PROVINCIA DE BUENOS AIRES
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

INVENTARIO DE HUMEDALES:

CONSTRUCCIÓN DE INSUMOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS PARA INVENTARIO DE HUMEDALES NIVEL 3, EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES - ETAPA II

EQUIPO DE TRABAJO: Eleonora Carol; Guido Borzi; Lucia Santucci; Carolina Tanjal; Julieta Galliari; Francisco Cellone; Luciano Lopez; Claudia Di Lello; Rosario Acosta.

C I G CONICET U N L P | Centro de Investigaciones Geológicas

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

MINISTERIO DE AMBIENTE

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

AUTORIDADES

Gobernador de la provincia de Buenos Aires
Axel Kicillof

Vicegobernadora
Verónica Magario

Ministra de Ambiente
Daniela Vilar

Jefe de Gabinete
Matías Fernández

MINISTERIO DE AMBIENTE

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO 7

INTRODUCCIÓN 9

OBJETIVOS 10

Objetivo general 10

Objetivos específicos 11

ÁREAS DE ESTUDIO 11

PLAN DE TAREAS Y METODOLOGÍA 14

RESULTADOS 26

A. SPH 7I – SISTEMA DE PAISAJES DE MONTE DE LOS RÍOS NEGRO Y COLORADO 27

1. Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares y salinas próximas a las localidades de Médanos y Pedro Luro 27

Ubicación 27

Características climáticas y balances hídricos 28

Relieve y Geomorfología 32

Suelos 36

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 39

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 47

B. SPH 8aII – SISTEMA DE PAISAJES DEL COMPLEJO SALADO-VALLIMANCA 51

2. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales adyacentes a las localidades de Alberti y General Alvear 51

Ubicación 51

Características climáticas y balances hídricos 52

Relieve y Geomorfología 59

Suelos 63

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 66

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 72

C. SPH 8aV – SISTEMA DE PAISAJES DE LA PAMPA DEPRIMIDA PERISERRANA 76

3. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales y lagunares próximos a las localidades de Laprida y Coronel Pringles 76

Ubicación 76

Características climáticas y balances hídricos 77

Relieve y Geomorfología 81

Suelos 85

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 87

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 92

4. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales y lagunares próximas a la localidad de Ayacucho 95

Ubicación 95

Características climáticas y balances hídricos 95

Relieve y Geomorfología 99

Suelos 101

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 103

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 106

D. SPH 8aVI – SISTEMA DE PAISAJES INTERSERRANOS 108

5. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales próximos a las localidades de Cura Malal y Santa María 108

Ubicación 108

Características climáticas y balances hídricos 109

Relieve y Geomorfología 113

Suelos 117

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 120

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 124

6. Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares próximos a las localidades de Gonzales Chaves y Nicanor Olivera 127

Ubicación 127

Características climáticas y balances hídricos 128

Relieve y Geomorfología 133

Suelos 136

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 139

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 145

E. SPH 8aVII – SISTEMA DE PAISAJES PERISERRANOS CON VERTIENTE A LA BAHÍA BLANCA 148

7. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales próximos a las localidades de Chasicó y Tornquist 148

Ubicación 148

Características climáticas y balances hídricos 149

Relieve y Geomorfología 152

Suelos 155

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 157

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 161

F. SPH 8aVIII – SISTEMA DE PAISAJES SERRANOS DE VENTANIA 164

8. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de Villa Ventana y Pigüé 164

Ubicación 164

Características climáticas y balances hídricos 165

Relieve y Geomorfología 170

Suelos 173

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 175

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 180

G. SPH 8aIX – SISTEMA DE PAISAJES SERRANOS DE TANDILIA 183

9. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker 183

Ubicación 183

Características climáticas y balances hídricos 183

Relieve y Geomorfología 187

Suelos 189

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 191

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 195

H. SPH 8bI – SISTEMA DE PAISAJES DE LAGUNAS Y BAÑADOS DE LA NACIENTE DEL SALADO 198

10. Unidades de humedales asociadas a ambientes de lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado 198

Ubicación 198

Características climáticas y balances hídricos 198

Relieve y Geomorfología 202

Suelos 205

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 206

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 209

I. SPH 8bII – SISTEMA DE PAISAJES INTERDUNAS DEL OESTE 211

11. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de Carlos Casares – Pehuajó y Daireaux – Henderson 211

Ubicación 211

Características climáticas y balances hídricos 212

Relieve y Geomorfología 216

Suelos 220

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 223

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 229

J. SPH 8bIII – SISTEMA DE PAISAJES DE DRENAJE INDEFINIDO OCCIDENTAL PAMPEANO 232

12. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a la localidad de Puan 232

Ubicación 232

Características climáticas y balances hídricos 232

Relieve y Geomorfología 236

Suelos 238

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea 240

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales 243

CONSIDERACIONES FINALES 246

BIBLIOGRAFÍA 247

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto CONSTRUCCIÓN DE INSUMOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS PARA EL INVENTARIO DE HUMEDALES NIVEL 3, EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES – ETAPA II – BUENOS AIRES tuvo como objetivo general desarrollar un estudio de identificación y caracterización hidrogeomorfológica de diferentes tipologías de unidades de humedales presentes en los Sistemas de Paisajes de Humedales (SPH) de la provincia de Buenos Aires, a fin de determinar patrones de humedales. En el marco de este objetivo general, los objetivos específicos fueron: (1) Recopilar y sistematizar información antecedente, imágenes satelitales, mapas temáticos (suelos, geomorfológicos), y modelos digitales de elevación; (2) Efectuar la recopilación de datos climáticos y generar balances hídricos a nivel de suelo para estimar déficit y excedentes hídricos; (3) Realizar relevamientos de las principales características ambientales de los humedales incluyendo la adquisición de fotografías y filmaciones mediante un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT); (4) Identificar los rasgos hidrogeomorfológicos y generar modelos conceptuales del funcionamiento de los SPH; (5) Generar planillas de reconocimiento y de descripción hidrogeomorfológica de las unidades de humedales; (6) Realizar talleres y eventos de difusión. Para ello se efectuó la recopilación y sistematización de la información existente para los Sistemas de Paisaje de Humedales estudiados. Asimismo, se recopilaron datos climáticos a partir de los cuales se efectuaron balances hídricos a fin de estimar periodos de excedentes y déficit hídricos. En base a los balances hídricos se recopilaron imágenes satelitales con el fin de visualizar el comportamiento de las áreas a estudiar bajo distintas condiciones hidrológicas. Las características geomorfológicas de cada área se definieron a partir del análisis de modelos digitales de elevación e información recabada en los

relevamientos de campo. Por otro lado, se identificaron los distintos tipos de suelos y se describieron sus características en cuanto a textura, permeabilidad, drenaje y presencia o no de rasgos hidromórficos. Las imágenes satelitales que muestran el comportamiento de cada zona estudiada bajo distintas condiciones hidrológicas fueron incorporadas en un Sistema de Información Geográfica junto con los modelos digitales de elevación y los mapas geomorfológicos y de suelos. Para lograr una mejor caracterización de los ambientes hidrogeomorfológicos en los relevamientos de campo se tomaron fotografías y se realizaron filmaciones mediante un VANT. Asimismo, se realizaron relevamientos de la profundidad del agua superficial y subterránea y mediciones *in situ* del pH y la conductividad eléctrica del agua con un equipo multiparamétrico de campo. Además, se extrajeron muestras de agua para la determinación del contenido de iones mayoritarios y nutrientes solubles. El conjunto de datos obtenido fue integrado para cada zona estudiada describiéndose la ubicación, características climáticas y balances hídricos, relieve y geomorfología, suelos, hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea y los ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales. Respecto al funcionamiento hidrogeomorfológico de cada zona estudiada, el mismo fue resumido en esquemas de tipo block diagrama. Por último, para cada Sistema de Paisaje de Humedales se realizaron fichas de identificación de campo en donde se resumen las principales características asociadas a relieve, sustrato – suelo, vegetación, agua superficial y agua subterránea y se muestra un detalle de una imagen satelital de cada ambiente la cual es acompañada por un perfil topográfico esquemático.

INTRODUCCIÓN

El Proyecto se enmarca en el Programa Provincial de Humedales (Res.25/23) lanzado por el Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires. El Programa está estructurado en 7 ejes estratégicos, donde el primero de ellos tiene como objetivo principal avanzar en el conocimiento de los humedales de la provincia.

El inventario de humedales es una herramienta para la gestión, que implica identificar, delimitar, conocer su distribución, extensión, variedad y funcionamiento. Constituye un proceso técnico científico enmarcado en la metodología propuesta en el Inventario Nacional de Humedales, y ajustada a nivel provincial.

La construcción del inventario de humedales requiere contar con una amplia variedad de información (bibliográfica y cartográfica), que en general es generada para fines económico-productivos o para investigación básica, por lo cual se requiere entrecruzar estos datos para extraer información que se convertirá en insumo para el estudio de humedales. Asimismo, se detectan vacíos de información, principalmente en áreas urbanas.

La generación de acciones de gestión tendientes a la conservación de los humedales requiere entender la geodinámica hídrica que permite la existencia de los humedales y controla su funcionamiento. Las alteraciones en estas dinámicas pueden implicar pérdida o alteración del ecosistema. En este contexto es que la generación de insumos inherentes a la dinámica hidrológica superficial y subterránea de los Sistemas de Paisaje de Humedales adquiere relevancia.

En este sentido durante el año 2023, con financiamiento del CFI se trabajó en la construcción de insumos hidrogeomorfológicos a fin de generar una base de conocimiento unificado de tipos y funcionamiento de humedales en la provincia, de cara a la realización del Inventario de Humedales Nivel 3, de unidades de paisaje de humedales para toda la provincia de Buenos Aires.

El proyecto financiado por CFI bajo expediente EX-2023-00045415-CFI-GES#DC, constituyó la primera etapa de generación de estos insumos hidrogeomorfológicos, que tuvo una duración de 6 meses, abarcando sitios de 8 SPH en la provincia. En esta segunda etapa, se avanzará en el estudio de 9 SPH no abordados en el primer proyecto. Cabe aclarar que, se exceptúa el delta bonaerense dado que ya se cuenta con inventario de Nivel 3. Por otro lado, se incluyen nuevos sitios dentro del SPH Salado - Vallimanca, el cual, si bien ya había sido abordado en el primer proyecto, tiene una gran extensión y diversidad de humedales lo que plantea la necesidad de contar con más información.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un estudio de identificación y caracterización hidrogeomorfológica de diferentes tipologías de unidades de humedales presentes en los Sistemas de Paisajes de Humedales de la Provincia de Buenos Aires, a fin de determinar patrones de humedales.

Objetivos específicos

1. Recopilar y sistematizar la información antecedente, imágenes satelitales, mapas temáticos (de suelos, geomorfológicos), y modelos digitales de elevación (MDE), para los 9 SPH seleccionados y profundizar en el SPH Salado - Vallimanca.
2. Recopilar datos climáticos y generar balances hídricos a nivel de suelo para estimar déficit y excedentes hídricos en las áreas de unidades de humedales analizadas.
3. Efectuar relevamientos de las principales características ambientales de los humedales incluyendo la adquisición de fotografías y filmaciones mediante un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT).
4. Identificar los rasgos hidrogeomorfológicos y generar modelos conceptuales del funcionamiento geohidrológico de las áreas estudiadas.
5. Generar planillas de reconocimiento y de descripción hidrogeomorfológica de las unidades de humedales.
6. Realizar talleres y eventos de difusión.

ÁREAS DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la provincia de Buenos Aires, República Argentina. Los 18 Sistemas de Paisajes de Humedales son el punto de partida para desagregar el estudio en unidades de paisaje representativas. Durante el año 2023 el proyecto bajo expediente EX-2023-00045415-CFI-GES#DC abarcó 8 de los SPH, principalmente vinculados a áreas costeras y fluviales. En el presente proyecto se estudiarán 9 Sistemas de Paisajes de Humedales aún no abordados en la etapa I, y por sus características particulares y

extensión se estudiarán nuevos sitios del Sistema de Paisajes del Complejo Salado – Vallimanca (Fig. I), completando un total de 10 Sistemas de Paisajes de Humedales:

- **A.** SPH 7I (Sistema de Paisajes de Monte de los Ríos Negro y Colorado), en donde se abordarán estudios en Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares y salinas próximos a las localidades de Pedro Luro y Médanos.
- **B**. SPH 8aII (Sistema de Paisajes del Complejo Salado-Vallimanca) en ambientes fluviales adyacentes a las localidades de Alberti y General Alvear.
- **C.** SPH 8aV (Sistema de Paisajes de la Pampa Deprimida Periserrana) en donde se abordarán estudios en áreas de Unidades de humedales adyacentes a las localidades de Laprida, Coronel Pringles y Ayacucho.
- **D.** SPH 8aVI (Sistema de Paisajes Interserranos) se abordarán estudios en áreas de Unidades de humedales adyacentes a las localidades de Cura Malal - Santa María, Gonzales Chaves - Nicanor Olivera.
- **E.** SPH 8aVII (Sistema de Paisajes Periserranos con Vertiente a la Bahía Blanca) en áreas de humedales próximas a las localidades de Chasicó y Tornquist.
- **F.** SPH 8aVIII (Sistema de Paisajes Serranos de Ventania) en áreas de humedales próximas a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.
- **G.** SPH 8aIX (Sistema de Paisajes Serranos de Tandilia) en áreas de humedales próximas a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.
- **H.** SPH 8bI (Sistema de Paisajes de Lagunas y Bañados de la naciente del Salado) en donde se abordarán estudios en Unidades de humedales próximas a las localidades de General Pinto y El Dorado.
- **I.** SPH 8bII (Sistema de Paisajes Interdunas del Oeste) en donde se abordarán

estudios en Unidades de humedales próximas a las localidades de Carlos Casares – Pehuajó y de Daireaux - Henderson.

- **J.** SPH 8bIII (Sistema de Paisajes de Drenaje Indefinido Occidental Pampeano) en donde se abordarán estudios en Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.

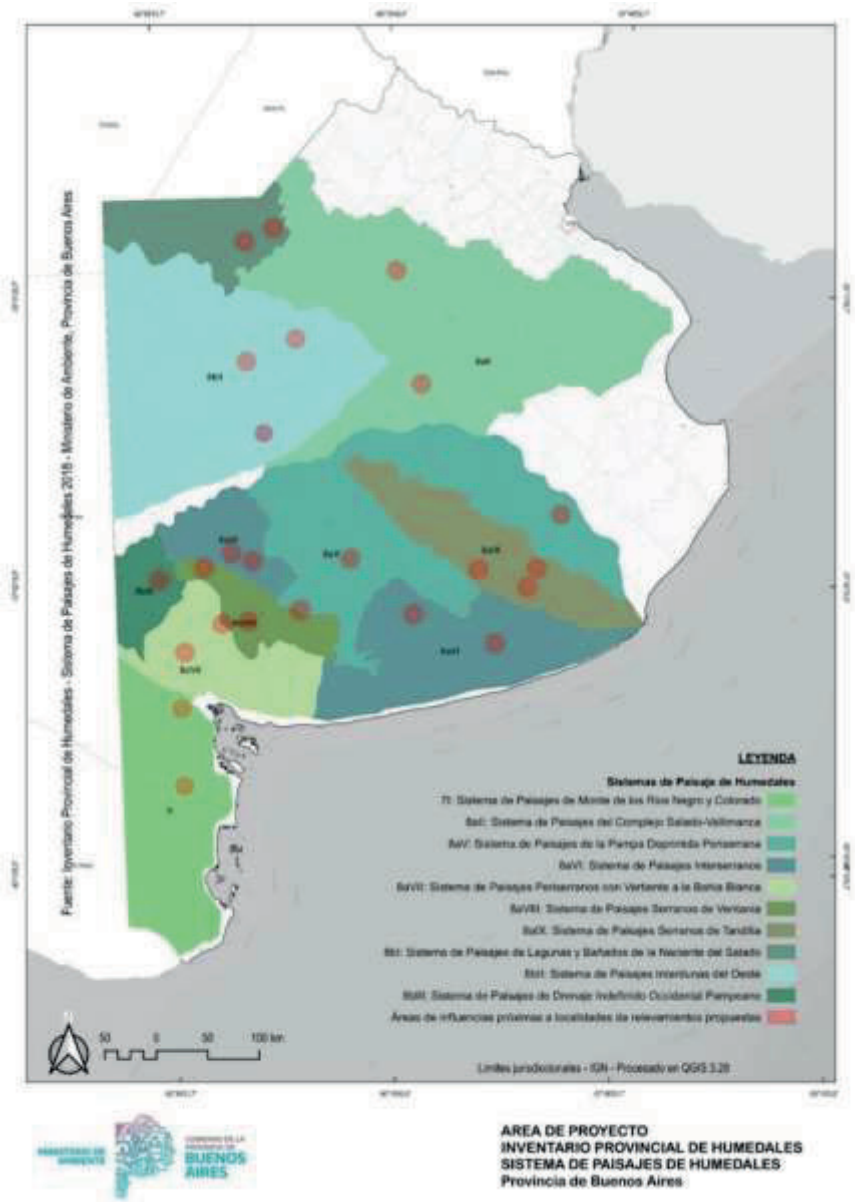


Figura I: Mapa de Sistemas de Paisajes de Humedales a abarcar en el proyecto. Fuente: Sistema de Análisis Territorial Ambiental - Ministerio de Ambiente Provincia de Buenos Aires. Fuente https://sata.ambiente.gba.gob.ar

PLAN DE TAREAS Y METODOLOGÍA

Inicialmente se efectuó la recopilación y sistematización de la información procedente de distintas fuentes entre ellas cartas de suelos, antecedentes de geomorfología, hidrología e hidrogeología para los distintos Sistemas del Paisaje de Humedales a estudiar (Anexo I). Se efectuó también la recopilación de datos climáticos de diversas estaciones meteorológicas a modo de caracterizar las variaciones temporales en las condiciones hidrológicas. Los datos recopilados corresponden en su mayoría al periodo 1990 - 2022 el cual permite analizar series de datos de gran extensión temporal y del mismo periodo para todas las áreas estudiadas (Anexo II). Con los datos de precipitaciones y temperatura se efectuaron balances hídricos mensuales mediante la metodología de Thornthwaite y Mather (1957) a fin de estimar la evapotranspiración y periodos de excedentes hídricos. La evapotranspiración potencial fue calculada mediante la ecuación:

$$ETP = K \times \varepsilon$$

Donde:

$$\varepsilon = 16(10t / I)a$$

$$I = \Sigma i$$

$$i = (t/5)1{,}514$$

$$a = (6{,}75\times10^{-9})I^3 - (7{,}71\times10^{-5})I^2 + (1{,}792\times10^{-5})I + 0{,}49239$$

$$K = (N/12)(d/30)d$$

donde *t* es la temperatura media mensual en grados centígrados, *N* es el número máximo de horas de sol según latitud y mes, *d* es el número de días del mes e *I* es un índice térmico que depende de las temperaturas medias mensuales del año considerado. Por su parte el balance hídrico consideró las siguientes ecuaciones:

ET = ETP si P > ETP

ET = P + [DR] si P < ETP

P – ET = DR

P – ET = Ex si R supera la capacidad de campo.

Donde:

P: precipitación.

ETP: evapotranspiración potencial.

ET: evapotranspiración (real).

R: reserva del suelo o capacidad de depósito del terreno

DR: variación en la reserva del agua de un mes al siguiente o de un día al siguiente en el caso de balances mensuales o diarios, respectivamente.

Ex: excedentes de agua.

Para cada zona de estudio se efectuó un análisis de las precipitaciones anuales y de medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 definiéndose la precipitación media y los años secos (precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar), y húmedos (precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar). Asimismo,

se realizaron balances hídricos mensuales: un balance hídrico medio para el periodo estudiado, un balance hídrico para un año seco y un balance hídrico para un año húmedo. En base a las precipitaciones y los balances hídricos se recopilaron imágenes satelitales con el fin de visualizar el comportamiento de las áreas a estudiar bajo distintas condiciones hidrológicas. Mediante la visualización de series de imágenes satelitales se seleccionó aquella que muestre la condición de mayor presencia de agua en superficie (comúnmente coincidente con un año húmedo) y otra que muestre una condición opuesta (comúnmente coincidente con un año seco).

Las imágenes satelitales fueron descargadas desde el visor del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (https://earthexplorer.usgs.gov/). Se utilizaron imágenes correspondientes a la misión Landsat (Tabla I), que son imágenes multibanda con resolución espacial de 30 metros. Se seleccionaron particularmente las misiones Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 y Landsat 9 cuya resolución temporal abarca el periodo 1985 – 2022.

Tabla I: Detalle de las imágenes satelitales Landsat descargadas (Path/Row, misión y fecha de adquisición) para cada zona relevada dentro de los Sistemas de Paisajes de Humedales estudiados, indicándose para cada área una imagen correspondiente a un periodo húmedo y otra a un periodo seco.

ZONA	PATH/ROW	PERIODO SECO		PERIODO HÚMEDO	
		MISIÓN	FECHA	MISIÓN	FECHA
SPH 7I Humedales asociadas a ambientes lagunares y salinas próximos a las localidades de Pedro Luro y Médanos	Pedro Luro y Médanos 227/087	Landsat 8	19-02-2021	Landsat 8	15-11-2014

SPH 8aII - Ambientes fluviales adyacentes a las localidades de Alberti y General Alvear	Alberti 226/084	Landsat 8	27-01-2021	Landsat 7	09-09-2001
	Gral. Alvear 226/085				
	225/085	Landsat 5	10-11-2009	Landsat 5	29-04-1993
SPH 8aV - Humedales adyacentes a las localidades de Laprida, Coronel Pringles y Ayacucho	Laprida 226/086	Landsat 5	11-08-2005	Landsat 5	24-11-1985
	Coronel Pringles 226/086	Landsat 8	08-01-2014	Landsat 5	24-11-1985
	Ayacucho 224/086	Landsat 9	08-11-2022	Landsat 8	14-08-2017
SPH 8aVI - Humedales adyacentes a las localidades de Cura Malal - Santa María, Gonzales Chaves - Nicanor Olivera	Cura Malal 227/086	Landsat 8	15-01-2014	Landsat 8	17-10-2015
	Santa María 226/086	Landsat 5	27-02-2009	Landsat 5	24-11-1985
	Gonzales Chaves 225/086	Landsat 5	17-01-2008	Landsat 7	24-11-2002
	Nicanor Olivera 225/087 224/087	Landsat 5	17-01-2008	Landsat 5	06-11-2001
SPH 8aVII - Humedales próximos a las localidades de Chasicó y Tornquist	Chasicó y Tornquist 227/087 227/086	Landsat 8	15-01-2014	Landsat 7	05-12-2001

SPH 8aVIII - Humedales próximos a las localidades de Villa Ventana y Pigüé	Villa Ventana 226/086 226/087 Pigüé 227/086	Landsat 5 Landsat 8	18-01-2000 15-01-2014	Landsat 8 Landsat 8	13-11-2016 17-10-2015
SPH 8aIX - Humedales próximos a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker	San Manuel, Napaleofú y Barker 225/086 224/086	Landsat 5	17-01-2008	Landsat 7	16-10-2002
SPH 8bI -Humedales próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado	General Pinto y El Dorado 227/084	Landsat 8	14-08-2021	Landsat 7	03-11-2001
SPH 8bII - Humedales próximos a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó y de Daireaux y Henderson.	Carlos Casares y Pehuajó 227/085 Daireaux y Henderson 227/085	Landsat 8 Landsat 8	07-03-2021 15-02-2014	Landsat 7 Landsat 7	19-01-2001 19-01-2001
SPH 8bIII - Humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.	Puan 227/086	Landsat 8	15-01-2014	Landsat 8	17-10-2015

Luego se incorporaron a un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el uso del software QGIS (QGIS 3.34) en donde se realizó en primer lugar un recorte del área de estudio en cada imagen satelital, ya que las mismas tienen un ancho de barrido de 185 km. Posteriormente, se hizo un apilamiento de bandas para luego poder realizar combinaciones color real. Para ello se hicieron combinaciones RGB 321 (Landsat 5 y 7) y

432 (Landsat 8 y 9) y en todos los casos se realizaron realces de histograma para una mejor visualización de las mismas.

Por otro lado, se utilizó el modelo digital de elevaciones proveniente de la misión satelital TerraSar-X, conocido como TanDEM-X. La elección de este modelo fue debido a que tiene una resolución de 30 m y utiliza el geoide EGM2008. Este modelo se descargó de la página oficial del proyecto https://download.geoservice.dlr.de/TDM30_EDEM/ y fue incorporado al SIG generado.

Posteriormente a las tareas de gabinete se realizaron relevamientos de campo en las distintas zonas de estudio definidas para cada SPH (Fig. II).

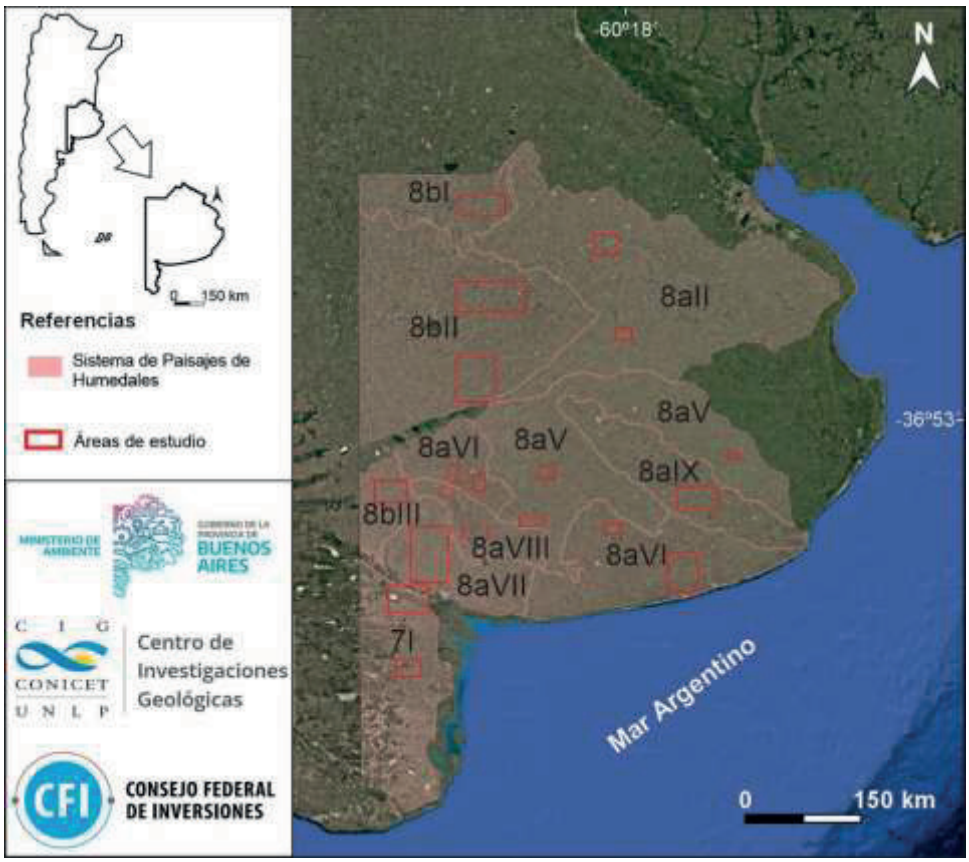


Figura II: Ubicación de las áreas estudiadas en cada SPH.

