier *et al.*, 2021). Los lóbulos agradacionales, con 3 km de ancho y 20 km de longitud, están separados por amplias franjas ocupadas por pantanos que llenan numerosas hoyas de deflación circulares. En otras partes de la depresión, cubierta parcialmente por vegetación halófila, se desarrolla una red incipiente de cauces estrechos y sinuosos asociados a una llanura de inundación. Durante períodos húmedos, estos cauces recolectan el drenaje hacia el este. Asimismo, se encuentran frecuentes

hoyas de deflación circulares de 100-500 m de diámetro y paleocauces sinuosos, ocupados por pantanos o eflorescencias salinas que indican diferentes niveles alcanzados por las lagunas (Thalmeier *et al.*, 2021). Iriondo (1987) definió esta SUG como la "Cañada de las Víboras" indicando un control estructural y describiendo llanuras aluviales de 18 km de largo, 200 a 400 m de ancho y unos pocos decímetros de altura, y generados por un paleocauce del río Salado.

La SUG2g está ubicada dentro de la región de los Bajos Submeridionales (BBSS) y su ambiente de sedimentación fue principalmente palustre. En el área de trabajo, este sector representa un sector con una superficie aproximada de 193.628 ha ubicadas en el sector sur de la subunidad geomorfológica descrita.

#### *UG3 Faja fluvio-eólica del sistema Golondrinas-Calchaquí.*

La Unidad Geomorfológica 3 (UG3), conocida como la Faja Fluvio-eólica del Golondrinas-Calchaquí, corresponde a la faja fluvial actual del arroyo Golondrinas-Calchaquí, que conecta un sistema de lagunas encadenadas. Esta faja se desarrolla sobre un antiguo cauce del río Paraná y actúa como colector del drenaje actual en el área distal del mega-abanico del río Salado y la cuenca hidrográfica de los Bajos Submeridionales (BBSS); (Thalmeier *et al.*, 2021). En la paleo-faja del Paraná, se desarrollaron hoyas de deflación circulares y elipsoidales que actualmente están ocupadas por pantanos, lagunas y salinas. El cauce actual del arroyo Golondrinas fluye a lo largo del margen oriental del paleocauce y presenta un patrón sinuoso y meandriforme. Al sur, atraviesa numerosas hoyas de deflación ocupadas por lagunas (Thalmeier *et al.*, 2021). En el área de trabajo, este sector representa un sector con una superficie aproximada de 58.882 ha ubicadas en el sector norte de la unidad geomorfológica descrita.

### **3.1.4 Coberturas**

La capa de coberturas utilizada en este estudio se basa en una imagen proveniente del instrumento Sentinel-2 MSI (MultiSpectral Instrument) en su nivel de procesamiento 1C (Anexo nº1). La imagen se encuentra en

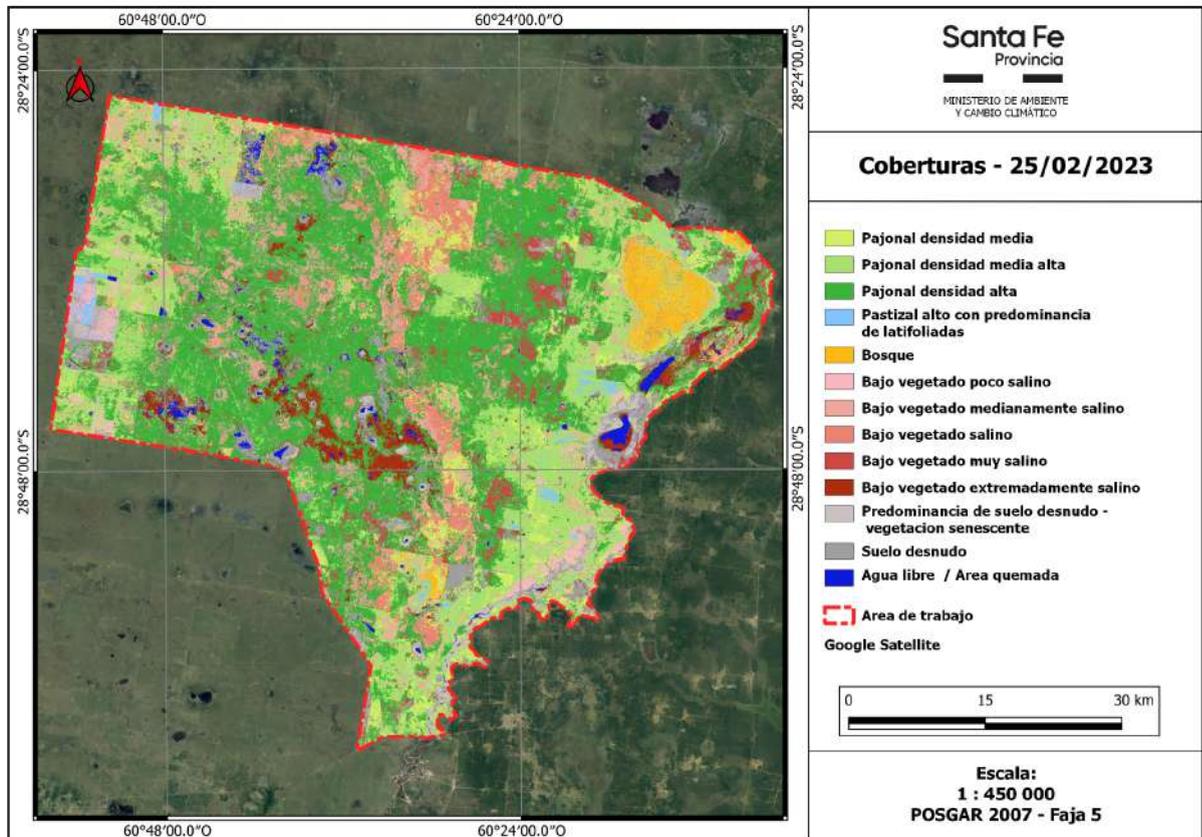
formato grilla y tiene una resolución de 10 metros en las bandas espectrales B4 (rojo) y B8 (infrarrojo cercano).

Se empleó la plataforma Google Earth Engine para llevar a cabo los procesos necesarios (Anexo n°2). En primer lugar, se calculó el Índice de Diferencias Normalizadas (NDVI) (Huang, *et al.* 2021) utilizando la imagen Sentinel-2 (Anexo n°3). Posteriormente, se aplicó una clasificación no supervisada utilizando algoritmos disponibles en la plataforma Google Earth Engine, con el objetivo de identificar y categorizar diferentes tipos de coberturas presentes en la imagen. En este caso, se obtuvieron inicialmente 25 categorías o clases de coberturas (Anexo n°4).

Luego, se llevó a cabo un proceso de ajuste mediante observaciones directas en campo los días 13 y 14 de marzo del año 2023. Se diseñó un muestreo georeferenciado para obtener datos de referencia sobre la cobertura real en el área de estudio (95 puntos de observación aleatorios). Durante este muestreo, además, se tomaron fotografías y se recabó información para la descripción de la vegetación y fisonomía predominante en las fichas de cada UPH.

A partir del análisis de las fotografías y de las observaciones realizadas en campo, se procedió a reducir a 13 el número de categorías de coberturas. Esta reducción se basó en criterios relacionados con la densidad y composición de las especies vegetales presentes en cada clase de cobertura, así como en inferencias sobre los posibles niveles de salinidad presentes en cada área.

En la figura 8 se puede observar la capa de coberturas resultante. Se distinguen áreas cubiertas por pajonales, caracterizadas por una vegetación alta y densa, se pueden identificar zonas con bosques, donde la vegetación arbórea domina el paisaje y áreas con pastizales, donde la vegetación herbácea predomina. Además, se pueden apreciar sectores de bajos con diferentes niveles de salinidad que presentan una vegetación adaptada a las condiciones salinas del suelo y del agua.



**Figura 8.** Coberturas Observadas en el Paisaje, el 25 de febrero del año 2023 en el área de estudio. Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

En la imagen también se observan áreas de suelo desnudo, que carecen de cobertura vegetal. Estas áreas pueden estar expuestas debido a factores como erosión, perturbaciones humanas o condiciones ambientales adversas. Por último, se pueden identificar cuerpos de agua libre, como arroyos y lagunas, que se representan en la imagen como áreas de cobertura de agua sin vegetación.

En resumen, la capa de coberturas obtenida a partir de la imagen proporciona una representación detallada de las distintas categorías presentes en el área de estudio, incluyendo pajonales, bosques, pastizales, bajos con diferentes niveles de salinidad, suelo desnudo y agua libre. Esta caracterización es de gran utilidad para la caracterización de los humedales a nivel de unidades de paisaje de humedales (nivel 3). Permite comprender la composición y distribución de las coberturas en el entorno

de los humedales, lo cual es fundamental para el análisis y la gestión efectiva de estos ecosistemas.

### **3.1.5 Dinámica de agua**

Esta capa se obtuvo a partir de imágenes del satélite Sentinel-2 MSI, en su nivel de procesamiento Level-1C. Las mismas están en formato grilla y tienen diferentes resoluciones para cada banda utilizada en el cálculo de los índices. La resolución de la imagen varía según la banda analizada: en la banda B3 (Verde) la resolución es de 10 m; en la banda B6 (Infrarrojo visible y cercano) la resolución es de 20 m; en la banda B8 (Infrarrojo cercano) la resolución es de 10 m; y, finalmente, en la banda B11 (Infrarrojos de onda corta) la resolución es de 20 m.

La metodología utilizada para generar las capas de Dinámica de Agua se basó en la plataforma Google Earth Engine (Anexo nº5). Para determinar los años de estudio, se compararon las medias anuales de precipitación con la media histórica, utilizando los datos obtenidos de la estación meteorológica de Fortín Olmos.

A partir de las imágenes seleccionadas, se calcularon dos índices para evaluar la dinámica del agua: el Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) (Diem *et al.*, 2021) y el Índice de Extracción de Agua Automatizada (AWEI) (Mustafa *et al.*, 2017).

El cálculo del Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

Donde NIR representa el infrarrojo cercano y SWIR representa el infrarrojo de onda corta.

El cálculo del Índice de Extracción de Agua Automatizada (AWEI) se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$AWEI = (4 * (GREEN - Red Edge 2) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR))$$

Donde GREEN representa la banda verde, NIR representa el infrarrojo cercano y SWIR representa el infrarrojo de onda corta.

Estos índices fueron enmascarados para distinguir entre áreas de agua y no agua. Posteriormente, se sumaron los resultados de los índices para generar las capas de Dinámica de Agua.

Se determinaron tres años representativos según la cantidad de agua del sistema: uno húmedo correspondiente al año 2017, uno neutro correspondiente al año 2019 y uno seco correspondiente al año 2020 (Anexo n°6). Para cada uno de estos años, se seleccionaron imágenes específicas del satélite Sentinel-2 en fechas específicas.

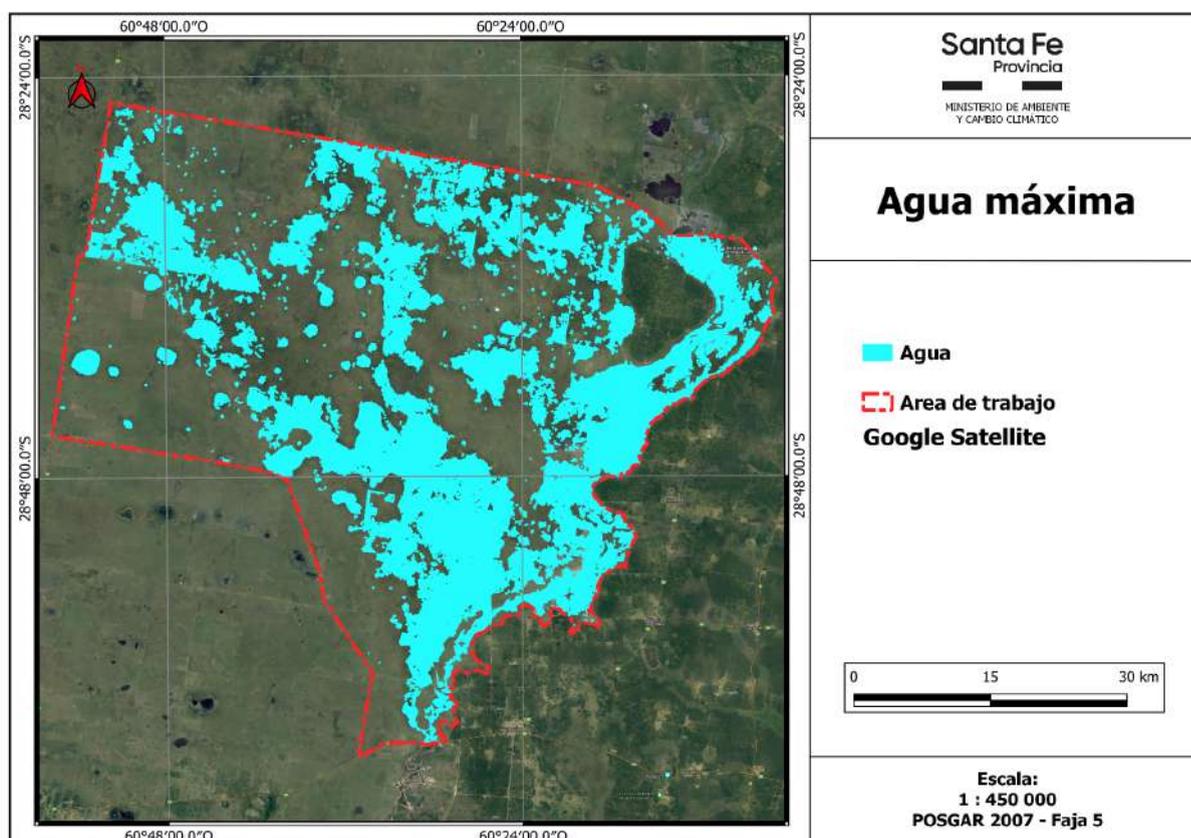
- El año 2017, es considerado como húmedo debido a que el valor de la precipitación anual es mayor al de la media histórica con un desvío positivo significativo, a modo de representarlo, se seleccionó la imagen correspondiente al día 1 de julio (Anexo n°7).
- En el año 2019, catalogado como neutro con una precipitación cercana a la media histórica anual y un desvío mínimo respecto de ella, se seleccionó la imagen correspondiente al día 6 de julio (Anexo n°8).
- En el año 2020, clasificado como seco debido a una precipitación por debajo de la media histórica anual y un desvío negativo significativo respecto de ella se seleccionó la imagen correspondiente al día 25 de julio (Anexo n°9).

Una vez obtenidas estas imágenes, se aplicaron los cálculos de los índices de agua (NDWI y AWEI) y se realizó la suma y enmascaramiento para distinguir entre áreas de agua y áreas sin agua. Como resultado de este proceso, se generó una capa que representa la dinámica de agua resultante.

En el caso del año húmedo, se observó agua en la extensión de nivel medio en lugares donde no se observó agua en la extensión del nivel máximo, lo que se debería a la distribución heterogénea de las precipitaciones en el área de estudio, por lo cual se determinó la extensión de agua en su nivel

máximo como una representación de la cobertura total de las tres situaciones simultáneamente.

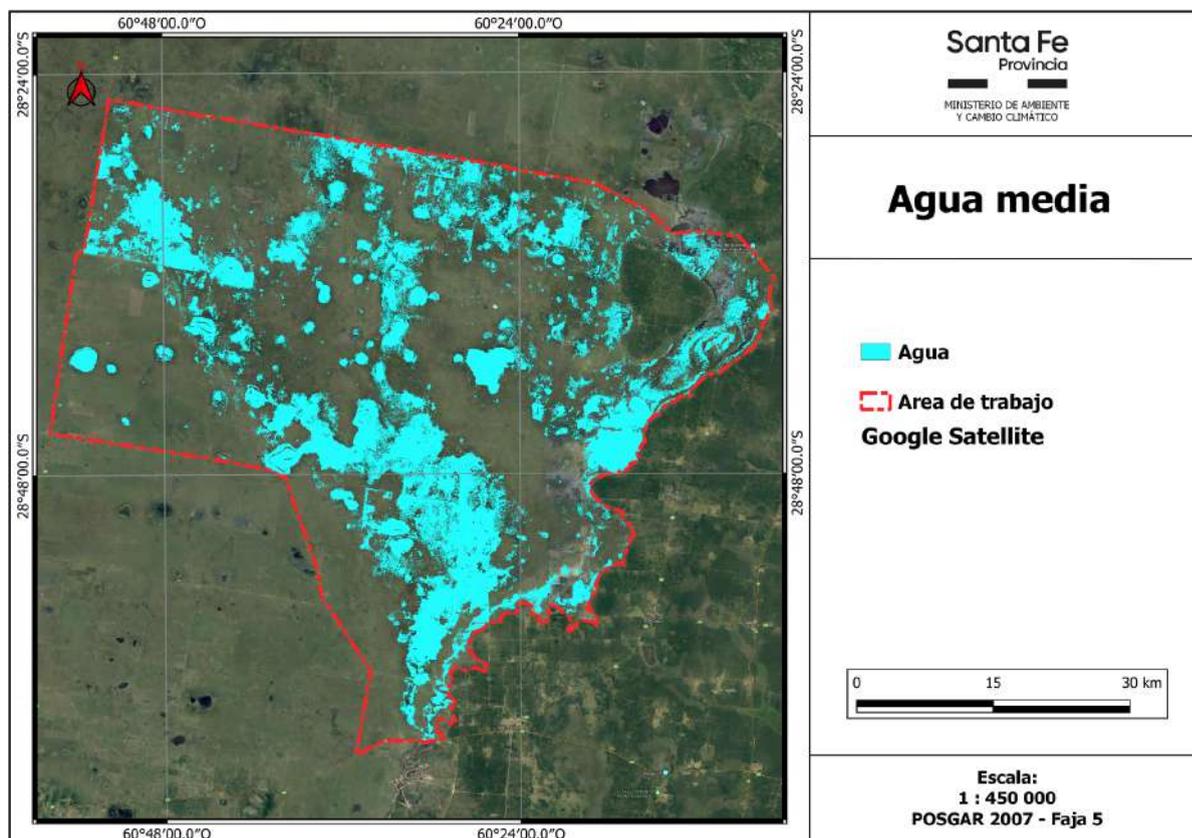
En la imagen (figura 9) se muestra en color celeste la cobertura de agua correspondiente a la extensión combinada de los tres años seleccionados. Esta representación cartográfica brinda información valiosa sobre la extensión y distribución de las áreas acuáticas en el área, lo cual es relevante para el análisis y la gestión de los humedales a nivel de unidades de paisaje de humedales (nivel 3).



**Figura 9.** Extensión de agua en su nivel máximo combinando los años 2017, 2019 y 2020 en el área de trabajo. Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

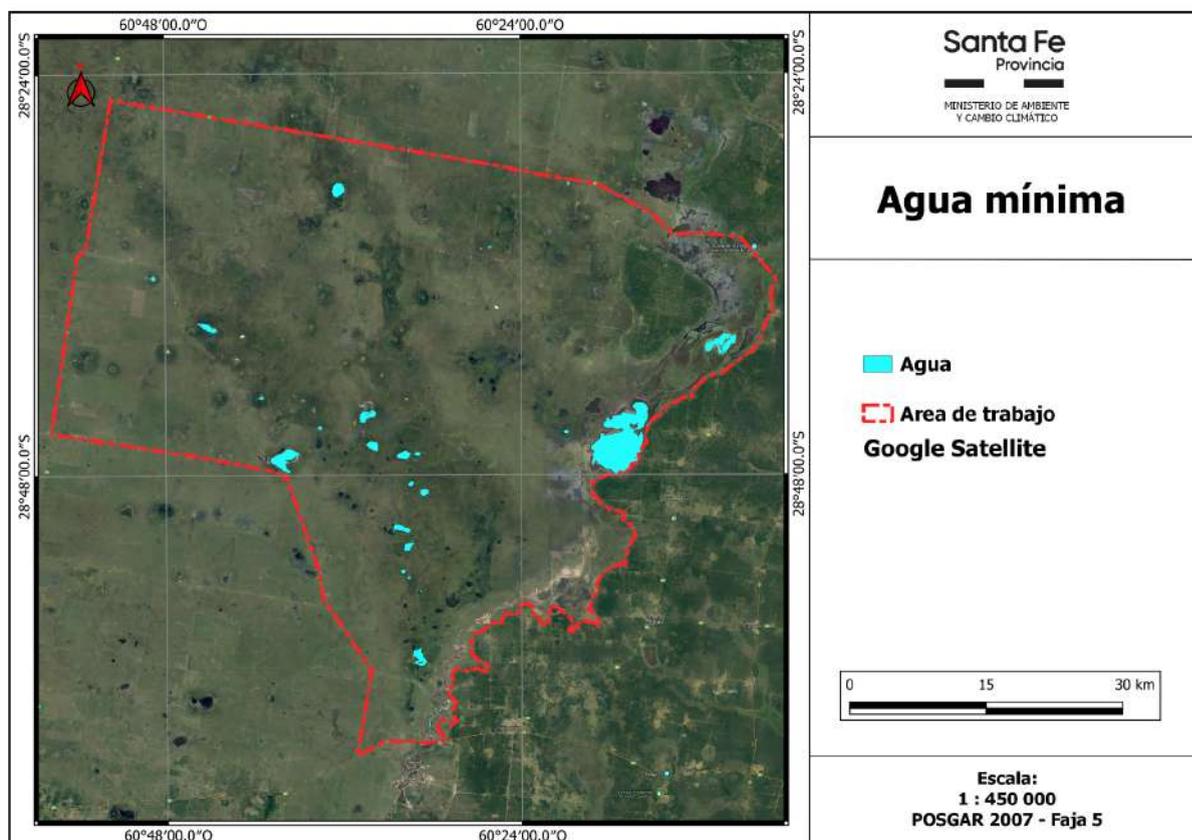
En la imagen a continuación (figura 10) se puede observar en color celeste la extensión de agua en su nivel medio correspondiente al año 2019. Al examinar la imagen, se obtiene información significativa sobre las áreas con un nivel de agua medio durante el año 2019, lo cual es útil para la

caracterización y gestión de los humedales en el área de estudio a nivel de unidades de paisaje de humedales (nivel 3).



**Figura 10.** Extensión de agua en su nivel medio en el área de trabajo el 6 de julio del año 2019. Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

En la figura 11 se puede apreciar en color celeste la cobertura de agua mínima correspondiente al año 2020.



**Figura 11.** Extensión de agua en su nivel mínimo en el área de trabajo el 25 de julio del año 2020. Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

### 3.1.6 Modelo Digital de Elevación (MDE)

El MDE se encuentra en formato grilla y presenta una resolución de 463,313 m. Para su cálculo, se empleó el producto MODIS - NDWI, generado a partir de los compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI), con una resolución de píxel de aproximadamente 463 m. El método utilizado fue el de línea de agua, que supone que el agua libre observada se encuentra a una misma altura topográfica, lo que permite establecer una cota (Anexo n°10).

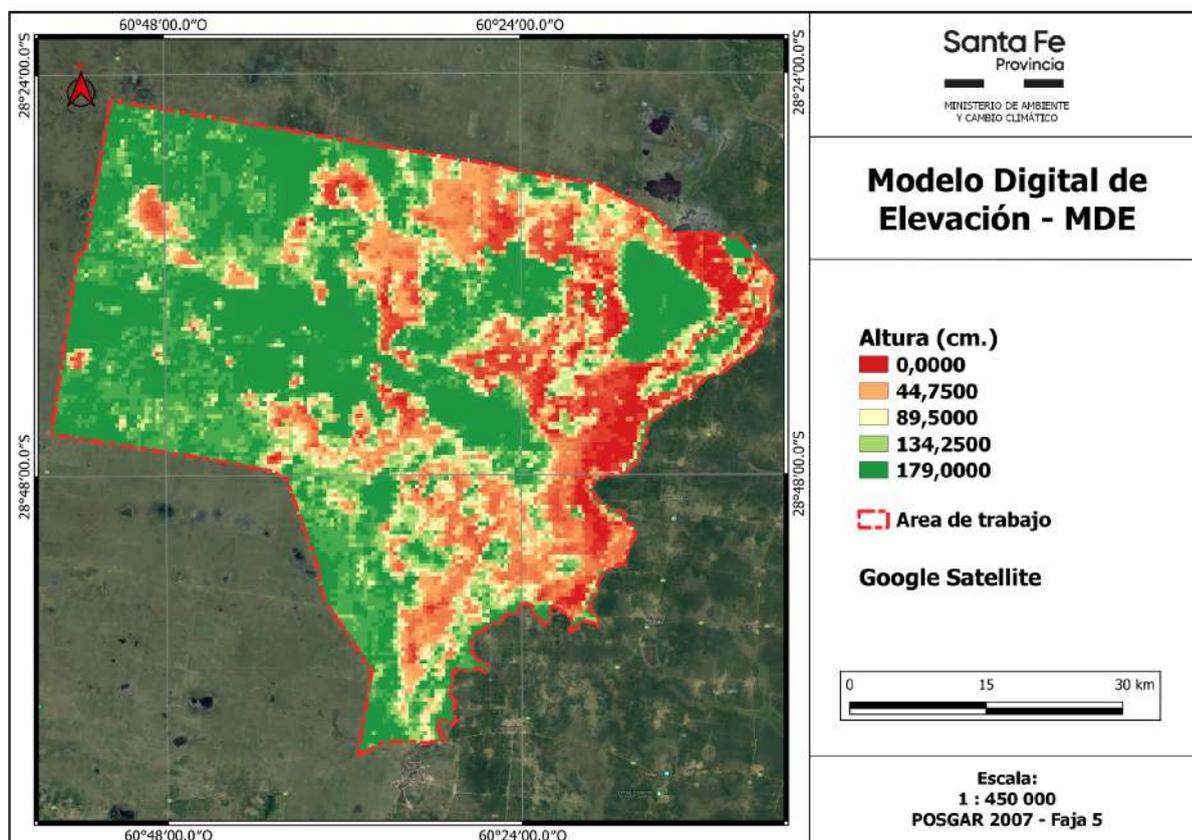
Los datos de altura hidrométrica del Arroyo Golondrinas, necesarios para este cálculo, se obtuvieron de la estación meteorológica Fortín Olmos ubicada dentro del área de estudio. Estos datos se utilizaron para seleccionar un pulso de inundación que presenta un pico dentro del

percentil 90 en relación a los datos históricos (Anexo nº11). A partir de ese pico, se eligieron las imágenes con una frecuencia de 8 días, desde el pico hasta el valle del pulso de inundación (Anexo nº12 y 13).