A partir de los antecedentes, análisis de imágenes satelitales y relevamientos de campo se efectuaron mapas geomorfológicos de cada área. Asimismo, se utilizó la carta de

suelos del INTA y trabajos antecedentes para identificar los distintos tipos de suelos y describir sus características en cuanto a textura, permeabilidad, drenaje y presencia o no de rasgos hidromórficos. A modo de visualizar los tipos y distribución de suelos se extrajeron los mapas para cada zona. Tanto los mapas geomorfológicos como los de suelos fueron incorporados al SIG.

Se efectuaron relevamientos de campo en donde se tomaron fotografías y se realizaron filmaciones mediante un VANT Phanthom 4 pro. Los videos fueron compilados y editados a modo de generar un archivo de video para cada zona estudiada en formato .mp4 el cual se entrega como información multimedia junto con los archivos fotográficos, estos últimos en formato .jpg. Durante los relevamientos de campo se realizaron perforaciones someras para el monitoreo del agua subterránea y se efectuaron mediciones de niveles de agua superficial y subterránea. Durante estos se midió *in situ* el pH y conductividad eléctrica (CE) del agua con un equipo multiparamétrico de campo, siendo esta última indicativa de la salinidad del agua. Asimismo, en algunos de los sitios relevados, se extrajeron muestras de agua superficial y/o subterránea para la determinación del contenido de iones mayoritarios (carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, calcio, magnesio, sodio, potasio) y nutrientes solubles (nitratos y fosfatos). Los sitios de muestreo seleccionados constituyen ambientes característicos de cada SPH, habiéndose efectuado determinaciones químicas de iones mayoritarios y nutrientes en un total de 220 muestras de agua (Anexo IV). En las Figuras III a VI se muestran las distintas actividades realizadas en cada zona de estudio.

Las determinaciones químicas se efectuaron en el Laboratorio de Geoquímica del Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP) mediante métodos estandarizados

(APHA, 1998). Carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (HCO_3^-), cloruros (Cl^-), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) se determinaron por titulación. Sodio (Na^+) y potasio (K^+) por fotometría de llama y sulfatos (SO_4^{-2}), nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{-3}) fueron medidos por espectrofotometría UV-Visible.



Figura III: Fotografías mostrando las actividades de campo realizadas en los SPH 7I, 8aVII y 8bIII. (a) Muestreo de agua en arroyos que drenan a sectores de salinas. (b) Realización de perforaciones con barreno manual. (c) Muestreo de agua en humedales lagunares. (d) Medición de parámetros fisicoquímicos del agua in situ. e) Relevamientos con VANT. (f) Muestreo de la descarga de agua subterránea en humedales lagunares salinos.



Figura IV: Fotografías mostrando las actividades de campo realizadas en los SPH 8aV, 8aVI y 8aVIII. (a) Realización de perforaciones con pala y reconocimiento de sedimentos. b) Realización de perforaciones con barreno manual y muestreo de agua subterránea. (c) Muestreo de agua en cursos fluviales. (d) Medición de parámetros fisicoquímicos. (e) Relevamientos con VANT.



Figura V: Fotografías mostrando las actividades de campo realizadas en los SPH 8aV, 8aVI y 8aIX. (a) y (c) Realización de perforaciones con pala en sectores de laguna y de cursos fluviales. (b) Muestreo de agua en cursos fluviales. (d) Realización de perforaciones con barreno manual y muestreo de agua subterránea. (e) Relevamientos con VANT.



Figura VI: Fotografías mostrando las actividades de campo realizadas en los SPH 8aII, 8bI y 8bII. (a) y (b) Realización de perforaciones con pala y reconocimiento de sedimentos. (c) Medición de niveles freáticos. (d) Toma de muestras de agua superficial. (e) Realización de perforaciones con pala y reconocimiento de sedimentos. (f) Relevamientos con VANT.

Para cada zona se analizaron las variaciones en la CE y pH del agua y se definieron los rangos de valores en que se encuentran presentes los nutrientes solubles analizados. Los datos de iones mayoritarios fueron ploteados en diagramas de Piper (1944), el cual permite visualizar de manera combinada la dominancia porcentual de cationes y aniones mayoritarios, definiendo así la señal hidroquímica del agua. El diagrama de Piper (Fig. VII) está formado por dos triángulos y un rombo que recoge la información de ambos triángulos. Los diagramas triangulares representan la proporción de cationes (triángulo de la izquierda) y de aniones (triángulo de la derecha). Dado que lo que se representa en cada triángulo es una composición porcentual, las concentraciones determinadas en laboratorio son recalculadas y expresadas en porcentajes. La suma de los tres

componentes (Ca^{+2}, Mg^{+2} y $Na^{+}+K^{+}$ para el triángulo de cationes y Cl^{-}, SO_4^{-2} y $CO_3^{-2}+HCO_3^{-}$ para aniones) que se representan en los vértices del triángulo deben sumar 100%. En cada triángulo puede identificarse la composición dominante, que en el ejemplo (círculo negro) de la figura VII es sódica y clorurada. La composición de ambos puntos es trasladada al rombo central localizándose dentro del mismo en la intersección de ambas rectas de extrapolación (indicadas con flechas en el ejemplo) para así obtener la señal química dominante, que en este caso es clorurada sódica.

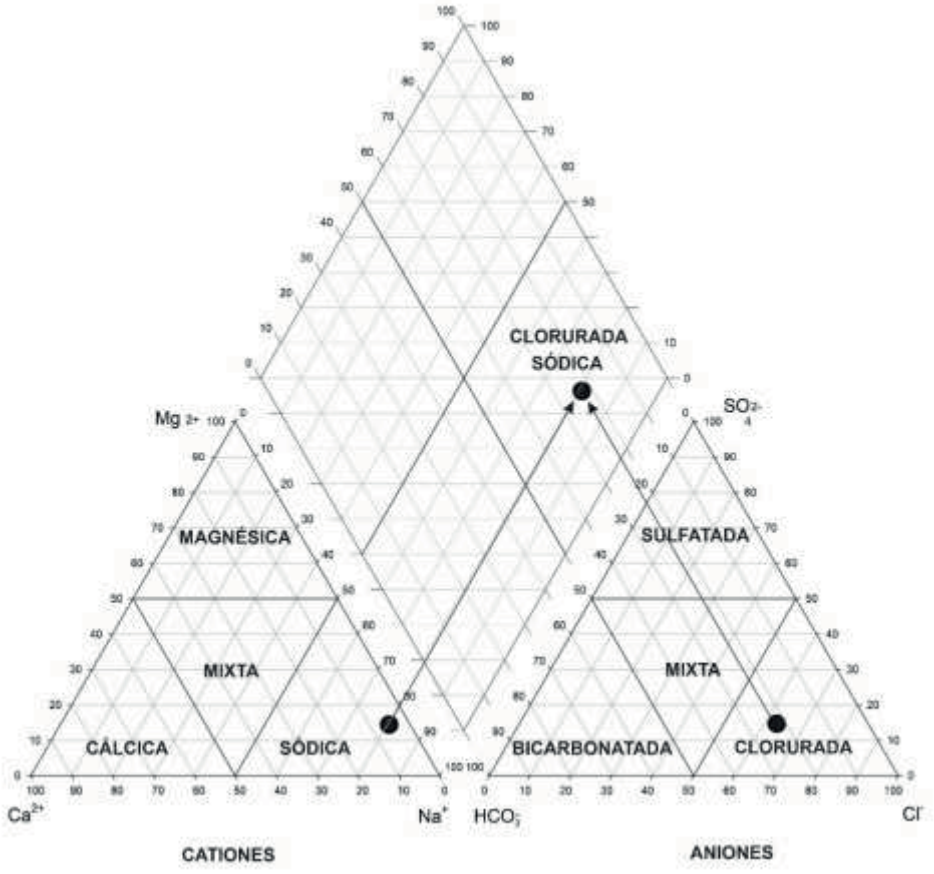


Figura VII: Diagrama de Piper mostrando un ejemplo de ploteo de una hipotética muestra de agua (círculo negro).

El conjunto de datos obtenidos fue integrado para cada zona estudiada describiéndose la ubicación, características climáticas y balances hídricos, relieve y geomorfología, suelos, hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea y los ambientes

hidrogeomorfológicos y zonas de humedales. Respecto al funcionamiento hidrogeomorfológico de cada zona estudiada, el mismo fue resumido en esquemas de tipo block diagrama. Por último, para cada SPH se realizaron planillas de identificación de campo en donde se resumen las principales características asociadas a relieve, sustrato – suelo, vegetación, agua superficial y agua subterránea, en las que se muestra también un detalle de una imagen satelital de cada ambiente la cual es acompañada por un perfil topográfico esquemático. El conjunto de planillas de identificación generadas se adjunta al informe como Anexo V. Por último, a modo de unificar las nomenclaturas utilizadas se generó un glosario (Anexo VI) en el cual también se incorporan posibles sinónimos de los distintos términos utilizados a modo de facilitar la lectura y su comparación con otros textos.

En relación a las actividades de difusión e intercambio, el día 5 de noviembre de 2024, se efectuó un taller con personal del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires para mostrar los resultados obtenidos hasta el momento e intercambiar ideas y escuchar comentarios sobre los avances alcanzados al momento con el proyecto (Fig. VIIIa). Asimismo, el grupo del proyecto participó de actividades de difusión en el marco de la PreCOP16 organizada el día 15 de octubre de 2024 por dicho Ministerio, y el 27 de diciembre del mismo año efectuamos una reunión con integrantes del Programa Provincial de Humedales de la Dirección Provincial de Ordenamiento Ambiental del Territorio y Bienes comunes, quienes aportaron sugerencias para adecuar a sus necesidades algunos contenidos abordados en el informe. Por último, los resultados finales del proyecto fueron expuestos en un taller realizado el día 7 de abril de 2025 (Fig. VIIIb). Del mismo participaron integrantes y directivos del Programa Provincial de

Humedales de la Dirección Provincial de Ordenamiento Ambiental del Territorio y Bienes y autoridades del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires.



Figura VIII: Fotografías tomada durante la realización de los talleres los días (a) 5 de noviembre de 2024 y (b) 7 de abril de 2025.

RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada zona de estudio agrupados en los distintos SPH abordados en el proyecto.

A. SPH 7I – SISTEMA DE PAISAJES DE MONTE DE LOS RÍOS NEGRO Y COLORADO

1. Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares y salinas próximas a las localidades de Médanos y Pedro Luro

Ubicación

Dentro del SPH correspondiente a Paisajes de Monte de los ríos Negro y Colorado, se relevaron ambientes lagunares y salinas, y ambientes fluviales asociados al Río Colorado en sectores del SPH próximos a las localidades de Médanos y de Pedro Luro (Fig. 1.1).

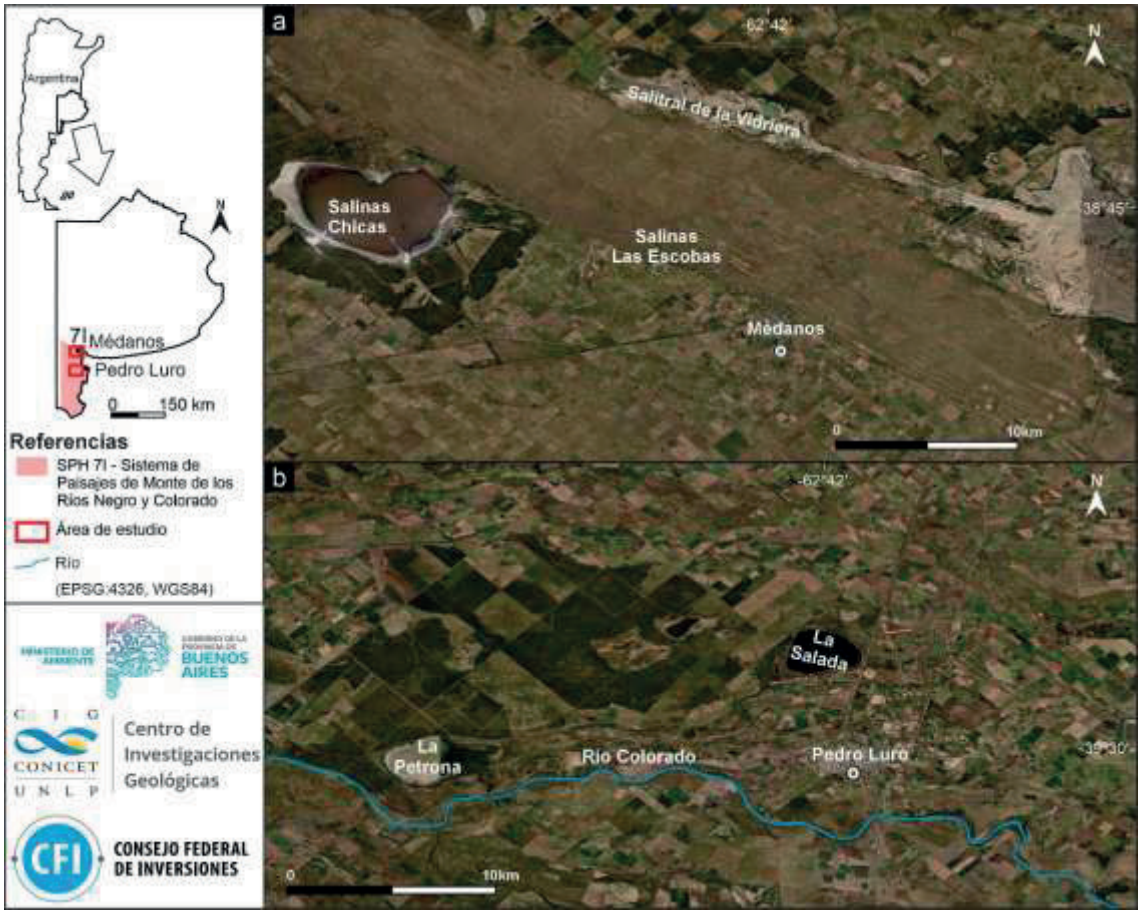


Figura 1.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de (a) Médanos, y (b) Pedro Luro.

La selección de estas áreas se debió a que son hidrogeomorfológicamente representativas del SPH estudiado, a la accesibilidad y a que presentaban distintas condiciones hidrológicas en relación al uso del suelo y agua en la región.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de Médanos y Pedro Luro se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica del INTA Hilario Ascasubi, ubicada entre dichas localidades.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 467,2 mm, registrándose máximos de 712 mm en 2004 y mínimos de 238 mm en 2021 (Fig. 1.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en febrero – marzo con valores cercanos a 55 mm, mientras que en invierno (junio – julio) la precipitación ronda los 20 mm (Fig. 1.3).

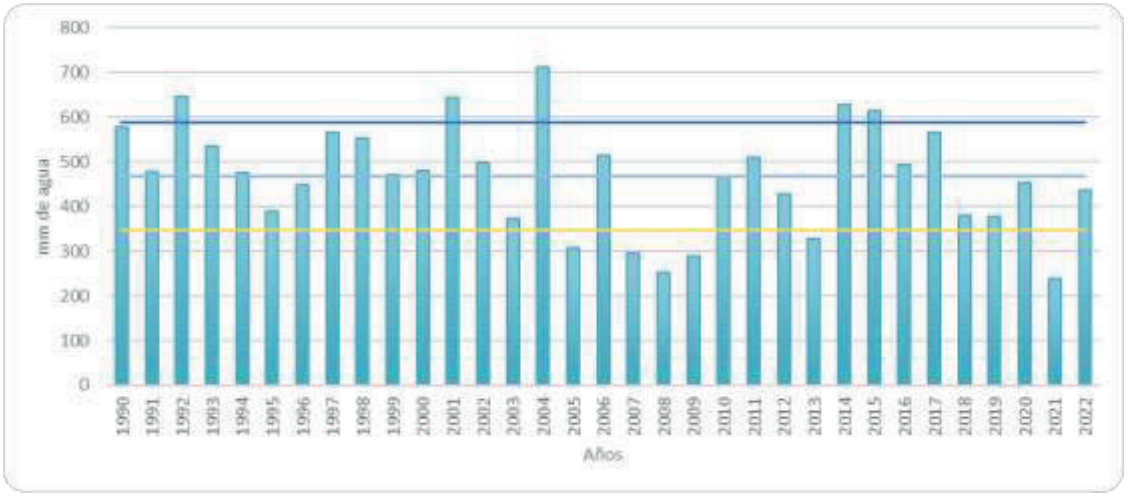


Figura 1.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Pedro Luro y Médanos. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

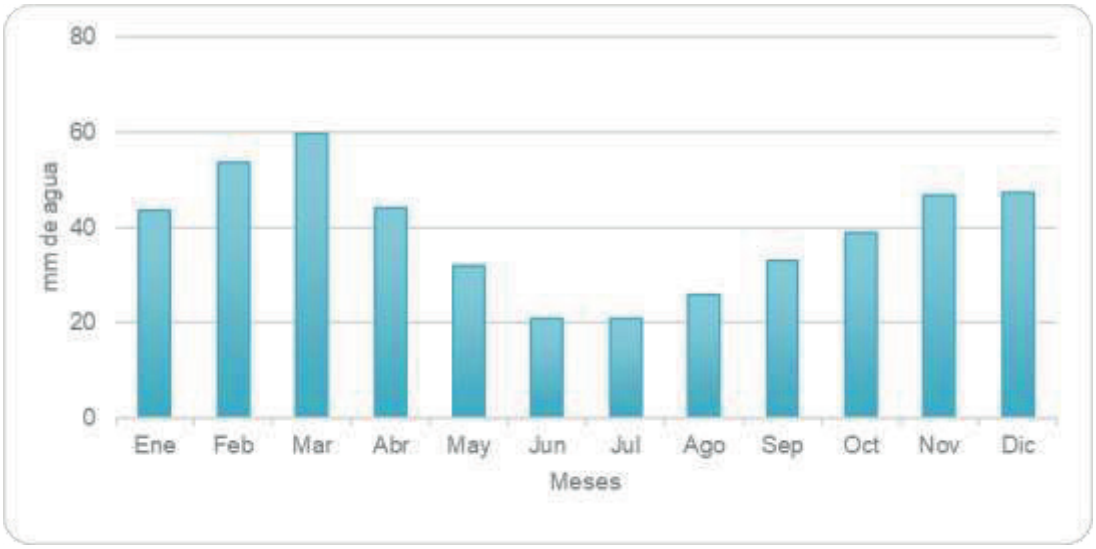


Figura 1.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Pedro Luro y Médanos.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real sólo es menor a la precipitación en los meses de invierno, ocurriendo aquí escasos excedentes de agua (Fig. 1.4). Las reservas de agua del suelo que se encuentran saturadas en estos momentos son consumidas por la fuerte evapotranspiración entre septiembre y diciembre.

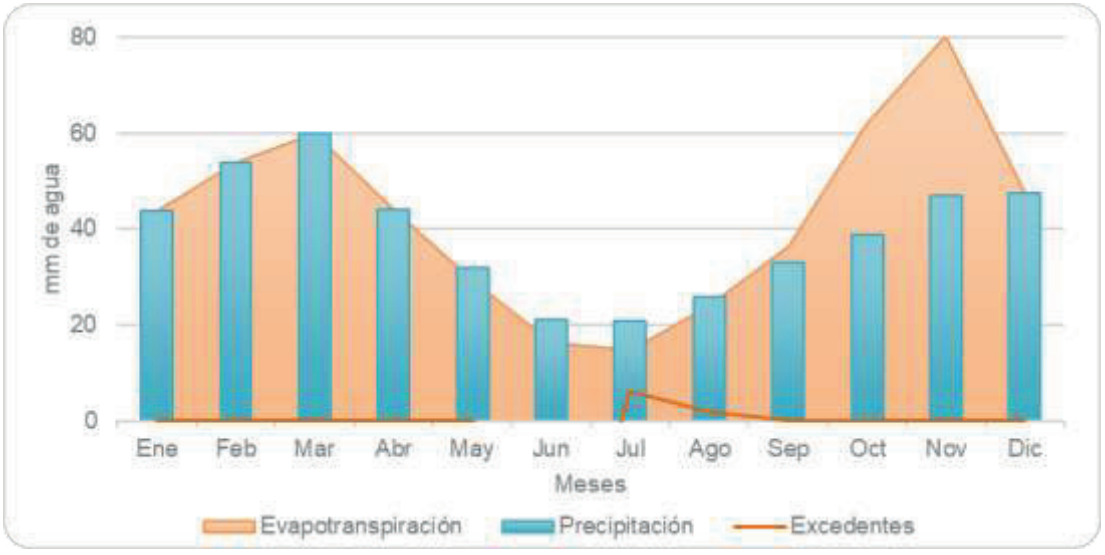


Figura 1.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Pedro Luro y Médanos.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 1.5), mientras que en los años

húmedos se registran excedentes hídricos cuando las precipitaciones son altas durante los meses de otoño e invierno (Fig. 1.6).

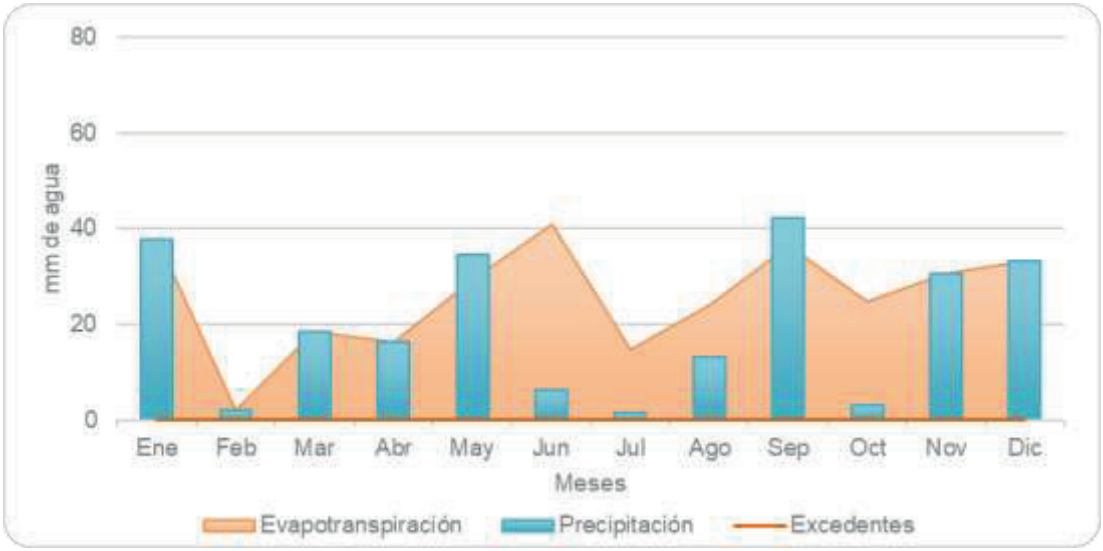


Figura 1.5: Balance hídrico mensual para el año 2021 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Pedro Luro y Médanos.

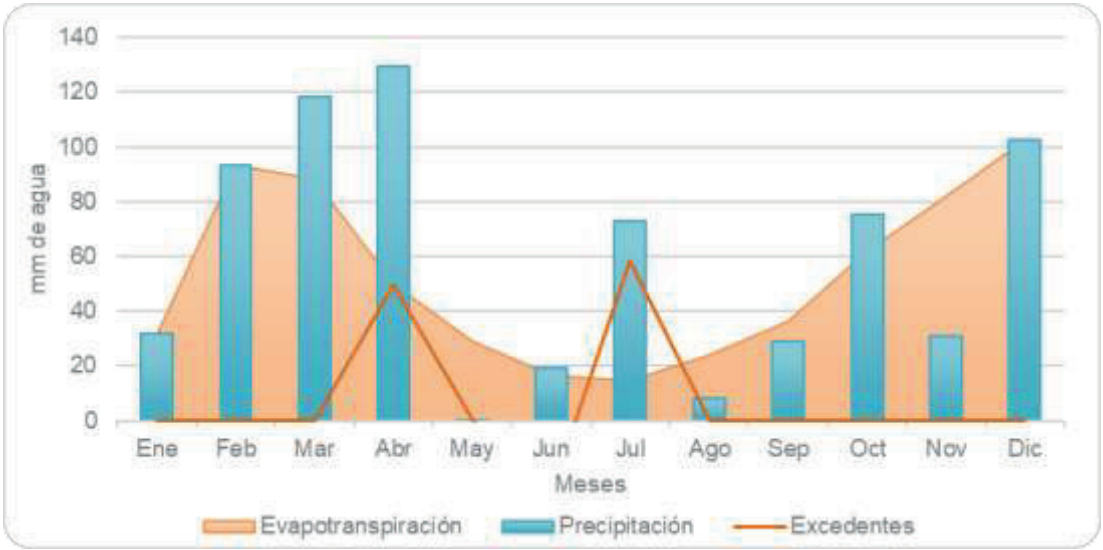


Figura 1.6: Balance hídrico mensual para el año 2004 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Pedro Luro y Médanos.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 1.7 y 1.8). En los periodos secos en el área de Médanos se observa claramente la formación de depósitos salinos tanto en el área de Salinas

Chicas como en el Salitral de la Vidriera (Fig. 1.7a). Mientras que en Pedro Luro los periodos secos no son tan notorios en los ambientes lagunares, aunque pueden igualmente reconocerse algunos depósitos de sales en zonas deprimidas. No obstante, nótese que, las lagunas de La Salada y La Petrona permanecen con agua en superficie (Fig. 1.8a) y esto se explica porque son cuerpos lagunares que reciben aportes de agua desde los canales de riego.

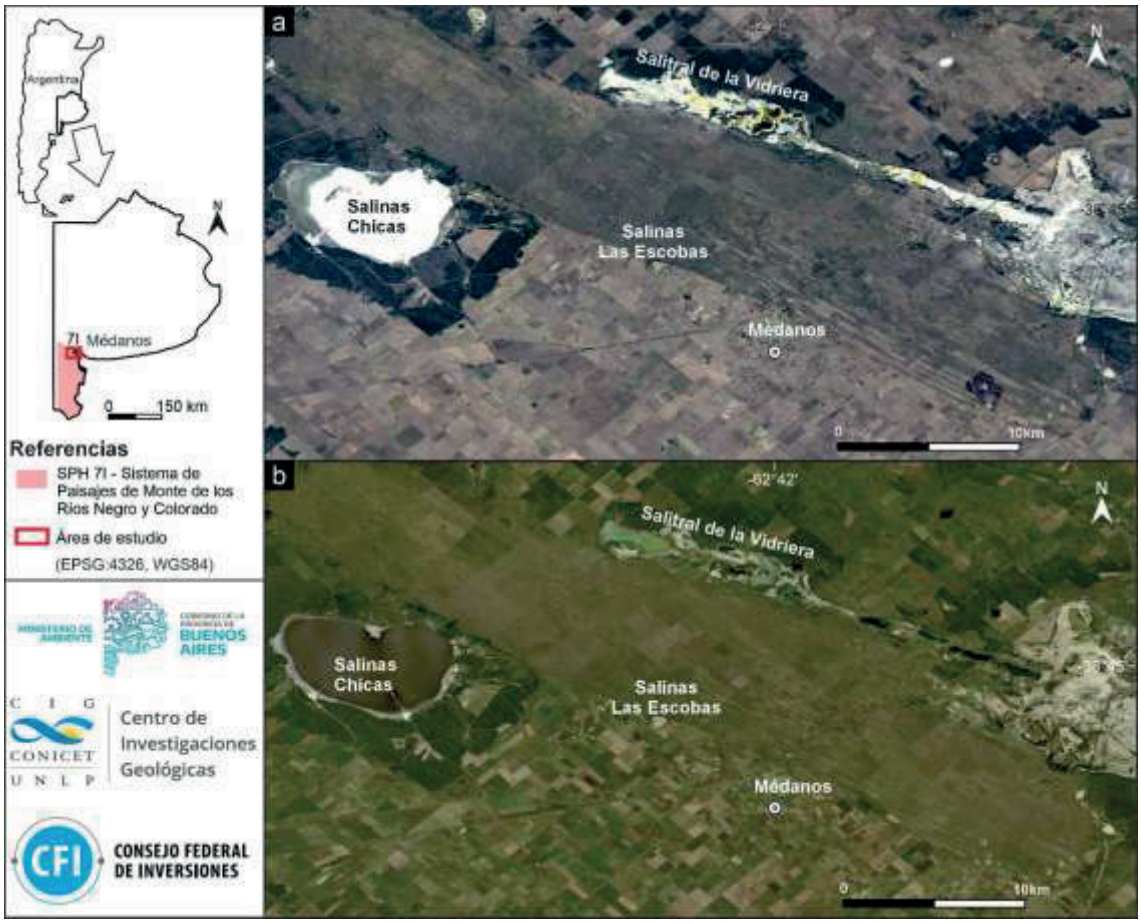


Figura 1.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Médanos en (a) un periodo seco (19/02/2021), y (b) un periodo húmedo (15/11/2014).

Por su parte, en los periodos húmedos tanto en el área de Médanos como de Pedro Luro (Fig. 1.7b y 1.8b), los ambientes deprimidos (lagunas, cubetas, etc.) presentan agua en superficie. Esto muestra que dentro de este SPH existen ambientes de humedales que

están condicionados por las condiciones climáticas, mientras que otros tienen un funcionamiento hidrológico que responde a acciones antrópicas (canales de riego).

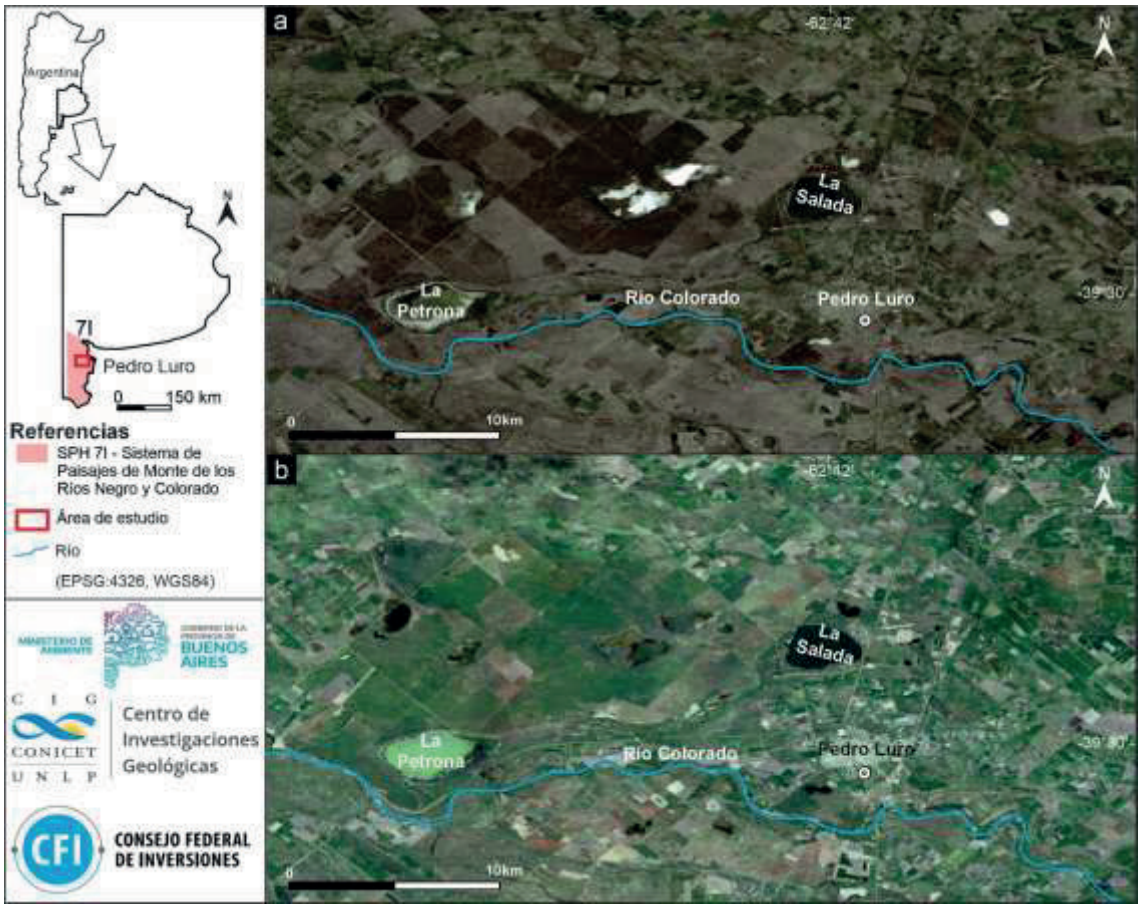


Figura 1.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Pedro Luro en (a) un periodo seco (19/02/2021), y (b) un periodo húmedo (15/11/2014).

Relieve y Geomorfología

El área comprendida en los alrededores de la localidad de Médanos presenta un relieve topográficamente variable el cual comprende distintas geoformas (Fig. 1.9 y 1.10). En el sector sur se reconoce una terraza fluvial (con cotas cercanas a 35 m snm) que presenta una morfología de planicie elevada. Hacia el norte de dicha terraza limita un área de paleovalle (antiguo valle del Río Colorado) la cual se extiende en sentido oeste-este y sobre la que se desarrollan depósitos eólicos de campos de dunas (Folguera et al., 2015). Hacia el sudoeste entre ambas geoformas se encuentran diferentes depresiones, algunas

de las cuales se corresponden con depresiones salinas, cuya altitud absoluta se encuentra por debajo del nivel de mar (p.e. Salinas Chicas). Limitando al norte y noroeste del área del paleovalle se reconocen ambientes topográficamente bajos asociados a planicies costeras las cuales se encuentran inactivas en los sectores más continentales en donde se desarrolla el Salitral de la Vidriera. Dentro de este salitral se forman costras salinas de halita y yeso y montículos de arena. Estos últimos son producto de que la vegetación halófita del salitral entrampa y fija a la arena que es trasportada por los fuertes vientos desde las dunas adyacentes. Limitando el área de estudio hacia el norte, el relieve comienza a hacerse más pronunciado desarrollándose una llanura pedemontana con suave gradiente hacia el sur, fuertemente disectada por valles extraserranos.

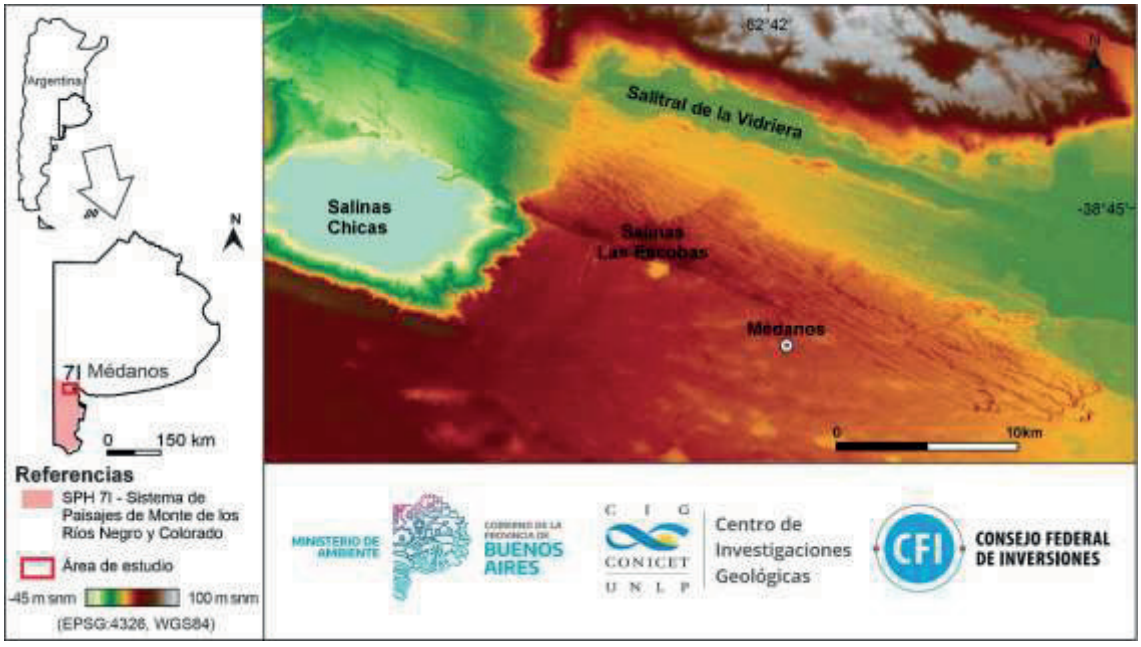


Figura 1.9: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Médanos.

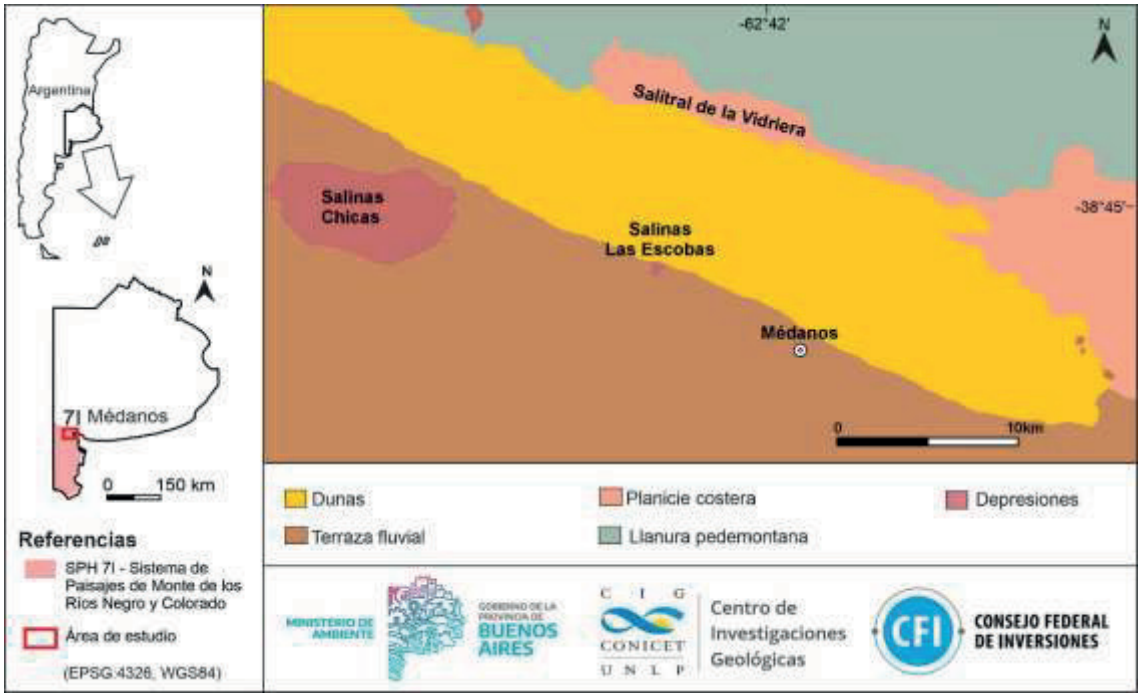


Figura 1.10: Mapa geomorfológico para el área próxima a la localidad de Médanos.

En la zona estudiada comprendida en las cercanías de la localidad de Pedro Luro (Fig. 1.11 y 1.12), la geoforma predominante corresponde a planicies fluviales asociadas a un antiguo comportamiento deltaico del Río Colorado. Esta planicie tiene una suave pendiente hacia el este (Fig. 1.11), reconociéndose en el paleodelta geoformas fluviales menores tales como antiguos cursos meandrosos. Dentro de este ambiente se desarrolla en el sector sur el cauce actual del Río Colorado, el cual tiene un curso sinuoso en donde se reconocen depósitos de barra tanto dentro del cauce como en los laterales.

El Río Colorado nace en la cordillera y luego de recorrer 922 km desemboca en el Océano Atlántico con un caudal medio a 150 m^3/s. La Corporación de Fomento del Valle Bonaerense del Río Colorado (CORFO Río Colorado) administra el servicio de riego del Río Colorado en los partidos de Villarino y Patagones (https://corfo.gob.ar/corfo/sobre-corfo/) con jurisdicción sobre 516.641 ha. De este total 137.145 ha están empadronadas

con concesión de riego (1238 productores regantes), regándose en la actualidad el total de las hectáreas con concesión.

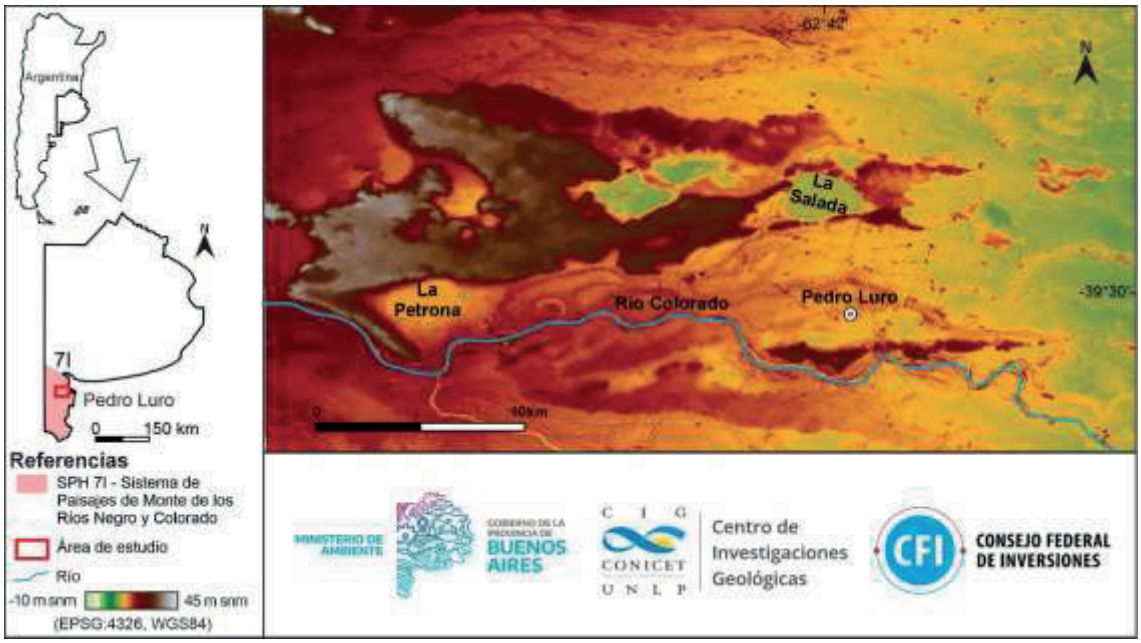


Figura 1.11: Modelo digital de elevación (MDE) para el área próxima a la localidad de Pedro Luro.

Entre los ambientes fluviales se observan planicies elevadas (con cotas cercanas a 35 m snm) que corresponden a terrazas fluviales que forman actualmente niveles escalonados interfluviales. Entre la planicie elevada de la terraza fluvial y los ambientes fluviales adyacentes existe una marcada escarpa con diferencias de altura próximas a 20 m. Asociadas a ambas planicies se observan depresiones que alojan lagunas o salinas, siendo estas últimas las geoformas que naturalmente tienden a presentarse en el área. Las lagunas (tales como La Salada y La Petrona) reciben aportes desde los canales de drenaje para riego que desvían agua desde el Río Colorado. Depresiones menores próximas a los canales de riego también forman temporalmente lagunas cuando dichos canales se desbordan.

En la laguna La Salada los relevamientos efectuados a lo largo de toda su costa mostraron que, en general, las márgenes están formadas por estrechas barrancas y las zonas de humedales se limitan sólo a algunos sectores. En la laguna La Petrona, los bordes presentan planicies de escasa pendiente, en muchos casos vegetadas.

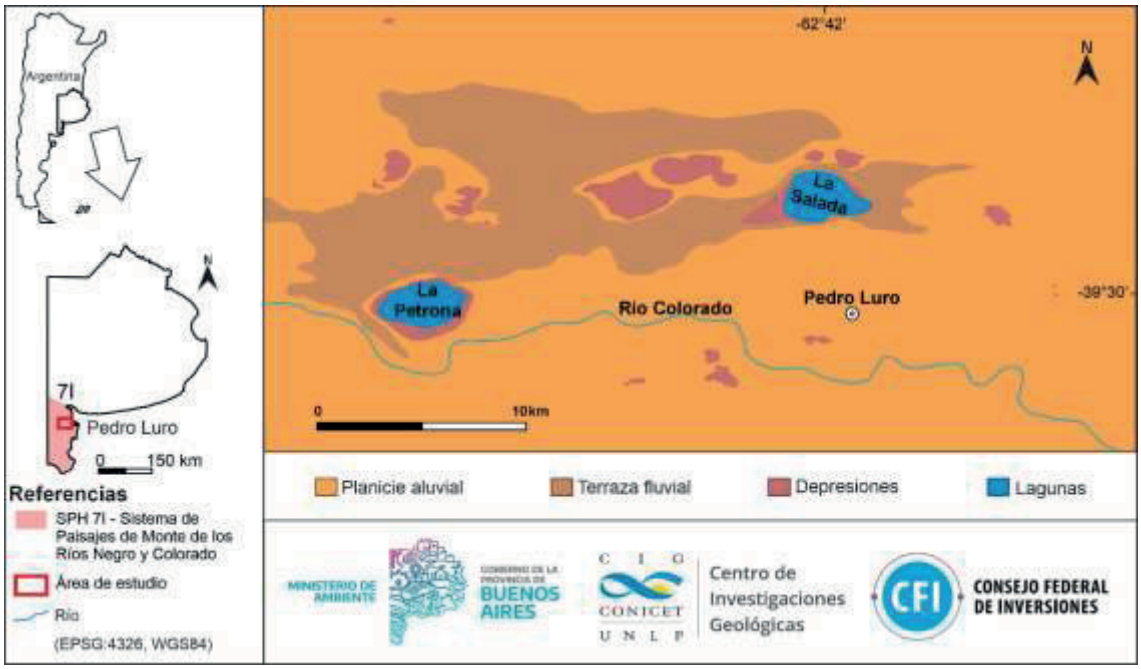


Figura 1.12: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Pedro Luro.

Suelos

La región comprendida en este SPH se caracteriza por un material parental de textura preponderantemente arenosa o más gruesa y de origen fluvial o eólico donde la vegetación es poco densa y dominan las especies arbustivas. Los suelos principales corresponden a los órdenes Entisol, Molisol y Aridisol.

En el sector norte del SPH (próximo a la localidad de Médanos, Fig. 1.13) los suelos que se desarrollan dentro del ambiente de terrazas o planicies elevadas son Molisoles (principalmente de tipo Haplustol), los cuales desarrollan perfiles profundos, formados a partir de materiales de textura gruesa. Debido a estas características texturales tienen

permeabilidad moderadamente rápida y son algo excesivamente drenados. En el área de dunas depositadas sobre el antiguo valle del Río Colorado dominan los Entisoles de tipo Torripsament con suelos de textura arenosa. En las zonas de pendientes hacia los ambientes de salinas los suelos son Entisoles de tipo Ustortent, los cuales tienen perfiles moderadamente profundos, de desarrollo incipiente y algo excesivamente drenado. Por su parte, en las zonas de salinas no existe un desarrollo de suelos y los depósitos evaporíticos tienden a formarse sobre sedimentos limo arcillosos a arcillosos.

El uso del suelo de la zona es de tipo ganadero, aunque en el área de Salinas Chicas los productores mineros explotan las sales de halita que se forman en la laguna para su comercialización.

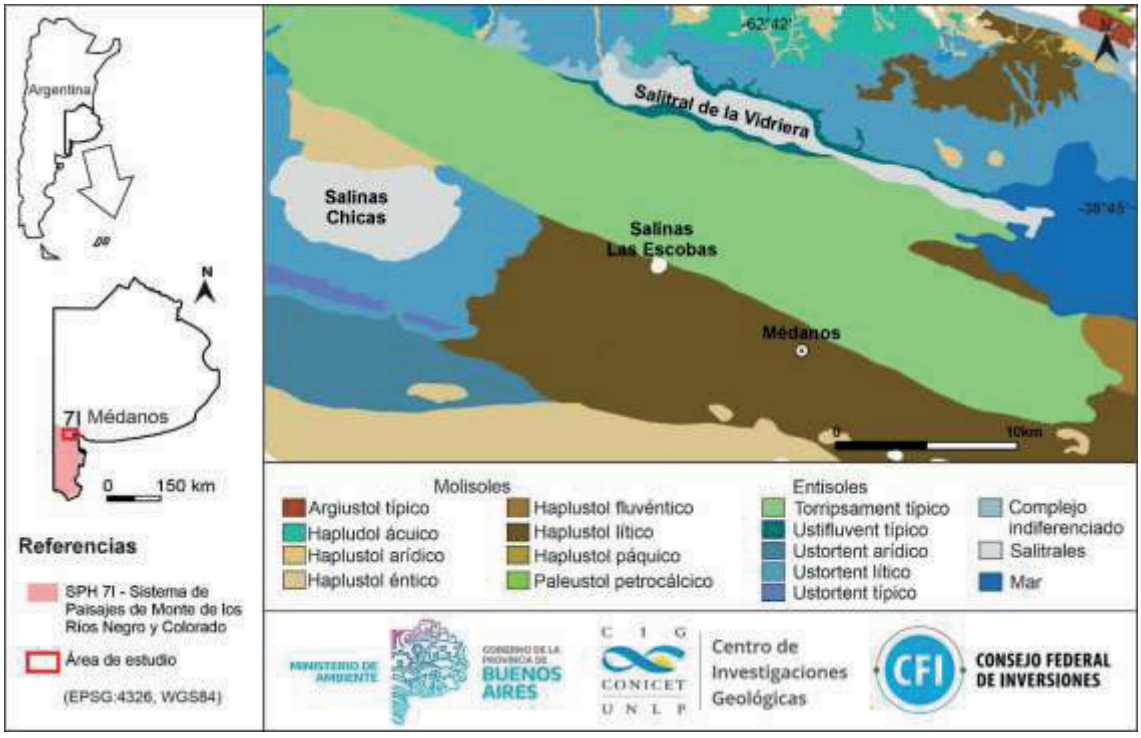


Figura 1.13: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Médanos.

En el sector de Pedro Luro (Fig. 1.14), dentro de las planicies fluviales, los suelos son de tipo Entisol (Ustifluvent y Ustipsament) y de tipo Molisol (Hapludol y Haplustol). Los Ustifluvent se hallan restringidos a la planicie aluvial del Río Colorado y tienen en general

textura franco limosa. Los Ustipsament son suelos con incipiente desarrollo y excesivamente drenados. Los suelos Hapludol y Haplustol comprenden antiguos ambientes de la planicie aluvial en lo que representa la zona de paleodelta. Por su parte, en la zona de terraza fluvial (planicie elevada) dominan los suelos de tipo Aridisol (Haplocalcid y Natrargid).

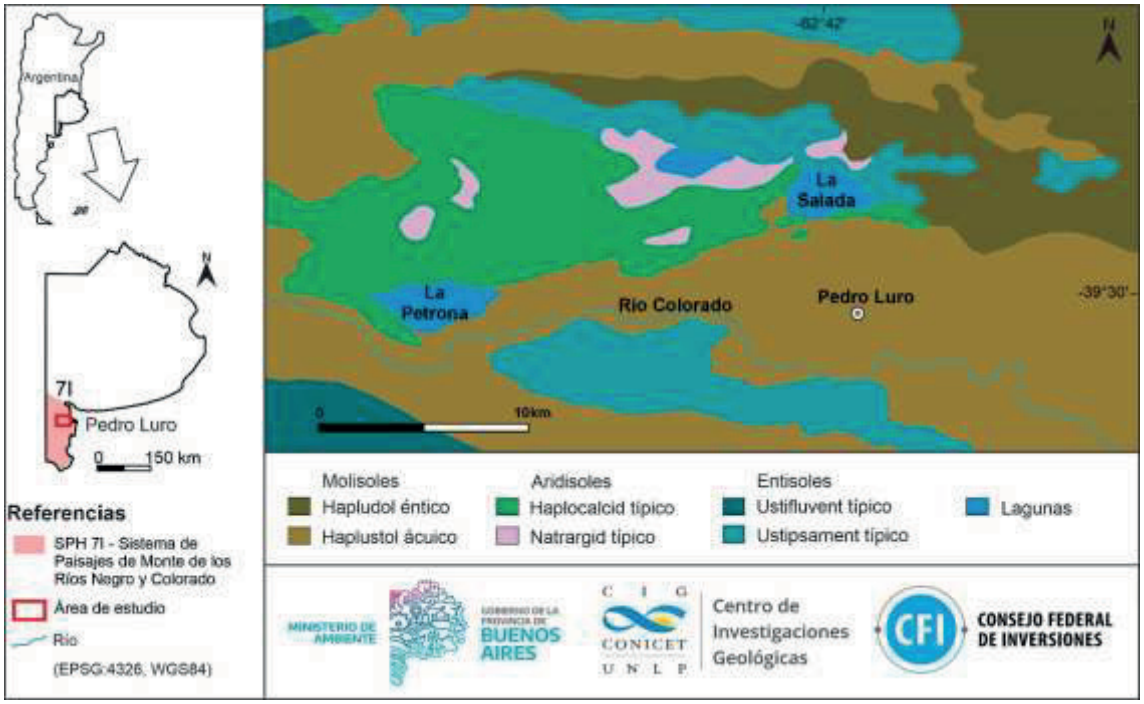


Figura 1.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Pedro Luro.