Luego, se aplicó una máscara para clasificar las imágenes en agua y no agua. A los píxeles clasificados como agua, se les asignó el valor de altura hidrométrica correspondiente a la fecha de obtención de la imagen. Posteriormente, se calculó la diferencia de alturas entre las imágenes y se sumaron estas diferencias, obteniendo como resultado un modelo digital de elevación.

Es importante destacar que el MDE obtenido está sujeto a la distribución heterogénea de las precipitaciones en el área de estudio, que pueden influir en la estimación altimétrica del terreno. Además, la presencia de agua producto del escurrimiento puede ocasionar una subestimación altimétrica aumentando la frecuencia de imágenes con presencia de agua en sectores donde el agua naturalmente escurre. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estas consideraciones al interpretar y utilizar el M.D.E., ya que pueden existir variaciones y limitaciones asociadas a la precisión altimétrica en las zonas donde se encuentre agua.

El MDE resultante obtenido a partir de la implementación de la metodología previamente descrita permite apreciar un rango de diferencia altimétrica de 1,79 m en el área de trabajo (figura 12).



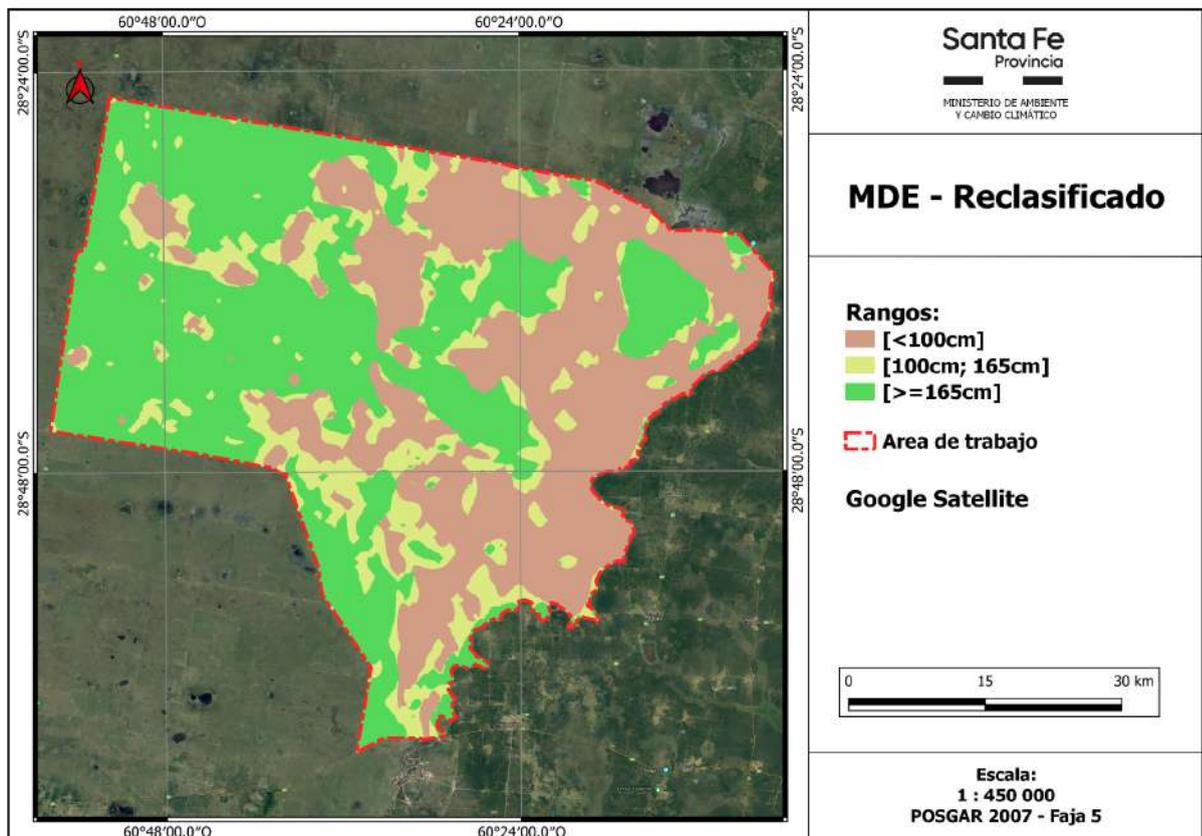
**Figura 12.** Modelo Digital de Elevación (MDE) para el área de trabajo. Elaboración propia a partir de los compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI).

### 3.1.7 Rangos altimétricos

En base al cruce e interpretación del Modelo Digital de Elevación (MDE) y las tres situaciones de agua mencionadas, se realizó una reclasificación del MDE en tres rangos de alturas (Anexo nº14). Con el fin de eliminar los píxeles sueltos, se aplicó un proceso llamado "*neighbors*" en el software QGIS, el cual asigna el valor de un píxel en función de los valores de los píxeles vecinos. Posteriormente, se llevó a cabo la vectorización y suavizado de la capa resultante.

En la figura 13 se presenta el resultado de la reclasificación del modelo digital de elevación basado en la interpretación de las situaciones de agua. Se utiliza el color verde para representar los sectores con alturas superiores a 1,65 m, que corresponde a las zonas de mayor elevación en el

área de estudio. El color amarillo se asigna a los sectores con alturas en el rango de 1 a 1,65 m, indicando áreas de elevación intermedia. Por último, el color marrón se utiliza para representar los sectores con alturas inferiores a 1 m, que corresponden a las áreas de menor elevación en el área de estudio.



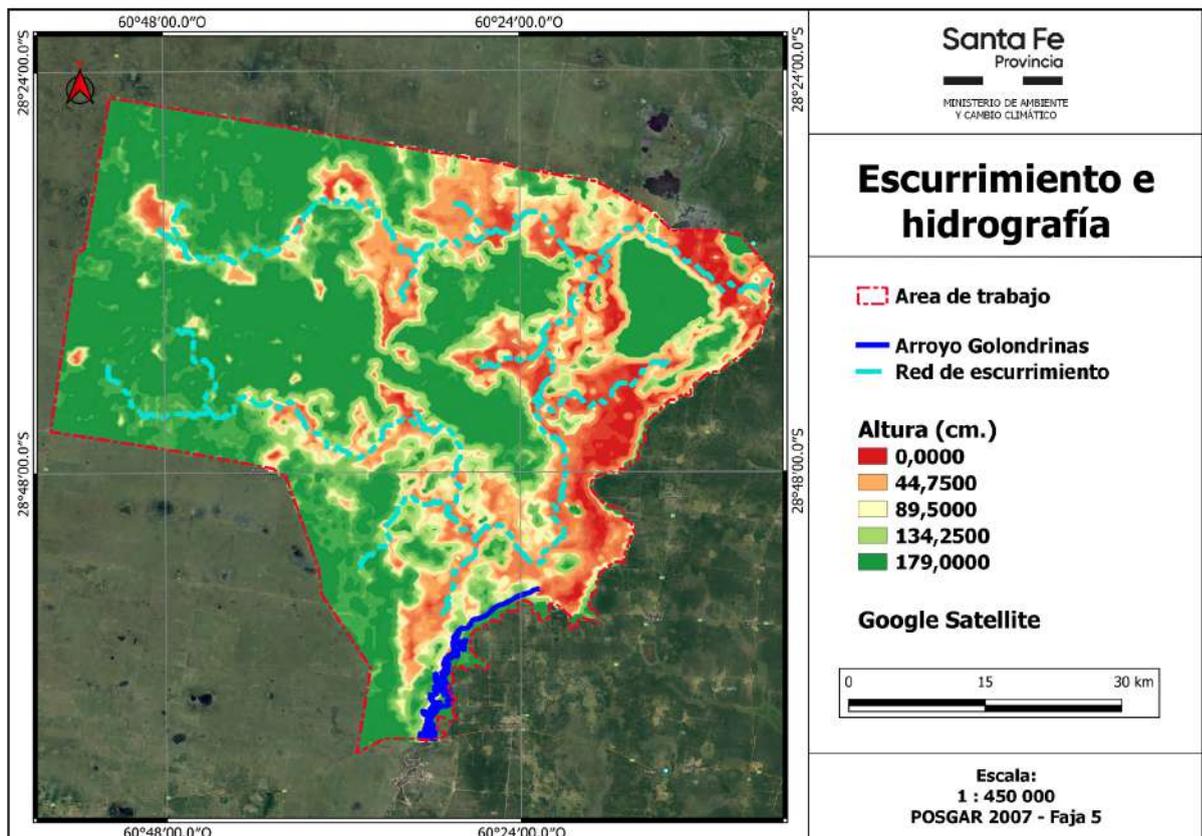
**Figura 13.** Reclasificación del Modelo Digital de Elevación (MDE) para el área de trabajo. Elaboración propia a partir de MDE generado.

### 3.1.8 Esgurrimiento e hidrografía

La capa de escurrimiento e hidrografía se generó mediante la aplicación de una serie de procesos al MDE (Anexo nº15), se encuentra en formato grilla y presenta una resolución de 463,313 m. En primer lugar, se utilizó el proceso de "fill sinks" para corregir las depresiones y garantizar un flujo continuo del agua en el terreno. Este proceso ayuda a evitar la formación de "agujeros" en el modelo, permitiendo un análisis más preciso del escurrimiento.

A continuación, se aplicó el proceso de "Channel network and drainage basins" del software SAGA. Este proceso permitió identificar y delinear las líneas de escurrimiento y las cuencas hidrográficas en función de las características topográficas y de drenaje del terreno. Se utilizaron algoritmos y métodos específicos para determinar la dirección y el flujo del agua en el modelo, creando una red de drenaje acorde a la precisión del modelo digital de base.

Una vez obtenidas las líneas de escurrimiento, se procedió a agregar información cartográfica vectorial del curso del Arroyo Golondrinas al sector sureste de estas líneas. Esta información adicional permitió mejorar la precisión y la representación del escurrimiento en esa área específica, ya que se tuvo en cuenta la ubicación y el trazado real del río.



**Figura 14.** Red de escurrimiento e hidrografía en el área de trabajo. Elaboración propia a partir de MDE generado y carta hidrográfica.

En la figura 14 se muestra la red de escurrimiento calculada a partir del modelo digital de elevación generado para el área de trabajo. Las líneas de color celeste representan la red de escurrimiento resultante, a la cual se le adicionó la porción del Arroyo Golondrinas ubicada en el sector sureste (color azul), utilizando cartografía digital oficial.

La red de escurrimiento resalta la interconexión existente entre las lagunas encadenadas presentes en el área, que se alinean con los paleocauces y las lagunas. Esta representación visual indica el patrón general del flujo de agua en la reserva. En la porción central y oeste de la reserva, se observa un escurrimiento con dirección noroeste-suroeste, mientras que, en la porción este, se evidencia un escurrimiento con dirección norte-sur.

Estos patrones de escurrimiento son de relevancia para comprender la dinámica hidrológica del área y su relación con la topografía y la red fluvial. La visualización de la red de escurrimiento en el modelo digital de elevación brinda información valiosa sobre la interconexión de los cuerpos de agua y los flujos predominantes en el área.

### **3.2 Integración y delimitación de las unidades de paisaje**

Para la identificación y delimitación de las unidades de paisaje en este inventario de humedales, se utilizó un enfoque integrado basado en el análisis de múltiples capas de información geográfica y que permitió obtener una representación completa del paisaje en el área de estudio. El proceso comenzó con la unión de las capas de información georreferenciada de suelos, unidades geológicas y altimetría combinando y superponiendo los atributos y características de cada capa, generando así una imagen integrada del paisaje.

A partir de los polígonos resultantes de esta unión, se realizó un análisis detallado de las características asociadas a cada unidad de paisaje. Se tuvieron en cuenta criterios como los niveles de altura general del terreno, las características edáficas de los suelos, la conformación geológica y las diferentes coberturas obtenidas. Además, se consideraron la geomorfología del área, los patrones de escurrimiento, la hidrografía, las canalizaciones producto de la actividad antrópica y la información

bibliográfica disponible. Con base en estos análisis y criterios comunes establecidos, se procedió a clasificar los polígonos en diferentes unidades de paisaje de humedales. Esto implicó agrupar áreas con características similares.

Este enfoque integrado y basado en el análisis de múltiples capas de información geográfica permitió obtener una representación más precisa y completa de las unidades de paisaje de humedales. La información resultante es fundamental para comprender la distribución espacial de los humedales y contribuir a su gestión y conservación adecuada. Además, proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas en relación con la protección y uso sostenible de estos importantes ecosistemas.

En la figura 15 se presenta un cruzamiento de información geográfica utilizado en el proceso de obtención de este inventario provincial de humedales a nivel de unidades de paisaje.



**Figura 15.** Diagrama de cruzamiento de información geográfica (Elaboración propia).

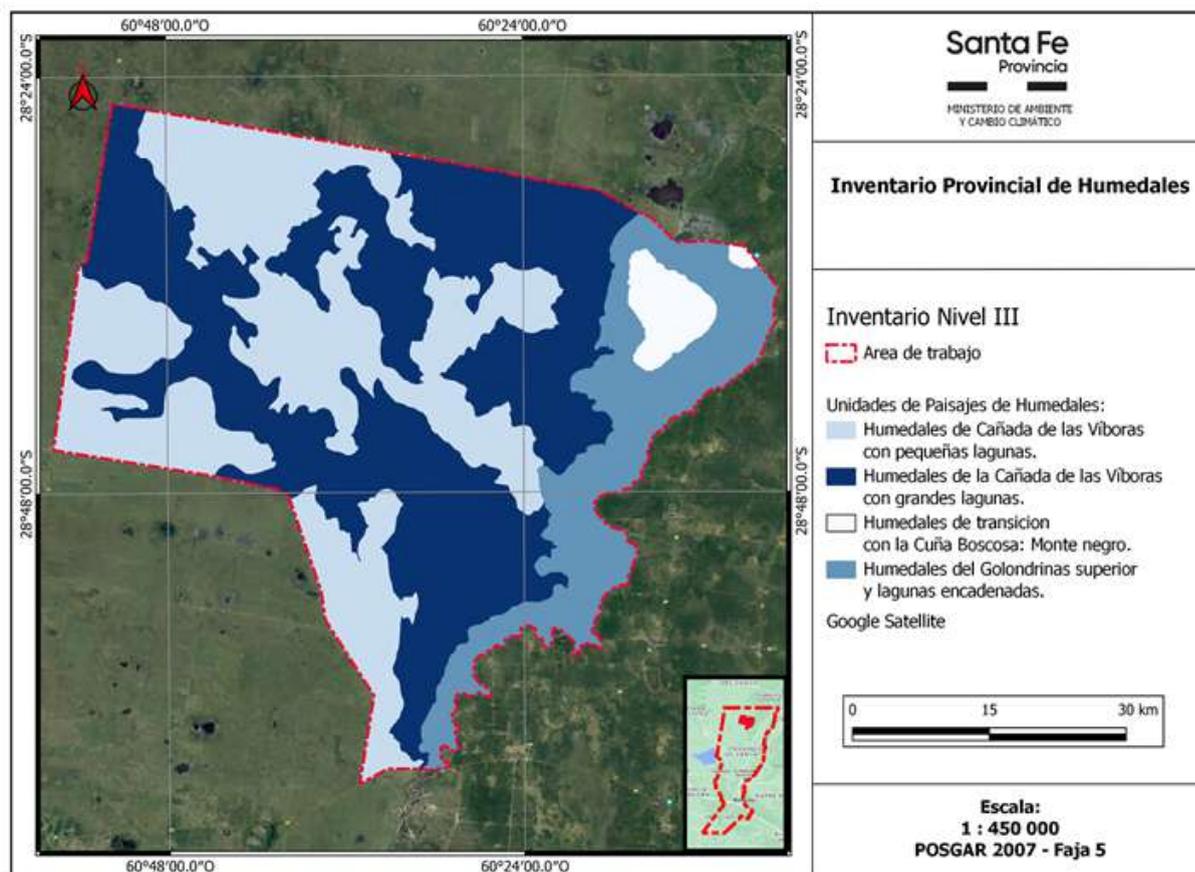
### Capítulo 4: Resultados del nivel III

Se delimitaron cuatro Unidad de Paisaje de Humedales (UPH) para el área de estudio que poseen similares rasgos hídricos, edafológicos, geomorfológicos, y ecológicos, con un área total analizada de 310944,96 ha.

A continuación, se esboza una tabla (tabla 2) resumen donde se detallan nombre, área y porcentaje de ocupación sobre la superficie total analizada por cada UPH y la figura 16 donde se muestra el Inventario Provincial de Humedales de Santa Fe (nivel 3) en el área de trabajo.

	Nombre UPH	Area (Ha)	% Area total
<b>Región de Humedales del Chaco</b>	Humedales de Cañada de las Víboras con pequeñas lagunas	108939.16	35.03
	Humedales de Cañada de las Víboras con grandes lagunas	146257.7	47.04
	Humedales del Golondrinas superior y lagunas encadenadas	47233.7	15.19
	Humedales de transición con la Cuña Boscosa: Monte Negro	8514.4	2.74

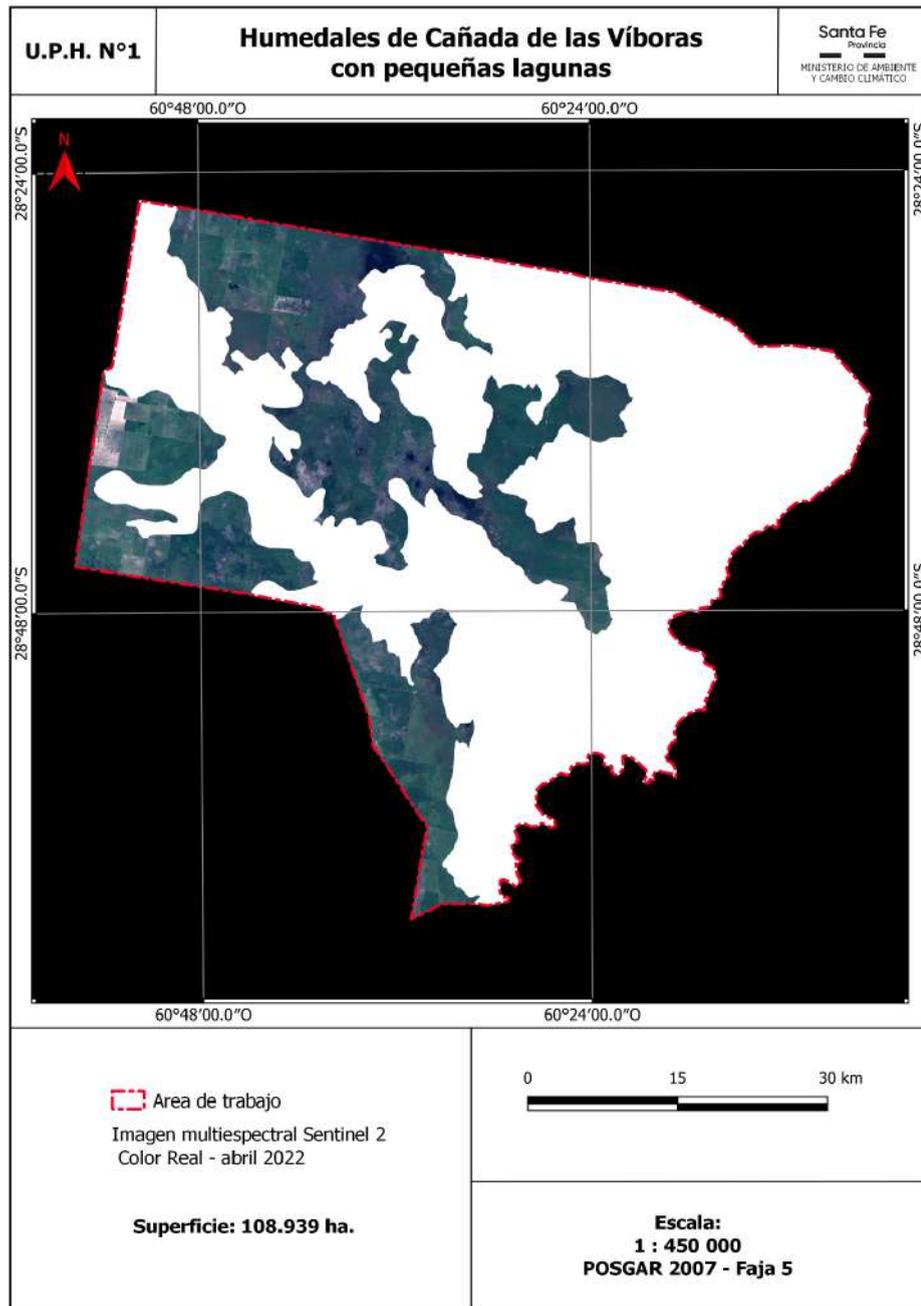
**Tabla N°2.** Unidades de Paisaje de Humedal obtenidas en el área de trabajo.



**Figura 16:** Inventario Provincial de Humedales de Santa Fe (nivel 3) en el área de trabajo. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados.

**4.1 UPH N°1:** Humedales de Cañada de las Víboras con pequeñas lagunas.

**Región:** Humedales del Chaco.



**Figura 17.** Unidad de paisaje 1: Humedales de Cañada de las Víboras con pequeñas lagunas. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento C.

## **Paisaje**

Mosaico de humedales.

## **Localización y límites**

Se encuentra en los sectores noroeste y suroeste del área de estudio.

El área de trabajo para el presente inventario de humedales es aquella que se limita al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, en dirección este con la ecorregión denominada Cuña Boscosa y el Arroyo Golondrinas.

## **Fisonomía**

Se exhibe este conjunto en forma planicie, suavemente elevado respecto de las depresiones adyacentes, donde se disponen lagunas someras asociadas a peladales salinos con presencia de vegetación variable. La vegetación dominante es herbácea, donde es factible encontrar pajonales de espartillo en diferentes densidades. Al suroeste de esta UPH se destacan los “Mogotes de Palo Azul” cubiertos de arbustos y en algunos casos árboles.

## **Geomorfología**

Conformado sobre terrazas fluviales erosionadas, correspondientes con el proceso de evolución de los antiguos cauces del Río Salado, en dirección suroeste, y por otro hacia el noroeste lado formado sobre depósitos de paleocauces y del abanico distal del Río Bermejo, posteriormente retrabajados por el escurrimiento superficial, y la acción del viento, que actúa erosionando sobre algunos sectores y formando depósitos loéssicos de algunos centímetros de espesor en otros.

Una geoforma relevante de origen biogénico, son los hormigueros del género *Atta*, modificando el microrrelieve al alterar el terreno, removiendo sedimentos y generando nuevos depósitos (Iriando, 2010). Estos depósitos, forman un sustrato apto para el desarrollo de vegetación arbustiva. En

campo se reconocen en el sureste de la unidad como Mogotes de Palo Azul (Lewis y Pire, 1996).

### **Elevación**

La elevación de esta unidad es representada por los sectores de mayor altura, según se puede interpretar a partir del Modelo Digital de Elevación generado para el área de estudio.

### **Dinámica hídrica**

Esta unidad tiene baja probabilidad de anegamiento, escurriendo el agua precipitada hacia sus lagunas interiores y zonas contiguas de menor altura. Las lagunas interiores poseen un régimen intermitente, ubicadas en hoyas de deflación, en algunos casos sólo son alimentadas por precipitación, y en el caso de las que poseen mayor tamaño y profundidad se alimentan principalmente de la surgencia freática (Iriondo, 2012).

La dinámica hídrica de este conjunto sobreelevado tiende a anular el desnivel entre las zonas altas con tendencia sufrir procesos de erosión rebajando su altura y colmatando las regiones deprimidas adyacentes.

### **Calidad de agua**

El alto nivel de salinidad de las aguas subterráneas de esta unidad aumenta su concentración en épocas secas.

### **Dinámica ecológica y régimen de disturbios**

Los procesos de erosión y la tendencia al equiparamiento del relieve con respecto de sectores más bajos. El pastoreo extensivo y los incendios frecuentes también componen un elemento de importancia en la dinámica ecológica.

### **Suelos**

Los suelos predominantes de esta UPH son los Alfisoles pertenecientes al gran grupo de los Natracualfes, según la clasificación de suelos Soil taxonomy (USDA). Hacia el centro de la unidad también se pueden encontrar grandes áreas formadas por complejos indiferenciados. La

textura general es franco arcillo-limosa, con presencia de salinidad, sodicidad y alcalinidad.

### **Biodiversidad**

La vegetación predominante es pajonal de espartillo (*Sporobolus spartinus*) con densidad alta entre matas. Los árboles son escasos con presencia de chañar (*Geoffroea decorticans*) y aromito (*Vachellia caven*), y el estrato arbustivo está dominado por chilcas (*Baccharis salicifolia*, *Tessaria dodonaeifolia*). Dentro de las comunidades herbáceas ocurren vara de oro (*Solidago chilensis*), noque (*Pluchea microcephala*), cola de gama (*Heliotropium curassavicum*), cola de liebre (*Bothriochloa laguroides*), *Pappophorum* sp. y *Cynodon* sp. en diferentes densidades. En esta UPH se destaca la presencia de hormigueros de hormigas arrieras (*Atta* sp.) y hormigas cortadoras de hojas (*Acromyrmex* sp.).

Al noroeste de la UPH se distinguen sectores de pajonal con menor densidad entre matas donde el estrato arbóreo es de media altura y se presenta principalmente como sábanas o isletas de algarrobos (*Prosopis* spp.), espinillo (*Vachellia caven*) y cina cina (*Parkinsonia aculeata*).

Sobre el límite oeste de la UPH se desarrollan los denominados “Mogotes de Palo Azul”, una serie de montículos ovalados o circulares de 10 a 25 m de diámetro y altura de medio metro cubiertos de arbustos y, en algunos casos, también árboles. Entre las especies características se destacan palo azul (*Cyclolepis genistoides*), carne gorda o tala salado (*Maytenus vitis-idaea*), molle (*Schinus longifolia*), pela suri (*Lycium tenuispinosum*), chilcas (*Baccharis salicifolia*, *Tessaria dodonaeifolia*), chañar (*Geoffroea decorticans*), algarrobo (*Prosopis* spp.), entre otras. Al sur de los Mogotes de Palo Azul se distinguen sectores de bosque dominado por chañar (*Geoffroea decorticans*) y algarrobo (*Prosopis* spp.).

En los márgenes de lagunas se emplazan peladales salinos con predominancia de vegetación herbácea como *Salicornia* spp., pelo de chancho (*Distichlis spicata*) y pasto niño (*Sporobolus pyramidatus*). También pueden desarrollarse juncales de *Schoenoplectus californicus* y totorales de *Typha latifolia*.