La vegetación característica en este SPH es un estrato arbóreo dominado por el caldén (*Prosopis caldenia*), que forma un bosque asociado a los algarrobos (*P. nigra, P. flexuosa*), el chañar *(Geoffroea decorticans*), la sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), el incienso (*Schinus fasciculatus*) y la pata (*Ximena americana*). Entre los arbustos son frecuentes el piquillín (*Condalia microphylla*), el atamisque (*Atamisquea emarginata*), el alpataco (*Prosopis alpataco*), la pichana (*Cassia aphylla*), el manca caballo (*Prosopidastrum globosum*), la jarilla (*Larrea divaricata*), *Lycium chilense, Ephedra triandra* y *E. ochreata.* Entre las hierbas predominan *Trichloris crinita, Elionurus muticus, Stipa gynerioides, Poa*

lanuginosa y *Baccharis artemisioides.* Los ambientes de dunas con suelos arenosos se caracterizan por el pastizal de unquillo *(Sporobolus rigens*), olivillo (*Hyalis argéntea*), ajo macho (*Panicum urvilleanum*) y especies ruderales tales como rúcula (*Eruca vesicaria*), nabo silvestre *(Brassica sp.*), asociadas a ajo macho (*Panicum urvilleanum*), barrilla borde (*Salsola Kali) y Stipa sp.* Asociadas a suelos con escurrimientos intermitentes y aguas estancadas, se desarrollan comunidades vegetales dominadas por las herbáceas *Eleocharis macrostachya, Scyrpus californicus, Juncus acutus* y *Cortaderia selloana*.

El uso del suelo es agrícola en toda el área de planicie fluvial, el cual es sustentado por el sistema de riego del Río Colorado, siendo las plantaciones de cebollas las más importantes. Se reconocen sectores con uso recreativo tales como la laguna La Salada que tiene una importante actividad turística contando en las márgenes con instalaciones de juegos, mesas, muelles de pesca, etc. También existen áreas protegidas, tal es el caso de la laguna La Petrona, que aloja una Reserva Natural Privada con abundante fauna de aves acuáticas.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En este SPH se relevaron humedales asociados a ambientes lagunares y salinas próximos a las localidades de Médanos y de Pedro Luro, relevándose también en esta última localidad humedales fluviales en un sector del Río Colorado (Fig. 1.15).

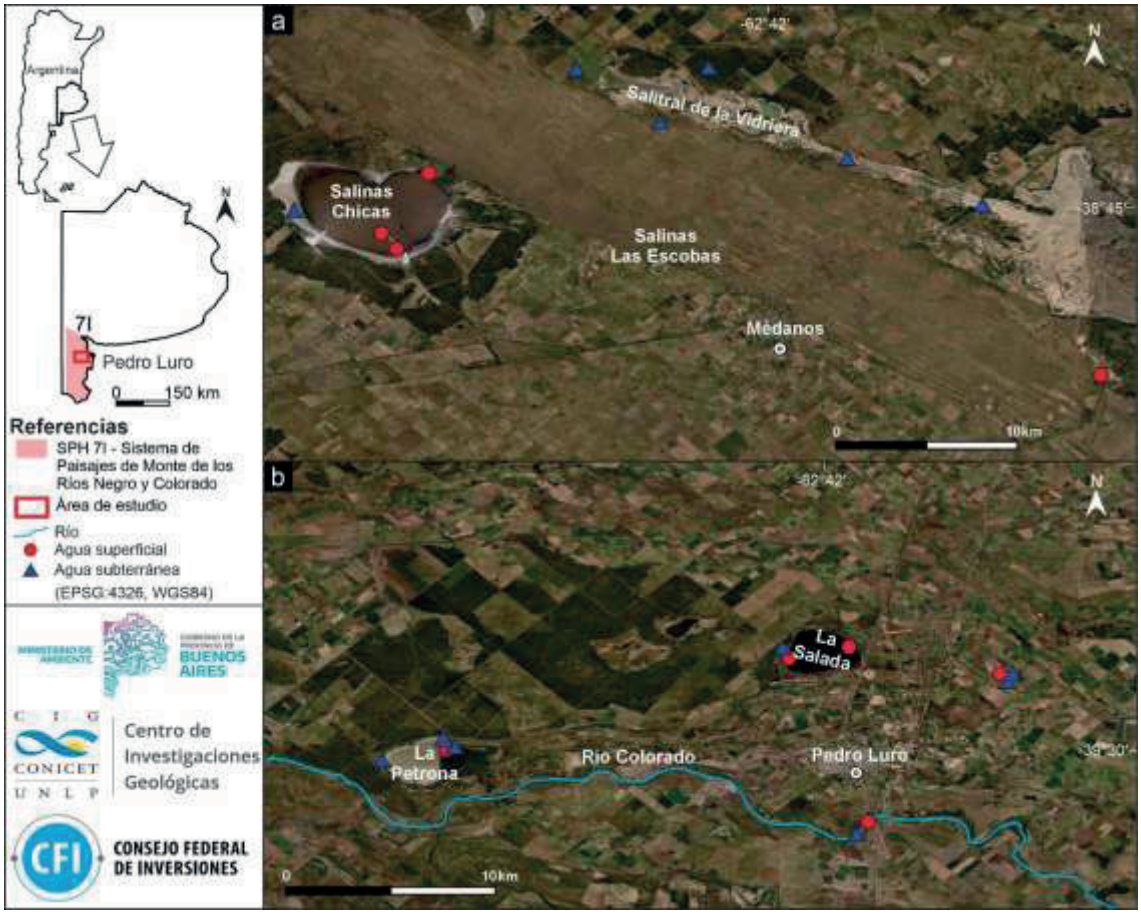


Figura 1.15: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de (a) Médanos y (b) Pedro Luro.

Próximo a la localidad de Médanos se efectuaron estudios de campo en zonas asociadas al Salitral de la Vidriera, ambientes de dunas y salinas localizadas en depresiones, tomándose muestras de agua principalmente en el salitral y salinas y en los sectores de dunas adyacentes a estos (Fig. 1.15a). Las zonas relevadas en el ámbito del Salitral de La Vidriera se encontraban sin agua en superficie. Las perforaciones realizadas dentro y en los bordes del salitral evidenciaron que en los sectores más continentales (sector oeste del salitral) el nivel freático se encontraba a más de 2 m de profundidad, mientras que próximo al área de planicie costera (sector este del salitral) el agua subterránea se localizaba a 1,2 m de profundidad. No obstante, cabe mencionar que los pobladores de la zona observan regularmente que el salitral presenta frecuentemente sedimentos saturados en agua o una lámina de agua somera en superficie en los meses de mayores

precipitaciones, característica que fue mencionada también en trabajos antecedentes (p.e. Carol et al., 2019). En relación a la hidrodinámica la depresión que aloja al Salitral de la Vidriera actúa naturalmente como área de descarga que recibe flujos de agua subterránea desde las zonas adyacentes topográficamente más elevadas, principalmente desde los campos de dunas que lo limitan hacia el sur (Rey et al., 2013). Asimismo, el sector localizado más hacia el este puede recibir aportes de agua mareal (Carol et al., 2019). La conductividad eléctrica del agua subterránea en la zona del salitral fue de 136,9 mS/cm, presentando una composición dominantemente clorurada sódica. Si bien en el momento en que se realizaron los relevamientos no presentaba agua en superficie, trabajos antecedentes (p.e. Carol et al., 2019) muestran que el agua superficial presenta también elevadas conductividades eléctricas y composiciones cloruradas sódicas (Fig. 1.16), lo que explica la presencia de costras salinas con una composición dominante de halita. Los contenidos de nitratos registrados fueron de 47,9 mg/L y los de fosfatos de 0,873 mg/L.

En el ambiente asociado a campos de dunas la profundidad del agua subterránea promedia los 4 m, presentándose los niveles más someros hacia el sector oeste – sudoeste (próximo a las Salinas Chicas) y hacia el sector noreste (lindante al Salitral de la Vidriera). Por su parte, los niveles freáticos más profundos se han registrado en las proximidades de la localidad de Médanos, los cuales superan los 14 m de profundidad, tendencia también registrada en trabajo antecedentes (p.e. Rey et al., 2013). En esta zona de dunas también se han relevado pozos surgentes localizados en el sector norte. En este ambiente de dunas, la alta permeabilidad de las arenas determina que predomine la infiltración y no se desarrollen cursos de agua superficial. Sin embargo, se ha

reconocido la presencia de cárcavas y pequeños cursos que drenan la descarga de agua subterránea en las proximidades del Salitral La Vidriera y de la Salinas Chicas. Esta descarga de agua subterránea ocurre en zonas de dunas adyacentes a las depresiones producto del brusco cambio en la topografía que hace que la superficie del terreno intercepte a la del nivel freático y el agua subterránea aflore. Dentro del campo de dunas la conductividad eléctrica del agua varió entre 1,59 y 6,08 mS/cm, siendo en todos los casos el pH levemente alcalino a alcalino. La composición mayoritaria del agua subterránea (freática y surgente) en los puntos muestreados (localizados en sectores de borde) es mixta con tendencia a clorurada sódica (Fig. 1.16). En el agua freática los contenidos de nitratos registrados fueron de 1,14 mg/L y los de fosfatos de 0,10 mg/L, mientras que en el pozo surgente muestreado los contenidos fueron de 31,22 mg/L y 0,106 mg/L respectivamente.

Al sur de las dunas y cercano a lo localidad de Médanos se relevaron dos zonas de salinas (Salinas Chicas y Las Escobas). La primera, de mayor extensión, estaba cubierta por una costra salina (principalmente halita) y presentó agua en superficie (lámina cercana a 0,20 m de profundidad) en el sector central con salinidades superiores a 120 mS/cm, pH alcalinos y composiciones dominantemente cloruradas sódicas (Fig. 1.16). Los contenidos de nitratos alcanzaron valores de 24 mg/L y los de fosfatos variaron entre 0,292 y 0,421 mg/L. En esta salina, tal como se mencionó precedentemente, se observó en las márgenes del sector noreste la descarga de pequeños arroyos, y en los sectores que limitan a los depósitos de dunas también pudo observarse la descarga difusa de agua subterránea. Regionalmente esta depresión constituye un área de descarga de agua subterránea con aportes principalmente desde la zona de dunas (Rey et al., 2013). El agua

de los arroyos que descargan a la salina presentó conductividades eléctricas entre 0,55 y 1,17 mS/cm y pH entre 7,85 y 8,06, siendo la composición iónica mayoritaria de tipo clorurada sódica. Los contenidos de nitratos registraron valores de 1,55 mg/L y los de fosfatos de 0,292 mg/L. Por su parte, la Salina Las Escobas no tenía agua en superficie y con la perforación realizada dentro de la misma se alcanzó a llegar a los 2,5 m de profundidad sin arribar al nivel freático.

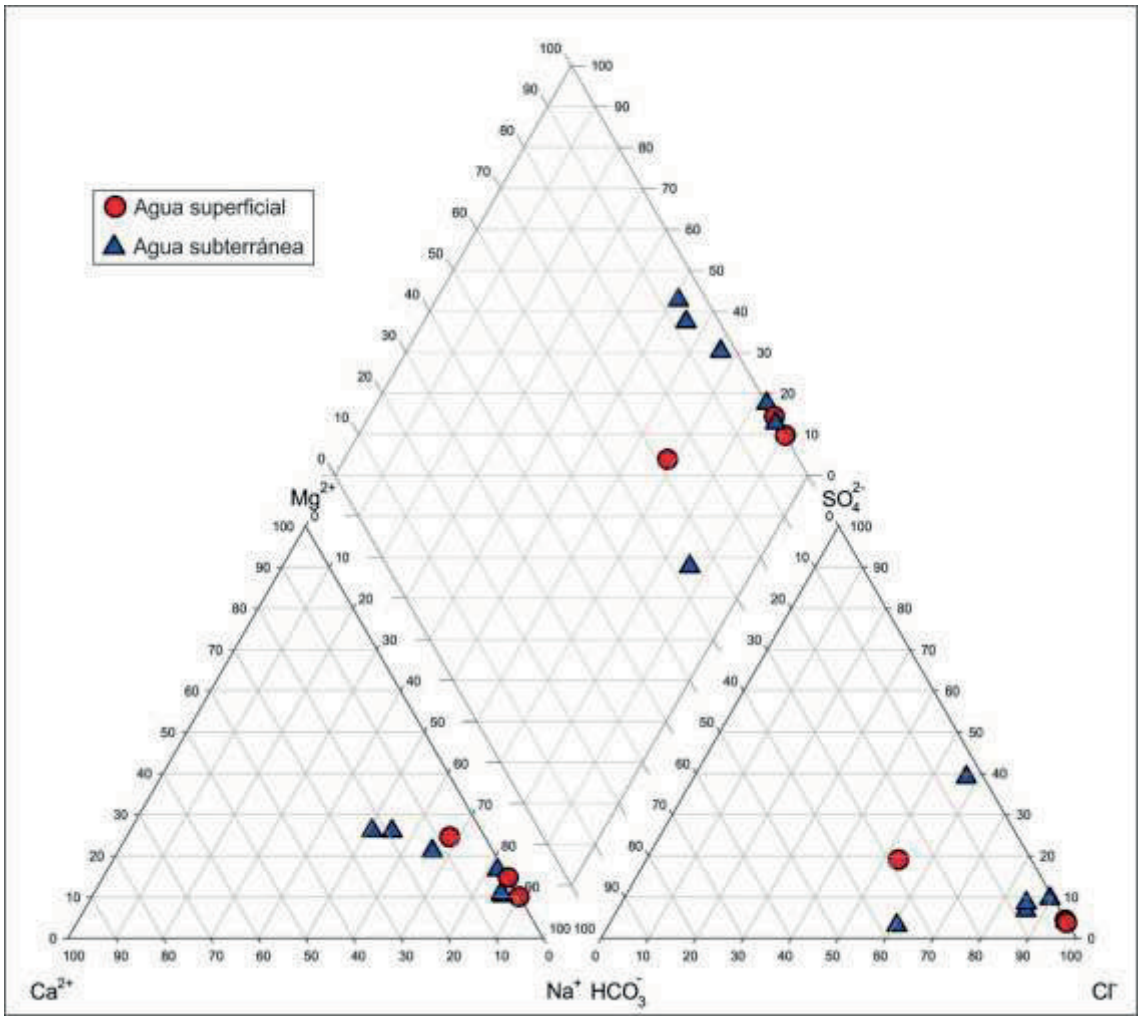


Figura 1.16: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Médanos.

En el mismo SPH, pero en las cercanías de la localidad de Pedro Luro, se desarrollan ambientes lagunares y fluviales. Respecto a los primeros, se relevaron lagunas que son sustentadas hace más de 50 años (según lo indicado por los habitantes locales) por el

ingreso de agua desde canales de drenaje que desvían el agua del Río Colorado. Tal es el caso de la laguna La Salada y de la laguna La Petrona (Fig. 1.15b).

En la laguna La Salada la conductividad eléctrica del agua superficial es cercana a 43 mS/cm y el pH de 9,04, con composiciones de tipo clorurada sódica (Fig. 1.17). En las márgenes planas de la laguna en donde se desarrollan pequeños humedales, el nivel freático se encuentra cercano a 0,5 m de profundidad. El agua subterránea tiene conductividades eléctricas variables registrándose valores entre 9,53 (en sectores próximos a la descarga de canales) y 78,9 mS/cm (en sectores planos asociados a depósitos salinos en superficie), siendo en todos los casos el pH neutro a levemente alcalino. Los contenidos de nitratos registrados fueron de 8,49 mg/L y los de fosfatos de 0,055 mg/L.

En la laguna La Petrona la conductividad eléctrica del agua superficial es en promedio de 10,3 mS/cm, el pH es levemente alcalino y la composición iónica mayoritaria es de tipo clorurada a sulfatada sódica (Fig. 1.17). En las márgenes de la laguna de morfología plana el nivel freático se encontró próximo a la superficie (entre 0,40 y 0,65 m de profundidad). El agua subterránea registró conductividades eléctricas entre 8,31 y 40,6 mS/cm, pH levemente inferior al del agua superficial y las composiciones fueron de tipo clorurada a sulfatada sódica (Fig. 1.17). Los contenidos de nitratos variaron entre 3,65 y 9,83 mg/L y los de fosfatos entre 0,005 y 0,017 mg/L.

Por su parte, en los relevamientos efectuados en pequeñas depresiones que alojan lagunas someras y que no reciben el aporte de agua desde canales de riego, se observó un comportamiento hidrodinámico e hidroquímico distinto. Estas lagunas están

sustentadas por el agua de las precipitaciones y por la descarga de agua subterránea, la cual fue observada en varios sectores de las márgenes. El brusco cambio en la pendiente del terreno que se origina en el borde de las depresiones ocasiona que la topografía intercepte al nivel freático y que el agua subterránea aflore de manera difusa y en ocasiones levemente encausada. La conductividad eléctrica del agua superficial en estas lagunas es cercana a 69 mS/cm y la del agua subterránea varía entre 51 y 101 mS/cm. Por su parte, las muestras obtenidas en las zonas de descargas de agua subterránea son en general menos salinas con valores de 12,72 mS/cm. Estos elevados contenidos salinos y la fuerte evapotranspiración en el área determinan la formación de sales evaporíticas en las márgenes de la laguna. En lo que respecta al pH, el agua superficial es alcalina, mientras que en el agua subterránea el pH disminuye levemente. La composición iónica mayoritaria es de tipo clorurada sódica tanto en el agua superficial como subterránea (Fig. 1.17). Los contenidos de nitratos son cercanos a 19 mg/L y los de fosfatos varían entre 0,042 y 0,291 mg/L.

Por último, dentro de esta zona se relevaron ambientes fluviales del Río Colorado (Fig. 1.15) donde el curso del río presentó depósitos de barras arenosas vegetadas cuyo nivel freático se encontraba a menos de 0,50 m de profundidad. Las mediciones de conductividad eléctrica en el agua del río mostraron valores de 1,08 mS/cm y el pH fue de 8,60, siendo el agua de tipo mixta. En el agua subterránea la conductividad eléctrica fue de 1,15 mS/cm, el pH de 7,56, y la composición mayoritaria de tipo mixta (Fig. 1.17). Los contenidos de nitratos tanto en el agua superficial como subterránea son bajos con valores inferiores a 3,88 mg/L y al igual a que los de fosfatos que registraron valores entre 0,004 y 0,013 mg/L. Cabe indicar que el agua del Río Colorado es distribuida en

todo el ámbito de la planicie aluvial (asociada al paleodelta) por sistemas de canales de riego, por cuanto es importante también remarcar la influencia que el agua del río tiene en la recarga de agua subterránea. Dado que los canales no se encuentran totalmente impermeabilizados en su base, el agua de riego infiltra recargando al agua subterránea, situación que también ocurre en las depresiones que reciben agua de riego. Esto constituye una recarga que, si bien ocurre puntualmente en la zona de canales, la gran extensión y densidad de los mismos hace que tenga influencia en toda la región bajo riego.

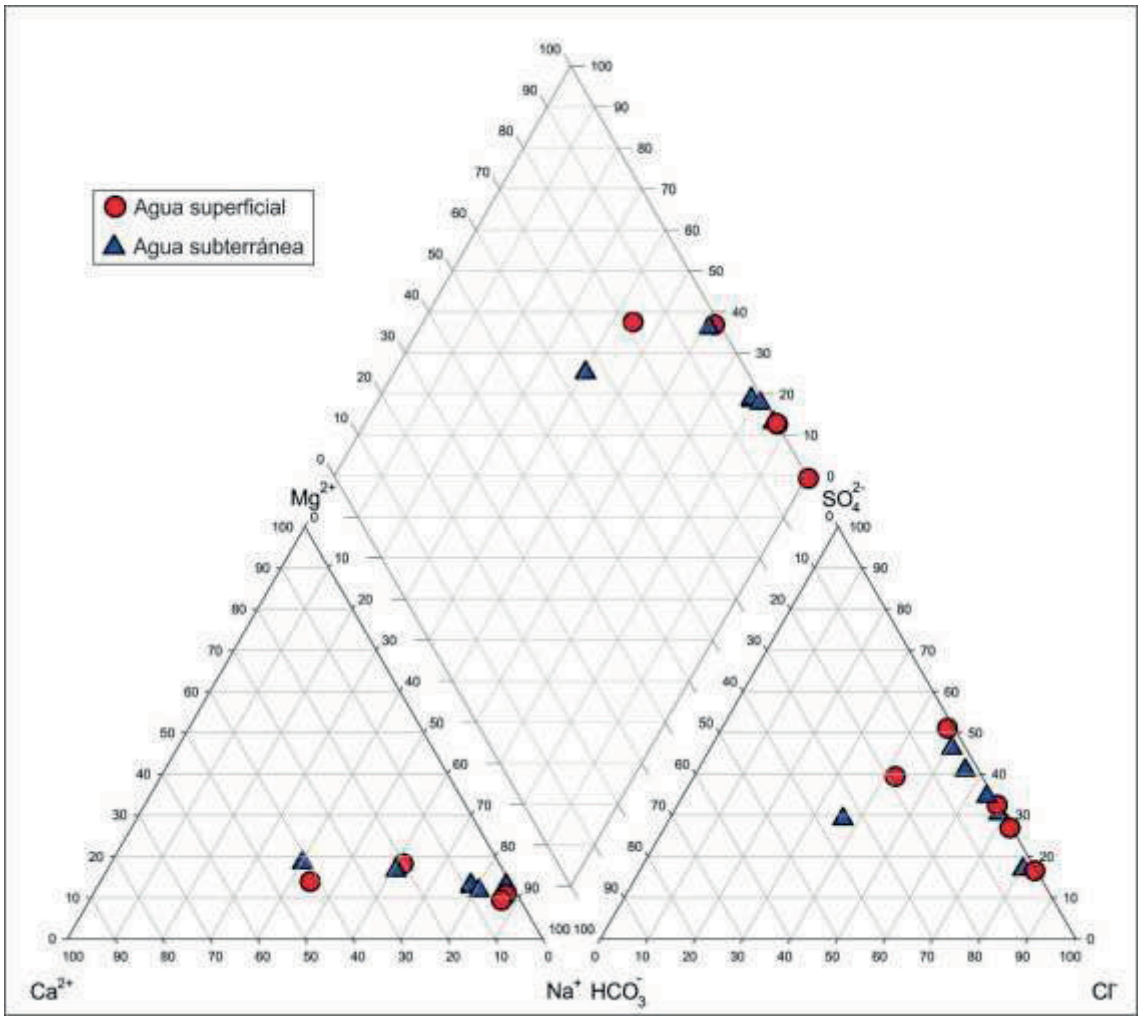


Figura 1.17: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Pedro Luro.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 1.18) resume el funcionamiento explicado previamente para las áreas adyacentes a las localidades de Médanos y Pedro Luro.

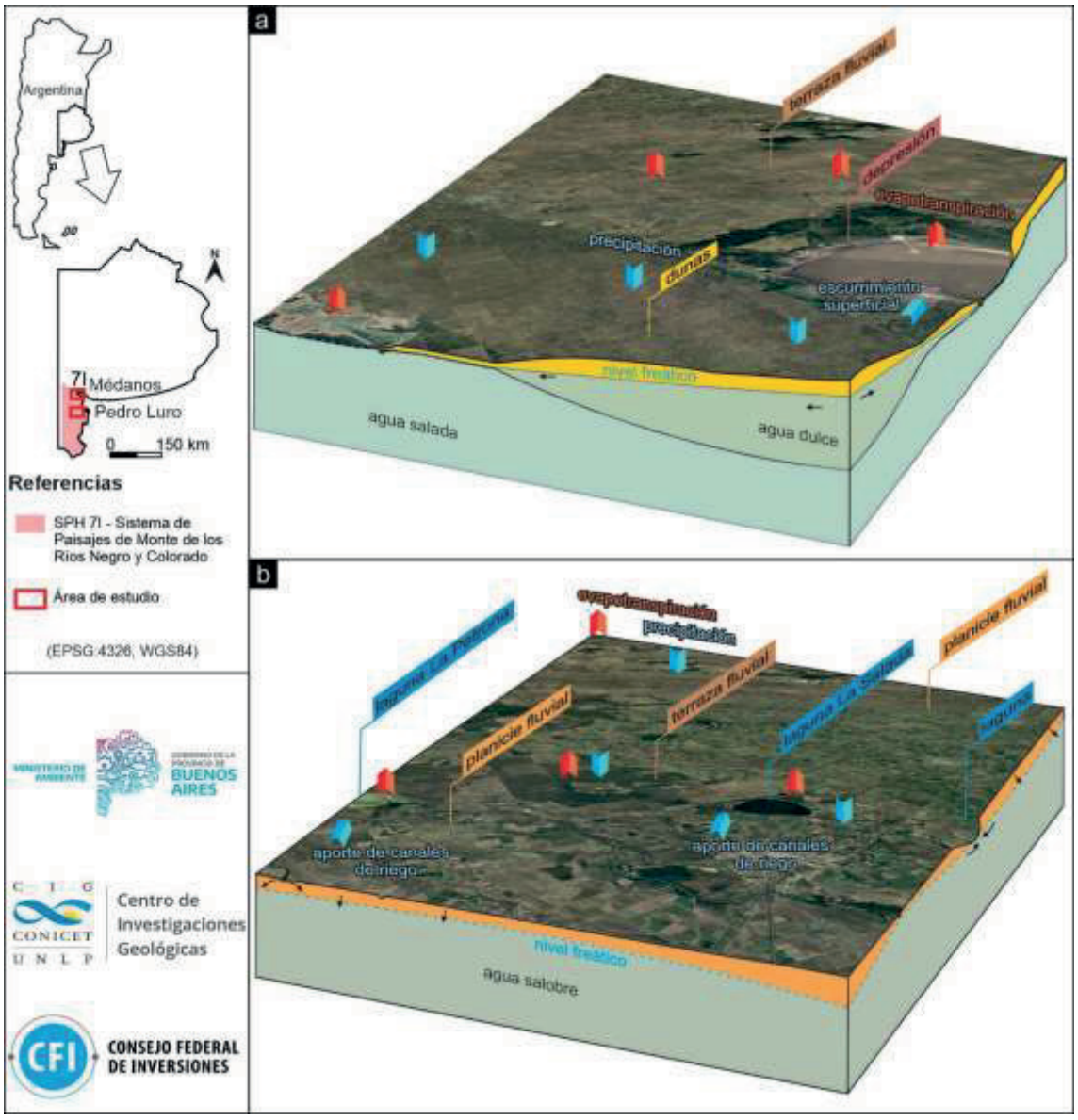


Figura 1.18: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Paisajes de Monte de los ríos Negro y Colorado en áreas adyacentes a las localidades de (a) Médanos, y (b) Pedro Luro.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro del Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Paisajes de Monte de los ríos Negro y Colorado, si bien dominan las condiciones de aridez, es posible reconocer zonas de humedales asociadas y/o relacionadas a distintos ambientes

hidrogeomorfológicos. Los balances hídricos evidencian que pese a las condiciones de aridez existen excedentes hídricos que determinan que parte del agua de las precipitaciones pueda infiltrar o escurrir superficialmente. En relación a los procesos de infiltración del agua de lluvia, estos dominan en los ambientes hidrogeomorfológicos asociados a dunas donde la mayor permeabilidad de sus sedimentos favorece la rápida infiltración del agua de lluvia, la cual se acumula subterráneamente. En este ambiente hidrogeomorfológico, no se desarrollan cuerpos de agua superficial ni zonas de humedales, encontrándose el nivel freático mayormente a más de 3 m de profundidad. Por su parte, en los ambientes de terrazas fluviales, llanura pedemontana y planicies aluviales, si bien los excedentes hídricos pueden infiltrar, la menor permeabilidad de sus sedimentos determina que parte de estos puedan escurrir superficialmente.

En general, dentro de las áreas estudiadas los humedales se asocian principalmente a depresiones, las cuales constituyen sitios de descarga de agua subterránea con aportes desde los ambientes hidrogeomorfológicos adyacentes que se encuentran topográficamente más elevados. Dentro de estos si bien en algunas depresiones se reconocieron también aportes desde flujos superficiales encauzados, estos cursos drenan principalmente agua de la descarga subterránea. Un ejemplo de esto lo constituye el Salitral de la Vidriera y las Salinas Chicas que reciben aportes de la descarga de agua subterránea desde las dunas adyacentes. Esta última no sólo se asocia al flujo que ingresa de manera subterránea sino también al agua subterránea que descarga en las zonas de pendientes pronunciadas formando pequeños cursos y cárcavas en las adyacencias a las depresiones. El agua que descarga en las depresiones se acumula en superficie y la alta tasa de evaporación da lugar a la formación de salinas las cuales pueden ocupar sólo el

borde de las depresiones o la totalidad de las mismas. Cabe recordar que, en la zona este del Salitral de la Vidriera pueden existir también aportes mareales.

En la zona próxima a Pedro Luro, adquieren importancia los humedales en ambientes hidrogeomorfológicos asociados a la planicie aluvial en las adyacencias del Río Colorado. El cauce actual del río presenta depósitos de barras arenosas vegetadas (en los bordes y dentro del cauce) que forman humedales sustentados por el agua del río. El agua del Río Colorado también sustenta algunos humedales de depresiones, esto se debe a que, si bien se reconocieron en el área pequeñas depresiones que reciben la descarga de agua subterránea y forman lagunas y salinas, existen otras depresiones que son sustentadas principalmente por el aporte de agua desde los canales de riego. Este es el caso por ejemplo de la laguna La Salada y de la laguna La Petrona. De estas dos, la laguna La Salada presenta márgenes con barrancas y las zonas de humedales son escasas, mientras que la laguna La Petrona presenta márgenes en forma de planicies desarrollando ambientes de humedales en toda la costa de la laguna. Esta laguna tiene una fuerte dependencia de los aportes desde los canales de riego informando el propietario del campo (y responsable de la Reserva Natural de Vida Silvestre en la cual se aloja la laguna) que si ésta no recibe los aportes del canal de riego la laguna se seca formando salinas. Una situación similar ocurre con algunas pequeñas depresiones que se activan como lagunas sólo con el rebalse de los canales de riego. Esto muestra la importancia del sistema de riego del Río Colorado en el sustento de algunas zonas de humedales de este SPH.

En la figura 1.19 se muestran fotografías de los distintos ambientes relevados dentro del Sistema de Paisajes de Humedales de Monte de los Ríos Negro y Colorado.



Figura 1.19: Fotografías mostrando (a) y (b) Ambientes de salinas. (c) Vegetación halófita en depresión con salinas próximas a Pedro Luro. (d) Montes de chañares en Laguna La Petrona. (e) Arroyos que descargan desde las dunas hacia Salinas Chicas. (f) Laguna y Reserva de Vida Silvestre La Petrona. (g) Humedales asociados a depósitos de barra en el cauce del Río Colorado.

B. SPH 8aII – SISTEMA DE PAISAJES DEL COMPLEJO SALADO-VALLIMANCA

2. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales adyacentes a las localidades de Alberti y General Alvear

Ubicación

En el Sistema de Paisajes de Humedales del Complejo Salado – Vallimanca, se estudiaron dos áreas asociadas a ambientes fluviales. Una de ellas se localiza en un sector del arroyo Las Flores, en las proximidades de la localidad de General Alvear, y la otra en un sector del Río Salado, en las adyacencias de la localidad de Alberti (Fig. 2.1).

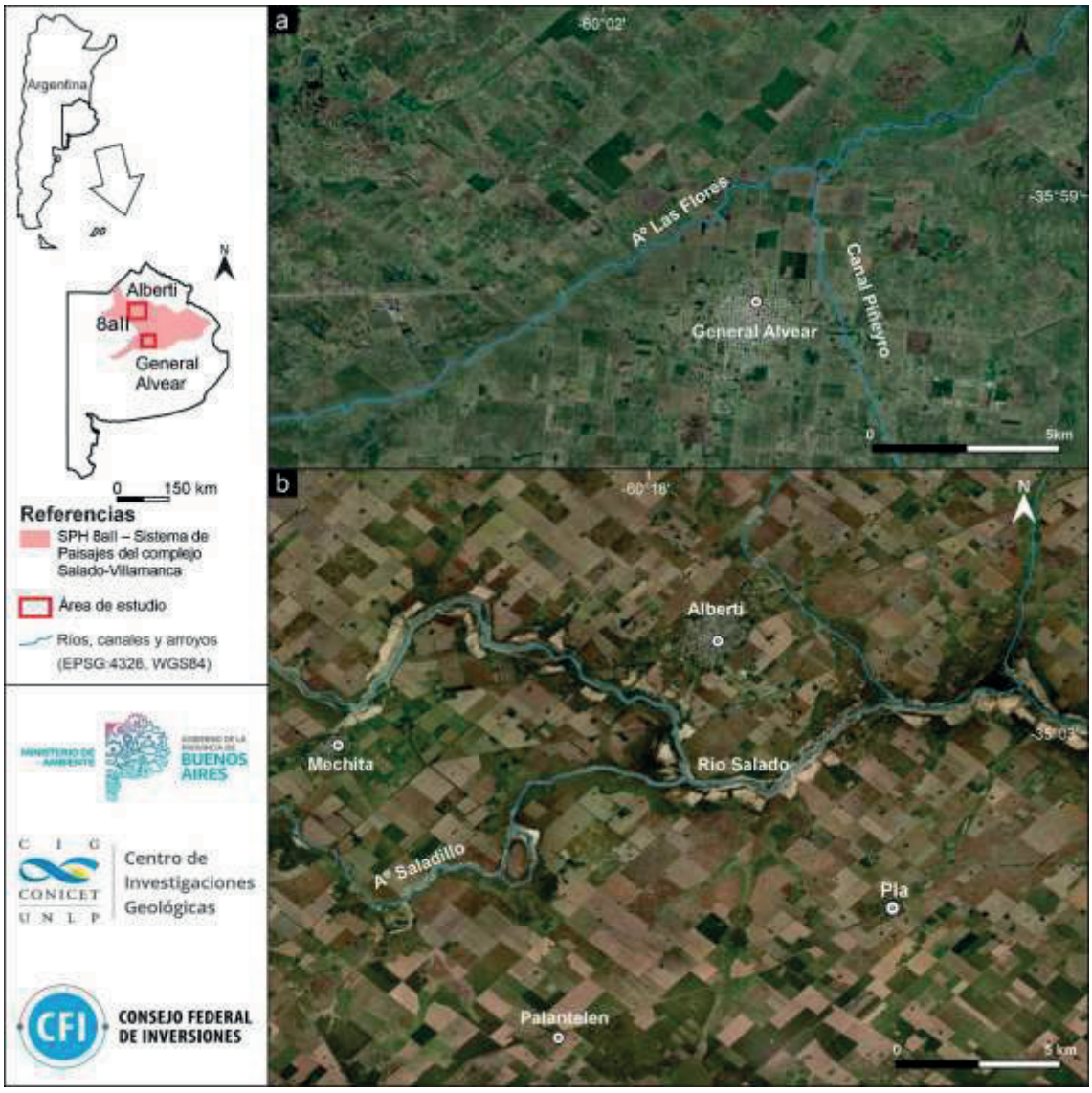


Figura 2.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de (a) General Alvear y (b) Alberti.

Estos sectores comprenden zonas del SPH que presentan diferentes características geomorfológicas cuyo estudio permite analizar las variaciones espaciales que pueden ocurrir dentro de este sistema. Debido a estas diferencias y la distribución espacial es que las características climáticas, relieve, geomorfología, suelos e hidrodinámica e hidroquímica de cada sector será descripto por separado, mientras que la descripción de los ambientes hidrogeomorfológicos y áreas de humedales se hará de manera integral.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a la localidad de General Alvear, cabecera del partido homónimo, se definieron a partir de los datos registrados en la Sociedad Rural de General Alvear, ubicada dentro de dicha localidad. La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 1013 mm, registrándose máximos de 1431 mm en 2012 y mínimos de 712 mm en 2008 (Fig. 2.2).

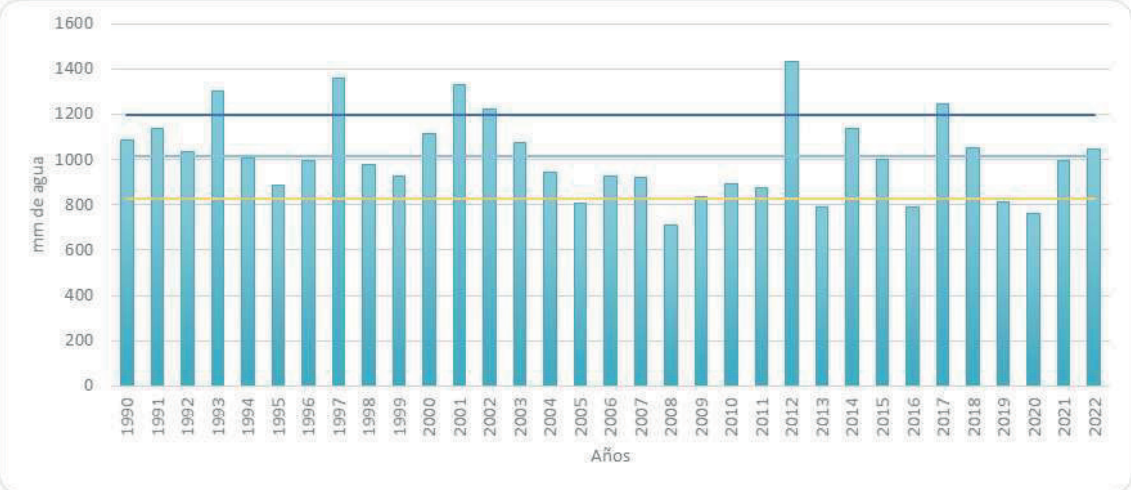


Figura 2.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre octubre y abril con valores entre 90 y 120 mm, mientras que en invierno (junio, julio y agosto) la precipitación ronda los 40 mm (Fig. 2.3). El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación solo en los meses de verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre marzo y noviembre (Fig. 2.4), cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

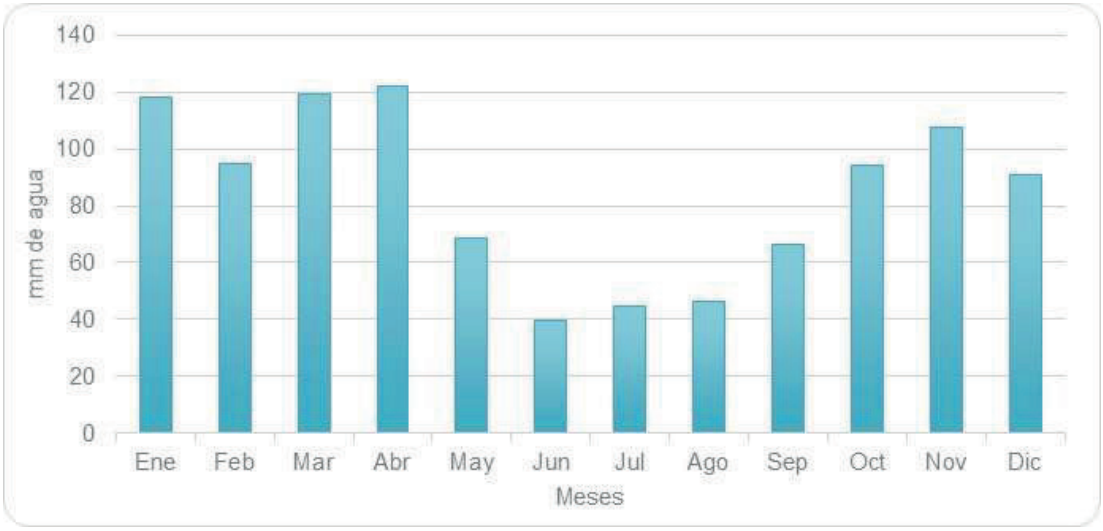


Figura 2.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

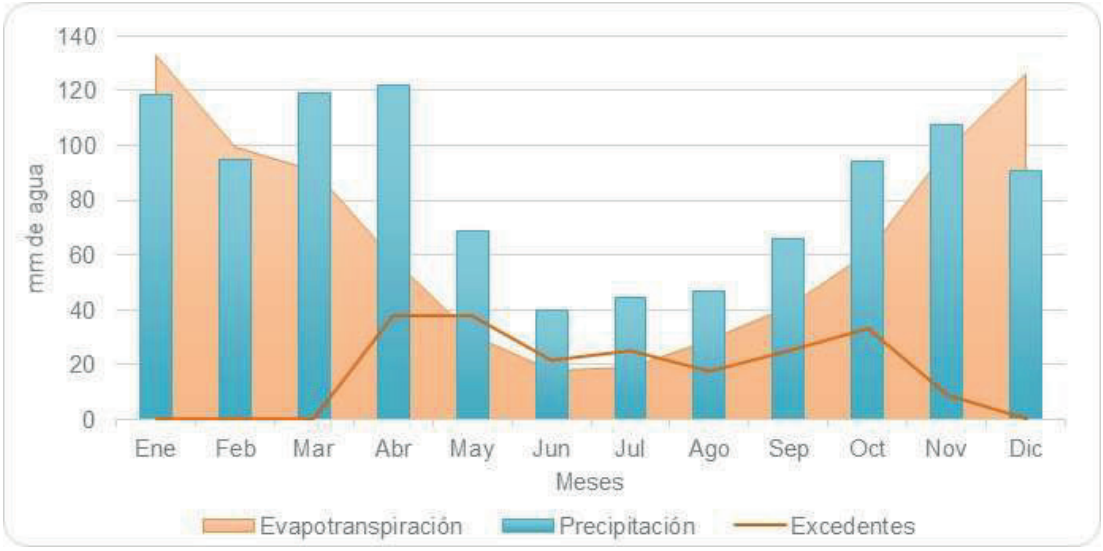


Figura 2.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son escasos a nulos (Fig. 2.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos cuando las precipitaciones son altas durante los meses de otoño y primavera (Fig. 2.6).

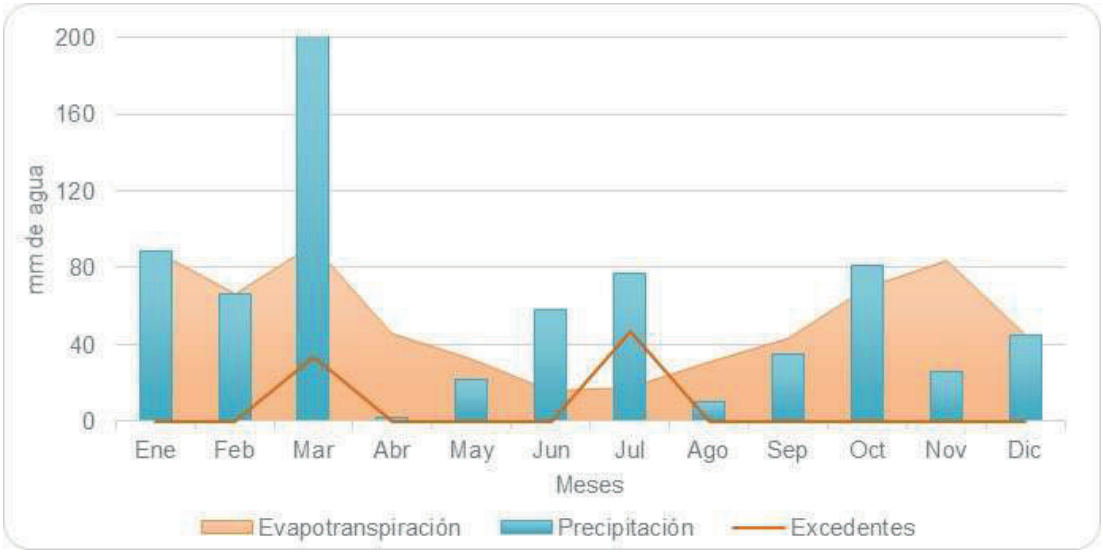


Figura 2.5: Balance hídrico mensual para el año 2008 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

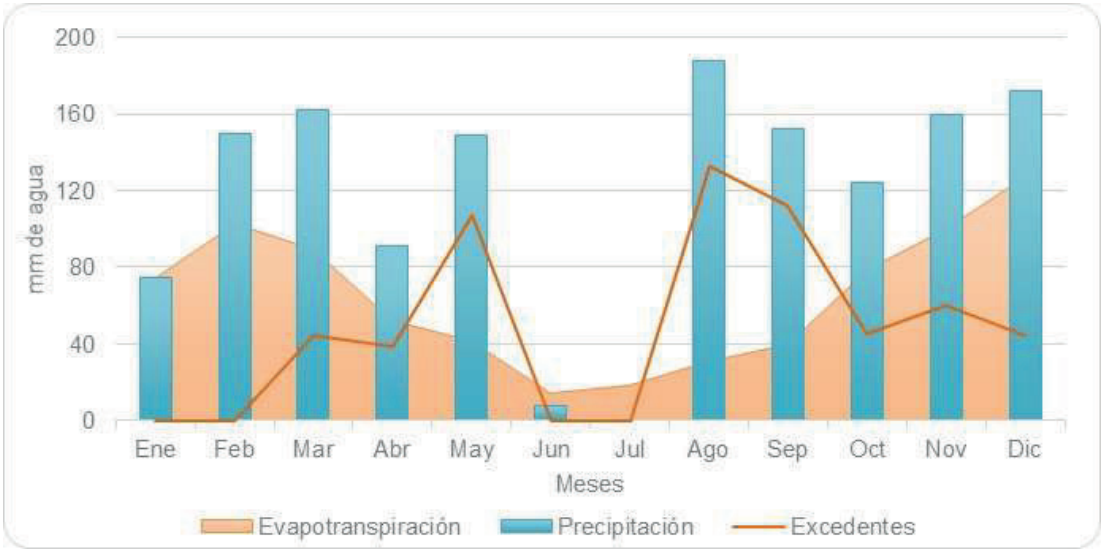


Figura 2.6: Balance hídrico mensual para el año 2012 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan claramente al comparar imágenes

satelitales de un año seco con un año húmedo (Fig. 2.7a y b, respectivamente). En el año húmedo el excedente hídrico se traduce no solo en infiltración, sino también en la presencia de agua en superficie.

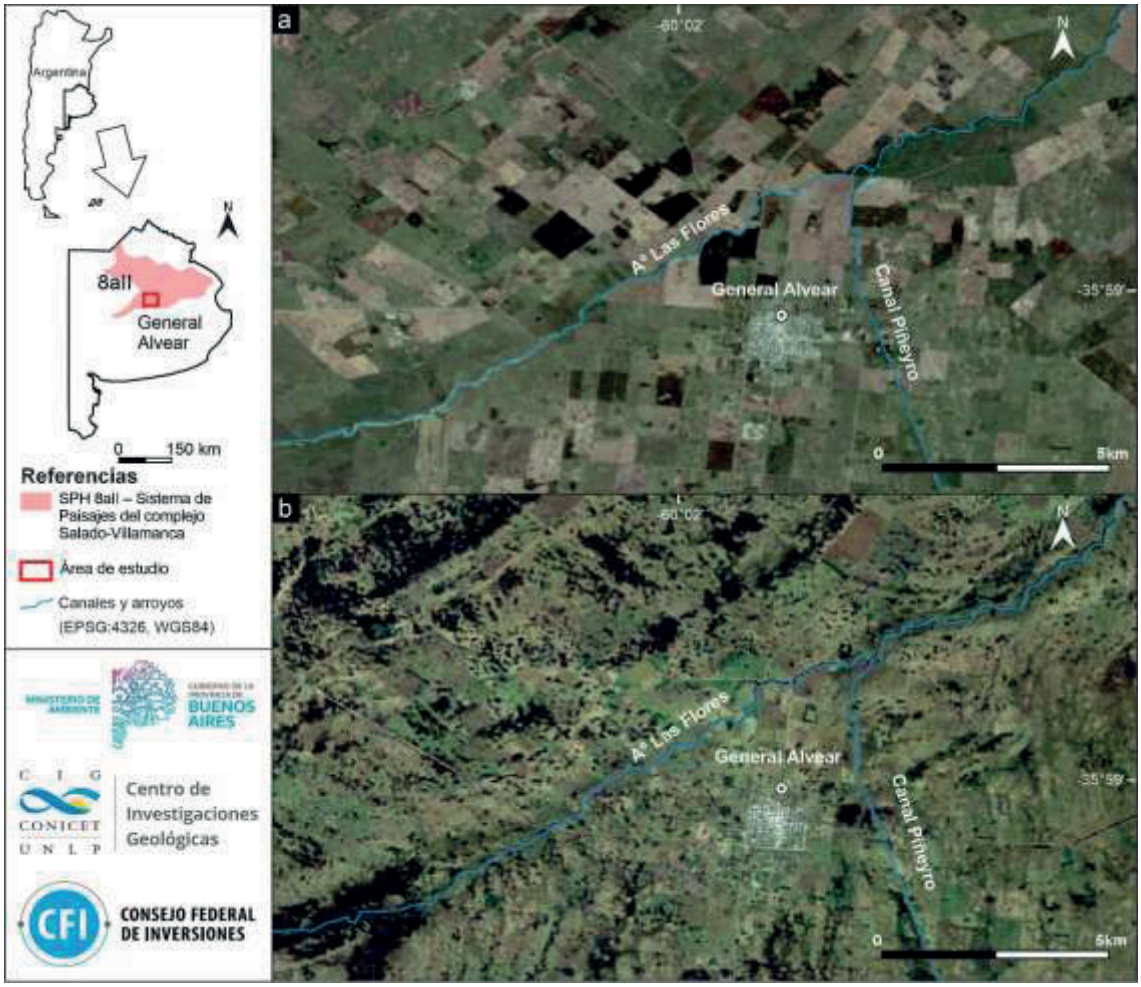


Figura 2.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de General Alvear, en (a) un periodo seco (10/11/2009), y (b) en un periodo húmedo (29/04/1993).

Por otro lado, las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a la localidad de Alberti se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica de Junín Aero localizada a 80 km al noroeste.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 1095 mm, registrándose máximos de 1787 mm en 2001 y mínimos de 636 mm en 2021 (Fig. 2.8). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre

octubre y abril con valores superiores a 115 mm, mientras que en los meses de invierno (junio – julio) no supera los 30 mm (Fig. 2.9).

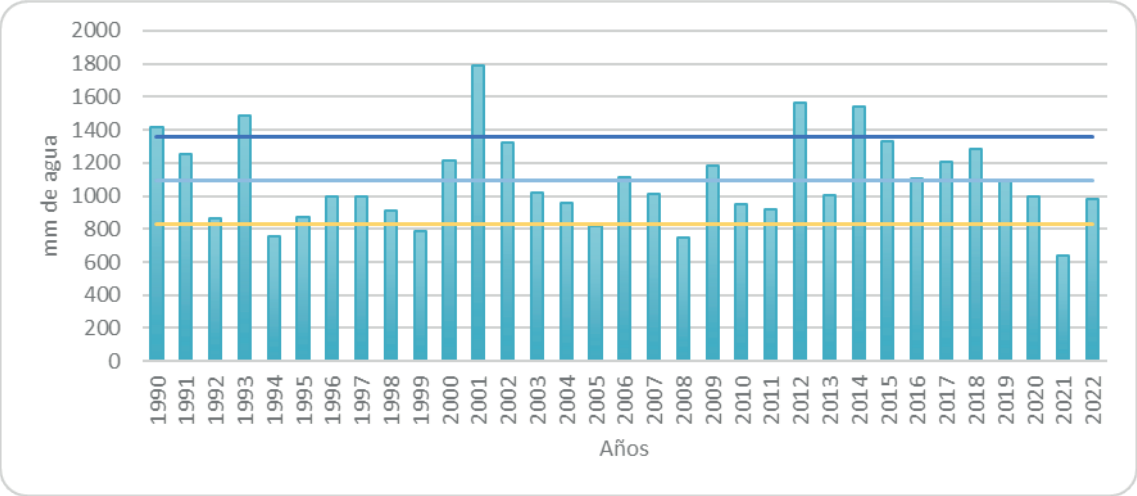


Figura 2.8: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Alberti. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

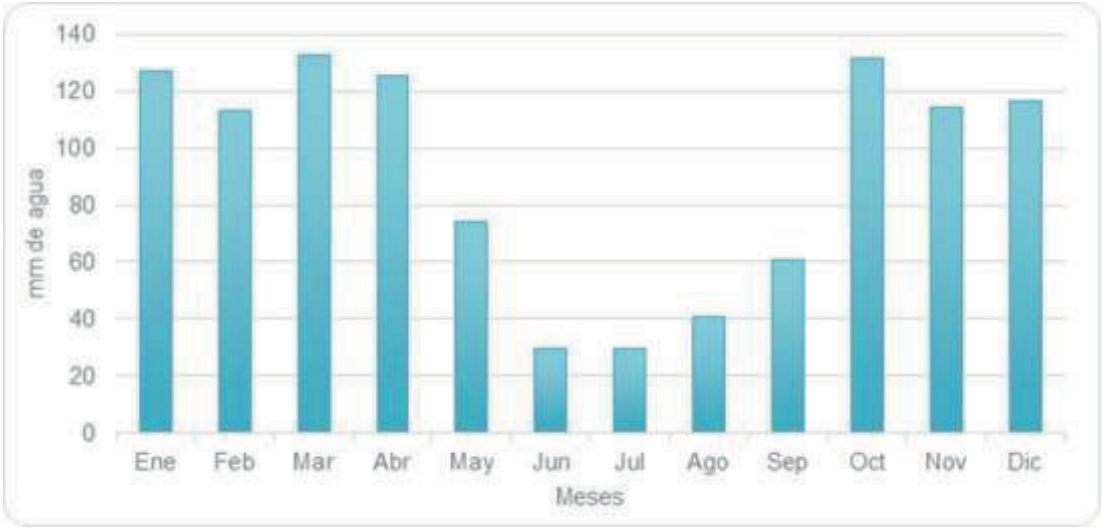


Figura 2.9: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación durante el verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre marzo – mayo y octubre (Fig. 2.10) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

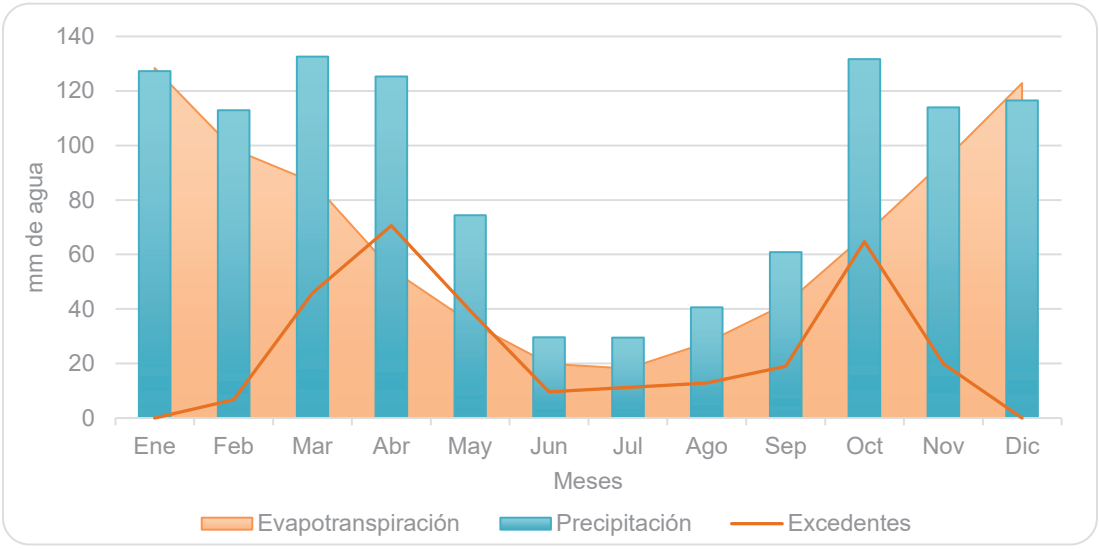


Figura 2.10: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son escasos a nulos (Fig. 2.11), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos en casi todos los meses del año (Fig. 2.12).