Con respecto a la fauna, en los pastizales ocurren y se reproducen especies caminadoras como el ñandú (*Rhea americana*), la colorada (*Rhynchotus rufescens*) e Inambú campestre (*Nothura maculosa*) (Fandiño y Pautasso 2011; Fandiño *et al.*, 2021; López-Lanús *et al.*, 2013). Habitan y nidifican también en esta zona dos especies de aves amenazadas y categorizadas “En Peligro” a escala global: el águila coronada (*Buteogallus coronatus*) y el cardenal amarillo (*Gubernatrix cristata*), el último, restringido al suroeste de la UPH. Ambas especies son Monumentos Naturales Provinciales de Santa Fe (N° 14.134 (5)) en el marco de la Ley N° 12.175 (3). Por otro lado, y asociada a las superficies de agua, ocurre eventualmente una elevada riqueza de especies y abundancia de aves como macaes (Podicipedidae), rálidos (Rallidae), garzas (Ardeidae), patos (Anatidae) y chorlos de los géneros *Tringa* y *Calidris*. Se destaca además la presencia de los cicónidos como el jabirú (*Jabiru mycteria*), tuyuyú (*Mycteria americana*), tuyango (*Ciconia maguari*) y aves acuáticas piscívoras como los gaviotines atí (*Phaetusa simplex*) y lagunero (*Sterna trudeaui*) o el biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) (Fandiño y Pautasso, 2011; Biasatti *et al.* 2016; Fandiño *et al.*, 2021).

Los mamíferos característicos de la zona son especies que usan isletas de bosques, pastizales y/o humedales asociadas principalmente a los pajonales de espartillo y mogotes de palo azul, donde se pueden mencionar el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), zorro pampeano (*Lycalopex gymnocercus*), zorro de monte (*Cerdocyon thous*), gato del pajonal (*Lynchailurus pajeros*), puma (*Puma concolor*), armadillos como la mulita pampeana (*Dasyopus hybridus*), el tatú (*Dasyopus novemcinctus*) y el peludo (*Chaetophractus villosus*), además de especies ampliamente distribuidas como la comadreja overa (*Didelphis albiventris*) y colorada (*Lutreolina crassicaudata*) y el hurón (*Galictis cuja*), entre otros (Pautasso 2011; Biasatti *et al.*, 2016; Pautasso *et al.*, 2021). En esta zona de los bajos submeridionales se encuentra el pequeño núcleo poblacional de venado de las pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) (Camino *et al.*, 1998) y es frecuente registrar al aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*) (Soria, 2010; Pautasso, *et al.*, 2021), ambas especies declaradas Monumentos Naturales Provinciales de Santa Fe (N° 12.182 (4)) en el marco de la Ley N° 12.175.

Entre los anfibios y reptiles ocurren, la ranita trepadora chaqueña (*Scinax acuminatus*), la rana criolla chaqueña (*Leptodactylus chaqueensis*), la falsa yarará de hocico ñato (*Xenodon dorbignyi*), la culebra de los campos (*Erythrolamprus almadensis*), entre otros. Restringida al suroeste de esta UPH se encuentra la Boa de las Vizcacheras (*Boa constrictor occidentalis*).

### **Subunidades de paisaje**

No se ha desarrollado una diferenciación en subunidades de paisaje.

### **Jurisdicción administrativa**

Provincia de Santa Fe, departamento Vera.

### **Demografía, acceso y ocupación de la tierra**

El acceso a esta unidad se da principalmente por rutas provinciales, al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, siendo estos los límites de la unidad.

La ocupación de este territorio consiste en pobladores locales, asentados en puestos ganaderos. Sobre la ruta N° 13, en proximidad con la intersección con la ruta N° 32 se emplaza la escuela rural N° 1383, y 14 km hacia el norte, un puesto policial permanente: "Destacamento El Guanagán".

### **Funciones socio - ecosistémicas**

A continuación, se realiza una lista no taxativa de las funciones socio-ecosistémicas de esta unidad de sistema de paisaje:

- Provisión de hábitat críticos y ambientes claves para la fauna autóctona, especialmente aves acuáticas residentes y migratorias.
- Mantenimiento de interacciones biológicas.
- Reservorio de agua en lagunas, recarga de acuíferos y almacenamiento de aguas subterráneas, aunque el uso de las mismas se ve limitado por el alto grado de contenido salino.

- Captura de sedimentos, carbono y nutrientes.
- Retención de contaminantes.

### **Uso de humedales**

El uso principal de la zona es la ganadería de cría, re cría e internada. Alrededor de las viviendas permanentes se cría ganado menor, ovejas y chivos. Ocurren también sectores donde se han implantado pasturas exóticas (grama rhodes) y otros destinados a la agricultura principalmente de girasol, sorgo y algodón (Soria, 2010). Se realiza en toda la extensión, caza de subsistencia y tradicional de aves y mamíferos (Pautasso, 2003).

### **Conservación**

Por atributos ambientales identificados en los Bajos Submeridionales diversas Instituciones y ONGs categorizaron a la región como área importante para la conservación:

- La Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano declaró a los Bajos Submeridionales como área prioritaria para la conservación. Identificada así por la biodiversidad que sostiene, por su situación estratégica en la regulación hídrica de la región y por ser uno de los humedales más amenazados de Argentina (The Nature Conservancy, *et al.* 2005).
- Un sector del área fue declarada como Área Valiosa de Pastizal del Cono Sur de Sudamérica (Bilenca y Miñarro, 2004).
- El área de trabajo está contenida dentro del Área Importante para la Conservación de Aves: AICA AR 167 "Bajos Submeridionales" (BirdLife International, 2023).
- El área fue identificada como importante y sensible para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales brindados por el humedal, mediante la Zonificación Ambiental de los

Bajos Submeridionales (Mateucchi, *et al.*, 2007; Herrera, *et al.*, 2007; FVSA y Fundapaz, 2007).

- Los Bajos Submeridionales fueron considerados como uno de los humedales más importantes de la región chaqueña según Wetlands International (Bucher y Chani, 1999).
- La Fundación Vida Silvestre Argentina consideró a los Bajos Submeridionales como un área de biodiversidad sobresaliente (Bertonatti y Corcuera, 2000).
- Investigaciones sobre aves detectaron a los Bajos Submeridionales como áreas importantes por la congregación de aves acuáticas (Nores, 1992) y por las implicancias a futuro para la conservación de especies amenazadas frente a escenarios de Cambio Climático y del impacto de la Huella Humana (Cristaldi, *et al.* 2019).
- El área fue considerada como prioritaria para la conservación de mamíferos medianos y grandes en la Provincia de Santa Fe (Pautasso, 2008).
- Esta región es el hábitat de los 4 Monumentos Naturales Provinciales: Aguará Guazú (*Chrysocyon brachyurus*), Venado de las Pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) (4), Cardenal Amarillo (*Gubernatrix cristata*) y Águila Coronada (*Buteogallus coronatus*) (5)

Si bien en el área abarcada por este inventario se encuentra únicamente un sector de la Reserva Natural Estricta La Loca, dentro de la misma ecorregión en la provincia (i.e. Chaco Húmedo), podemos encontrar otras áreas protegidas:

- Reserva Natural Manejada Potrero Lote 7b: conserva un sector de bosque chaqueño que se encuentra al norte de la localidad de Vera con una superficie de 2.000 has. Se corresponde a la Categoría IV de gestión (Reserva Natural Manejada) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

- Reserva Privada de uso Múltiple "Isleta Linda": protege la transición entre los Bosques del Chaco Seco (Semiárido o Subhúmedo del Domo Occidental) y pastizales de los Bajos Submeridionales. Con una superficie de 22.155 has se ubica en el Distrito San Bernardo del Departamento 9 de Julio, en el noroeste de la Provincia. Es la primera Reserva Privada de Uso Múltiple incorporada al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas en el marco de la Ley N° 12.175 (3).
- Reserva Natural de la Defensa Campo Garabato: se encuentra en el distrito Garabato del Departamento Vera de la Provincia de Santa Fe, a 82 km de Reconquista (por rutas provinciales N° 40 y N° 3) y a 6 km al norte de la localidad de Garabato.

### **Amenazas y tendencias**

Esta área se encuentra atravesada por el sistema de canales Interlagos-Norte que se encarga de acelerar el escurrimiento natural del agua hacia el arroyo Golondrinas en época de exceso hídrico, el área también se ve afectada por la canalización Línea Paraná que desagua los excesos provenientes de Chaco. Este disturbio modifica la dinámica natural del sistema disminuyendo la cantidad y permanencia de agua en las lagunas, extendiendo la duración de la época seca.

La ganadería en épocas de sequía podría constituir una amenaza para ciertas coberturas vegetales, ya que el ganado al alimentarse contribuye a la reducción de la cantidad de especies que poseen forraje tierno. Asociada a la actividad pecuaria, otra de las amenazas es el uso extensivo de fármacos veterinarios. Estos se depositan en las heces del ganado provocando que su degradación sea más lenta y restos de este material sean transportados por escorrentía hacia los cuerpos de agua.

Especies exóticas invasoras como el jabalí (*Sus scrofa*), el ciervo axis (*Axis axis*) y el grama rhodes (*Chloris gayana*), modifican el ecosistema y/o compiten y desplazan a especies nativas.

La sustitución de la vegetación nativa original por diferentes cultivos agrícolas es una fuente de presión de alto impacto en la zona (Pautasso et al., 2021). Particularmente los Mogotes de Palo Azul, ambiente restringido,

se encuentran seriamente degradados por el avance de la agricultura y ganadería, se distinguen sectores con alto porcentaje de suelo desnudo, campos arados o agrícolas germinando con cultivos de girasol (*Helianthus annuus*) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.).

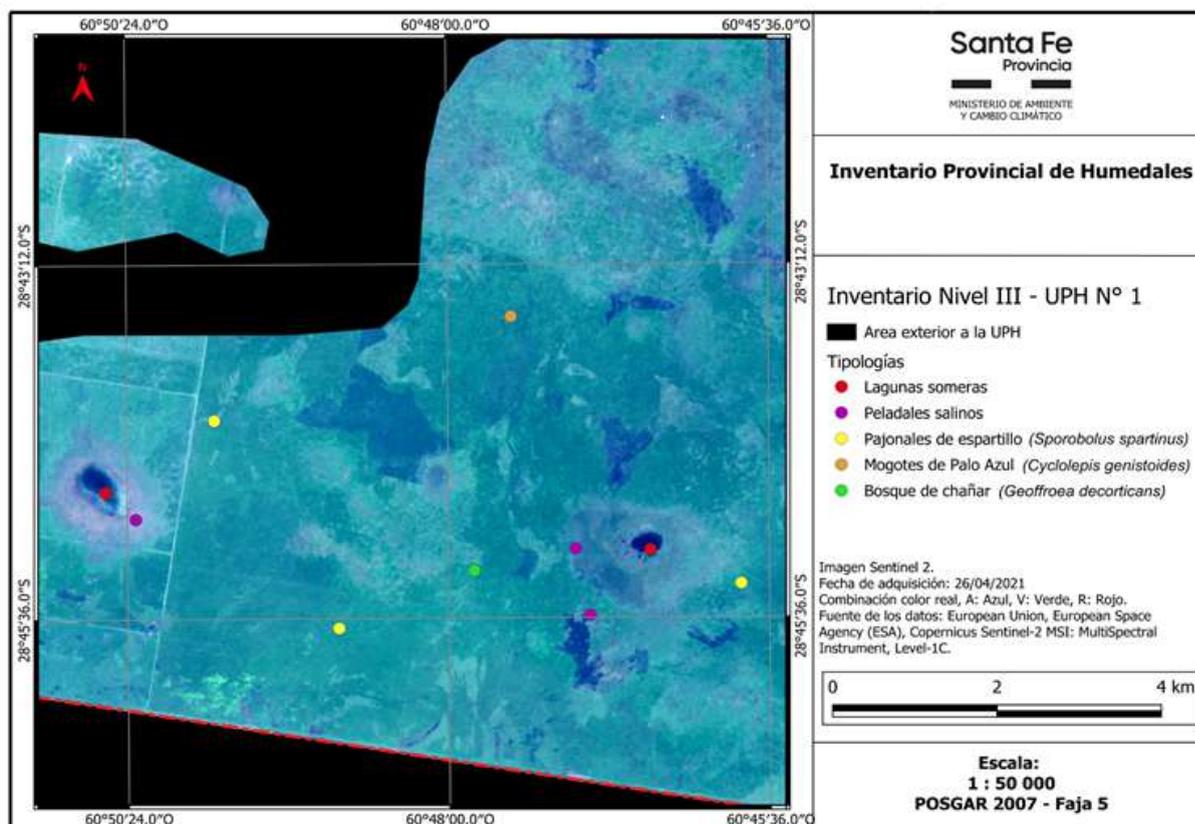
En toda la extensión, la caza furtiva de especies autóctonas, el atropellamiento en rutas y la depredación por perros constituyen otras amenazas para la biodiversidad.

Otra amenaza son las quemas ilegales para mejorar la oferta forrajera en la ganadería. Si bien los espartillos se recuperarán rápidamente luego del fuego (Pautasso y Fandiño 2019), la frecuencia y magnitud con las que se realizan impactan negativamente en el ambiente, la población, la flora y la fauna. Los principales ambientes deteriorados por el fuego son los Mogotes de Palo Azul, las leñosas que componen las sábanas y los parches de monte. Se considera importante comenzar a utilizar métodos alternativos para la generación de forraje de calidad.

### **Tipología de humedales**

1. Lagunas someras
2. Peladales salinos
3. Pajonales de espartillo (*Sporobolus spartinus*)
4. Mogotes de Palo Azul (*Cyclolepis genistoides*)
5. Bosque de chañar (*Geoffroea decorticans*)

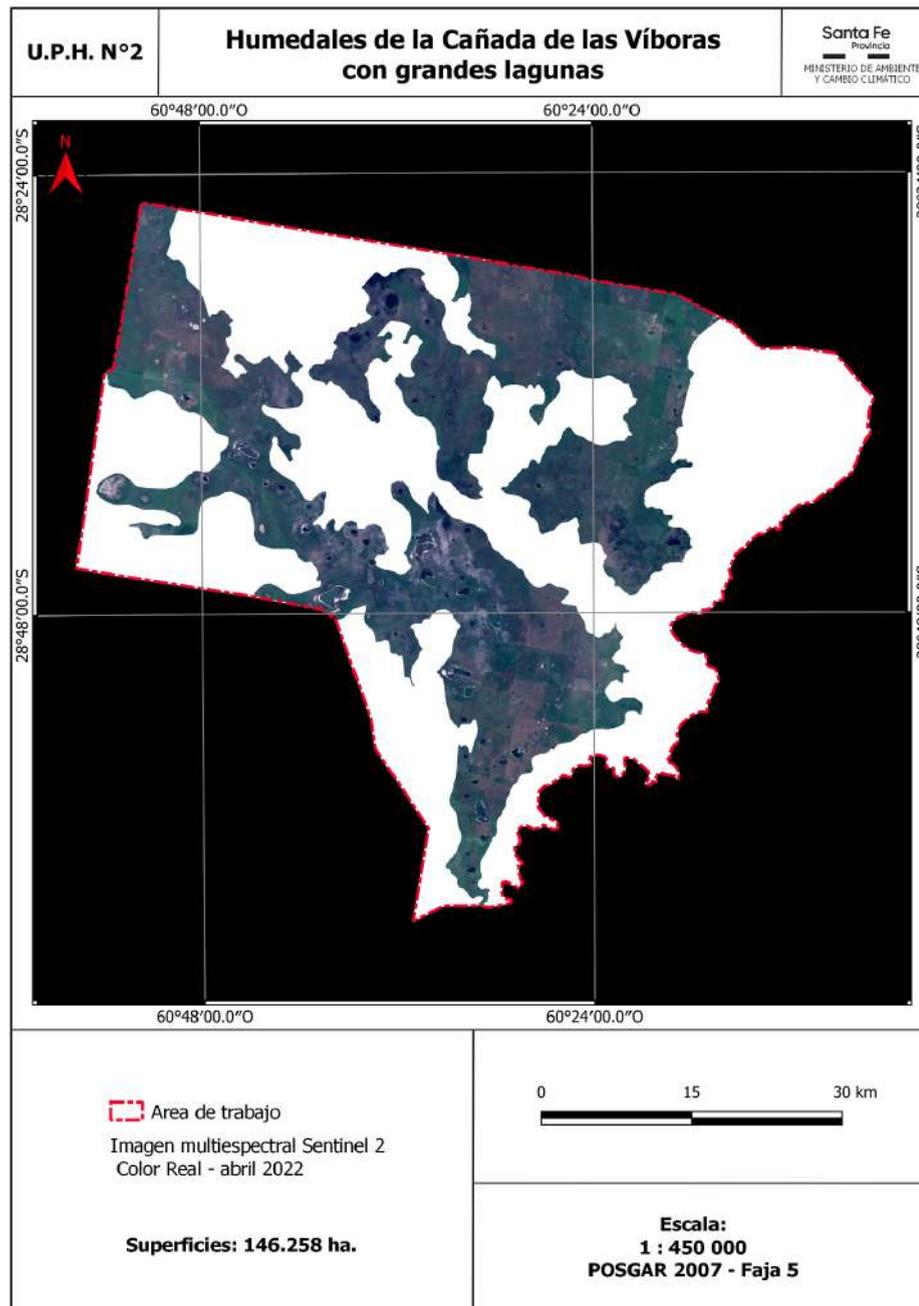
### Vista en planta



**Figura 18.** Vista en planta. UPH N° 1. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

## 4.2 UPH N°2: Humedales de la Cañada de las Víboras con grandes lagunas

**Región:** Humedales del Chaco.



**Figura 19.** Unidad de paisaje 2: Humedales de Cañada de las Víboras con grandes lagunas. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

## **Paisaje**

Mosaico de humedales

## **Localización y límites**

Se encuentra distribuida en dirección noroeste-sureste dentro del área de trabajo; este sector regionalmente se conoce como Cañada de las víboras.

Se reitera que el área de trabajo para el presente inventario de humedales es aquel que se limita al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, en dirección este con la ecorregión denominada Cuña Boscosa, y el margen este del Arroyo Golondrinas.

## **Fisonomía**

Paisaje de estructura compleja, conformado por extensos terrenos planos caracterizados por depresiones someras donde se emplazan lagunas, de régimen intermitente en el caso de las más pequeñas, y por otro lado permanente y semipermanente con forma aproximadamente circular de bordes suaves y redondeados en el centro de la cañada, a formas irregulares hacia el oeste entre las que se destaca la laguna "La Tigra". La vegetación dominante es herbácea, donde es factible encontrar pajonales de espartillo y arbustales de chilcas. Se destacan, aunque su superficie es reducida, "cejas de monte" desarrolladas sobre los albardones de algunas lagunas.

## **Geomorfología**

Es una unidad geomorfológica sedimentaria integrada por varias formaciones cuaternarias depositadas sobre un sustrato marino mioceno, posteriormente a lo largo del Cuaternario, conformada en una región de dominio fluvial, modelada principalmente por el sistema del Salado, sometida a procesos de formación y posterior erosión (Iriondo, 2012).

La morfología de este sector indica que se trata de un bloque hundido, limitado por una fractura de basculamiento, que se prolonga en dirección NO-SE de unos 110 km de extensión.

Se hallan geoformas asociadas a sucesivos desplazamientos laterales del río Salado, que en su divagación dejó cauces abandonados de baja sinuosidad y un ambiente de deposición palustre, en la actualidad, éstos se encuentran colmatados casi en su totalidad. Sobre los mismos se alinean pequeñas hoyas de deflación, que albergan lagunas someras en épocas húmedas (Iriondo, 2010).

En el centro de la cañada las hoyas de deflación son muy someras mientras que hacia el suroeste aumentan su profundidad, su forma se torna algo irregular y se encuentran acompañadas de albardones de bosques de hasta 4 metros de altura en sus bordes, rodeadas por peladares salinos, como es el caso de la laguna La Tigra.

La energía morfogenética de este sistema es baja, dada por la escasa pendiente y el escurrimiento superficial laminar.

Otra geoforma relevante de origen biogénico son los nidos de Tacurúes (Hormiguero de la hormiga tacurú - *Camponotus punctulatus*), su altura ronda los 40 cm, generalmente cubiertos por vegetación de pastizal, que al secarse poseen una gran dureza ante la rotura mecánica. Este es un factor de importancia ya que se remueven grandes cantidades de tierra en la formación de estos (Iriondo, 2012).

### **Elevación**

La elevación de esta unidad varía entre áreas de amplias depresiones y sectores de alturas relativas bajas, según se puede interpretar a partir del Modelo Digital de Elevación generado para el área de estudio.

### **Dinámica hídrica**

Se trata de una unidad con una red de drenaje poco jerarquizada, sujeta a anegamientos frecuentes cuya distribución temporal está marcada por los períodos de mayor precipitación, cuando las lluvias sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la carga de las lagunas ubicadas en

depresiones, situación en la cual estos bajos son interconectados por el agua superficial (Iriondo, 2012).

Por otra parte, esta unidad recoge el escurrimiento subsuperficial proveniente de sectores de mayor altura, debido a que en periodos húmedos el nivel freático se eleva favoreciendo la surgencia, extendiendo los periodos de permanencia de agua en superficie.

La presencia de vegetación y la pendiente regional inferior a 0,01° (Thalmeier *et al.*, 2021), determinan el escurrimiento superficial mantiforme de sus excesos, drenando lentamente en dirección noroeste-sureste. Este drenaje se sucede a través del Arroyo Golondrinas y canalizaciones en la región sureste hacia el mismo sistema, que aguas abajo será tributario del Salado (mediante el sistema Golondrinas - Calchaquí).

### **Calidad de aguas**

En términos de calidad de aguas, se puede decir que los procesos verticales de evaporación e infiltración están sumamente ligados a la calidad del agua, salinizada principalmente con cloruro de sodio proveniente de los suelos. En periodos secos la evaporación es el principal fenómeno que aumenta la concentración salina, tanto en aguas superficiales como las de los horizontes superiores del suelo. El patrón de distribución de concentración salina disminuye de oeste a este regionalmente.

En el caso de las aguas subterráneas, esta unidad tiene una calidad superior a la de la UPH 1 (Humedales de Cañada de las Víboras con pequeñas lagunas) ya que en algunos casos estos paleocauces son portadores de agua dulce en los subálveos (Iriondo, 2012).

### **Dinámica ecológica y régimen de disturbios**

La dinámica ecológica que marca principalmente esta unidad de paisaje son las inundaciones recurrentes en alternancia con periodos de sequía.

En periodos húmedos, los anegamientos extendidos en áreas bajas facilitan el ingreso de agua desde Santiago del Estero, que posee suelos de

mayor tenor salino que los locales, aumentando así el contenido de sales y disminuyendo la calidad de los mismos luego de cada inundación.

A su vez hay factores que disminuyen la concentración salina de aguas superficiales y subsuperficiales. En épocas de lluvias la permanencia del agua en superficie ocasiona que las aguas dulces se coloquen en estratos superiores del suelo mientras que aguas de mayor contenido salino se ubiquen en los estratos inferiores. Este proceso es conocido como estratificación salina (Sosa y Diaz, 2012).

El pastoreo continuo del ganado y la presencia de fuego en períodos secos son otros factores de relevancia en la zona.

### **Suelos**

Presenta una predominancia de complejos indiferenciados, de textura limo arcillosa, condicionados por problemas de anegamiento, salinidad y sodicidad. Poseen baja permeabilidad y capacidad de infiltración.

Se identifican algunos parches de asociaciones de suelos del orden de los Alfisoles, y Molisoles pertenecientes al gran grupo de los Natracualfes y Natracuoles respectivamente según la clasificación de suelos Soil taxonomy (USDA).

Las eflorescencias salinas son predominantes en depresiones someras, favoreciendo la cristalización, y posterior arrastre del viento a pocos metros de distancia, que luego son redisueltos por el agua y nuevamente depositados formando peladales salinos (Iriundo 2012)

### **Biodiversidad**

La vegetación predominante es pajonal de espartillo (*Sporobolus spartinus*) con densidad alta entre matas. Regularmente con presencia de tacurúes (Hormiguero de la hormiga tacurú - *Camponotus punctulatus*). Los árboles son escasos con presencia de chañar (*Geoffroea decorticans*) y aromito (*Vachellia caven*) y el estrato arbustivo está dominado por chilcas (*Baccharis salicifolia* y *Tessaria dodonaeifolia*). Dentro de las comunidades herbáceas ocurren vara de oro (*Solidago chilensis*), noque (*Pluchea microcephala*), cola de gama (*Heliotropium curassavicum*), cola

de liebre (*Bothriochloa laguroides*), *Pappophorum* sp. y *Cynodon* sp. en diferentes densidades.

Se distinguen también bajos vegetados con distintos niveles de salinidad en forma de pajonal abierto. Por sectores se pueden presentar estratos arbóreos con alta densidad de cina cina (*Parkinsonia aculeata*), plantas palustres como la totora (*Typha* sp.) y juncos (*Schoenoplectus* sp.) y suculentas del género *Salicornia* spp. que dan cuenta de la salinidad del terreno.

En los márgenes de las lagunas ocurren sectores de peladales salinos y bajos disturbados con presencia de suelo desnudo por efecto del sobrepastoreo y pisoteo del ganado. Algunas lagunas como "La Tigra", "La Salada", "Las Víboras", "Las Chuñas Grandes", "Las Chuñas Chicas" y "Las Juntas", presentan sectores rodeados por albardones de bosques. El estrato alto de la mayor parte de esas cejas de bosque es dominado por el guaraniná (*Sideroxylon obtusifolium*), ocurriendo en menor medida algunas cejas con quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), francisco álvarez (*Pisonia zapallo*), sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), algarrobo (*Prosopis* spp.), tusca (*Vachellia aroma*), garabato (*Senegalia praecox*) y mistol (*Sarcomphalus mistol*). Estos bosques se componen en su estrato medio por matorrales densos de molle (*Schinus longifolia*), pela suri (*Lycium tenuispinosum*), tala del burro (*Lycium boerhaviifolium*) y tala arbustivo (*Celtis pallida*), mientras en el estrato bajo pueden aparecer comunidades compactas de chaguar (*Bromelia serra*). El bosque, aun presentando una superficie reducida, ofrece refugio a mamíferos como el aguará popé (*Procyon cancrivorus*), el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y la comadreja overa (*Didelphis albiventris*), y es un ambiente utilizado con fines de nidificación, percheo, refugio o forrajeo, por numerosas especies de aves como el cuclillo canela (*Coccyzus melacoryphus*), el boyero pico marfil (*Cacicus solitarius*) y el piojito silbón (*Camptostoma obsoletum*).