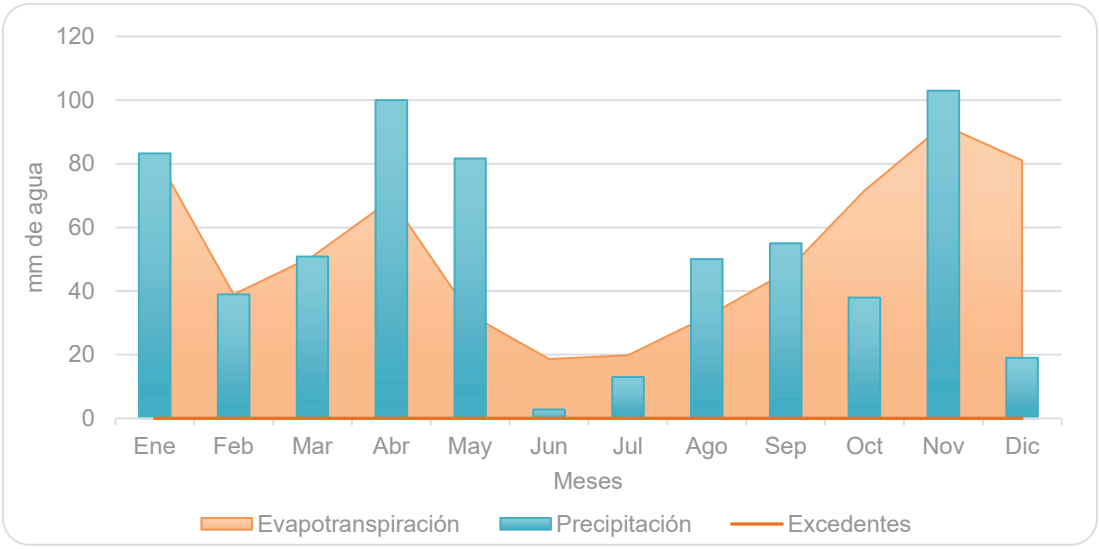


Figura 2.11: Balance hídrico mensual para el año 2021 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

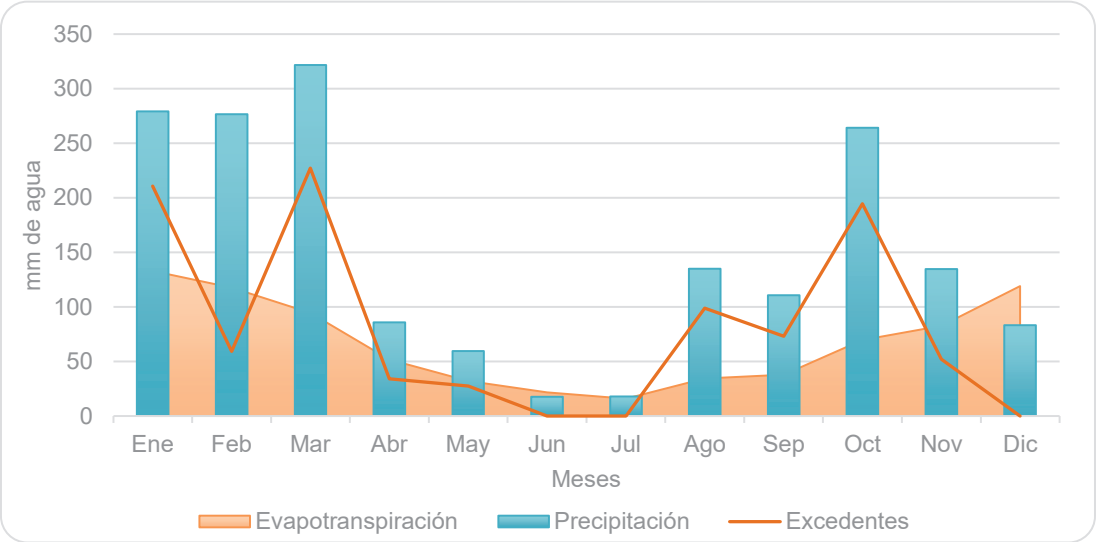


Figura 2.12: Balance hídrico mensual para el año 2001 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 2.13a y b respectivamente). En el periodo seco, el agua superficial en el río se limita a la sección del cauce (Fig. 2.13a). En los periodos húmedos el excedente hídrico se traduce no solo en la infiltración, sino también en la presencia de agua en superficie, principalmente en las zonas de cubetas, pudiéndose formar lagunas, y en la planicie de inundación del río Salado (Fig. 2.13b).

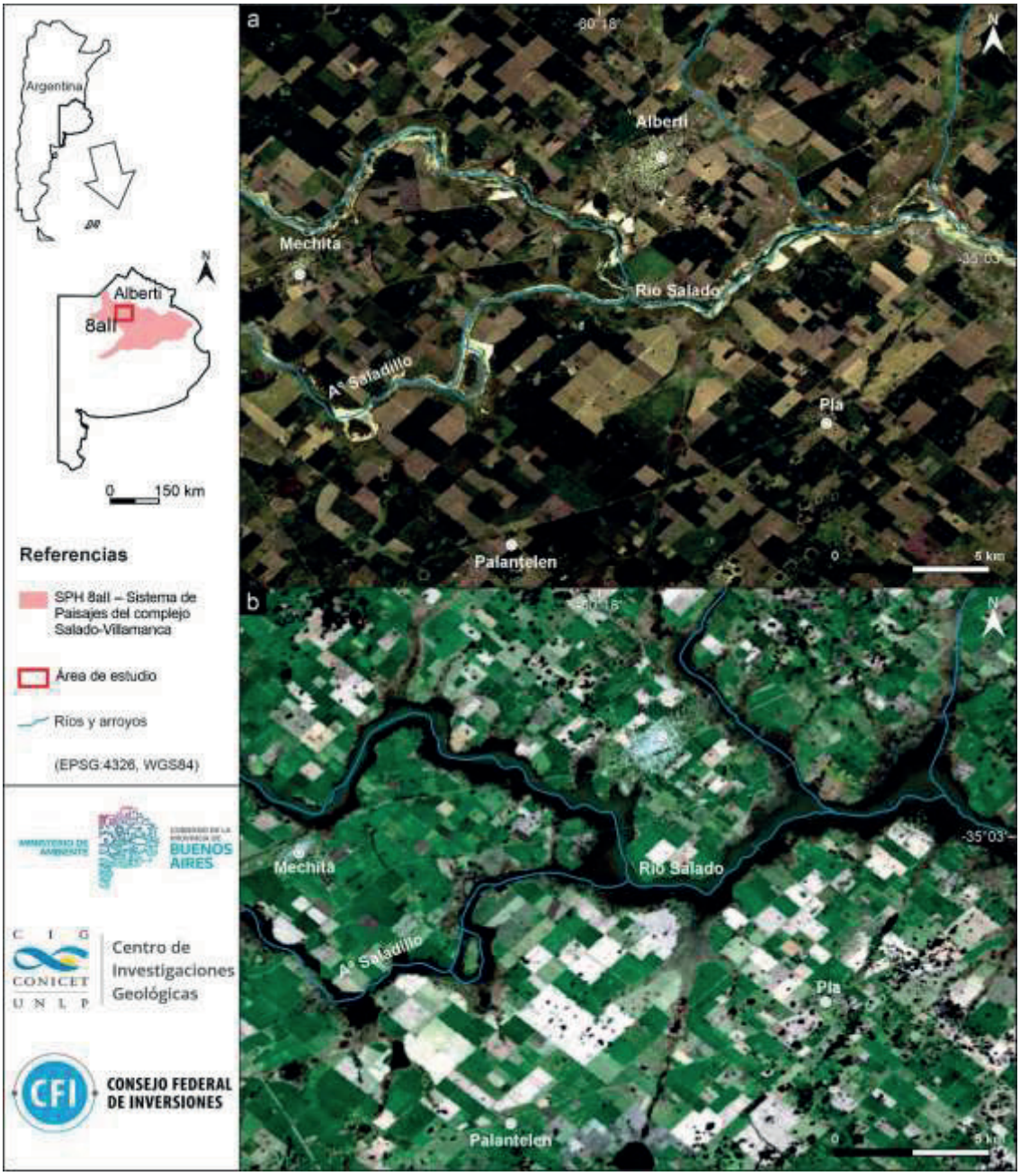


Figura 2.13: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Alberti en (a) un periodo seco (27/01/2021) y (b) un periodo húmedo (09/09/2001).

Relieve y Geomorfología

El sistema fluvial Salado – Vallimanca, constituye la cuenca fluvial más extensa de la provincia de Buenos Aires (Bazzuri, 2016), dentro de la que se incluyen las localidades de General Alvear y Alberti. Los dos sectores estudiados, si bien representan a ambientes fluviales, presentan características propias. Por un lado, el arroyo Las Flores nace en el partido de Olavarría, en la localidad Blanca Grande y desemboca en el Río Salado –

Vallimanca. En las adyacencias a la localidad de General Alvear, el arroyo tiene una configuración con orientación suroeste - noreste y tiene cotas cercanas a los 50 m snm, las cuales disminuyen a valores cercanos a 45 m snm hacia el noreste (Fig. 2.14 y 2.15).

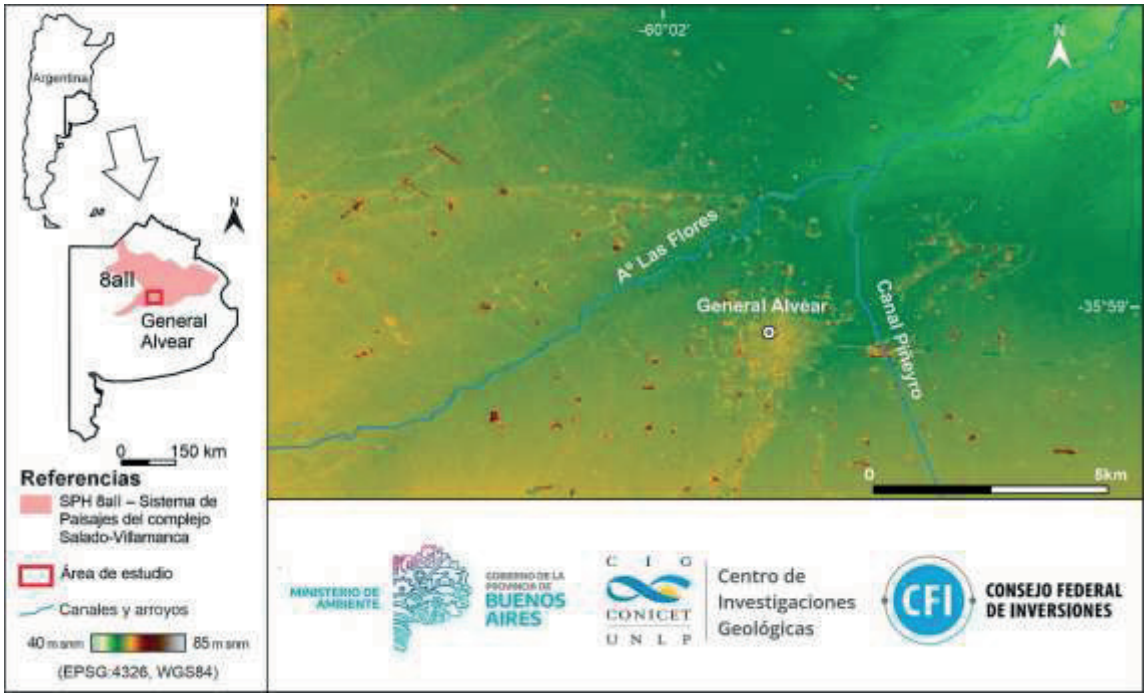


Figura 2.14: Modelo digital de elevación (MDE) para el área próxima a la localidad de General Alvear.

El arroyo Las Flores se desarrolla en la llanura loessica compuesta por sedimentos areno limosos, los cuales presentan frecuentemente bancos tabulares de calcretes y toscas. Sobre estos depósitos loessicos apoyan depósitos eólicos de mantos arenosos (Fig. 2.14 y 2.15). Esta configuración de llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos está modificada por el modelado fluvial del arroyo, generando una planicie de inundación (Fig. 2.15). A su vez, se destaca que el arroyo Las Flores presenta un cauce definido mayormente de márgenes barrancosos con incipientes depósitos de albardones arenosos.

En el área relevada, además, se desarrollan pequeñas cubetas que funcionan como bajos inundables en periodos de excedentes hídricos y eventos de crecidas del arroyo. Dichos

bajos, si bien están labrados sobre los sedimentos loessicos presentan en superficie arcillas y limos arcillosos (Fig. 2.15).

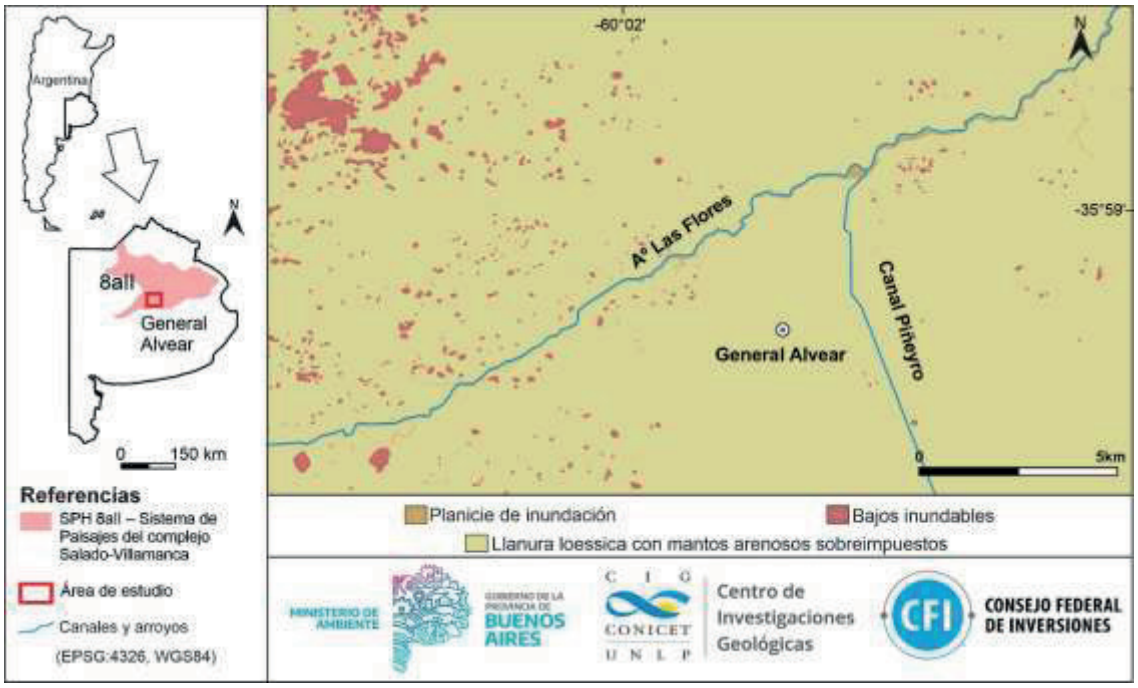


Figura 2.15: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

Cabe destacar que, en General Alvear, los anegamientos son un problema recurrente debido a los desbordes del arroyo Las Flores tal como puede observarse en la imagen satelital del periodo húmedo (Fig. 2.7b). Para mitigar estos efectos, se han construido terraplenes alrededor de la localidad, buscando contener el agua y reducir el impacto de las inundaciones.

Por otro lado, en el tramo de la cuenca del río Salado próximo a la localidad de Alberti, el río labra sus cauces en una llanura loessica donde las cotas topográficas alcanzan los 95 m snm en las zonas de divisorias y disminuyen a valores cercanos a 40 m snm hacia el cauce del río (Fig. 2.16).

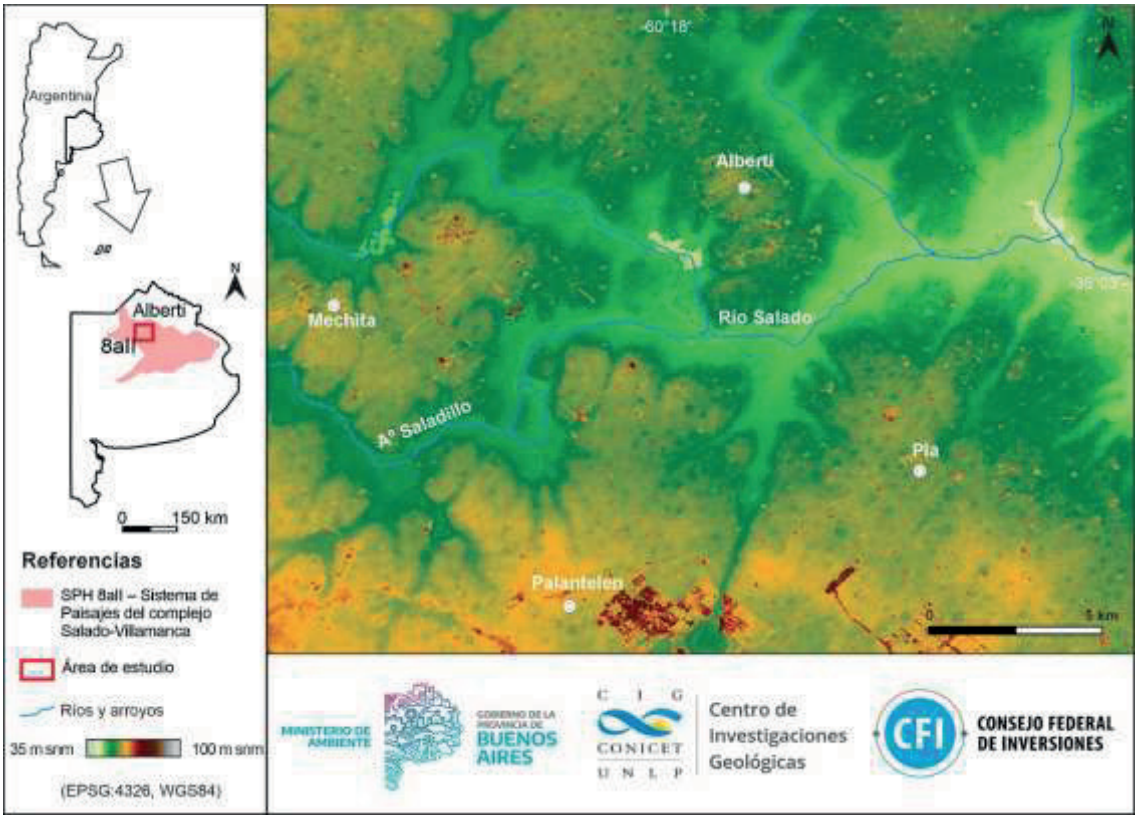


Figura 2.16: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

El valle fluvial del Río Salado no es muy extenso (Gabellone et al., 2005), pero en su planicie de inundación incluye gran cantidad de bajos inundables y lagunas someras, con diferentes grados de conectividad al río (Fig. 2.17). Estos últimos se observan como depresiones del terreno en donde ocurre la acumulación del agua por la lluvia o por el ascenso del nivel freático (Ludueña, 2006).

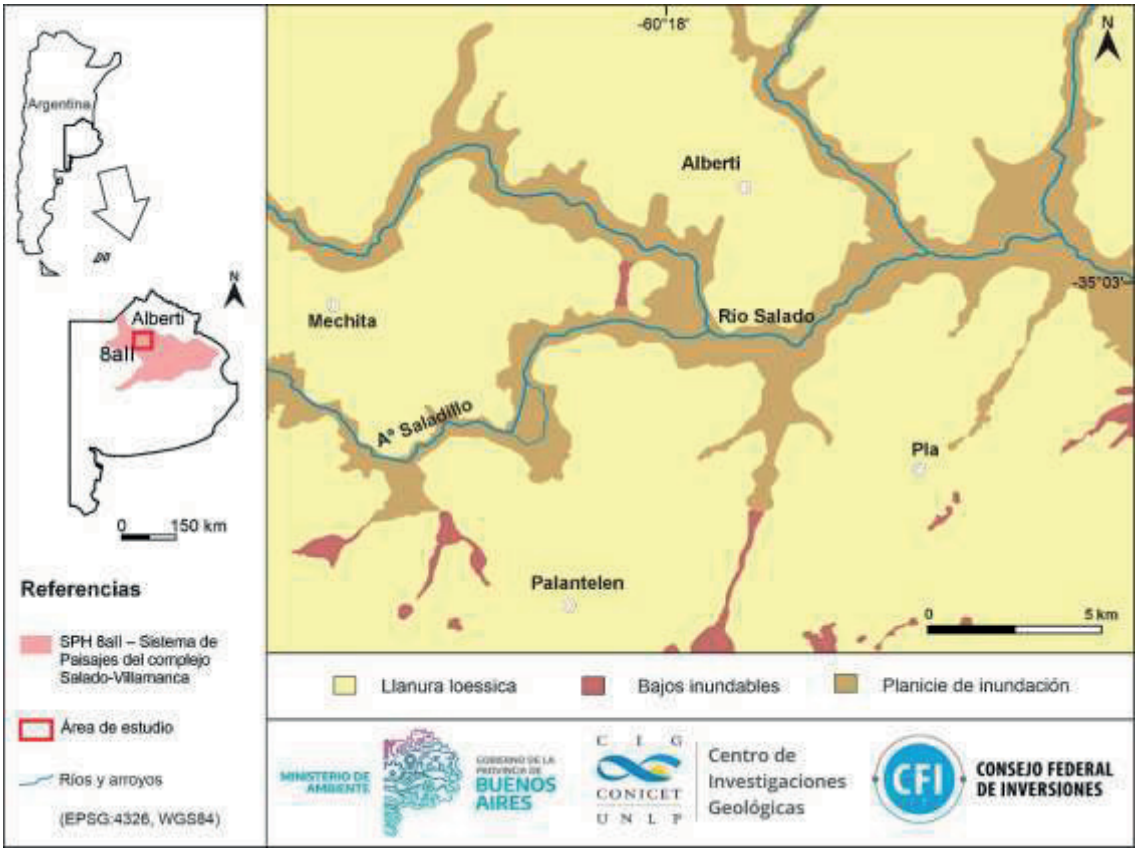


Figura 2.17: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

Suelos

El área relevada asociada al arroyo Las Flores en las adyacencias de la localidad de General Alvear se caracteriza por presentar dos tipos de suelos principales, Alfisoles y Molisoles (Fig. 2.18). Dentro de los primeros se reconocen los Natracualf (y sus variantes petrocálcicos y típicos), los cuales son de textura franco arenosa, formados sobre sedimentos loessicos. Presentan colores claros y se destacan por ser profundos y por estar interrumpidos por un horizonte petrocálcico. Son suelos pobremente drenados, escurrimiento muy lento y anegamientos frecuentes, reflejados por la presencia de rasgos hidromórficos. Su fuerte alcalinidad sódica desde superficie y la presencia de eflorescencias salinas superficiales hacen que los suelos presenten solo aptitud ganadera.

Dentro de los Molisoles, se distinguen Hapludol thaptho árgico y thapto éntico. Estos corresponden a suelos evolucionados sobre sedimentos eólicos de texturas franco arenosas. Se caracterizan por presentar colores pardos oscuros, ser no salinos y no alcalinos y por ser profundos. Su drenaje algo excesivamente drenado a bien drenado hace que no presenten anegamientos frecuentes y que los niveles freáticos sean profundos.