En períodos húmedos, la fauna está compuesta principalmente por especies asociadas al agua. En aves se pueden mencionar a especies que forrajean en cuerpos de aguas playos, playas y barro, como los chorlos y

playeros (e.g. tero real *Himantopus mexicanus*, playerito pectoral *Calidris melanotos*, pitotoy grande *Tringa melanoleuca*), y/o pastizales encharcados como los cuervillos de cañada (*Plegadis chihi*), garzas (e.g. *Egretta thula*) y gallinetas (e.g. *Pardirallus sanguinolentus*), entre otras (Fandiño y Pautasso 2011, Fandiño *et al.*, 2021). Una importante abundancia de individuos de aves acuáticas se concentra en durante las inundaciones, y esto favorece el establecimiento de colonias reproductivas, incluso en períodos extra temporales, como el otoño e invierno (Rumboll, 1967). En lagunas grandes, como “La Tigra”, que puede permanecer con agua aún durante algunos momentos de sequías importantes, especies acuáticas como los flamencos (*Phoenicopterus chilensis*) encuentran estabilidad ambiental (Pautasso *et al.*, 2021). Entre los passeriformes, frecuentan las playas y el barro la remolinera parda (*Cinclodes fuscus*) y el sobrepuesto austral (*Lessonia rufa*) (especies migradoras que ocurren en invierno), y los juncales y totorales el curutié colorado (*Certhiaxis cinnamomeus*) y pico de plata (*Hymenops perspicillatus*), entre muchas otras. En períodos secos, la comunidad de aves cambia, desaparecen o disminuyen notablemente las estrictamente acuáticas e ingresan otras, como por ejemplo especies caminadoras como el inambú campestre (*Nothura maculosa*) y la colorada (*Rhynchotus rufescens*) (Fandiño y Pautasso, 2011; Fandiño *et al.*, 2021). Se ha registrado la nidificación del águila coronada (*Buteogallus coronatus*) en los bosques de laguna. Esta especie está amenazada a escala global y fue declarada Monumento Natural Provincial de Santa Fe en el marco de la Ley N° 12.175 (3).

Entre los mamíferos, especies acuáticas como coipos (*Myocastor coypus*) y carpinchos (*Hydrochoerus hydrochaeris*) expanden su área de ocupación durante los períodos de inundación, retrayéndose en los períodos secos. La abundancia de las poblaciones de ambas especies está, además, influenciada por períodos secos o húmedos plurianuales. Los pajonales inundables y los bosques de lagunas, son frecuentados por el aguará popé (*Procyon cancrivorus*), el zorro de monte (*Cerdocyon thous*) y el aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*). Este último declarado Monumento Natural Provincial de Santa Fe mediante la Ley N° 12.182 (Pautasso, 2011; Biasatti *et al.*, 2016).

La herpetofauna está representada por especies características de humedales chaqueños como la ñacaniná (*Hydrodynastes gigas*) y el yacaré overo (*Caiman latirostris*).

Aunque la ictiofauna de los Bajos Submeridionales ha sido poco relevada y los registros son muy escasos, Lopez *et al.* (2008) indican un área llamada “*Santa Fe province swamps zone*” que correspondería a los humedales del chaco santafesino con 75 especies de peces. Particularmente en esta UPH, la presencia, diversidad y abundancia de peces está muy influenciada por los eventos extremos de inundación y de sequías. En el primer período, las lagunas interiores se conectan entre sí y también lo hacen con el arroyo Golondrinas favoreciendo el ingreso de peces y la reproducción de los mismos. En la laguna “La Tigra”, fueron registrados, luego de períodos de inundación sábalos (*Prochilodus lineatus*), palometas bravas (*Pygocentrus nattereri*), palometas amarillas (*Serrasalmus spilopleura*), tarariras (*Hoplias malabaricus*), viejas del agua (e.g. *Loricariichthys melanocheilus* y *Pterygolicthys anistisi*), moncholos (*Pimelodus albicans*), bagres amarillos (*Pimelodus maculatus*). Especies de importancia comercial y deportiva como el dorado (*Salminus brasiliensis*) y el surubí pintado (*Pseudoplatysoma corruscans*) fueron registrados en la laguna “La Tigra” solo luego de la inundación ocurrida durante el período El Niño 1997/98 (Pautasso, 2011). Durante las sequías, especies como cascarudos (*Callichtys callichtys* y *Haplosternum littorale*) y la tararira están adaptadas para soportar situaciones extremas como la pobreza de oxígeno (hipoxia), pero cuando ocurren períodos plurianuales secos (e.g. 2006/09 o 2020/23) ocurren importantes mortandades de peces por ausencia de condiciones de hábitat.

### **Subunidades de paisaje**

No se ha desarrollado una diferenciación en subunidades de paisaje.

### **Jurisdicción administrativa**

Provincia de Santa Fe, departamento Vera.

### **Demografía, acceso y ocupación de la tierra**

La densidad poblacional es escasa debido a los anegamientos frecuentes del terreno. El acceso se da a través de la red vial provincial, mientras que el tránsito al interior del área es a través de caminos rurales que conducen a campos y puestos ganaderos.

### **Funciones socio – ecosistémicas**

A continuación, se realiza una lista no taxativa de las funciones socio-ecosistémicas de esta unidad de sistema de paisaje:

- Provisión de hábitat críticos y ambientes claves para la fauna autóctona, especialmente aves acuáticas residentes y migratorias.
- Mantenimiento de interacciones biológicas.
- Reservorio de agua, recarga de acuíferos y almacenamiento de aguas subterráneas, aunque el uso de las mismas se ve limitado por el alto grado de contenido salino.
- Regulación del caudal de crecida del Arroyo Golondrinas, reduciendo su energía y por lo tanto la de su desembocadura, el Río Salado.
- Uso recreativo y turístico.
- Captura de sedimentos, carbono y nutrientes

### **Uso de humedales**

El uso principal de la zona es la ganadería extensiva, mayormente de cría.

Las lagunas, en fases normales a altas, son reservorios de agua para el ganado. En épocas secas, su disponibilidad se reduce debido a que su contenido salino es muy elevado. Por otro lado, en la zona se realiza caza de subsistencia y tradicional de reptiles, aves y mamíferos, además del uso doméstico de leña provista por los bosques de lagunas.

La caza comercial de nutria se efectúa en períodos húmedos, si coincide con una alta abundancia de esta especie.

Cuando el período seco se extiende en el tiempo, puede ocurrir la siembra o intersembrado de especies forrajeras adaptadas a las limitaciones de los suelos de la zona, con el objetivo de mejorar la oferta forrajera.

### **Conservación**

Por atributos ambientales identificados en los Bajos Submeridionales diversas Instituciones y ONGs categorizaron a la región como área importante para la conservación:

- La Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano declaró a los Bajos Submeridionales como área prioritaria para la conservación. Identificada así por la biodiversidad que sostiene, por su situación estratégica en la regulación hídrica de la región y por ser uno de los humedales más amenazados de Argentina (The Nature Conservancy, *et al.* 2005).
- Un sector del área fue declarada como Área Valiosa de Pastizal del Cono Sur de Sudamérica (Bilenca y Miñarro, 2004).
- El área de trabajo está contenida dentro del Área Importante para la Conservación de Aves: AICA AR 167 "Bajos Submeridionales" (BirdLife International, 2023).
- El área fue identificada como importante y sensible para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales brindados por el humedal, mediante la Zonificación Ambiental de los Bajos Submeridionales (Mateucchi *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007; FVSA y Fundapaz, 2007).
- Los Bajos Submeridionales fueron considerados como uno de los humedales más importantes de la región chaqueña según Wetlands International (Bucher y Chani, 1999).

- La Fundación Vida Silvestre Argentina consideró a los Bajos Submeridionales como un área de biodiversidad sobresaliente (Bertonatti y Corcuera, 2000).
- Investigaciones sobre aves detectaron a los Bajos Submeridionales como áreas importantes por la congregación de aves acuáticas (Nores, 1992) y por las implicancias a futuro para la conservación de especies amenazadas frente a escenarios de Cambio Climático y del impacto de la Huella Humana (Cristaldi *et al.*, 2019).
- El área fue considerada como prioritaria para la conservación de mamíferos medianos y grandes en la Provincia de Santa Fe (Pautasso, 2008).
- Esta región es el hábitat de los 4 Monumentos Naturales Provinciales: Aguará Guazú (*Chrysocyon brachyurus*), Venado de las Pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) (4), Cardenal Amarillo (*Gubernatrix cristata*) y Águila Coronada (*Buteogallus coronatus*) (5)

Si bien en el área abarcada por este inventario se encuentra únicamente un sector de la Reserva Natural Estricta La Loca, dentro de la misma ecorregión en la provincia (i.e. Chaco Húmedo), podemos encontrar otras áreas protegidas:

- Reserva Natural Manejada Potrero Lote 7b: conserva un sector de bosque chaqueño que se encuentra al norte de la localidad de Vera con una superficie de 2.000 ha. Se corresponde a la Categoría IV de gestión (Reserva Natural Manejada) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Reserva Privada de uso Múltiple "Isleta Linda": protege la transición entre los Bosques del Chaco Seco (Semiárido o Subhúmedo del Domo Occidental) y pastizales de los Bajos Submeridionales. Con una superficie de 22.155 ha se ubica en el Distrito San Bernardo del Departamento 9 de Julio, en el noroeste de la Provincia. Es la primera

Reserva Privada de Uso Múltiple incorporada al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas en el marco de la Ley N° 12.175 (3).

- Reserva Natural de la Defensa Campo Garabato: es una de las áreas protegidas desarrolladas en terrenos militares de Argentina. Con una superficie de 2700 ha se encuentra en el distrito Garabato del Departamento Vera de la Provincia de Santa Fe, a 82 km de Reconquista (por rutas provinciales N° 40 y N° 3) y a 6 km al norte de la localidad de Garabato en una región característica de la Cuña Boscosa.

### **Amenazas y tendencias**

El efecto de las canalizaciones cobra relevancia en este sector relativamente más bajo que los terrenos adyacentes, modificando el régimen hídrico natural y extendiendo la época seca, siendo los principales el sistema de canales Interlagos-Norte, la Línea Paraná, y demás obras de carácter hidrovial situadas directamente dentro del área de estudio como en adyacencias del mismo.

La ganadería en épocas de sequía podría constituir una amenaza ya que el ganado se alimenta de pasturas naturales, reduciendo la cantidad de especies que poseen forraje tierno. Asociada a la actividad pecuaria, otra de las amenazas es el uso extensivo de fármacos veterinarios. Éstos se depositan en las heces del ganado provocando que su degradación sea más lenta y restos de este material sean transportados por escorrentía hacia los cuerpos de agua.

El jabalí (*Sus scrofa*), especie exótica invasora, se encuentra en altas densidades dentro de esta UPH, modificando ambientes: volteo de árboles en los bosques de lagunas mediante la erosión de las raíces y remoción de suelos, incluyendo pastizales hasta lechos lagunares. Otras exóticas invasoras como el ciervo axis (*Axis axis*) y el grama rhodes (*Chloris gayana*) también ocurren aquí, modificando el ecosistema y/o compitiendo y desplazando a especies nativas.

En toda la extensión, la caza furtiva y pesca no regulada de especies autóctonas constituye una amenaza para la biodiversidad, siendo la

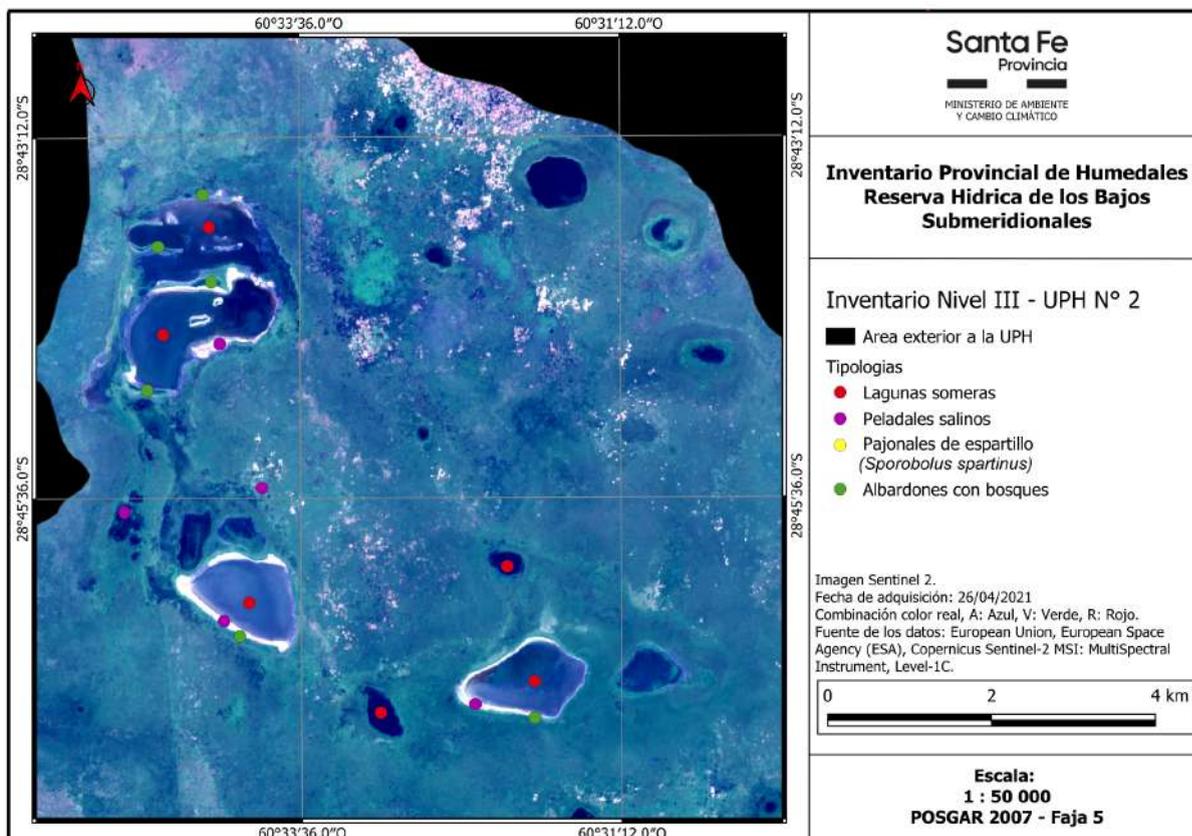
Laguna “La Tigra” uno de los sitios más impactados debido a su relativamente fácil acceso (Pautasso *et al.* 2021). A su vez estas actividades antrópicas contribuyen a la presencia de desechos en los cuerpos de agua por residuos plásticos como botellas y bolsas.

Otra amenaza son las quemas ilegales para mejorar la oferta forrajera en la ganadería. Si bien los espartillos se recuperarán rápidamente luego del fuego (Pautasso y Fandiño, 2019), la frecuencia y magnitud con las que se realizan impactan negativamente en el ambiente, la población, la flora y la fauna. El fuego impactan a los bosques de las lagunas, unidades altamente sensibles a las quemas, afectando sobre todo a las especies leñosas que lo componen. Se considera importante comenzar a utilizar métodos alternativos para la generación de rebrotes tiernos de espartillo para el ganado.

### **Tipología de humedales**

1. Lagunas someras
2. Peladales salinos
3. Pajonales de espartillo (*Sporobolus spartinus*)
4. Albardones con bosques

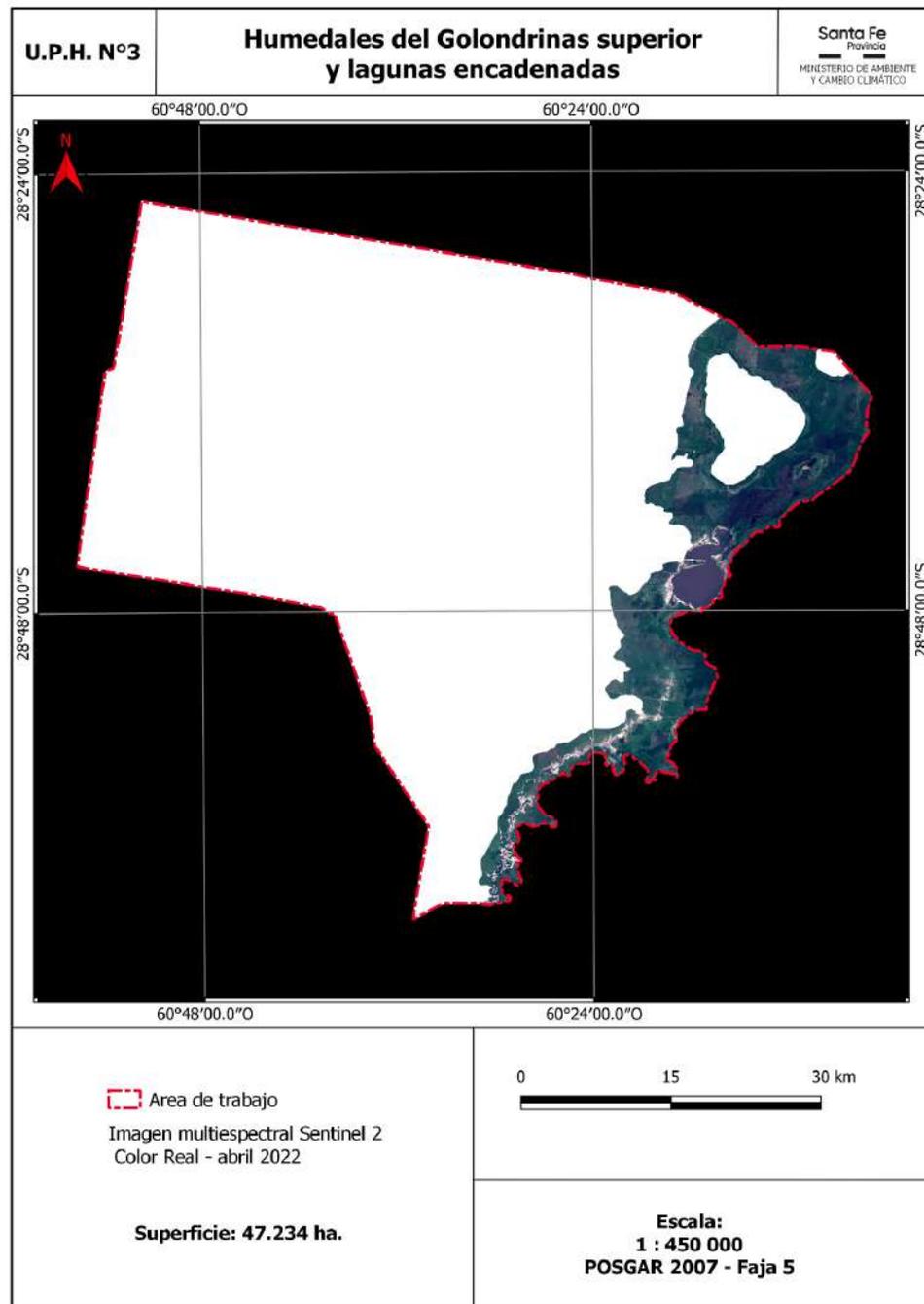
### Vista en planta



**Figura 20.** Vista en planta. UPH N° 2. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

### 4.3 UPH N°3: Humedales del Golondrinas superior y lagunas encadenadas

**Región:** Humedales del Chaco.



**Figura 21.** Unidad de paisaje 3: Humedales del Golondrinas superior y lagunas encadenadas. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento C.

## **Paisaje**

Mosaico de humedales

## **Localización y límites**

Se encuentra situado sobre el dorso oriental dispuesto de norte a sur, limitando con la Cuña Boscosa hacia el este, rodeando la UPH 4 (Humedales de transición con la Cuña Boscosa: Monte negro) hacia el norte.

Se reitera que el área de trabajo para el presente inventario de humedales es aquel que limita al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, en dirección este con la ecorregión denominada Cuña Boscosa, y el margen este del Arroyo Golondrinas.

## **Fisonomía**

Paisajes de planicies, esteros y lagunas entre las que se destaca la laguna “La Loca” y el nacimiento del Arroyo Golondrinas. La vegetación dominante consiste en pajonales de densidad media alta con palmares al noreste y bajos vegetados salinos rodeando las lagunas y cursos de agua.

## **Geomorfología**

Se trata de un paleocauce con origen fuera del área de estudio, en las proximidades de Cañada Ombú (28°18' S, 59°58' O), situado en una región geomorfológica de dominio fluvial, perteneciente al sistema del Paraná y sus brazos menores. Separado del mismo por la fractura del Salado que corre en dirección aproximada de norte a sur a lo largo del meridiano de 60° 45' O, se estima que la edad de la misma corresponde al Pleistoceno medio (Iriondo, 1982). De carácter meándrico en sus orígenes, actualmente colmatado de forma irregular, con un ancho variable entre 3 y 6 km (Sosa y Diaz, 2021).

En una etapa posterior, en esta unidad se han depositado sedimentos finos transportados por el Salado, además de la acción eólica que

remodeló los bordes de las lagunas formando dunas de arcilla con partes de limo y arena fina, de baja altura en sus bordes.

Las planicies de esta unidad hacia el noreste constituyen esteros que en épocas de inundaciones se conectan con la laguna "La Loca" aguas abajo y el nacimiento del Arroyo Golondrinas presentando un cauce definido en este sector; que, del lado oeste posee pequeñas hoyas de deflación transformadas en lagunas en épocas húmedas, de forma circular a elíptica.

Los sedimentos del lecho de las lagunas permanentes están compuestos por arena cuarzosa fina algo arcillosa de color verde (Sosa y Diaz, 2021).

### **Elevación**

La elevación de esta unidad es representada por los sectores de menor altura, según se puede interpretar a partir del Modelo Digital de Elevación generado para el área de estudio.

### **Dinámica hídrica**

Esta unidad constituye el drenaje de los Bajos Submeridionales, con una pendiente inferior a 5 cm/km (Gioria *et al.*, 2002). Durante períodos de lluvias recibe el aporte hídrico superficial de unidades vecinas que escurren sus excesos del oeste, de la zona de la Cañada de las Víboras y el sistema de canales Interlagos-Norte, y desde el norte desde la provincia de Chaco a través del tramo superior de la unidad en la zona, definida por Iriondo (2012) como Estero Grande y La Loca, conectando todo el sistema.

La laguna La Loca y el Arroyo Golondrinas poseen agua permanente alimentados por la descarga de agua freática de la zona, salvo en períodos de sequía extrema. En tanto el Estero Grande permanece anegado solo en períodos húmedos.

### **Calidad de agua**

La calidad de agua en esta unidad es influenciada por su origen. En épocas de exceso hídrico, recoge el agua de lluvia escurrida de sectores vecinos del noroeste, que a su vez recibe aportes salinos del suelo desde

Santiago del Estero y aportes de agua dulce desde el Chaco. Por lo que en general se produce un gradiente salino de norte a sur, con menor concentración de sales al norte de la unidad y mayor contenido salino hacia el sur.

### **Dinámica ecológica y régimen de disturbios**

La unidad está sujeta a anegamientos frecuentes, dadas en las zonas de menor altura ante crecidas ordinarias, en sectores próximos al curso principal afectando su funcionamiento habitual. Además de la remoción de los depósitos de sedimentos acumulados en diferentes sectores con escasa vegetación, lo que aumenta su vulnerabilidad ante la erosión.

### **Suelos**

Son suelos con características hidromórficas, donde se presenta una predominancia de complejos indiferenciados, y pequeñas partes con asociaciones de suelos del orden de los Alfisoles, pertenecientes al gran grupo de los Natracualfes, según la clasificación de suelos Soil taxonomy (USDA). Están caracterizados por poseer horizontes superficiales arcillosos con poca materia orgánica, alcalinizados por la migración y acumulación de sales de sodio.

### **Biodiversidad**

La vegetación predominante es pajonal de espartillo (*Sporobolus spartinus*) con una densidad media alta entre matas. Presenta sectores de espartillar y canutillar de *Luziola peruviana* y *Leersia hexandra*, especies resistentes al anegamiento, en las zonas más bajas.

El estrato arbóreo está constituido por ejemplares aislados de chañar (*Geoffroea decorticans*). Sobre el límite este presenta áreas ecotonales hacia la Cuña Boscosa con un aumento de la altura y cobertura de los árboles. En los suelos arcillosos anegables del sector noreste se desarrolla un palmar de caranday (*Copernicia alba*). El estrato arbustivo está representado por chilcas (*Baccharis salicifolia*, *Tessaria dodonaeifolia*), duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*) y *Sesbania* sp.

Dentro de las comunidades herbáceas, se distingue en diferentes densidades vara de oro (*Solidago chilensis*), falsa lucera (*Pluchea microcephala*), cola de gama (*Heliotropium curassavicum*), cola de liebre (*Bothriochloa laguroides*), *Pappophorum* sp, pelo de chancho (*Distichlis spicata*), amor seco (*Bidens pilosa*), *Cynodon dactylon*, *Diplachne* sp., *Echinochloa* sp., *Paspalum* sp., *Sesuvium* sp. y *Salicornia* sp.

En los márgenes de las lagunas y cursos de agua se emplazan bajos vegetados con altos niveles de salinidad cubiertos por especies de los géneros *Pappophorum* spp. y *Leptochloa* spp., *Sesuvium* sp. y *Salicornia* sp y agua o suelo desnudo según ocurran períodos de déficit o de exceso hídrico.

Con respecto a la fauna, se pueden mencionar a mamíferos como el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y el coipo (*Myocastor coypus*) y reptiles acuáticos, como la ñacaní (*Hydrodynastes gigas*) y el yacaré overo (*Caiman latirostris*), que se alimentan y se refugian en estos ambientes.

Asociadas a las superficies de agua permanentes y temporarias, ocurre eventualmente una elevada riqueza de especies y abundancia de aves como macaes (Podicipedidae), rálidos (Rallidae), garzas (Ardeidae), patos (Anatidae) y chorlos de los géneros *Tringa* y *Calidris*. Se destaca además la presencia de los cicónidos como el jabirú (*Jabiru mycteria*), tuyuyú (*Mycteria americana*) y tuyango (*Ciconia maguari*) y aves acuáticas piscívoras como los gaviotines atí (*Phaetusa simplex*) y lagunero (*Sterna trudeaui*) o el biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) (Fandiño y Pautasso 2011; Biasatti et al. 2016; Fandiño et al., 2021). En pastizales de sectores más altos aparecen especies caminadoras como el ñandú (*Rhea americana*) e Inambú campestre (*Nothura maculosa*) (Fandiño y Pautasso 2011; Fandiño et al., 2021).

Aunque la ictiofauna de los Bajos Submeridionales ha sido poco relevada y los registros son muy escasos, López et al. (2008) indican un área llamada "Santa Fe province swamps zone" que correspondería a los humedales del chaco santafesino con 75 especies de peces. Particularmente en esta UPH

no hay relevamientos específicos ni para laguna La Loca ni para el tramo del arroyo Golondrinas comprendido aquí. Sin embargo, puede tomarse de referencia información existente, aunque parcial, sobre la riqueza de especies de la laguna El Bonete, que integra el sistema Golondrinas-Calchaquí, o laguna La Tigra de la UPH 2 (la cual se une a La Loca y al arroyo durante inundaciones). De esta forma se pueden citar sábalos (*Prochilodus lineatus*), palometas bravas (*Pygocentrus nattereri*), palometas amarillas (*Serrasalmus spilopleura*), tarariras (*Hoplias malabaricus*), viejas del agua (e.g. *Loricariichthys melanocheilus* y *Pterygolicthys anistisi*), apretadores (*Trachelyopterus* sp.), moncholos (*Pimelodus albicans*), bagres amarillos (*Pimelodus maculatus*) y anguila criolla (*Synbranchus marmoratus*). Especies de importancia comercial y deportiva como el dorado (*Salminus brasiliensis*) y el surubí pintado (*Pseudoplatysoma corruscans*) son más bien raras en el arroyo. Es de destacar el registro de Carpa (*Cyprinus carpio*), una especie exótica invasora (Pautasso, 2011). Especies como la tararira, los cascarudos (*Callichthys callichthys* y *Hoplosternum littorale*) están adaptadas para soportar situaciones extremas como la pobreza de oxígeno (hipoxia), pero cuando ocurren períodos plurianuales secos (e.g. 2006/09 o 2020/23) ocurren importantes mortandades de peces por ausencia de condiciones de hábitat.

### **Subunidades de paisaje**

No se ha desarrollado una diferenciación en subunidades de paisaje.

### **Jurisdicción administrativa**

Provincia de Santa Fe, departamento Vera.

### **Demografía, acceso y ocupación de la tierra**

En esta unidad se encuentran asentamientos temporarios de pescadores, el acceso se da principalmente por Ruta Provincial N° 31 hacia el norte y por caminos locales en toda su extensión.

Se encuentran próximas al este, de norte a sur, sobre la Ruta Provincial N° 3, las localidades de Intiyaco y Colmena y sobre la Ruta Provincial N° 83, Kilómetro 115, las localidades de Pozo de los Indios y Fortin Olmos.

### **Funciones socio - ecosistémicas**

A continuación, se realiza una lista no taxativa de las funciones socio-ecosistémicas de esta unidad de sistema de paisaje:

- Provisión de hábitat críticos y ambientes claves para la fauna autóctona, especialmente aves acuáticas residentes y migratorias.
- Mantenimiento de interacciones biológicas.
- Provisión de recursos para su consumo alimenticio.
- Uso recreativo y turístico.
- Regulación de la salinidad.
- Almacenamiento hídrico.
- Ciclado de nutrientes.

### **Uso de humedales**

El uso principal de la zona es la ganadería extensiva, mayormente de cría.

Cuando el nivel de agua lo permite, se tiene pesca artesanal, recreativa y deportiva, principalmente en aquellos sectores que se encuentran próximos a los caminos públicos.

Además, existe en el lugar, caza de subsistencia (aves y mamíferos asociados al agua) y, en períodos húmedos, caza comercial de, por ejemplo, el Coipo (*Myocastor coypus*).

### **Conservación**

Esta Unidad de Paisaje incluye parte de la Reserva Natural Estricta La Loca y se corresponde a la Categoría I de gestión (Reserva Natural Estricta) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta área natural protegida tiene una superficie de 2000 hectáreas y

comprende el sector sur de la Laguna “La Loca” y los márgenes del suroeste de este cuerpo de agua.

Por atributos ambientales identificados en los Bajos Submeridionales diversas Instituciones y ONGs categorizaron a la región como área importante para la conservación:

- La Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano declaró a los Bajos Submeridionales como área prioritaria para la conservación. Identificada así por la biodiversidad que sostiene, por su situación estratégica en la regulación hídrica de la región y por ser uno de los humedales más amenazados de Argentina (The Nature Conservancy, *et al.* 2005).
- Un sector del área fue declarada como Área Valiosa de Pastizal del Cono Sur de Sudamérica (Bilenca y Miñarro, 2004).
- El área de trabajo está contenida dentro del Área Importante para la Conservación de Aves: AICA AR 167 “Bajos Submeridionales” (BirdLife International, 2023).
- El área fue identificada como importante y sensible para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales brindados por el humedal, mediante la Zonificación Ambiental de los Bajos Submeridionales (Mateucchi, *et al.*, 2007; Herrera, *et al.*, 2007; FVSA y Fundapaz, 2007).
- Los Bajos Submeridionales fueron considerados como uno de los humedales más importantes de la región chaqueña según Wetlands International (Bucher y Chani, 1999).
- La Fundación Vida Silvestre Argentina consideró a los Bajos Submeridionales como un área de biodiversidad sobresaliente (Bertonatti y Corcuera, 2000).

- Investigaciones sobre aves detectaron a los Bajos Submeridionales como áreas importantes por la congregación de aves acuáticas (Nores, 1992) y por las implicancias a futuro para la conservación de especies amenazadas frente a escenarios de Cambio Climático y del impacto de la Huella Humana (Cristaldi *et al.*, 2019).
- El área fue considerada como prioritaria para la conservación de mamíferos medianos y grandes en la Provincia de Santa Fe (Pautasso, 2008).
- Esta región es el hábitat de los 4 Monumentos Naturales Provinciales: Aguará Guazú (*Chrysocyon brachyurus*), Venado de las Pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) (4), Cardenal Amarillo (*Gubernatrix cristata*) y Águila Coronada (*Buteogallus coronatus*) (5)

Si bien en el área abarcada por este inventario se encuentra únicamente un sector de la Reserva Natural Estricta La Loca, dentro de la misma ecorregión en la provincia (i.e. Chaco Húmedo), podemos encontrar otras áreas protegidas:

- Reserva Natural Manejada Potrero Lote 7b: conserva un sector de bosque chaqueño que se encuentra al norte de la localidad de Vera con una superficie de 2.000 has. Se corresponde a la Categoría IV de gestión (Reserva Natural Manejada) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Reserva Privada de uso Múltiple "Isleta Linda": protege la transición entre los Bosques del Chaco Seco (Semiárido o Subhúmedo del Domo Occidental) y pastizales de los Bajos Submeridionales. Con una superficie de 22.155 has se ubica en el Distrito San Bernardo del Departamento 9 de Julio, en el noroeste de la Provincia. Es la primera Reserva Privada de Uso Múltiple incorporada al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas en el marco de la Ley N° 12.175 (3).
- Reserva Natural de la Defensa Campo Garabato: es una de las áreas protegidas desarrolladas en terrenos militares de Argentina. Con una superficie de 2700 has se encuentra en el distrito Garabato del

Departamento Vera de la Provincia de Santa Fe, a 82 km de Reconquista (por rutas provinciales N° 40 y N° 3) y a 6 km al norte de la localidad de Garabato en una región característica de la Cuña Boscosa.

### **Amenazas y tendencias**

La canalización del norte de Santa Fe compromete el régimen hídrico normal de los cuerpos y cursos de agua. Esta área recibe los excesos hídricos de la UPH 1 y parte de la UPH 2, por medio del sistema de canales Interlagos-Norte que se encarga de acelerar el escurrimiento natural del agua hacia el arroyo Golondrinas, aumentando su caudal de salida. A su vez, la canalización ubicada hacia el norte de la unidad denominada Línea Paraná drena los excesos provenientes de Chaco extendiendo la época seca en la región. Además existe una canalización que conecta la laguna "La Loca", con el Arroyo Malabrigo, que funciona solo en fases altas de la laguna. Todos los factores mencionados anteriormente interfieren en el régimen hídrico natural de la región.

La ganadería en épocas de sequía podría constituir una amenaza ya que el ganado se alimenta de pasturas naturales, reduciendo la cantidad de especies que poseen forraje tierno. Asociada a la actividad pecuaria, otra de las amenazas es el uso extensivo de fármacos veterinarios. Éstos se depositan en las heces del ganado provocando que su degradación sea más lenta y restos de este material sean transportados por escorrentía hacia los cuerpos de agua.

Especies exóticas invasoras como el jabalí (*Sus scrofa*), el ciervo axis (*Axis axis*) y, entre la vegetación, el Grama rhodes (*Chloris gayana*), modifican el ecosistema y/o compiten y desplazan a especies nativas.

En toda la extensión, la caza furtiva y pesca no regulada de especies autóctonas constituye una amenaza para la biodiversidad. A su vez estas actividades antrópicas contribuyen a la presencia de desechos en los cuerpos de agua por residuos plásticos como botellas y bolsas.

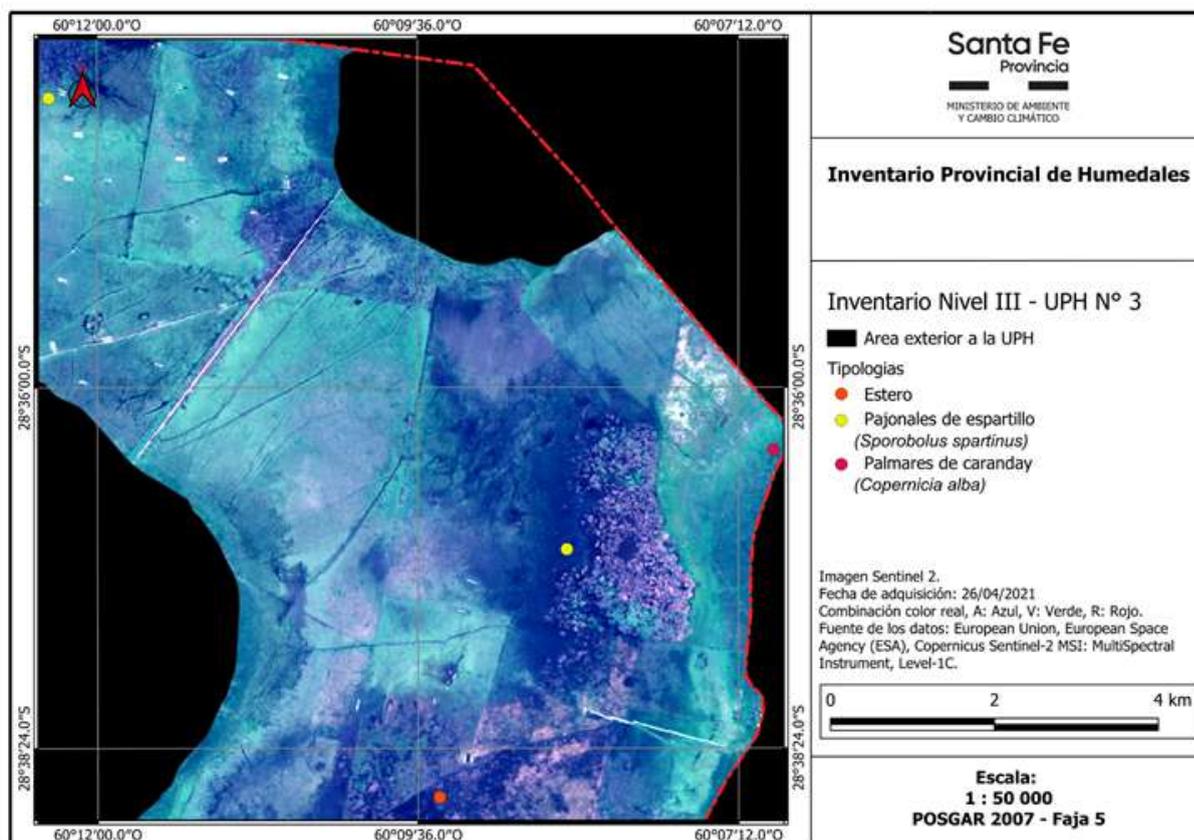
Otra amenaza son las quemas ilegales para mejorar la oferta forrajera en la ganadería. Si bien los espartillos se recuperarán rápidamente luego del

fuego (Pautasso y Fandiño, 2019), la frecuencia y magnitud con las que se realizan impactan negativamente en el ambiente, la población, la flora y la fauna. Se considera importante comenzar a utilizar métodos alternativos para la generación de alimento para el ganado.

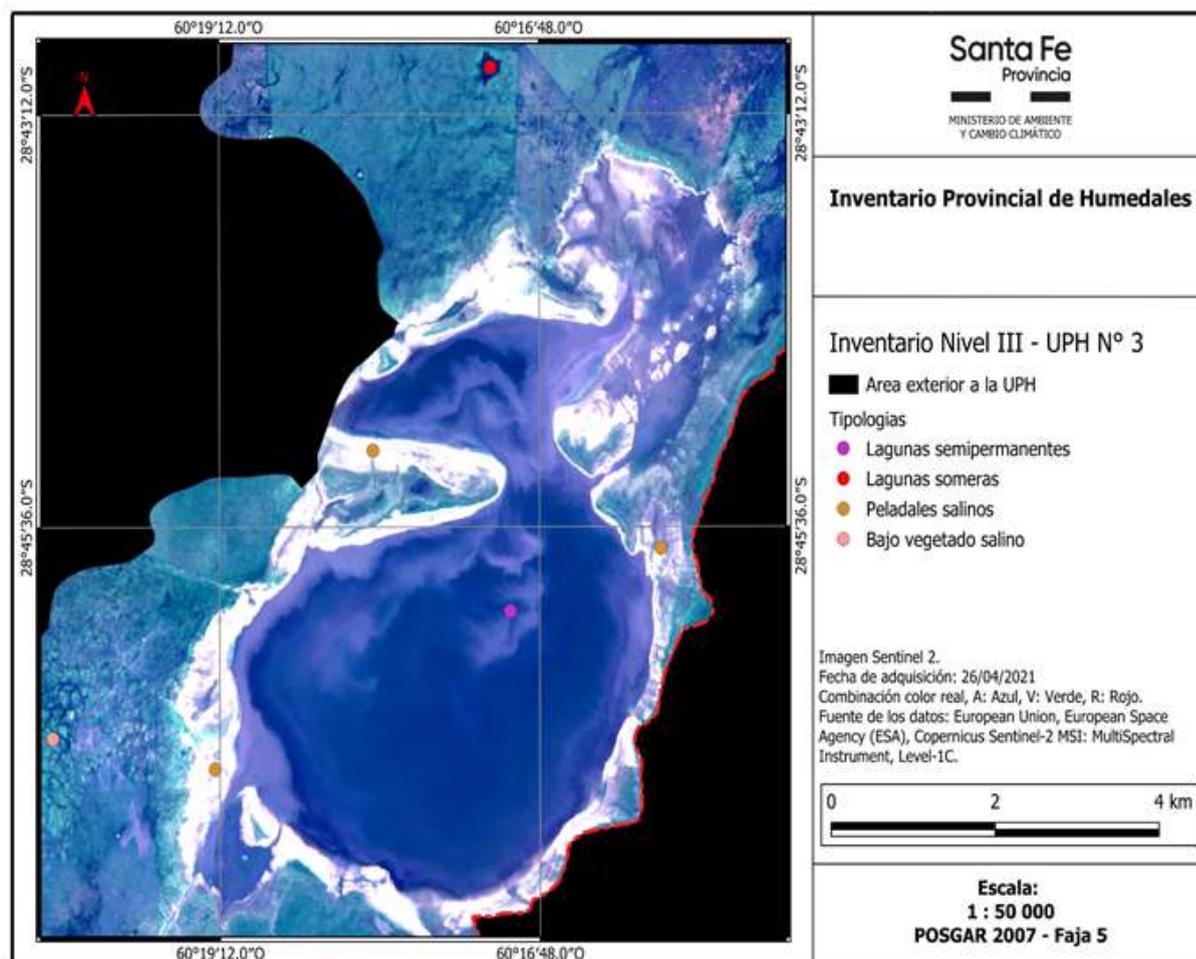
### **Tipología de humedales**

1. Lagunas someras
2. Lagunas semipermanentes
3. Arroyos
4. Pajonales de espartillo (*Sporobolus spartinus*)
5. Palmares de caranday (*Copernicia alba*)
6. Estero
7. Peladales salinos
8. Bajo vegetado salino
9. Lomas vegetadas

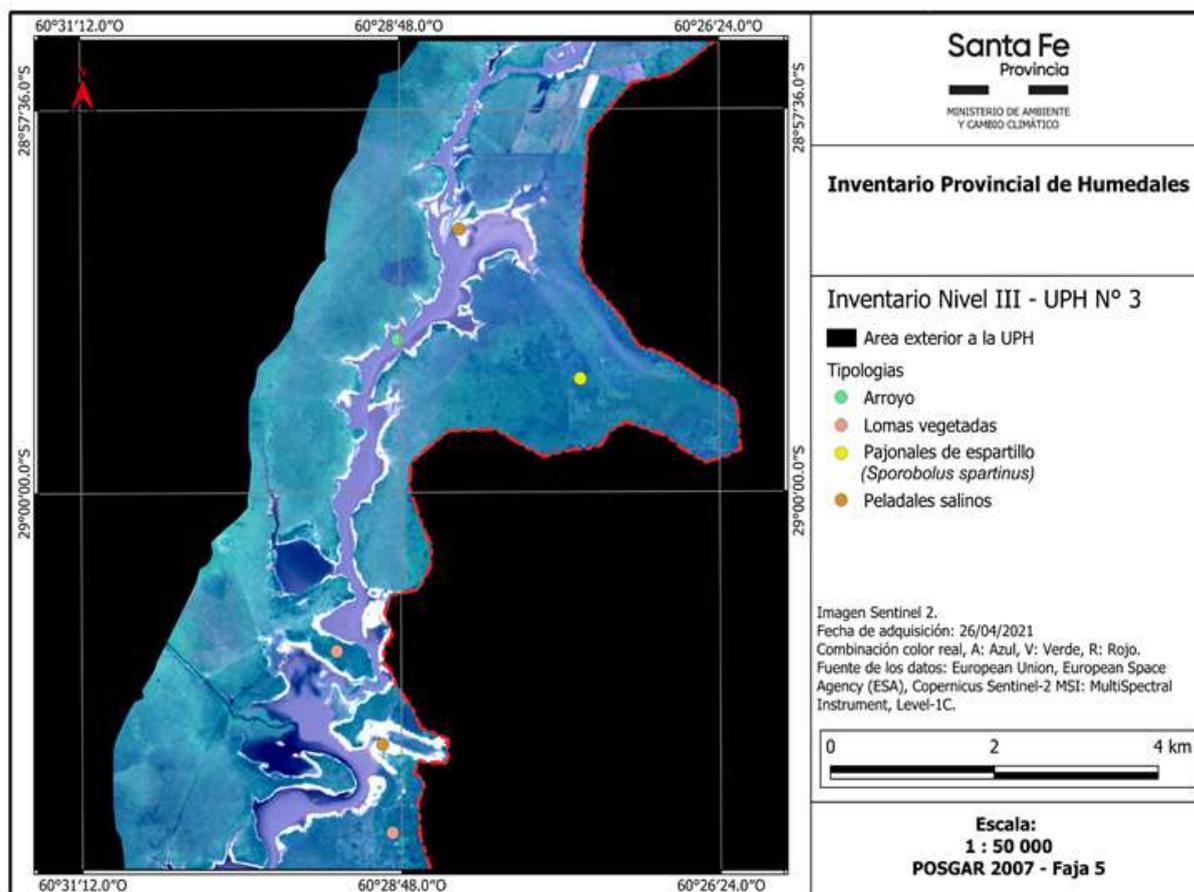
## Vista en planta



**Figura 22.** Vista en planta. UPH N° 3. Sector Estero Grande. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



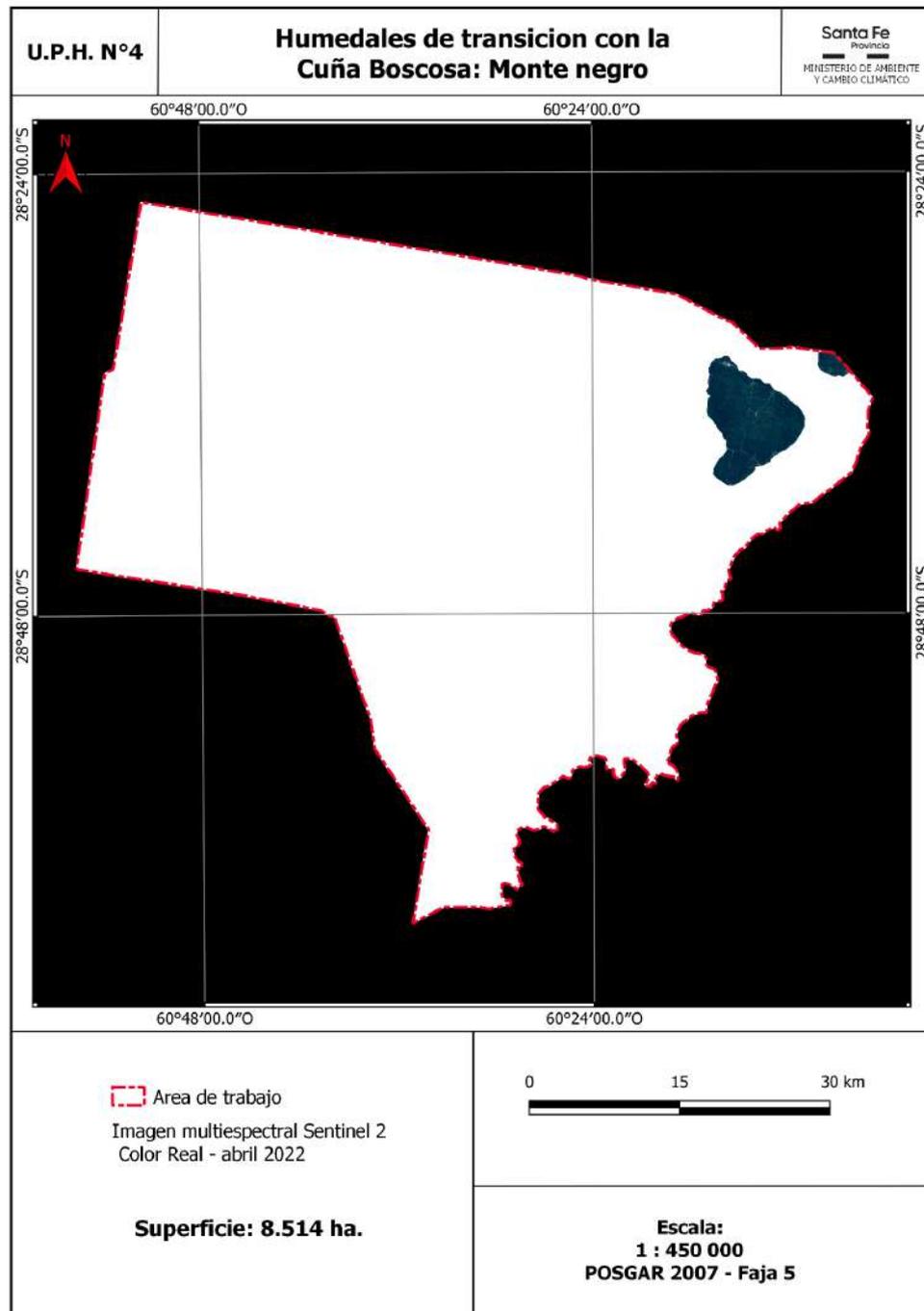
**Figura 23.** Vista en planta. UPH N° 3. Sector Laguna La Loca. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



**Figura 24.** Vista en planta. UPH N° 3. Sector Arroyo Golondrinas. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento IC.

#### 4.4 UPH N°4: Humedales de transición con la Cuña Boscosa: Monte negro

**Región:** Humedales del Chaco.



**Figura 25.** Unidad de paisaje 4: Humedales de transición con la Cuña Boscosa: Monte negro. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento C.

## **Paisaje**

Parche de la cuña boscosa con hidromorfismo subsuperficial.

## **Localización y límites**

Ubicado en el sector noreste del área de estudio.

Se reitera que el territorio tenido en cuenta para el presente inventario de humedales es aquel que se limita al norte con la Ruta Provincial N° 31, al oeste con la Ruta Provincial N° 13, en dirección suroeste limita con la Ruta Provincial N° 32, hacia el sur con la Ruta Provincial N° 40, en dirección este con la ecorregión denominada Cuña Boscosa, y el Arroyo Golondrinas.

## **Fisonomía**

Paisaje de relieve plano-convexo, suavemente elevado respecto de depresiones adyacentes, la vegetación predominante fisonómicamente son los bosques con especies representativas de la Cuña Boscosa.

## **Geomorfología**

Es un parche de conformación idéntica a la subregión de la Cuña Boscosa, ubicado en el sector noreste del área de estudio, de origen fluvial, donde posteriormente se conformó una cuenca sedimentaria de loess y limos loésicos depositados durante el Cuaternario (Popolizio, 1978).

La geoforma se corresponde con una zona levemente elevada por sobre el entorno fluvio aluvial, con relieve subnormal plano convexo, que deriva en el escurrimiento superficial de manera aproximadamente radial.

La función de la vegetación en estos sectores es fundamental, fijando el suelo e impidiendo la acción erosiva ocasionada por la escorrentía superficial, disminuyendo la cantidad de sedimentos transportados hacia sectores de menor altura, que actúan colmatando las vías de avenamiento y ampliando la superficie del estero (Lewis, 2005), en este caso el Estero Grande adyacente hacia el este.

## **Elevación**

La elevación de esta unidad de paisaje se caracteriza por incluir los sectores de mayor altura dentro del área de estudio. Esta información se obtuvo a partir del análisis del Modelo Digital de Elevación generado específicamente para esta zona.

## **Dinámica hídrica**

Como se mencionó anteriormente, esta unidad presenta gran proporción de sectores elevados no inundables, donde la cobertura arbórea juega un rol destacado. Durante las precipitaciones, la intercepción por parte de la abundante vegetación aumenta la diferencia entre el valor de precipitación real y la lluvia que llega a la superficie, donde parte de ella se transforma en escurrimiento superficial. Los excesos son drenados, con menor energía y cantidad de sedimentos que la que deberían tener en ausencia de vegetación, hacia sectores de menor altura (Pedraza, R. 2020 in litt). En algunos sectores es posible encontrar estrechas vías naturales de avenamiento que drenan hacia canalizaciones y tajamares ubicados en el sector oeste.

El sector este y norte drenan hacia el Estero Grande, que permanece inundado la mayor parte del año durante periodos húmedos.

## **Calidad de agua**

Se observa un gradiente de salinidad influenciado por la diferencia de humedad edáfica. Se producen efectos de estratificación salina en zonas mal drenadas que ocasionan encharcamientos y posterior evaporación, afectando así la calidad del agua (Lewis, 2005).