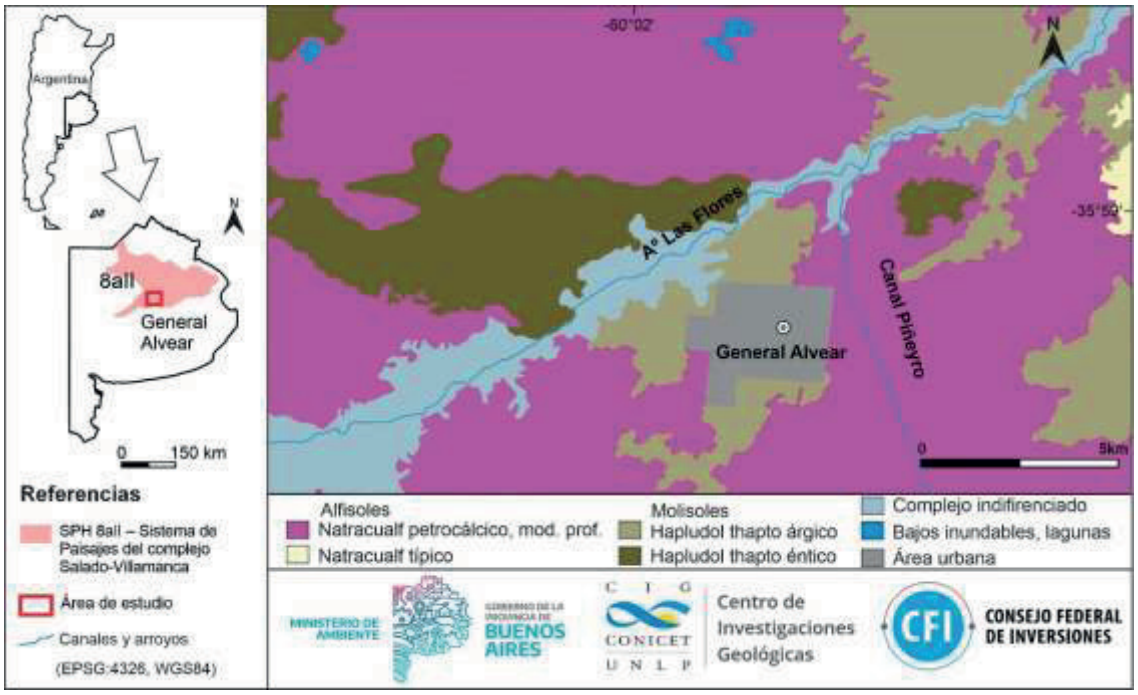


Figura 2.18: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de General Alvear.

Por otro lado, se reconoce un Complejo indiferenciado, obteniendo esta denominación por presentar una distribución anárquica. Este representa principalmente la planicie de inundación del arroyo. El uso de los suelos es agrícola ganadero, por lo que la vegetación original ha sido degradada y/o sustituida por pasturas y cultivos (p.e. girasol, avena y maíz). Sin embargo, es posible identificar estepas de gramíneas asociadas a sectores de llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos. Asimismo, en sectores de agua

permanente se reconocen juncos, totoras y vegetación hidrófita. Por otro lado, se identificaron sectores con explotación minera asociada a la extracción de tosca.

En el área relevada en el Río Salado adyacente a la localidad de Alberti los suelos desarrollados pertenecen al orden de los Molisoles (Fig. 2.19). Dentro de estos, predominan los suelos de tipo Argiudol típico seguidos por los Hapludol típico y Natracuol típico. Tanto los suelos de tipo Argiudol como los Hapludol se caracterizan por presentar una textura franca a franco – arenosa desarrollados sobre sedimentos loessicos. Son suelos bien drenados y permeabilidad media con presencia de barnices arcillo – húmicos a partir de los 0,35 m.

Los Natracuol típicos, por su parte, poseen una textura franca de permeabilidad lenta y son pobremente drenados. A su vez, presentan concreciones de carbonato de calcio, barnices húmicos y moteados a partir de los 40 cm (INTA, 2011). Estos tipos de suelos condicionan la vegetación que crece en ellos, pudiendo encontrarse pastura para ganadería y vegetación natural como gramilla (*Cynodon dactylom*), trébol de carretilla (*Medicago arabiga*), trébol blanco (*Trifolium repens*), rama negra (*Conyza bonaerensis*), pelo de Chancho (*Distichlis spicata*) y rye grass (*Lolium multiflorum*). La aptitud y uso de los suelos es tanto agrícola como ganadero.

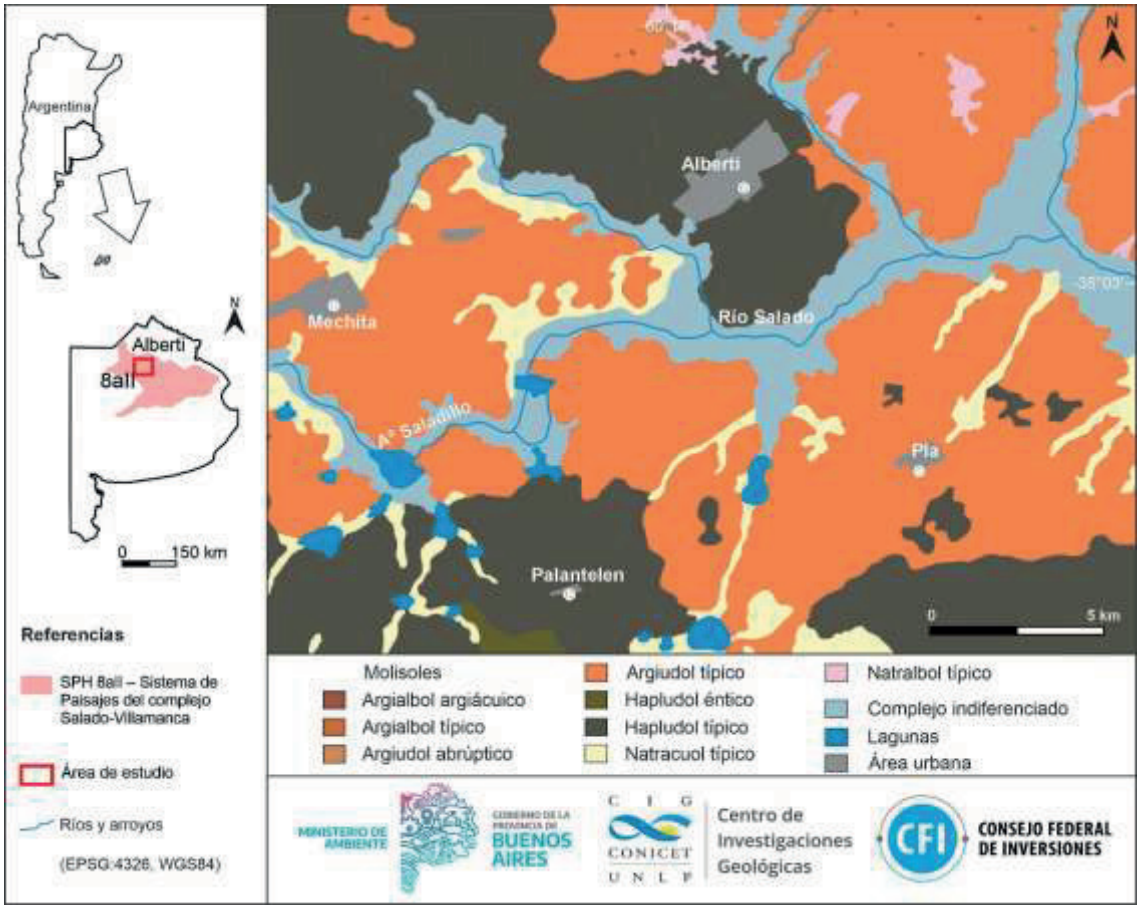


Figura 2.19: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Alberti.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

El comportamiento hidrodinámico de los cursos principales y menores que componen a la cuenca del río Salado es permanente de tipo efluente. Esto último indica que reciben localmente la descarga de agua subterránea, la cual mantiene un caudal base al que se suman aquellos aportes del escurrimiento superficial que colectan durante los eventos de precipitaciones. Asimismo, esta cuenca recibe los aportes pluviales y efluentes de las distintas localidades que recorre. El agua colectada por el río principal desemboca en la Bahía Samborombón.

Los niveles freáticos medidos en la planicie de inundación del río Salado evidenciaron que el agua subterránea se encontraba relativamente somera, con profundidades entre 0,13 y 0,78 m. Localmente, el agua freática descarga en el río y arroyos con un

escurrimiento subterráneo regional hacia la Bahía Samborombón (dirección suroeste - noreste) con un gradiente hidráulico extremadamente bajo. En el arroyo Las Flores, los niveles freáticos relevados en la zona de planicie de inundación se ubican entre 1 y 1,5 m de profundidad en los sectores más alejados del cauce, mientras que en los bordes del cauce del arroyo está a menos de 0,5 m de profundidad. Localmente, el agua freática descarga en el arroyo, proceso que se aprecia en las márgenes barrancosas a modo de una descarga subterránea difusa. Por otro lado, la profundidad del agua subterránea en los bajos inundables ubicados en la llanura loessica es cercana a 0,9 m.

Dentro del área de estudio se observan variaciones hidroquímicas entre los distintos ambientes relevados en los dos sectores estudiados (Fig. 2.20). En las proximidades de la localidad de General Alvear (Fig. 2.20a), el agua superficial del arroyo Las Flores registró valores de CE entre 4,69 y 6,18 mS/cm en los periodos de excedentes hídricos incrementándose en los periodos de déficit hídrico a valores entre 16,4 y 39,0 mS/cm. Por su parte, en el agua superficial de los bajos inundables la CE en periodos de excedentes hídricos varía entre 0,095 y 0,81 mS/cm, representando estos bajos valores un aporte directo del agua de las lluvias. Respecto del pH, el agua del arroyo registra valores cercanos a 9 lo que determina características alcalinas, mientras que en los bajos inundables varía de neutro a alcalino con un valor medio de 8,50.

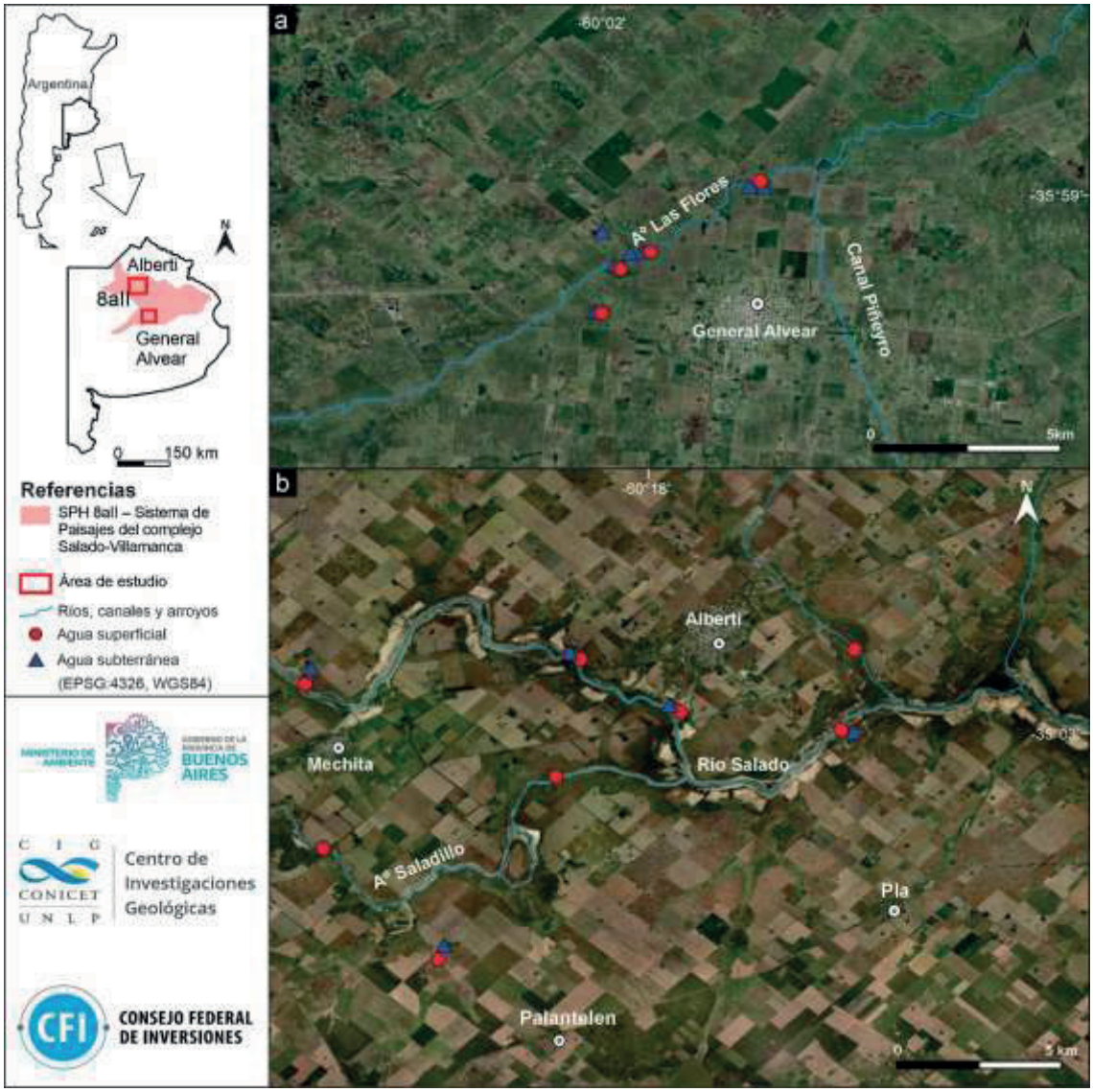


Figura 2.20: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de (a) General Alvear y (b) Alberti.

En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua en el arroyo Las Flores es clorurada sódica (Fig. 2.21), con contenidos de nitratos entre 13,06 y 16,19 mg/L y de fosfatos entre 0,088 y 0,187 mg/L. En los bajos inundables el agua superficial muestreada es bicarbonatada sódica (Fig. 2.21), con contenidos de nitratos de 21,87 mg/L y de fosfatos de 0,167 mg/L.

El agua subterránea en la planicie de inundación, por su parte, tiene valores de CE entre 0,83 y 10,02 mS/cm en los sectores más alejados del cauce y, entre 1,03 y 18,52 mS/cm en las márgenes del arroyo. Respecto al pH, en ambos casos, es neutro a ligeramente

alcalino presentando rangos entre 7,08 y 8,33. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, el agua subterránea en la planicie de inundación varía de bicarbonatada sódica en los sectores más alejados del cauce a clorurada sódica en los márgenes del arroyo (Fig. 2.21). Los contenidos de nitratos y fosfatos también varían dentro de la planicie de inundación registrando en los sectores más alejados al cauce valores entre 6,16 y 16,60 mg/L y entre 0,060 y 0,082 mg/L, respectivamente. Por su parte, en las márgenes del arroyo, los contenidos de nitratos varían entre 2,88 y 6,80 y los de fosfatos entre 0,233 y 0,072 mg/L.

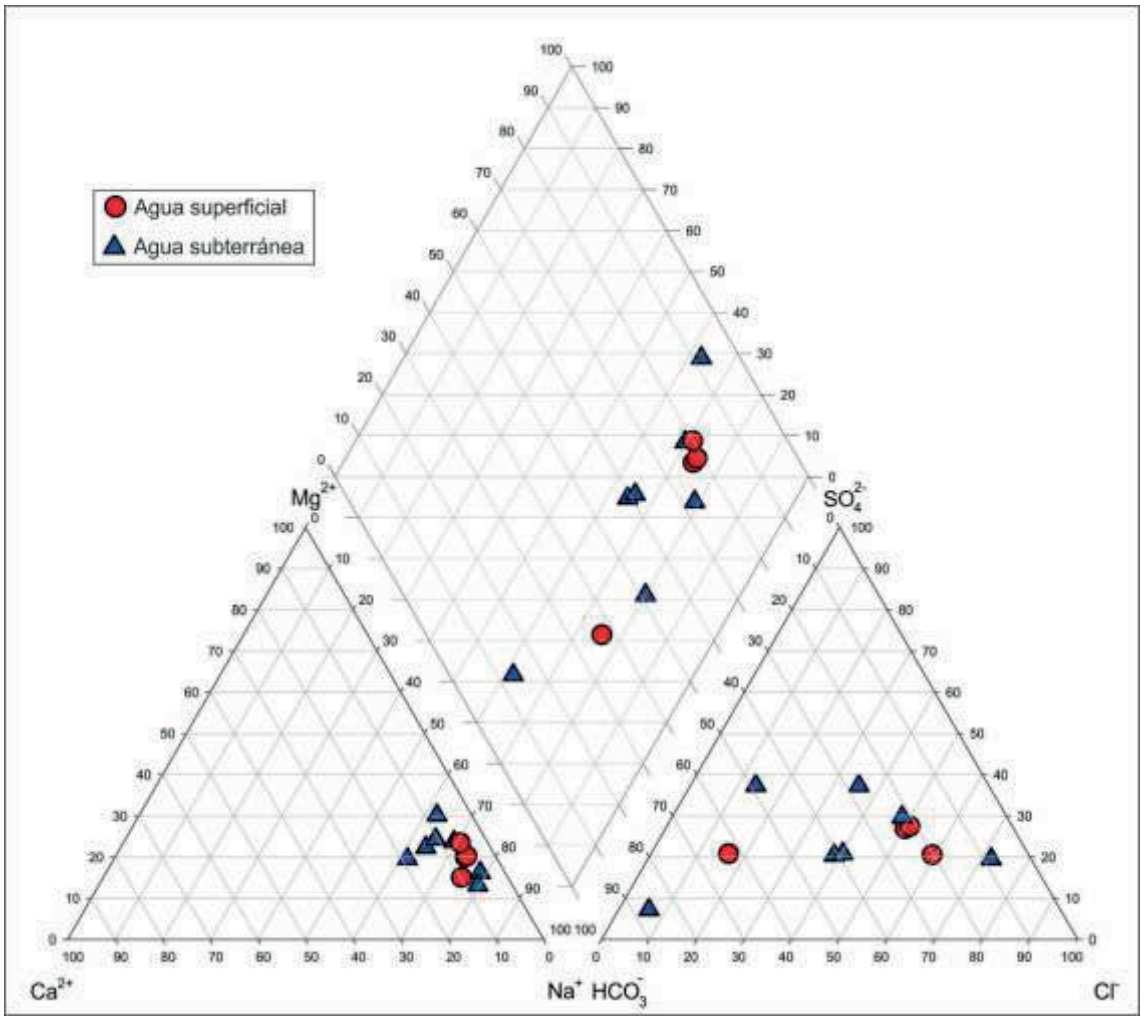


Figura 2.21: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de General Alvear.

Por otro lado, en las cercanías de la localidad de Alberti (Fig. 2.20b), el agua superficial del río Salado presenta valores de CE que varían entre 4,48 y 7,80 mS/cm con valores de pH alcalinos (promedio de 9,86). En cuanto a los afluentes del río, el arroyo Saladillo presenta valores de CE entre 8,30 y 8,80 mS/cm mientras que, en los restantes de menor caudal, varía entre 4,70 y 8,88 mS/cm con valores de pH superiores a 8 en todos los casos (promedio de 8,77). En los bajos inundables, por su parte, el agua superficial es menos salina con valores de CE que varían entre 0,24 y 1,67 mS/cm y valores de pH entre 7,02 y 9,79. En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua es principalmente clorurada sódica, no obstante, en los bajos inundables es bicarbonatada sódica (Fig. 2.22). Cabe destacar que, hacia el noroeste, el alto contenido de sulfato en el agua superficial del curso principal del río da lugar a aguas de tipo clorurada – sulfatada sódica (Fig. 2.22). Los contenidos de nitratos varían entre 5,72 y 17,91 mg/L y los de fosfatos entre 0,615 y 2,190 mg/L.

El agua subterránea en los molinos dentro de la llanura loessica tiene valores de CE entre 0,96 y 1,16 mS/cm y pH promedio de 8,61. Por su parte, el agua subterránea somera en los bajos inundables presenta valores de CE entre 0,49 y 1,83 mS/cm y valores ligeramente alcalinos de pH (promedio de 8,03), mientras que, en la planicie de inundación del río la CE aumenta variando entre 8,67 y 41,60 mS/cm con valores promedio de pH de 7,71. En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua es clorurada sódica, a diferencia de los bajos donde es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 2.22). Los contenidos de nitratos en el área de la planicie de inundación varían entre 5,43 y 15,22 mg/L y los de fosfatos entre 0,654 y 3,126 mg/L.

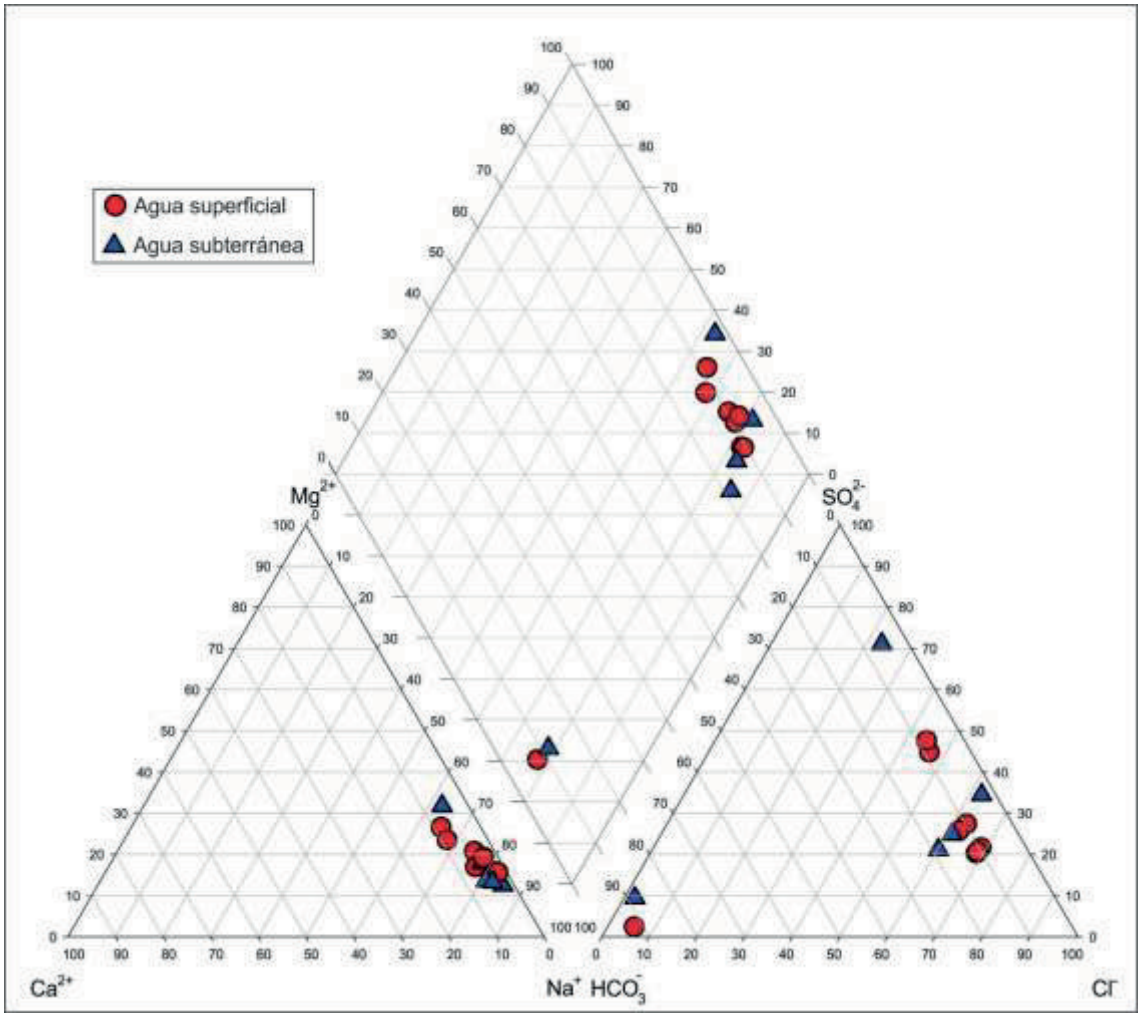


Figura 2.22: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Alberti.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 2.23) resume el funcionamiento explicado previamente para los sectores adyacentes a las localidades de General Alvear y Alberti, asociadas al arroyo Las Flores y el río Salado, respectivamente, donde se desarrollan los humedales relevados.

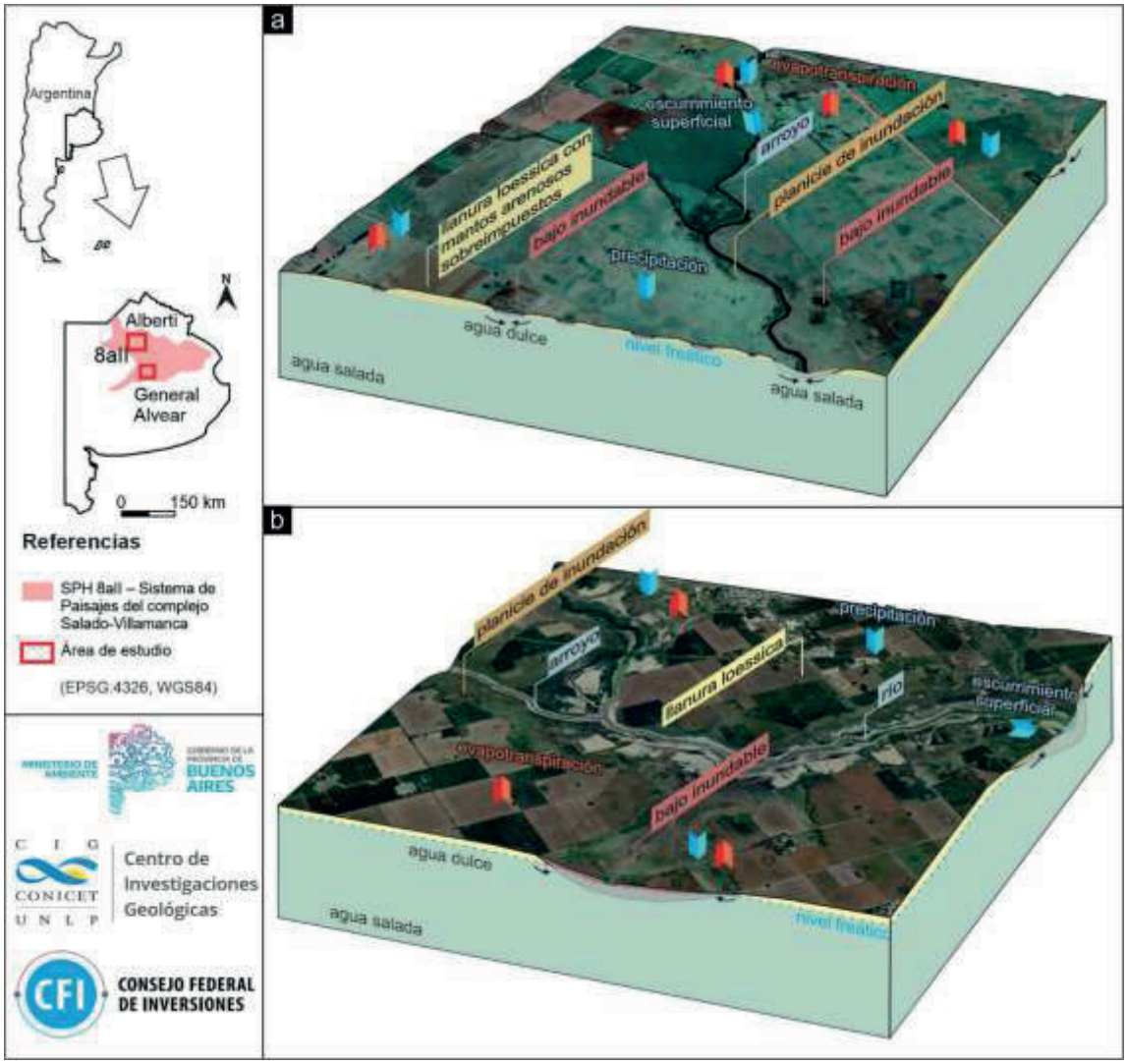


Figura 2.23: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales del Complejo Salado – Vallimanca en áreas adyacentes a las localidades de (a) General Alvear y (b) Alberti.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro del Sistema de Paisajes de Humedales adyacentes a las localidades de General Alvear y Alberti pueden reconocerse distintos ambientes hidrogeomorfológicos y humedales asociados a los mismos (Fig. 2.24 y 2.25).