## **Dinámica ecológica y régimen de disturbios**

Los factores de relevancia en la zona son el pastoreo continuo del ganado, que utiliza sectores de bosque denso como refugio produciendo pisoteo del estrato herbáceo y encostramiento del suelo, y la presencia de fuego en períodos secos.

## **Suelos**

Suelos con horizonte superficial de textura franco limosa, de color grisáceo, con drenaje pobre a muy pobre.

Se presentan como asociaciones con características hidromórficas, entre los que se pueden encontrar suelos del orden de los Alfisoles en las posiciones topográficas altas, Natracualfes típicos, Natracualfes albicos y Ocracualfes udolicos, según la clasificación de suelos del Soil taxonomy (USDA).

Hacia el sureste, en las zonas de relieve negativo, se encuentran nuevamente complejos indiferenciados, al igual que las UPH vecinas.

### **Biodiversidad**

Esta UPH se presenta como una transición con la subregión de la Cuña Boscosa con una biodiversidad de conformación semejante. Se destacan bosques densos con presencia de *algarrobos* (*Prosopis* spp.), francisco álvarez (*Luehea divaricata*), guayacán (*Libidibia paraguariensis*), guaraniná (*Sideroxylon obtusifolium*), quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), espina corona (*Gleditsia amorphoides*), curupí (*Sapium haematospermum*), tusca (*Vachellia aroma*) y viraró (*Ruprechtia laxiflora*). Algunos sectores se encuentran deteriorados por la explotación forestal y presentan mayor densidad de estrato arbustivo y quebrachales jóvenes.

Alternando con las formaciones boscosas, aparecen las abras con gramíneas, donde las especies dominantes son la paja amarilla (*Sorghastrum agrostoides*), el espartillo amargo (*Elyonurus muticus*) y *Leptochloa chloridiformis* (Biasatti et al., 2016).

El estrato arbustivo y herbáceo con presencia de tabaco de monte (*Trixis paestrans*), chilcas (*Baccharis salicifolia*, *Tessaria dodonaeifolia*), amor seco (*Bidens pilosa*) y *Sesbania* spp. En los sectores de bosque más sombreados el estrato herbáceo es muy pobre por el pisoteo y sobrepastoreo del ganado que allí se refugia.

Con respecto a la fauna, una gran diversidad de aves encuentra su lugar entre los bosques. El tataupá (*Crypturellus tataupa*), la charata (*Ortalis*

*canicollis*), el jote cabeza amarilla chico (*Cathartes burrovianus*), el carpintero lomo blanco (*Campephilus leucopogon*), la urraca (*Cyanocorax chrysops*), el fueguero (*Piranga flava*), son algunas de las especies que se distinguen en el área. Aunque su presencia actual no es confirmada, habitaba en estos bosques chaqueños el loro hablador (*Amazona aestiva*).

Los mamíferos característicos son el puma (*Puma concolor*), el gato montés (*Oncifelis geoffroyi*), el guazuncho (*Mazama gouazoubira*), el zorro de monte (*Cerdocyon thous*), el aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*) (declarado Monumento Natural Provincial de Santa Fe en el marco de la Ley N° 12.182 (4)), el aguará popé (*Procyon cancrivorus*), el oso melero (*Tamandua tetradactyla*), el tatú (*Dasybus novemcinctus*), además de especies ampliamente distribuidas como la comadreja colorada (*Lutreolina crassicaudata*) y el hurón (*Galictis cuja*) (Pautasso, 2011; Biasatti et al., 2016; Pautasso et al., 2021). Aunque no se puede confirmar su presencia en esta UPH, sí se ha documentado la presencia del oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*) y del tapir (*Tapirus terrestris*) en localidades cercanas (Walker et al., 2020).

### **Subunidades de paisaje**

No se ha desarrollado una diferenciación en subunidades de paisaje.

### **Jurisdicción administrativa**

Provincia de Santa Fe, departamento Vera.

### **Demografía, acceso y ocupación de la tierra**

Esta unidad tiene baja densidad poblacional. Los pobladores permanentes se localizan aislados y la mayor parte de la superficie corresponde a propiedad privada.

El ingreso se realiza desde el norte por la RP N° 31 y caminos terciarios locales.

### **Funciones socio – ecosistémicas**

A continuación, se realiza una lista no taxativa de las funciones socio-ecosistémicas de esta unidad de sistema de paisaje:

- Provisión de hábitat críticos, refugio y ambientes claves para la fauna autóctona, especialmente aves y mamíferos.
- Mantenimiento de interacciones biológicas.
- Amortiguamiento de temperaturas, control de la erosión del suelo, disminución de la velocidad de escorrentía favoreciendo la infiltración y recarga de acuíferos.
- Captura de sedimentos, carbono, nutrientes y materia orgánica a través de la biota.
- Ambiente de interés paisajístico.

### **Uso de humedales**

Sector de refugio utilizado por el ganado en caso de inundaciones generalizadas y zona de descanso. Además, existe en el lugar, caza de subsistencia de aves y mamíferos asociados al bosque y provisión de leña para uso doméstico.

### **Conservación**

Es dable destacar que existe un plan de gestión de bosques nativos para la región, consistiendo en el trabajo integrado para el manejo de los ecosistemas forestales mediante el criterio de ecología del paisaje, corredores biológicos y protección de cuencas hídricas, en el marco de la aplicación de la Ley Nacional N° 26.331 (6).

Por los atributos ambientales identificados en los Bajos Submeridionales, diversas Instituciones y ONGs categorizaron a la región como área importante para la conservación:

- La Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano declaró a los Bajos Submeridionales como área prioritaria para la conservación. Identificada así por la biodiversidad que sostiene, por su situación

estratégica en la regulación hídrica de la región y por ser uno de los humedales más amenazados de Argentina (The Nature Conservancy, *et al.* 2005).

- Un sector del área fue declarada como Área Valiosa de Pastizal del Cono Sur de Sudamérica (Bilenca y Miñarro, 2004).
- El área de trabajo está contenida dentro del Área Importante para la Conservación de Aves: AICA AR 167 “Bajos Submeridionales” (BirdLife International, 2023).
- El área fue identificada como importante y sensible para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales brindados por el humedal, mediante la Zonificación Ambiental de los Bajos Submeridionales (Mateucchi *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007; FVSA y Fundapaz, 2007).
- Los Bajos Submeridionales fueron considerados como uno de los humedales más importantes de la región chaqueña según Wetlands International (Bucher y Chani, 1999).
- La Fundación Vida Silvestre Argentina consideró a los Bajos Submeridionales como un área de biodiversidad sobresaliente (Bertonatti y Corcuera, 2000).
- Investigaciones sobre aves detectaron a los Bajos Submeridionales como áreas importantes por la congregación de aves acuáticas (Nores, 1992) y por las implicancias a futuro para la conservación de especies amenazadas frente a escenarios de Cambio Climático y del impacto de la Huella Humana (Cristaldi *et al.*, 2019).
- El área fue considerada como prioritaria para la conservación de mamíferos medianos y grandes en la Provincia de Santa Fe (Pautasso, 2008).

- Esta región es el hábitat de los 4 Monumentos Naturales Provinciales: Aguará Guazú (*Chrysocyon brachyurus*), Venado de las Pampas (*Ozotoceros bezoarticus*) (4), Cardenal Amarillo (*Gubernatrix cristata*) y Águila Coronada (*Buteogallus coronatus*) (5)

Si bien en el área abarcada por este inventario se encuentra únicamente la Reserva Natural Estricta La Loca, dentro de la misma ecorregión de la provincia, podemos encontrar otras áreas protegidas:

- Reserva Natural Manejada Potrero Lote 7b: Comprende un sector de bosque chaqueño que se encuentra al norte de la localidad de Vera con una superficie de 2.000 has. Se corresponde a la Categoría IV de gestión (Reserva Natural Manejada) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Reserva Privada de uso Múltiple "Isleta Linda": El establecimiento rural Isleta Linda se encuentra ubicado en el Distrito San Bernardo del Departamento 9 de Julio, en el noroeste de la Provincia con una superficie de 22.154,74 has. Es la primera Reserva Privada de Uso Múltiple incorporada al Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas en el marco de la Ley N° 12.175 (3). Se encuentra en la transición entre los Bosques del Chaco Seco (Semiárido o Subhúmedo del Domo Occidental) y de los Bajos Submeridionales.
- Reserva Natural de la Defensa Campo Garabato: Se encuentra en el distrito Garabato del Departamento Vera de la Provincia de Santa Fe, a 82 km de Reconquista (por Rutas Provinciales N°40 y N°3) y a 6 km al norte de la localidad de Garabato.

### **Amenazas y tendencias**

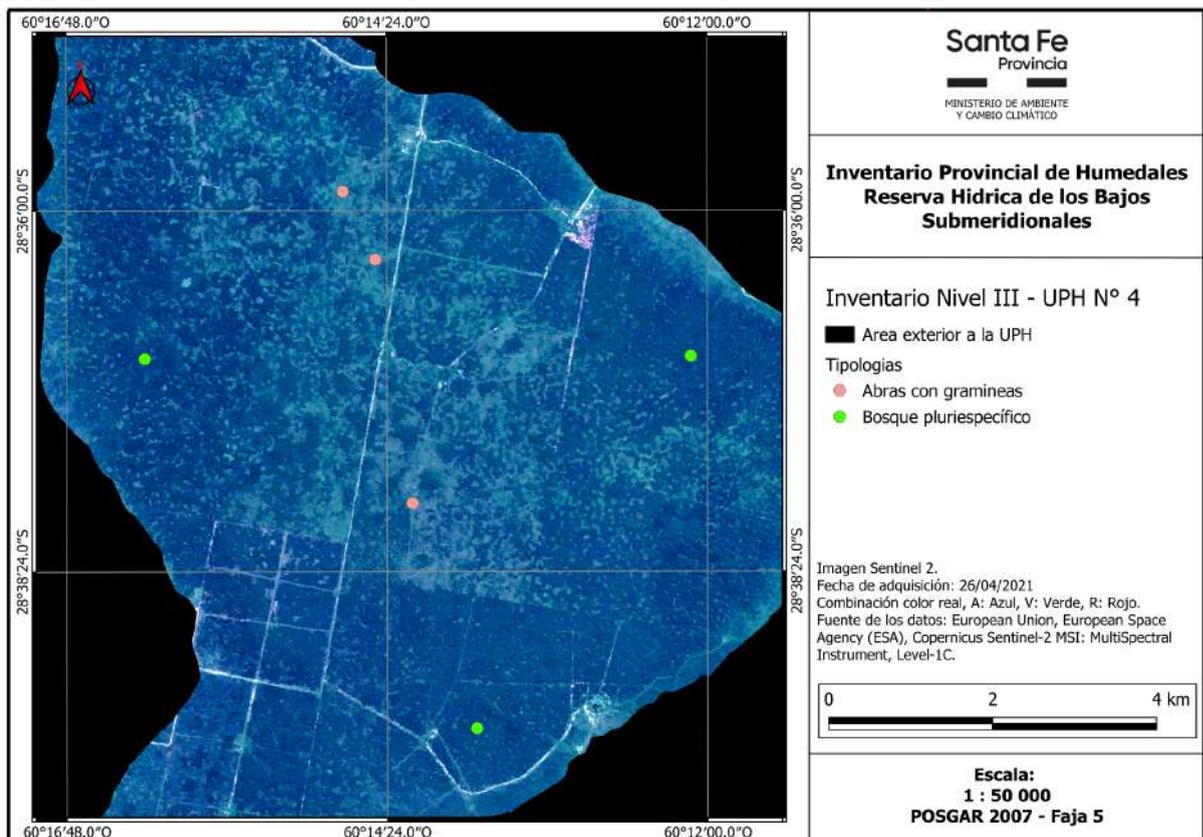
Algunas de las amenazas en esta UPH son la pérdida del estrato herbáceo por compactación mecánica de la vegetación y pérdida de la microporosidad del suelo por tránsito animal. A su vez, se tiene la expansión de la frontera agrícola-ganadera y la explotación forestal.

En toda la extensión, la caza furtiva de especies autóctonas constituye una amenaza para la biodiversidad. Además, se tiene un alto riesgo de incendios de pastizales y de áreas boscosas.

### Tipología de humedales

1. Bosque pluriespecífico
2. Abras con gramíneas

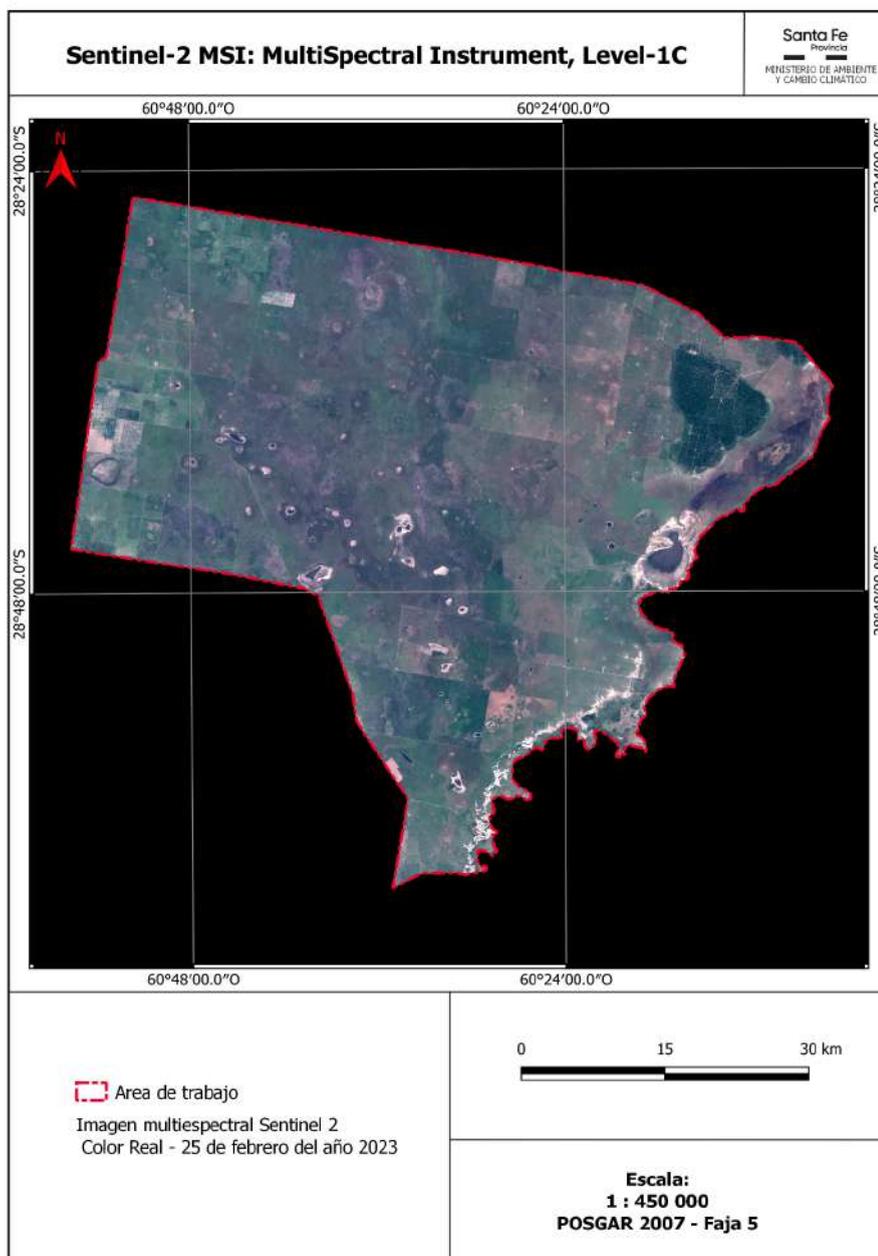
### Vista en planta



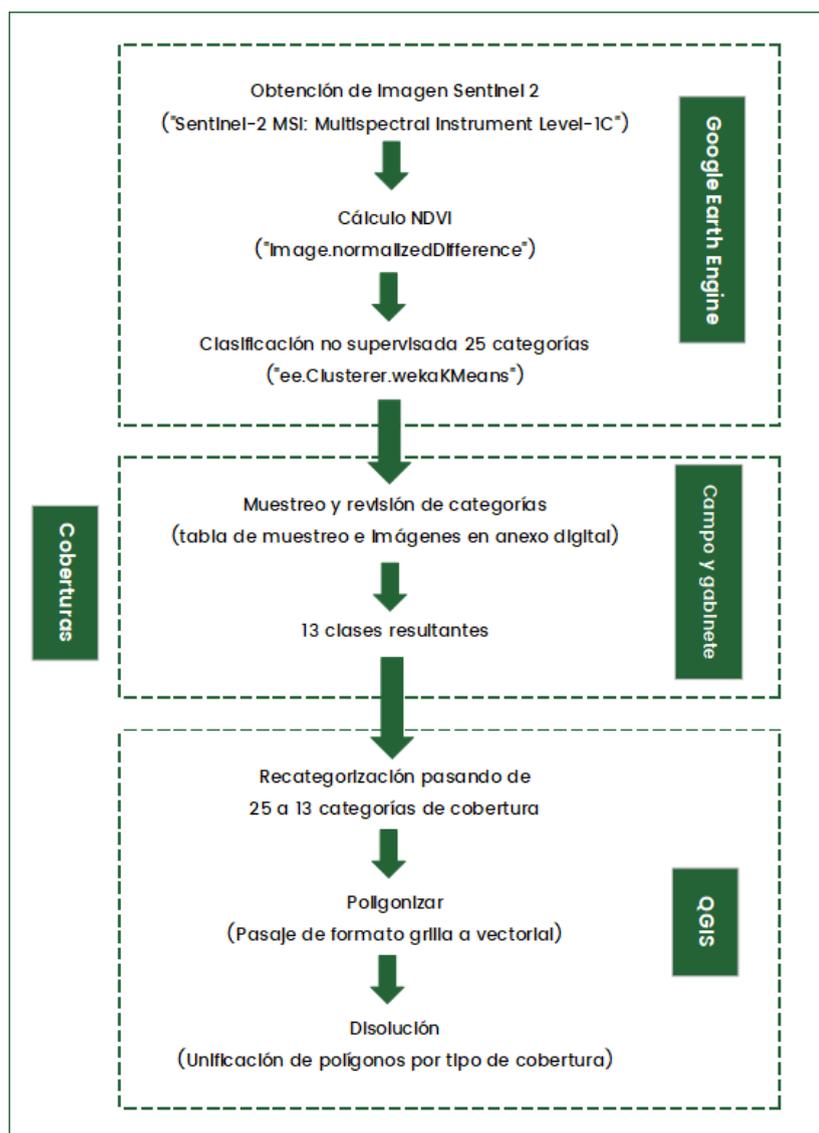
**Figura 26.** Vista en planta. UPH N° 4. Elaboración propia a partir de insumos cartográficos georeferenciados generados e imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.

## Anexos: Fuentes y técnicas de interpretación y procesamiento de información territorial.

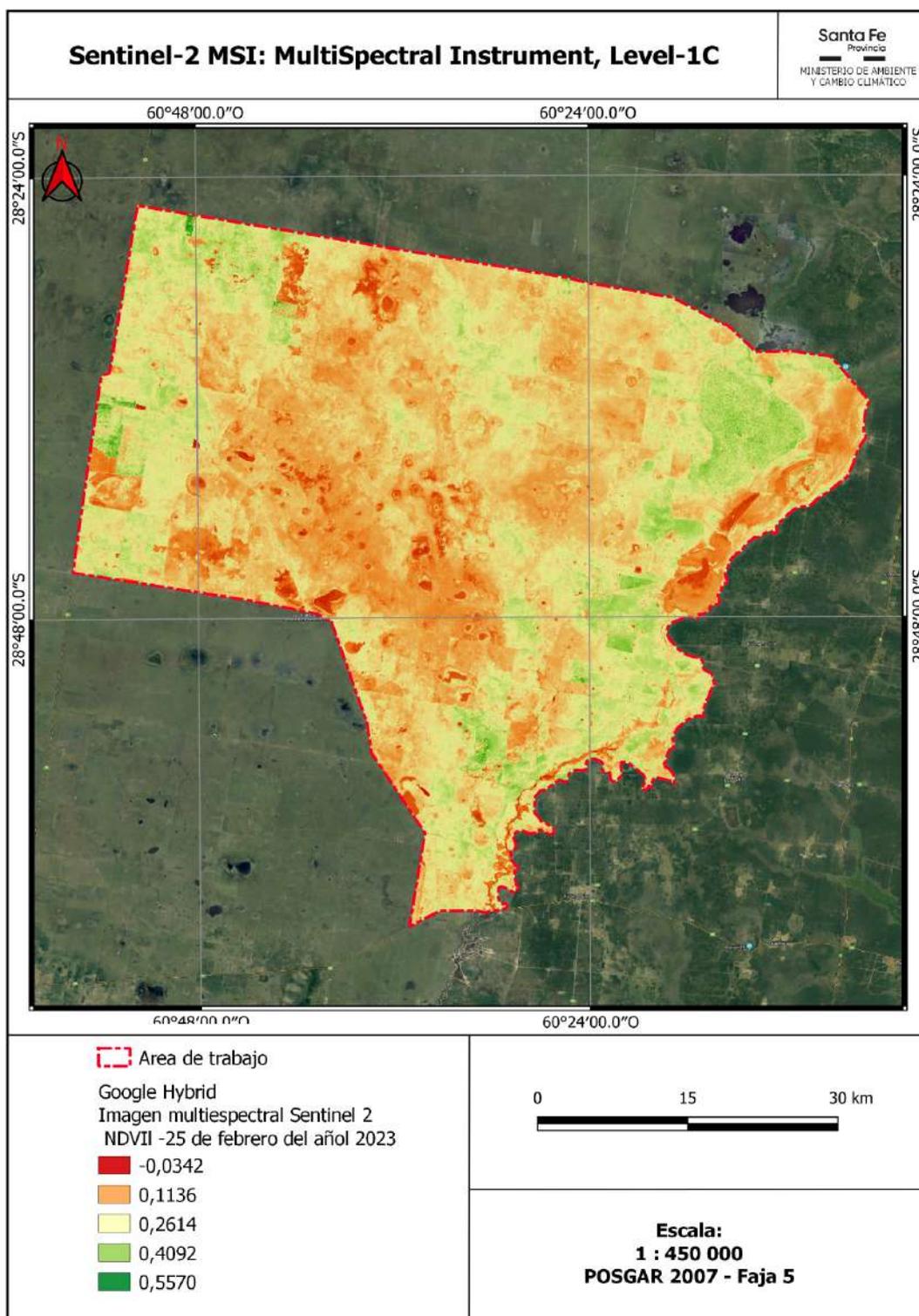
Anexo N° 1. Imagen Sentinel 2 en color real del día 25 de febrero del año 2023. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



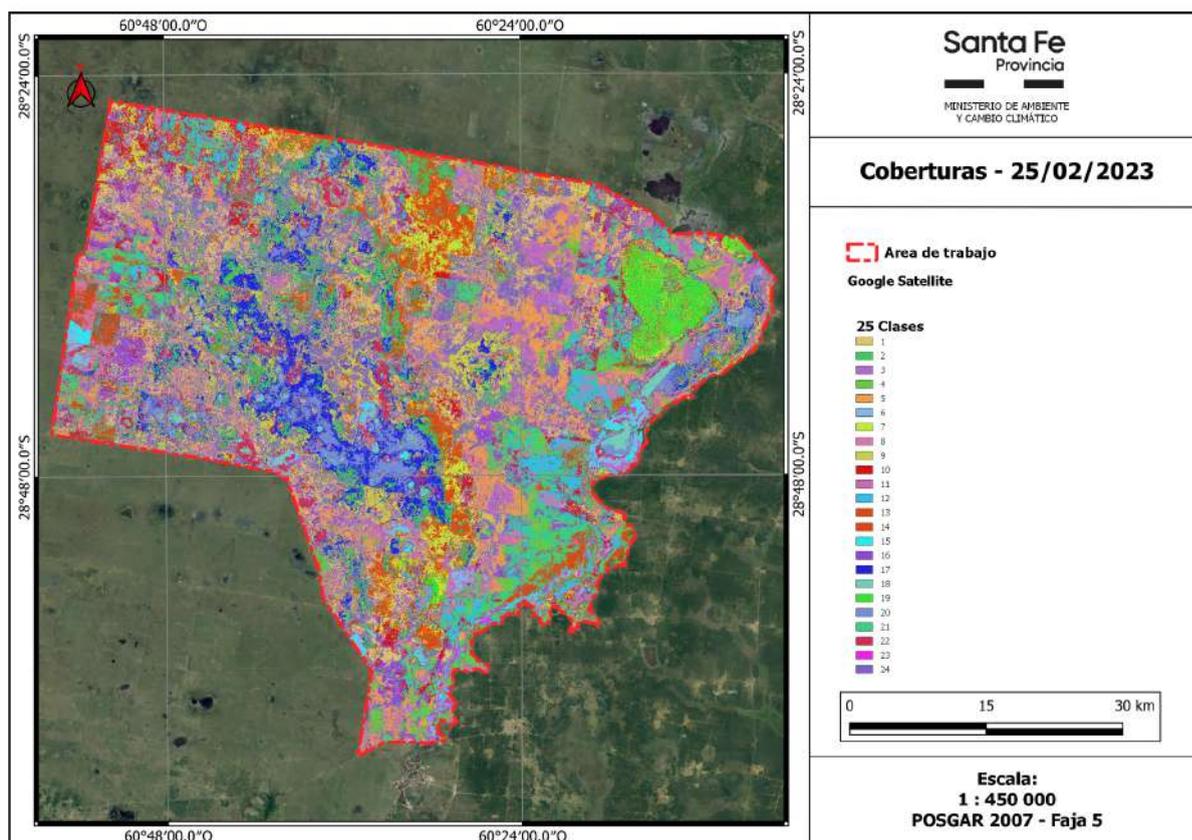
Anexo N° 2. Esquema conceptual de pasos y procesos para la obtención de la capa de información geográfica referida a las diferentes coberturas. Elaboración propia.



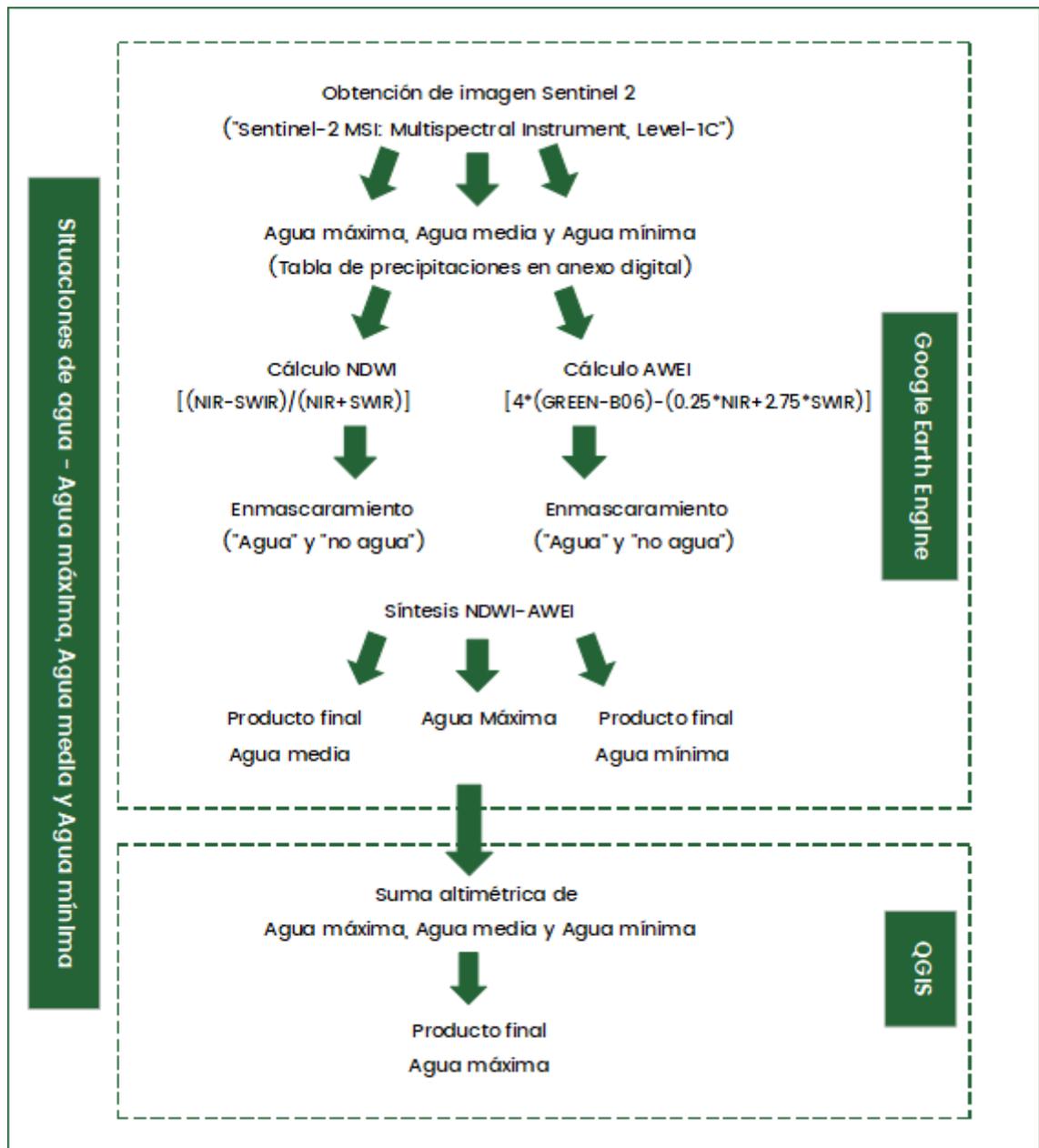
Anexo N° 3. Imagen NDVI del día 25 de febrero del año 2023. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



Anexo N° 4. Clasificación no supervisada con 25 categorías. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C del día 25 de febrero del año 2023 e insumos cartográficos generados.



Anexo N° 5. Esquema conceptual de pasos y procesos para la obtención de las capas de información geográfica referidas a las situaciones de agua mínima, media y máxima. Elaboración propia.



Anexo N° 6. Estadísticos de precipitaciones – E. M. Fortín Olmos.

Prom. Anual [mm] serie 1973-2021	Año	Precip./año [mm]	Desv./año [mm]	Situación
1051.65	2016	1026	-0.02439	
	2017	1274	0.2114297	Húmedo
	2018	814.7	-0.225313	
	2019	1035	-0.015832	Neutro
	2020	552	-0.475111	Seco
	2021	917	-0.128037	

Tabla comparativa de precipitaciones medias. Elaboración propia a partir del registro pluviométrico del Arroyo Golondrinas - Estación Fortín Olmos.

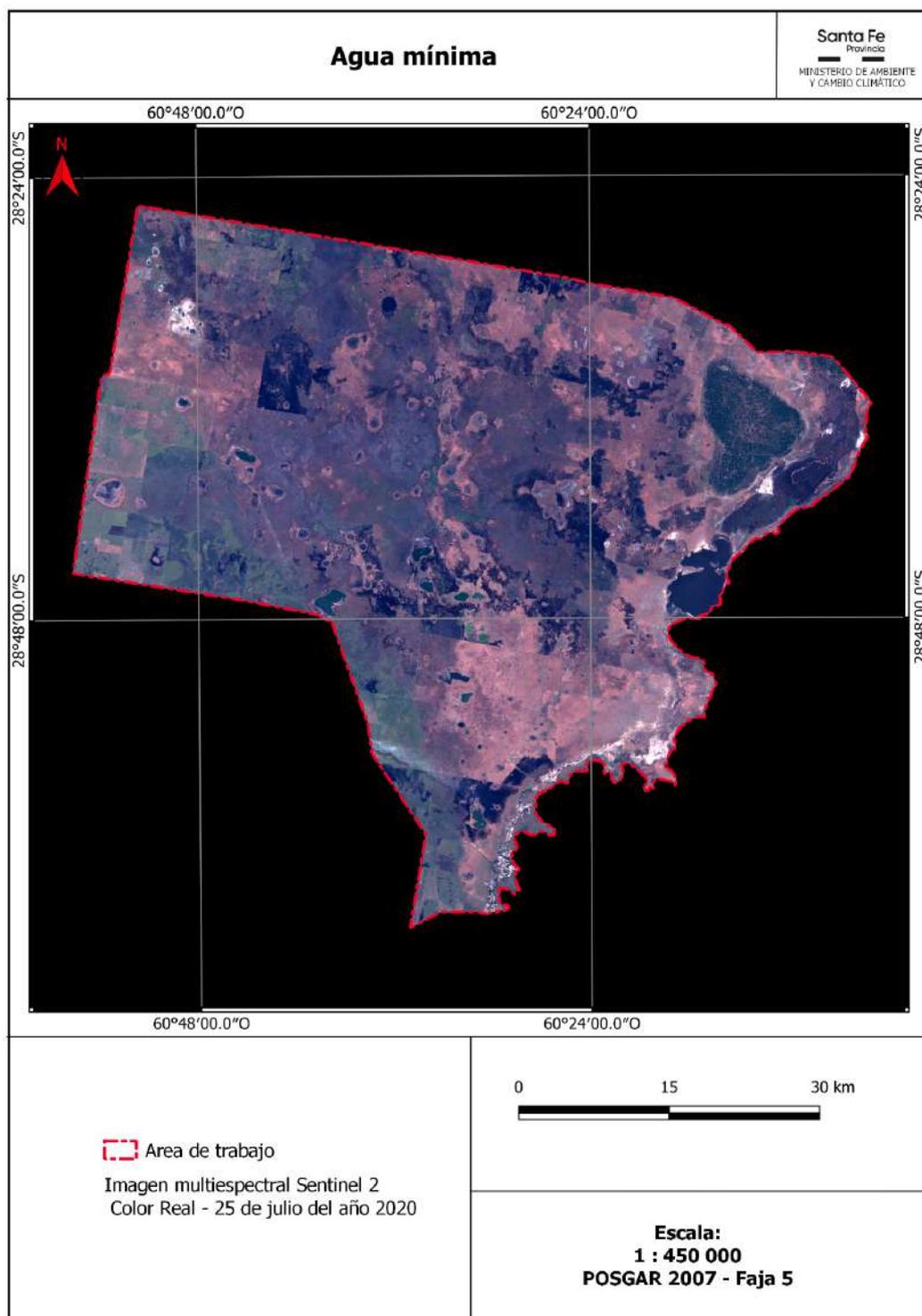
En la tabla anexo n° 6 se muestran las precipitaciones anuales durante el período comprendido entre el año 2016 y el año 2021, así como los desvíos en comparación con la media histórica. Durante este periodo, se destacan tres años con desvíos significativos.

En el año 2017, se observó un desvío positivo del 21%, lo que significa que la cantidad de precipitación anual superó considerablemente la media histórica. Este año puede ser clasificado como "húmedo" debido al elevado valor de precipitación anual por encima del promedio.

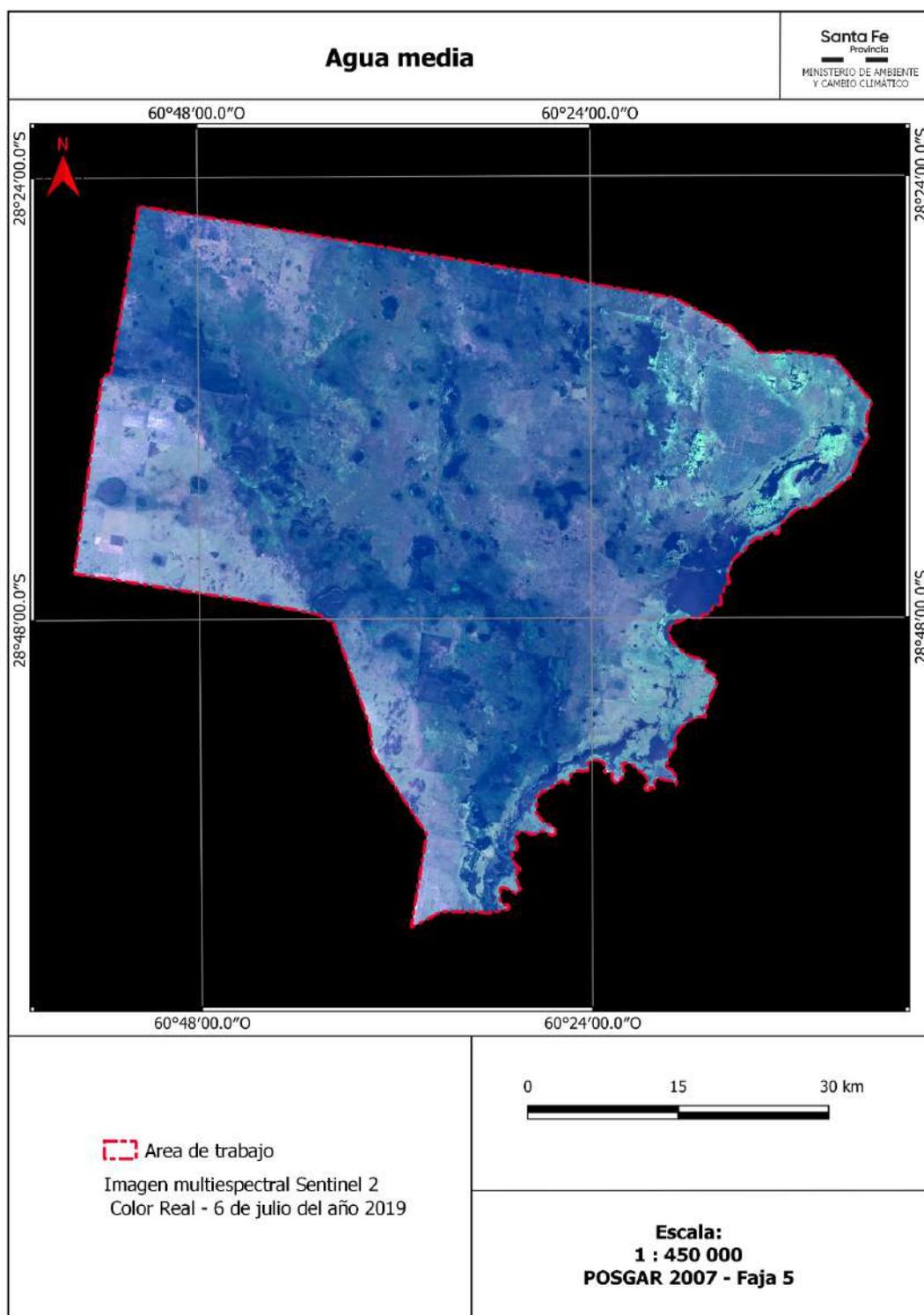
El año 2020 mostró un desvío negativo del 48%, indicando que la precipitación anual fue considerablemente inferior a la media histórica. Este año se puede clasificar como "seco" debido a la notable disminución en la cantidad de lluvia.

El año 2019 se presentó un desvío mínimo del 2%, lo que significa que la precipitación anual estuvo muy cercana a la media histórica. Este año puede ser considerado como "neutro" debido a la pequeña variación respecto al promedio.

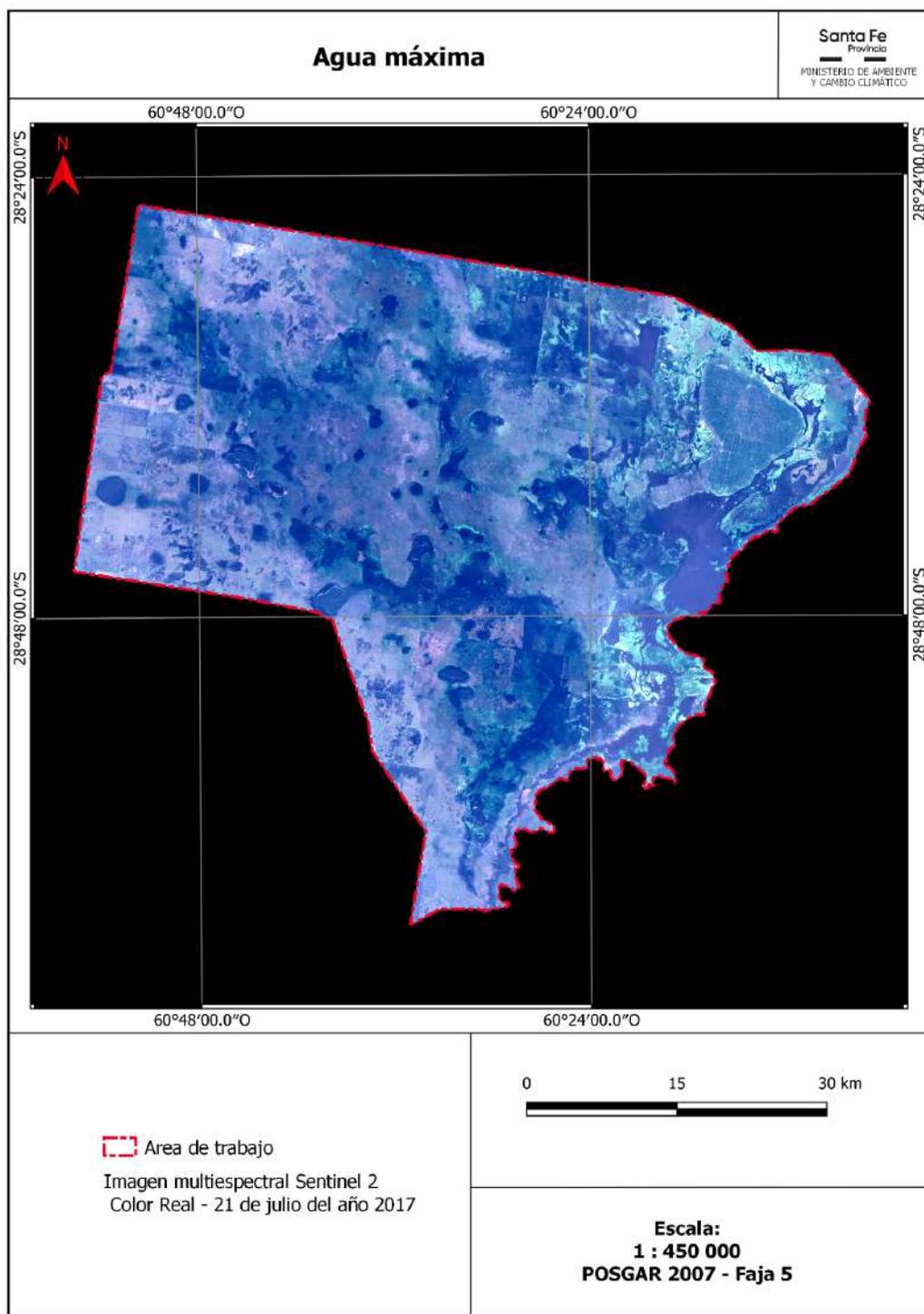
Anexo N° 7. Imagen Sentinel 2 en color real del día 25 de julio del año 2020. Extensión del agua en su nivel mínimo. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



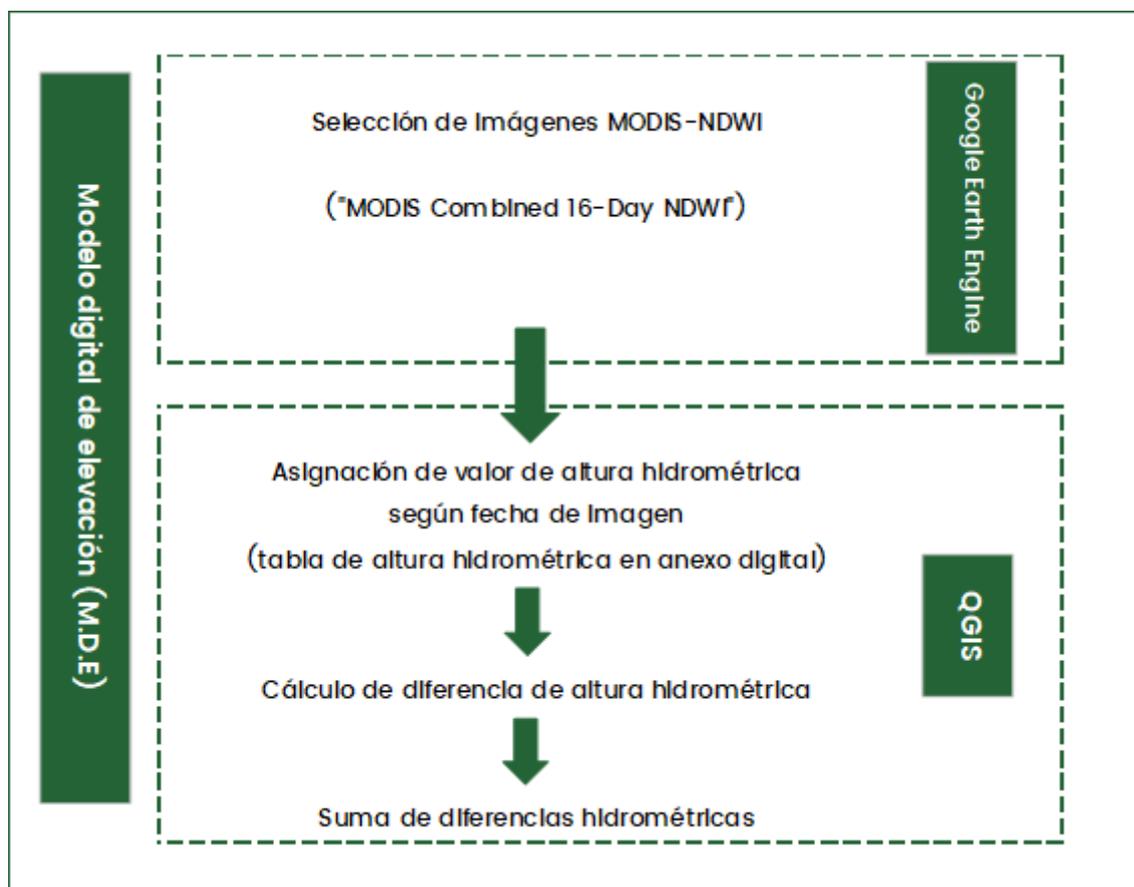
Anexo N° 8. Imagen Sentinel 2 en color real del día 6 de julio del año 2019. Extensión del agua en su nivel medio. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



Anexo N° 9. Imagen Sentinel 2 en color real del día 21 de julio del año 2017. Extensión del agua en su nivel máximo. Elaboración propia a partir de imagen Sentinel 2 en su nivel de procesamiento 1C.



Anexo N° 10. Esquema conceptual de pasos y procesos para la obtención del modelo digital de elevación (MDE). Elaboración propia.



Anexo N° 11. Estadísticos para la selección de un pulso de inundación extraordinario.

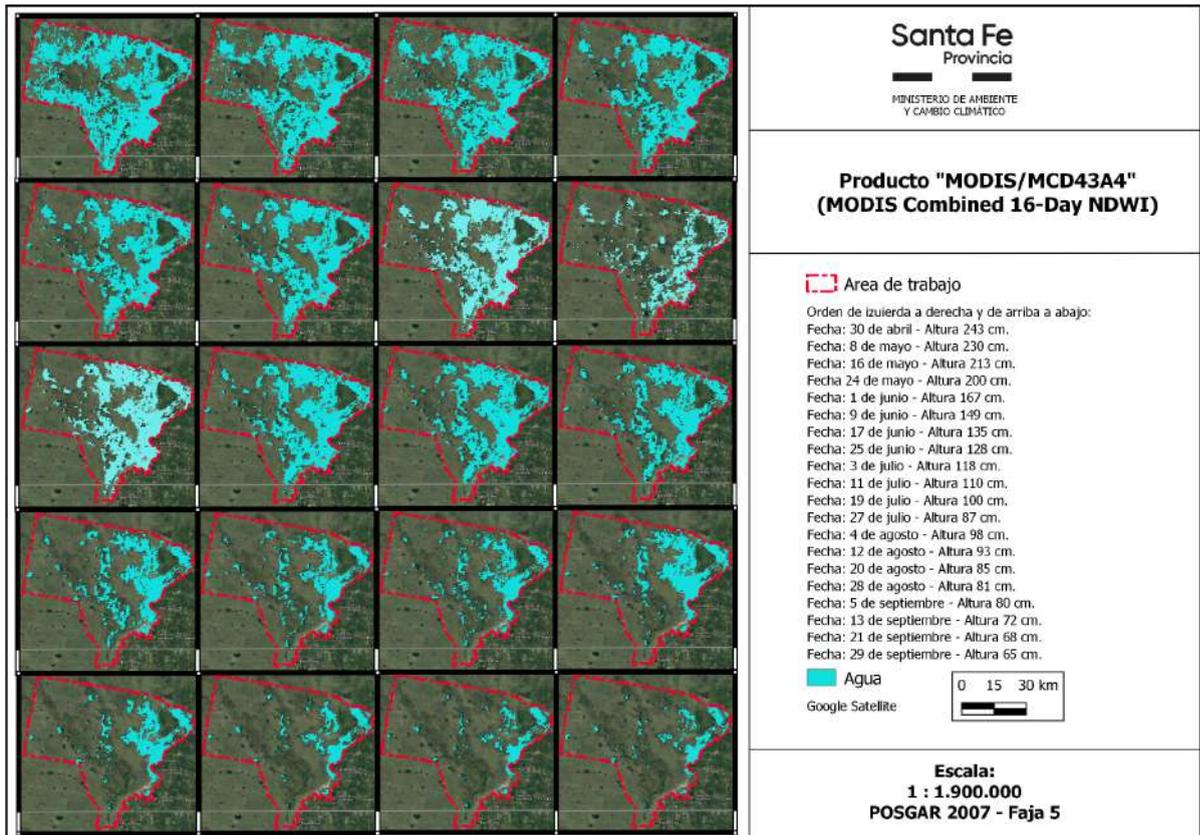
<b>Rango de datos</b>	<b>Históricos</b> <b>01/08/1955- 30/11/2022</b>	<b>Seleccionado</b> <b>01/03/2016-10/07/2016</b>
Media	0.78	1.15
Percentil 90	1.64	2.13
Percentil 50 o mediana	0.54	0.95
Percentil 10		0.63

Tablas de estadísticos de altura hidrométrica. Elaboración propia a partir del registro de altura hidrométrica del Arroyo Golondrinas - Estación Fortín Olmos.

En la tabla anexo se presentan los valores en metros de la media, el percentil 90 y el percentil 50 para el registro histórico y el período comprendido entre el 1 de marzo y el 7 de octubre del año 2016 (representa el pulso de inundación seleccionado) de alturas hidrométricas del Arroyo Golondrinas.

El pulso de inundación seleccionado fue escogido debido a que su valor de altura hidrométrica en el pico superó el percentil 90 de los datos históricos, lo que indica que se trata de un evento extremo (2,43m>1,64m).

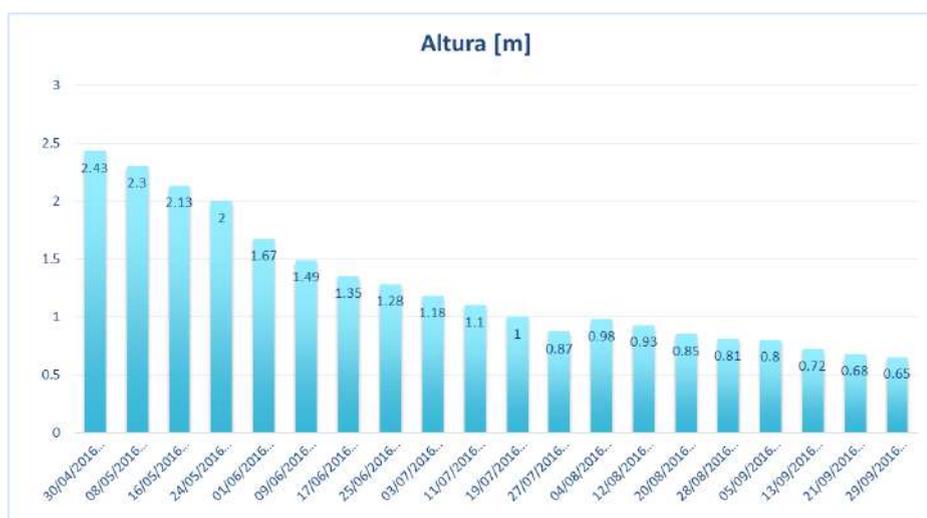
Anexo N° 12. Coberturas de agua en relación a alturas hidrométricas para las imágenes seleccionadas durante el pulso de inundación transcurrido entre el 30 de abril y el 29 de septiembre del año 2016.



Elaboración propia a partir de los compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI).

Anexo N° 13. Selección de imágenes MODIS – NDWI, según datos de altura hidrométrica – E.M. Fortín Olmos.

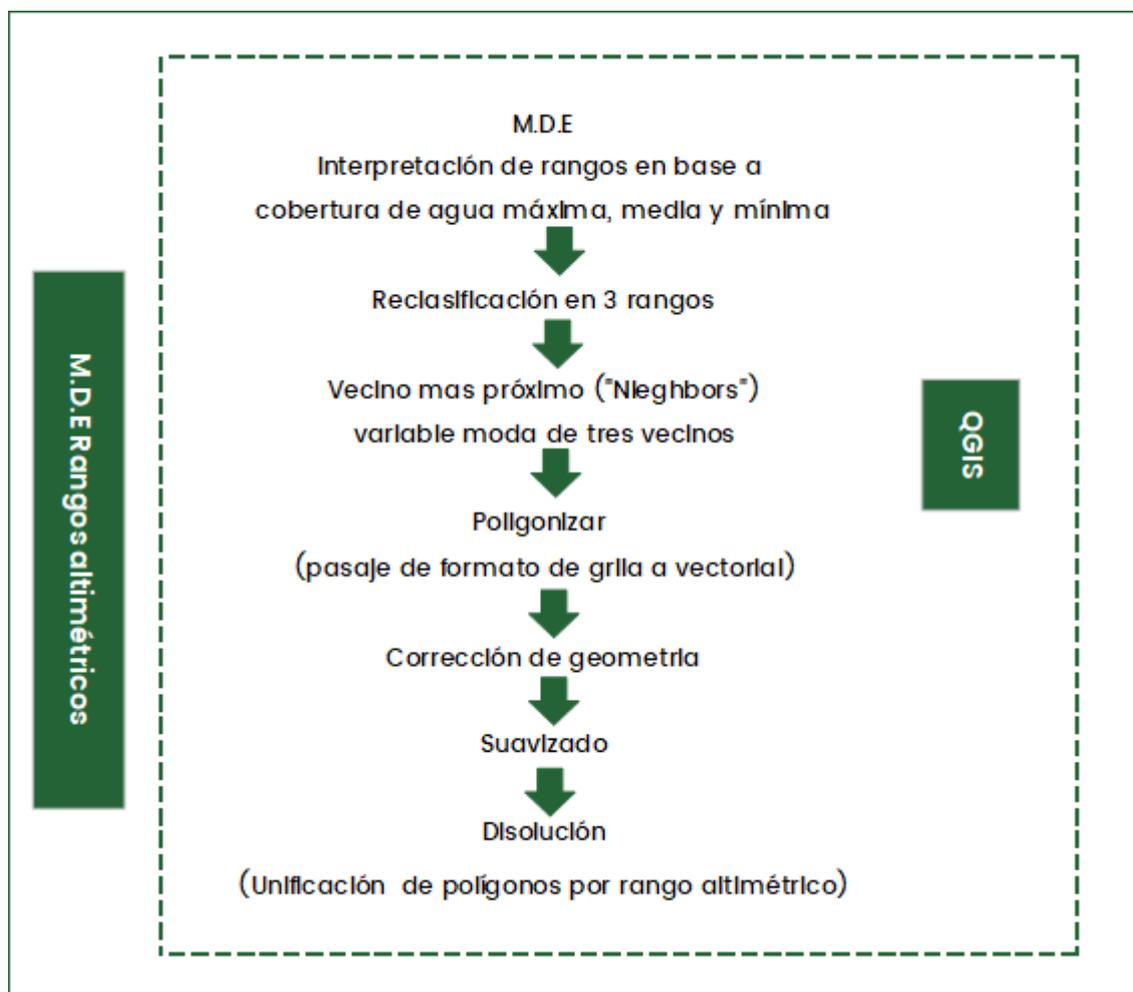
El análisis del histórico de altura hidrométrica de la estación meteorológica Fortín Olmos revela que el percentil 90 corresponde a un valor de 1,64 m. Para la determinación del pulso de inundación, se seleccionó la fecha del 30 de abril de 2016, en la cual se registró un valor hidrométrico de 2,43 m, superando el límite establecido por el percentil 90 de los datos históricos. A partir de esa fecha, se seleccionaron imágenes con una periodicidad de 8 días hasta llegar al valle del pulso, el cual se registró el 29 de septiembre de 2016 con una altura hidrométrica de 0,65 m.



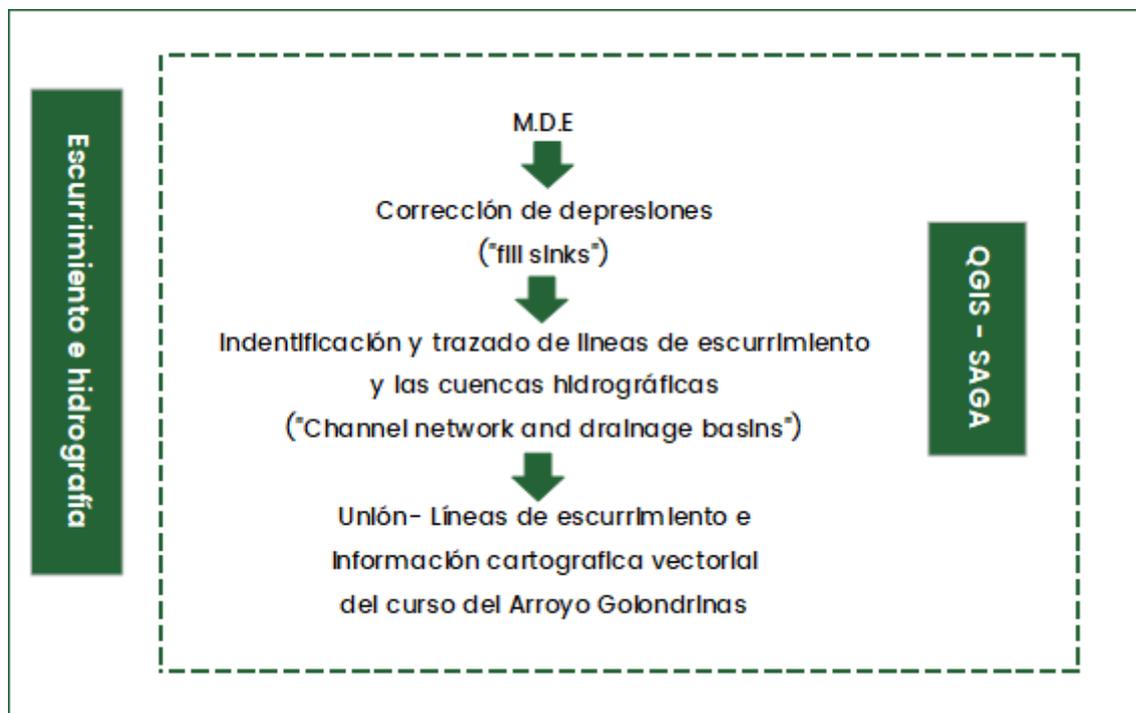
Altura hidrométrica en el período comprendido entre el 30 de abril y el 29 de septiembre del año 2016. Elaboración propia a partir del registro de altura hidrométrica del Arroyo Golondrinas – Estación Fortín Olmos.

En el gráfico se presentan los datos de altura hidrométrica registrados por la estación Fortín Olmos durante el período comprendido entre el 30 de abril y el 29 de septiembre del año 2016. Durante este período se seleccionó el pulso de inundación que alcanzó un valor máximo de 2,43 metros. En el gráfico también se muestran los valores de altura hidrométrica correspondientes a las imágenes seleccionadas, con una frecuencia de 8 días, desde el pico hasta el valle del pulso. En total, se han seleccionado 20 imágenes para el análisis.

Anexo N° 14. Esquema conceptual de pasos y procesos para la obtención del M.D.E. expresado por rangos altimétricos. Elaboración propia.



Anexo N° 15. Esquema conceptual de pasos y procesos para la obtención la capa información geográfica de escurrimiento e hidrografía. Elaboración propia.



## Bibliografía

- ❖ Benzaquen, L., Blanco, D. E., Bó, R. F., Firpo Lacoste, F., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P., y Quintana, R. (2009). Avances sobre la propuesta metodológica para un sistema nacional de Clasificación e Inventario de los Humedales de la Argentina Primer Borrador.
- ❖ Benzaquen, L., Blanco, D. E., Bó, R. F., Kandus, P., Lingua, G. F., Minotti, P., Quintana, R., y Vidal, L. (2013). Inventario de los humedales de Argentina: Sistemas de paisajes de humedales del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay. Sec. de Amb. y Des. Sust. De Arg. Bs.As.
- ❖ Benzaquen L., Blanco, D. E., Bó, R. F., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P., y Quintana R. (Eds.). (2017). Regiones de Humedales de Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación-Fundación Humedales-Universidad Nacional de San Martín-Universidad de Buenos Aires.
- ❖ Benzaquen, L., Lingua, G., Firpo Lacoste, F. y Gonzalez Trilla, G. (2020). Documento Marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. 56 pp.
- ❖ Bertonatti, C. y Corcuera J. (2000). Situación ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires. 439 pp.
- ❖ Biasatti, N. R., Rozzatti, J. C., Fandiño, B., Pautasso, A. A., Mosso, E., Marteleur, G., Algarañaz, N., Giraudo, A., Chiarulli, C., Romano, M., Ramírez Llorens, P., Vallejos, L. (2016). *Las ecorregiones, su conservación y las Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Santa Fe*. Ministerio de Medio Ambiente. 244 pp.
- ❖ Bilenca, D. y Miñarro, F. (2004). Identificación de áreas valiosas de pastizal, AVPs, en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- ❖ BirdLife International. (2023). Important Bird Area factsheet: Bajos Submeridionales. Downloaded from

<http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/bajos-submeridionales-iba-argentina>. Accedido en agosto del 2023.

- ❖ Bó, R. F. y Quintana, R. D. (2017). Subregión Ríos, esteros, bañados y lagunas del río Paraná Regiones de humedales de la Argentina. CABA. 113 - 133 pp.
- ❖ Brinson, M. (1993). A hydrogeomorphic classification for wetlands. Technical Report WRP-DE-4. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- ❖ Brinson, M. y Malvarez, A. (2002). Humedales templados de agua dulce: tipos, estado y amenazas. *Conservación Ambiental*, 29 (2), 115-133. DOI: 10.1017/S0376892902000085.
- ❖ Briones, E. E., Flachier, A., Gómez, J., Tirira, D., Medina, H., Jaramillo, I., y Chiriboga, C. (1997). Inventario de Humedales del Ecuador Primera parte: Humedales lénticos de las provincias de Esmeraldas y Manabí. Quito, Ecuador: EcoCiencia/INEFAN/Convención Ramsar.
- ❖ Briones, E. E., Gomez, J., Hidalgo, A., Tirira, D., y Flachier, A. (2001). Inventario de Humedales del Ecuador. Segunda Parte: Humedales Interiores de La provincia de El Oro. Convención de Ramsar/INEFAN/Ecociencia. Quito. Ecuador.
- ❖ Bucher, E. H. y Chani, J. M. (1999). Región 2: Chaco, p. 73-96. En: Canevari, P., Blanco, D., Bucher, E., Castro, G. y Davidson, I., (eds) Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. *Wetlands International Publ.* 46 (2da edición), Buenos Aires, 208 pp.
- ❖ Caminos, J., Arlettaz, M., Crivello, A., Paggi, G., y Perassi, R. (1998). Avistaje de venado de las pampas *Ozotoceros bezoarticus* (L. 1758) en los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe, Argentina. *Natura Neotropicalis*, 29:155-156.

- ❖ Capeletti, J., Marchese, M. R., Zilli, F.L. (2021). Evaluating macroinvertebrate metrics for ecological assessment of large saline rivers (Argentina). *Environmental Science and Pollution Research*.
- ❖ Cowardin, L., Carter, V. Golet F. y La Roe T. (1979). Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-79/31. Washington, DC.
- ❖ Cristaldi, M., Sarquis, A., Arzamendia, V., Bellini, G. y Giraudo, A. (2019). Human activity and climate change as determinants of spatial prioritization for the conservation of globally threatened birds in the southern Neotropic (Santa Fe, Argentina). *Biodiversity and Conservation* 28 (10): 2531-2553.
- ❖ Department of Geomatics. The University of Melbourne. (1999). GIS Self Learning Tools. [https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm](https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm). Accedido en agosto del 2023
- ❖ Diem, P. K., Diem, N. K., y Hung, H. V. (2021). Assessment of the efficiency of using MODIS MCD43A4 in mapping of rice planting calendar in the Mekong delta. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 652 012015. DOI:10.1088/1755-1315/652/1/012015.
- ❖ Espinosa Gomez, E. L. (2021). Análisis del comportamiento hidrológico del sistema de llanura "Bajos Submeridionales", Argentina. Tesis de magister. Universidad Nacional del Litoral - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas- Magíster en Ingeniería de los Recursos Hídricos.
- ❖ Esri. (2016). ArcGis. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>. Accedido en agosto del 2023
- ❖ European Space Agency. (s.f.). Sentinel Overview. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/mission>. Accedido en agosto del 2023

- ❖ European Union, European Space Agency (ESA), Copernicus Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-1C. (s.f.). Recuperado de [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2)
- ❖ Fandiño, B., y Pautasso A., A., (2011). *Avifauna del AVP La Salamandra*. Pp 62-105. En: Pautasso A. A. La fauna y su conservación en los Bajos Submeridionales. Ediciones Biológica. Serie Naturaleza, Conservación y Sociedad N°5. Santa Fe, Argentina. 287 pp.
- ❖ Fandiño, B., Pautasso, A. A., y Principe, G. (2021). Nuevas especies y registros de aves amenazadas para el “Área Valiosa de Pastizal La Salamandra” y la “Reserva Privada de Usos Múltiples Isleta Linda” Bajos Submeridionales, Santa Fe, Argentina. *Historia Natural*. Vol. 11(2). 93-116 p.
- ❖ FGDC Wetlands Subcommittee. (2013). *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*, 2nd edn. FGDC-STD-004-2013. Federal Geographic Data Committee, Reston, VA.
- ❖ Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación para el Desarrollo en Justicia y Paz. (2007). *Zonificación de los Bajos Submeridionales del Norte Santafesino. Una Herramienta para la Planificación del Desarrollo Productivo y la Conservación de la Biodiversidad del Humedal*. Buenos Aires. Vida Silvestre Argentina.
- ❖ Gioria, R., Morresi, M.V., Vinzón, E., Lozano, N., Krusse, E., y Vicino, H. (2002). *Convenio Consejo Federal de Inversiones Provincia de Santa Fe. Sistema Bajos Submeridionales Subsistema A° Golondrinas – A° Calchaquí – Río Salado. Estudio de verificación del funcionamiento hídrico*. 88 pp.
- ❖ Giraut, M., Laboranti, E., Rey, C., Fioriti, M., y Ludueña, S. (2001). *Cuenca Propia de los Bajos Submeridionales. Creación de una unidad hídrica independiente*.

- ❖ Google Earth Engine. <https://earthengine.google.com/> Accedido en agosto del 2023
- ❖ Herrera, P., Raimondi, V., y Miñarro, F. (2007). Análisis multicriterio y multiescala para la elaboración de una propuesta de área protegida en el humedal de los Bajos Submeridionales, Provincia de Santa Fe. Informe inédito de Fundación Vida Silvestre Argentina, 10 pp.
- ❖ Huang, S., Tang, L., Hupy, J.P. Wang, Y., y Shao, G. (2021) A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32, 1–6 . <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- ❖ Hughes, J. M. R. (1995). The current status of European wetland inventories and classifications. *Vegetation*, 118(1–2), 17–28.
- ❖ Instituto Geográfico Nacional (2017). Dirección de Geodesia. Definición de sistemas de coordenadas y proyecciones oficiales (EPSG) [https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07\\_pg\\_web/documentos/Informe\\_sobre\\_codigos\\_oficiales\\_EPSG.pdf](https://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Informe_sobre_codigos_oficiales_EPSG.pdf)
- ❖ Iriondo, M. (1982). Estudio geomorfológico de la cuenca del río Salado en Santa Fe como base para la investigación hidrológica.–Convenio UNL–INCYTH, 4 tomos, Santa Fe, Argentina.
- ❖ Iriondo, M. (1987). Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe. *D´Orbignyana* 4, 1–54, Corrientes, Argentina.
- ❖ Iriondo, M. (2010). Geología del cuaternario en Argentina. Libro.–1 ed– Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino”. Santa Fe. 360 pp.
- ❖ Iriondo, M. (2012). Cuaternario en Ecuador, Chile y Perú. Libro. – 1a ed. – Paraná : Coati – 42, 368 pp.
- ❖ Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J.M., y Wittmann, F. (2011). Una clasificación de los principales humedales

- naturales de las tierras bajas amazónicas. *Humedales*, 31 (4), 623-640.
- ❖ Kalesnik, F.A. y Quintana R. D. (2006). Las especies invasoras en los sistemas de humedales del Bajo Delta del Río Paraná. Pp. 164-167.
  - ❖ Kandus, P., Minotti P., y Malvárez A. I. (2008). Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts. *Acta Scientiarum*, 30 (4): 403-409. Brasil. ISSN 1415-6814.
  - ❖ Kandus, P., Morandeira, N., y Schivo, F. (2010). Bienes y servicios ecosistémicos de los humedales del Delta del Paraná. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales.
  - ❖ Kandus, P., Quintana, R., Minotti, P., Oddi, J., Baigún, C., Gonzalez Trilla, G., y Ceballos, D. (2010). "Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios", En: Laterra, P., Jobbagy, E. y J. Paruelo (eds.): *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, Ediciones INTA.
  - ❖ Kandus, P., Minotti, P., Fabricante, I., y Ramonell, C. (2017). Regionalización de humedales de Argentina. En: "Regiones de Humedales de la Argentina". Benzaquen, L., Blanco, D. E., Bo, R., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P., y Quintana, R. (eds). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.
  - ❖ Kandus, P. y Minotti, P. (2018). Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales. Informe final elaborado por solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. A31-UNSAM, 124 pp.
  - ❖ Lewis, J. P., y Pire, E. F. (1996). Los mogotes de palo azul (*Cyclolepis genistoides* Don) de áreas deprimidas de la región Chaqueña. *Natura Neotropicalis* 29: 109-117.

- ❖ Lewis, J. P., Barberis, I. M., Pire, E. F., y Carnevale, J. N. (2005). Estructura y funcionamiento de los bosques del Chaco Húmedo Santafesino: el Quebrachal de la Cuña Boscosa. *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Universidad Nacional de Rosario. pp. 1-18.
- ❖ López, H. L., Menni, R., Donato, M., Miquelarena, A. (2008). *Biogeographical revision of Argentina (Andean and Neotropical Regions): An analysis using freshwater fishes*. *Journal of Biogeography*. 35. 1564 - 1579.
- ❖ López Lanús, B., Unterkofler, D., Ornstein, U., Del Sastre, V., Moller Jensen, R., y Herrera, P. (2013). Diversidad y estado de conservación de las aves de los Bajos Submeridionales (AICA SF03): Informe de Aves Argentinas/AOP para la Fundación Vida Silvestre Argentina; Junio 2009. En pp. 375-417: Marino, G., Miñarro, F., Zaccagnini, M. E. y López Lanús (eds.) *Pastizales y sabanas del cono sur de Sudamérica: iniciativas para su conservación en la Argentina*. Temas de Naturaleza y Conservación, Monografía de Aves Argentinas N° 9. Aves Argentinas/AOP, Fundación Vida Silvestre Argentina e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
- ❖ Matteucci S., Herrera, P., Miñarro, F., Adámoli, J., Torrella, S. y R Ginzburg. 2007. Herramientas de toma de decisiones en la zonificación para el uso sustentable en los humedales del sudeste de la región chaqueña. Informe inédito. Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación Para el Desarrollo en Justicia y Paz. Buenos Aires. 26 pp.
- ❖ Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Comisión Nacional de Actividades Espaciales. SAOCOM. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/misiones-espaciales/saocom>. Accedido en agosto del 2023
- ❖ Minotti, P., y Kandus, P. (2017). Proyecto Piloto de Inventario de Humedales de los Partidos de Luján, Pilar y Escobar. Informe Técnico. Universidad Nacional de San Martín. Convenio.

- ❖ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) en los satélites Terra y Aqua de la NASA, compuestos de reflectancia superficial MODIS/MCD43A4 (MODIS Combined 16-Day NDWI). (s.f.). [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS\\_MCD43A4\\_NDWI](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_MCD43A4_NDWI)
- ❖ Morello, J., Matteucci, S., Rodriguez, A., y Silva, M. (2012). Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos.
- ❖ Mustafa, M., Hassoon, K., Hassan, M. y Abd, M. (2017). Using Water Indices (NDWI, MNDWI, NDMI, WRI AND AWEI) To Detect Physical And Chemical Parameters By Apply Remote Sensing And Gis Techniques. International Journal of Research -Granthaalayah, 5(10), 117-128. DOI: 10.5281/zenodo.1040209.
- ❖ Nores, M. (1993). Argentina. Resultado de los censos, pp: 8-17. En: Blanco D. y Canevari, P. (comp.) Censo Neotropical de Aves Acuáticas 1992. Humedales para las Américas.
- ❖ Norma Cartográfica de la Provincia de Santa Fe. (2004). Servicio de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Santa Fe. Universidad Nacional del Litoral. Convenio SCIT-UNL. 50 pp.
- ❖ Pautasso, A. A. (2003). Aprovechamiento de la fauna silvestre por pobladores rurales en la fracción norte de los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe, Argentina (Incluye aspectos relacionados a la producción y la conservación en este ambiente). Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino (Nueva Serie) 8 (2): 1-66.
- ❖ Pautasso, A. A. (2008). Mamíferos de la provincia de Santa Fe, Argentina. Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino (Nueva Serie) 13 (2): 1-248.
- ❖ Pautasso A. A. (2011). *La fauna y su conservación en los Bajos Submeridionales*. Ediciones Biológica. Serie Naturaleza, Conservación y Sociedad N° 5. Santa Fe, Argentina. 278 pp.

- ❖ Pautasso, A. A., y Fandiño, B. (2019). Bajos Submeridionales: La Gran Pampa Chaqueña. *Aves Argentinas. Revista de Naturaleza y Conservación*, 54, 2-11.
- ❖ Pautasso, A. A., Príncipe, G., Fandiño, B. (2021). Fauna Silvestre en los Bajos Submeridionales. *Diversidad y conservación en el Área Valiosa de Pastizal "La Salamandra" y la Reserva Privada de Usos Múltiples "Isleta Linda". Relevamientos en el período 2018-2020*. Publicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino", Santa Fe, Argentina.
- ❖ Pedraza, R. (2020). Pérdida por escurrimiento. Cátedra de Hidrología de Superficie. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- ❖ Popolizio, E., Serra, P., Y. y Hortt, G. O. (1978). Bajos Submeridionales. Grandes unidades taxonómicas de Santa Fe. Centro de Geociencias Aplicadas, Serie C - Investigación. Resistencia, Chaco, Argentina.
- ❖ QGIS. 2023. QGIS Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. Recuperado de <https://qgis.org/es/site/>
- ❖ Quintana, R. D. (2018). Humedales, biodiversidad y servicios ecosistémicos. ¿Hacia dónde vamos? En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC). Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita.
- ❖ Quiroga, A. R., Fernández, R., y Álvarez, C. (2018). Análisis y evaluación de propiedades físico hídricas de los suelos. Ediciones INTA.
- ❖ Ramsar. (1971). Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. Ramsar, Irán. [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan\\_certified\\_e.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan_certified_e.pdf)
- ❖ Rumboll, M. (1967). Nidificación extra temporaria en Cañada Las Víboras, Chaco santafesino. *Hornero* 10 (4): 441-443

- ❖ Rusch, V., Fracassi, N. (2021). "Indicadores de Biodiversidad". Informe preparado por el Proyecto Inta PI 038.
- ❖ Secretaría de la Convención de Ramsar. (2000). Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 2a edición, vol. 15. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland. Suiza.
- ❖ Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4a edición, vol. 15. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland. Suiza.
- ❖ Semeniuk, C. A., y Semeniuk, V. (1995). A geomorphic approach to global wetland classification, *Vegetation* 118, pp. 103-124.
- ❖ Servicio de catastro e información territorial de la provincia de Santa Fe. (2004). Norma cartográfica de la provincia de Santa Fe. Universidad Nacional del Litoral. Convenio SCIT -UNL.
- ❖ Soria, A. (2010). Aguará Guazú y Venado de las Pampas en los Bajos Submeridionales. Una aproximación a su situación actual, principales amenazas y acciones prioritarias para su conservación. Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundapaz. Buenos Aires.
- ❖ Sosa, D. (2017). El agua subterránea en los Bajos Submeridionales Santafesinos y su aprovechamiento en la producción ganadera.
- ❖ Sosa, D. y Diaz, E. (2021). Manual de buenas prácticas para el uso del agua para ganadería: bajos submeridionales santafesinos. Instituto Nacional del Agua y Universidad Nacional del Litoral. 230 pp.
- ❖ Thalmeier, M. B. (2021). Modelo hidrogeológico conceptual y numérico del flujo subterráneo de la región de los Bajos Submeridionales, planicie distal del mega-abanico fluvial del Salado Juramento, Chaco Argentino. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales- Doctorado en Ciencias Geológicas.
- ❖ Thalmeier, M. B., Kröhling, D. M., Bruneto, E. (2021). The geomorphology and Late Quaternary sedimentary record of the Salado/Juramento

fluvial megafan, Central Andes foreland basin (Chaco Plain, Argentina). *Geomorphology* 373, 23 pp.

- ❖ The Nature Conservancy, Fundación Vida Silvestre Argentina, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco y Wildlife Conservation Society Bolivia. (2005). Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano/ Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- ❖ Walker, C., Lorenzón, R., y Juani, M. (2020). Registros documentados de *Tapirus* terrestres (*Perissodactyla*, *Tapiridae*) y *Myrmecophaga tridactyla* (*Pilosa*, *Myrmecophagidae*) en el norte de la Cuña Boscosa santafesina (Santa Fe, Argentina). *Acta Zoológica Lilloana* 64 (2): 104-114
- ❖ [www.argentina.gob.ar/economia/segemar](http://www.argentina.gob.ar/economia/segemar)
- ❖ [www.argentina.gob.ar/inta](http://www.argentina.gob.ar/inta)
- ❖ [www.usa.gov/es/agencias/departamento-de-agricultura](http://www.usa.gov/es/agencias/departamento-de-agricultura).

## Leyes

- (1) Ley Nacional N° 25675. Ley General del Ambiente. Noviembre 2002.
- (2) Ley Nacional N° 23919. Ley Ecología. Hábitat de aves acuáticas. Marzo de 2021.
- (3) Ley Provincial N° 12175. Ley del Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Santa Fe. Octubre 2003.
- (4) Ley Provincial N° 12182. Ley de declaración de Monumento Natural Provincial al Aguará Guazú y a Venado de las Pampas. Octubre de 2003.
- (5) Ley Provincial N° 14134. Ley de declaración de Monumento Natural Provincial al Cardenal Amarillo y al Aguila Coronada. Octubre 2022.



(6) Ley Nacional N° 26331. Ley de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Noviembre 2007

Resoluciones

(A) Resolución n° 80. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. Programa de Humedales. Marzo de 2021.