La llanura loessica constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde ocurre tanto el escurrimiento superficial no encauzado como la infiltración de las precipitaciones. La moderada a baja permeabilidad de los sedimentos limosos que la componen y la escasa pendiente determina que el agua de las lluvias escurra lentamente hacia los arroyos y

zonas deprimidas y también pueda infiltrar en los suelos, recargando al agua subterránea freática cuando se saturan las reservas de agua del suelo. Cabe destacar que, en las zonas en donde se desarrollan mantos arenosos sobreimpuestos a la llanura loessica estos dan lugar a una mayor permeabilidad favoreciendo la rápida infiltración del agua de lluvia.

La planicie de inundación del río y arroyos y los bajos inundables comprenden a las principales áreas de humedales (Fig. 2.24 y 2.25). La planicie de inundación constituye un ambiente hidrogeomorfológico caracterizado por ser una zona plana de menor topografía respecto de la llanura loessica adyacente (Fig. 2.24c y d, Fig. 2.25a-c, f, h e i). Esta planicie recibe el agua procedente del escurrimiento superficial y es ocupada temporalmente por los anegamientos frecuentes durante los eventos de crecida y desborde del río y arroyos. Por otro lado, los bajos inundables conforman otro ambiente hidrogeomorfológico en donde se acumula el agua de lluvia en forma de una lámina de agua superficial somera durante los eventos de excedentes hídricos favorecido por la presencia de sedimentos arcillosos (Fig. 2.24a y Fig. 2.25g). El agua subterránea tanto en la planicie de inundación como en los bajos inundables se encuentra a escasa profundidad (generalmente a menos de 1 m de profundidad), llegando a saturarse completamente los sedimentos en los periodos de fuertes excedentes hídricos. En cambio, en los periodos donde predomina la evapotranspiración, los bajos se presentan generalmente secos en superficie y el nivel freático del agua subterránea de la planicie de inundación tiende a profundizarse. La descarga de agua subterránea hacia los cursos fluviales se aprecia en las márgenes de manera difusa o formando pequeños canalículos donde el agua que descarga fluye (Fig. 2.24b y e).



Figura 2.24: Fotografías mostrando (a) Bajos inundables ubicados en la llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos. (b) Margen barrancoso del arroyo Las Flores y su planicie de inundación aledaña. (c) Márgenes del arroyo Las Flores con zonas amplias y anegadas constituyendo amplios ambientes de humedales. (d) Cambio de pendiente desde la llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos hacia la planicie de inundación. (e) Zona de descarga de agua subterránea de la planicie de inundación hacia el arroyo Las Flores, observándose el desarrollo de algas en el sector de descarga.



Figura 2.25: Fotografías mostrando (a), (b) y (c) Curso principal del Río Salado. (d) Pozo somero realizado en la planicie de inundación del río. (e) Vegetación halófita en la planicie de inundación del río. (f) Arroyo Saladillo. (g) Bajo inundable con una lámina superficial de agua. (h) e (i) Arroyos afluentes del Río Salado.

C. SPH 8aV – SISTEMA DE PAISAJES DE LA PAMPA DEPRIMIDA PERISERRANA

Dentro de este SPH se relevaron ambientes lagunares y fluviales que se encuentran en sectores distantes los cuales presentan distintas características hidrogeomorfológicas por lo que serán descritas de manera separada.

3. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales y lagunares próximos a las localidades de Laprida y Coronel Pringles

Ubicación

Las áreas estudiadas comprenden a ambientes lagunares cercanos a la localidad de Laprida los cuales están asociados a depresiones de tipo cubetas y a ambientes fluviales localizados en pequeños cursos fluviales que se desarrollan cercanos a la localidad de Coronel Pringles (Fig. 3.1).

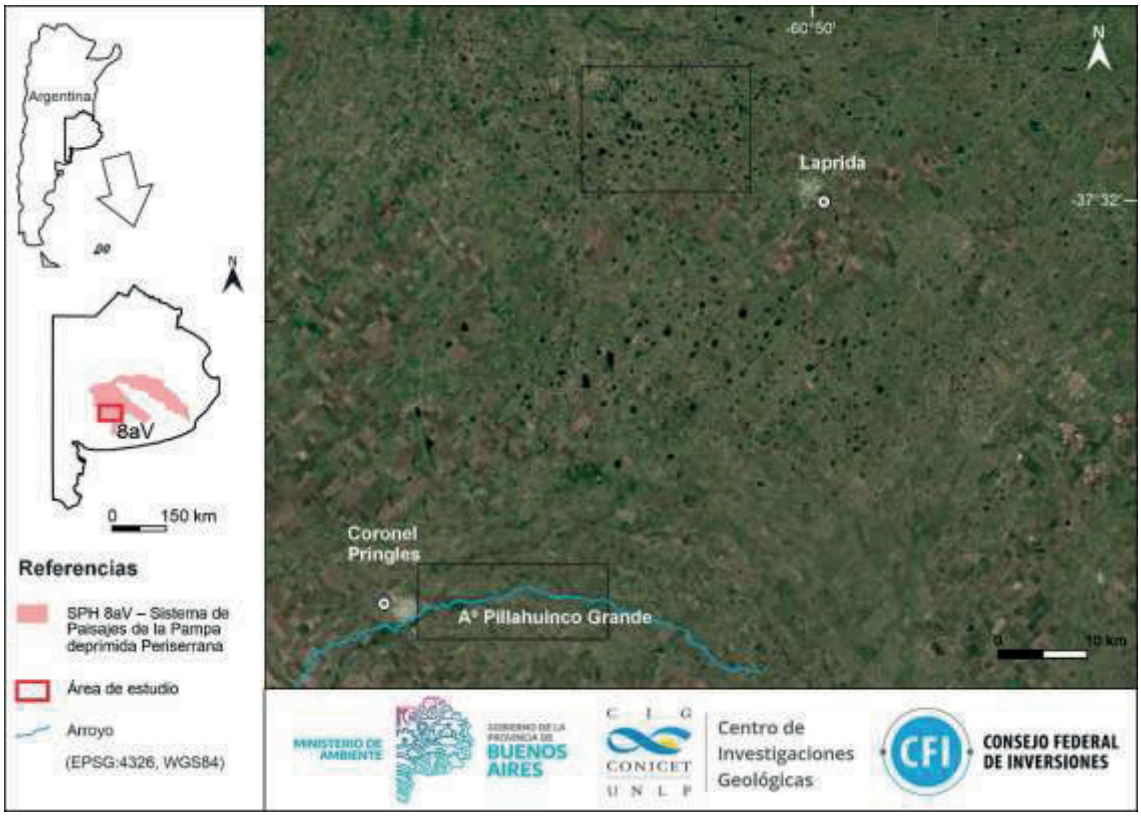


Figura 3.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de Laprida y Coronel Pringles.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos del área a estudiar se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica del Aeródromo de Coronel Pringles, ubicada en el partido homónimo.

La precipitación media anual del área para el periodo 1994-2022 es de 749,8 mm, registrándose máximos de 1228 mm en 2014 y mínimos de 438 mm en 2019 (Fig. 3.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre diciembre y marzo con valores superiores a 80 mm, mientras que los meses menos lluviosos ocurren entre mayo y agosto (Fig. 3.3).

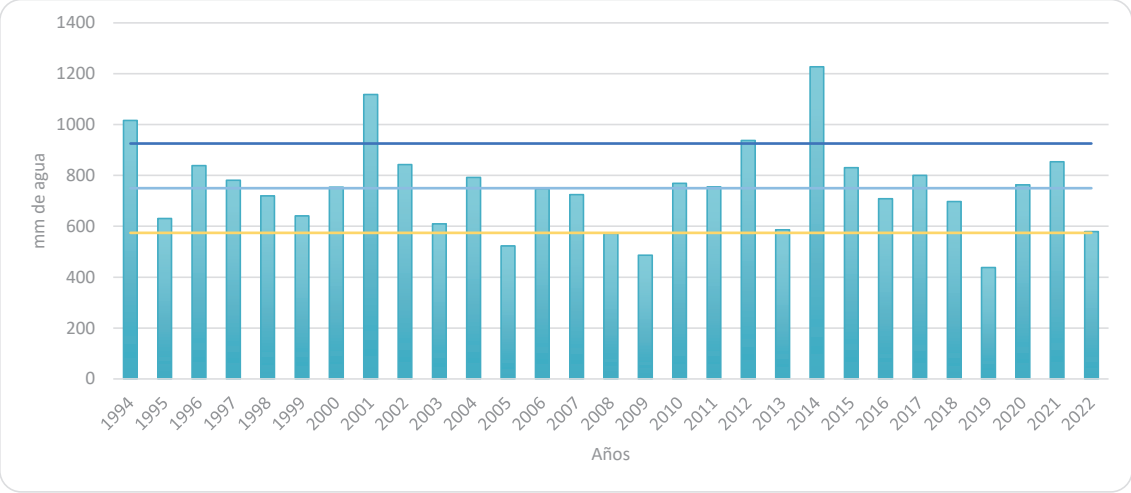


Figura 3.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1994 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares y fluviales próximos a la localidad de Laprida y Coronel Pringles. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

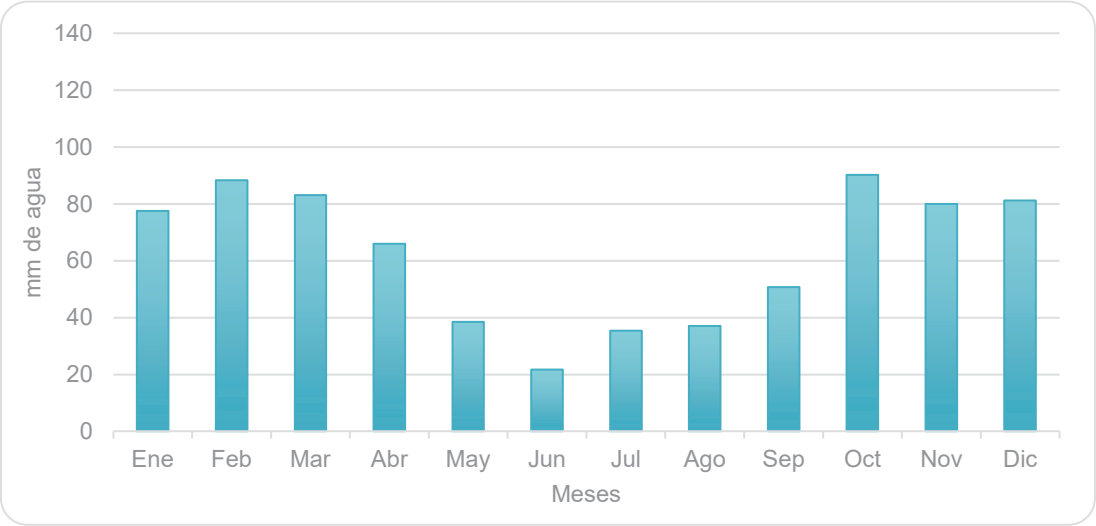


Figura 3.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1994 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares y fluviales próximos a la localidad de Laprida y Coronel Pringles.

El balance hídrico mensual para el periodo 1994-2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación entre noviembre y enero, ocurriendo los excedentes hídricos entre julio y octubre (Fig. 3.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

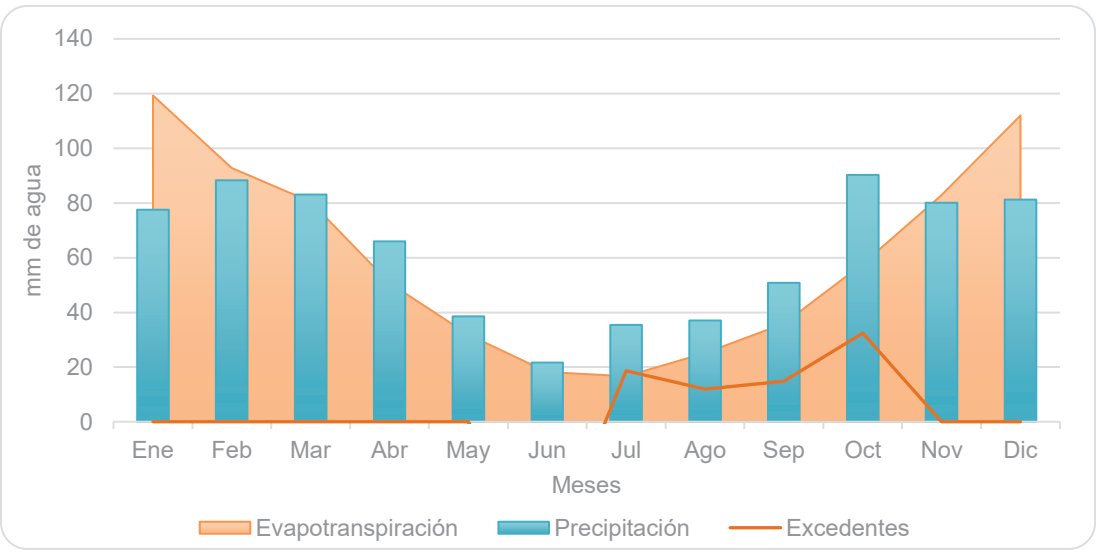


Figura 3.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1994 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares y fluviales próximos a la localidad de Laprida y Coronel Pringles.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son escasos a nulos (Fig. 3.5), mientras que en

los años húmedos se registran excedentes hídricos en varios meses del año, principalmente en meses fríos o con abundantes precipitaciones (Fig. 3.6).

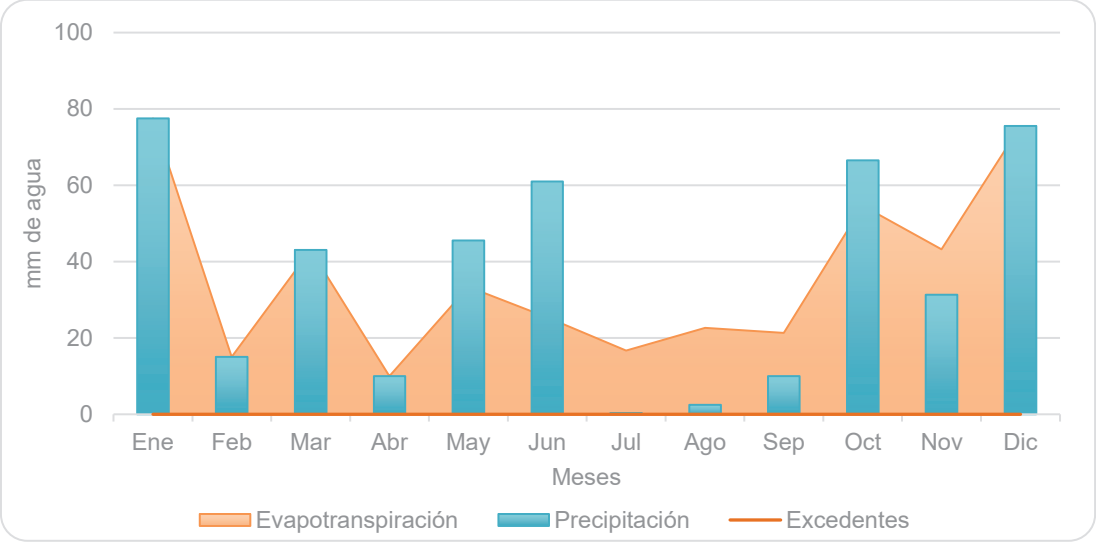


Figura 3.5: Balance hídrico mensual para el año 2019 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales asociados a lagunares y fluviales próximos a la localidad de Laprida y Coronel Pringles.

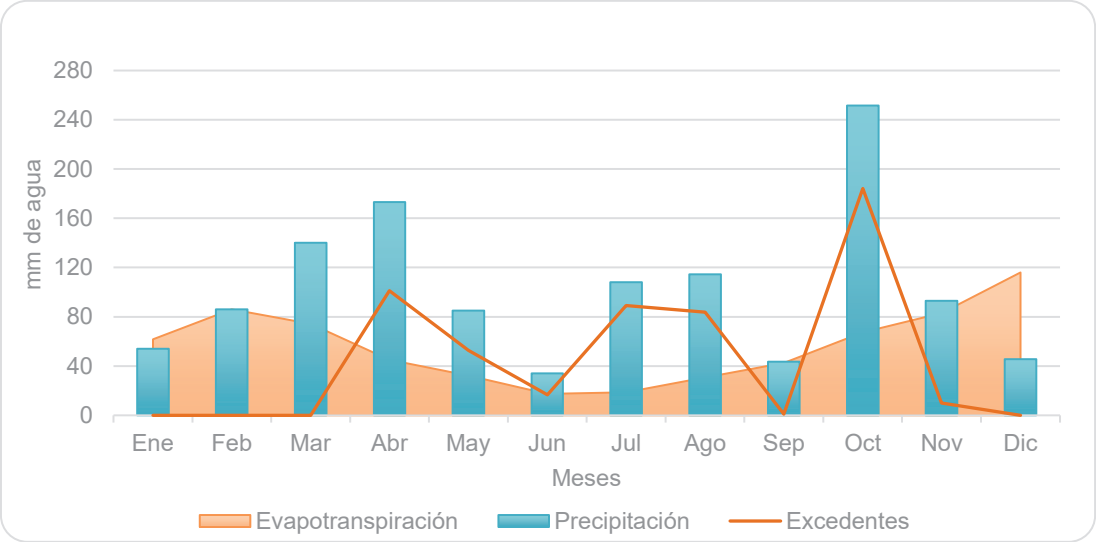


Figura 3.6: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales cercana a la media + desvío estándar) en el área de humedales asociados a ambientes lagunares y fluviales próximos a la localidad de Laprida y Coronel Pringles.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de un año seco con un año húmedo (Fig. 3.7 y 3.8 respectivamente). En el año seco en el sector próximo a la localidad de Laprida se observa que la mayoría de las lagunas

mantienen agua en superficie, aunque sus dimensiones son reducidas (Fig. 3.7a). Esta característica estaría dando indicios de que las lagunas están sustentadas en estas épocas por la descarga de agua subterránea. Por su parte, en los cursos fluviales próximos a la localidad de Coronel Pringles la presencia de agua en superficie se limita al cauce y a áreas muy cercanas al mismo (Fig. 3.8a).

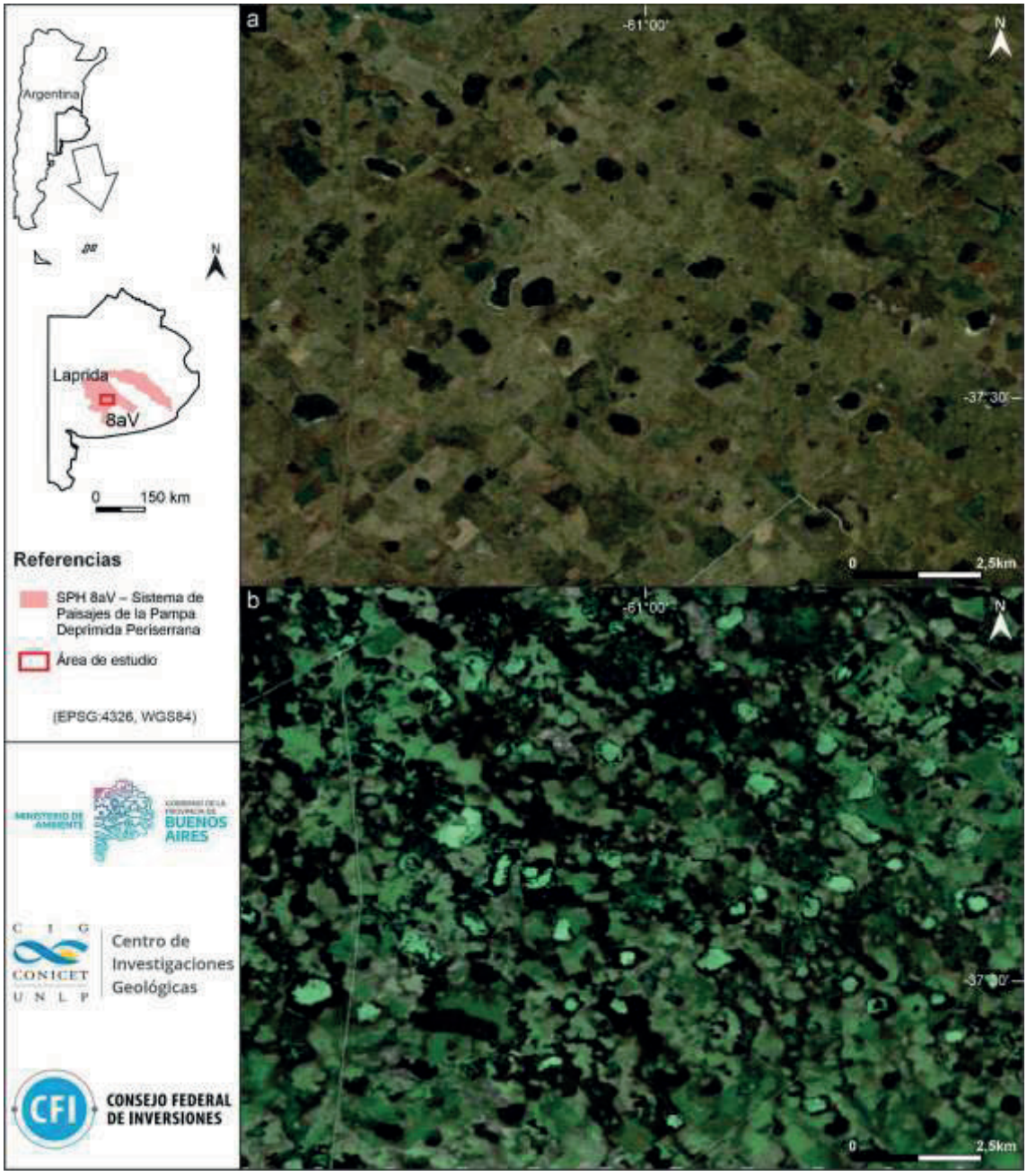


Figura 3.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Laprida en (a) un periodo seco (11/08/2005) y (b) un periodo húmedo (24/11/1985).

En el año húmedo (Fig. 3.7b y 3.8b) el excedente hídrico se traduce no solo en infiltración, sino también en la presencia de agua en superficie, principalmente en las zonas de cubetas y bajos inundables, observando que en la zona de Laprida el aumento en la superficie anegada hace que las lagunas se conecten (Fig. 3.7b). Por su parte, en las cercanías de Coronel Pringles se observa no sólo la presencia de agua en zonas de bajos inundables, sino que se evidencia que estos se encuentran interconectados. Asimismo, el arroyo se encuentra desbordado ocupando el agua del mismo el área de planicie de inundación.

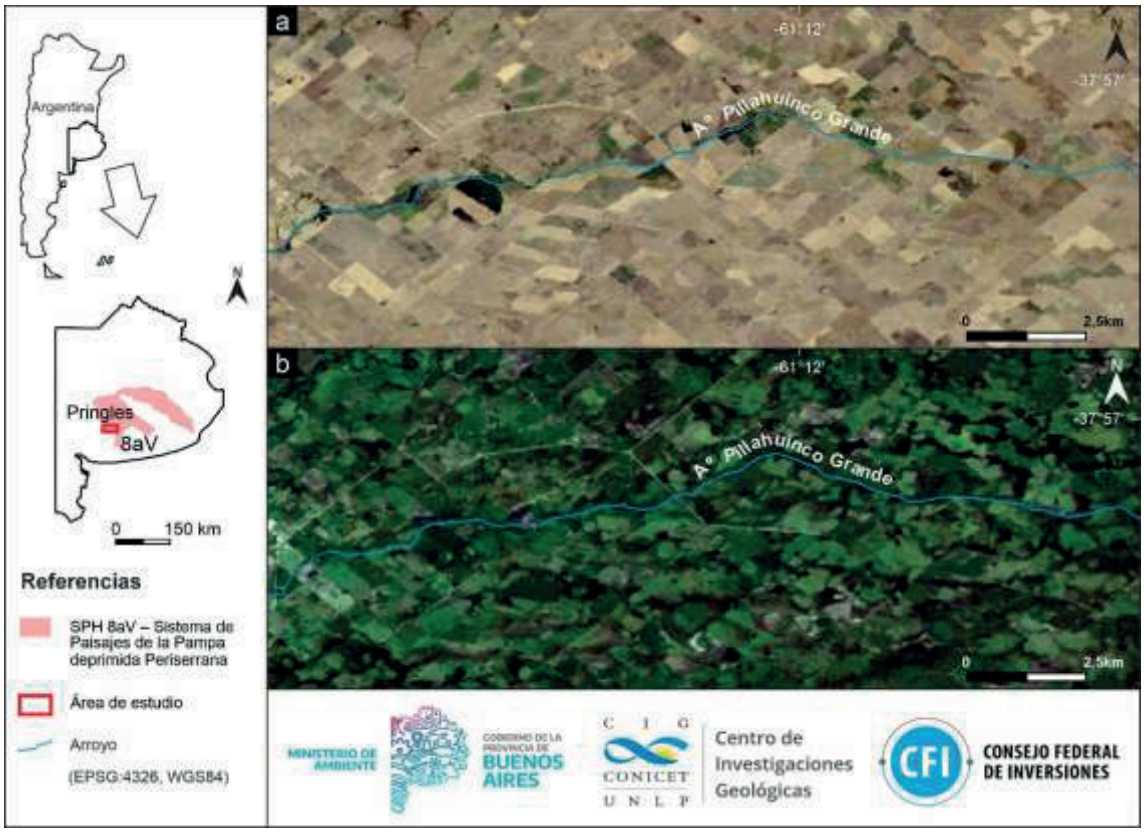


Figura 3.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Coronel Pringles en (a) un periodo seco (27/02/2009) y (b) un periodo húmedo (24/11/1985).

Relieve y Geomorfología

El área cercana a Laprida comprende una llanura loessica localizada en el sector periserrano entre las sierras de Tandil y Ventana que presenta una suave pendiente hacia

el noroeste, con alturas topográficas que disminuyen de valores cercanos a 220 m snm en el sector sudeste a valores cercanos a 180 m snm en el sector noroeste (Fig. 3.9). Esta llanura está compuesta principalmente por sedimentos limosos, reconociéndose también sedimentos de textura arcillosas y arenosas en sectores puntuales.

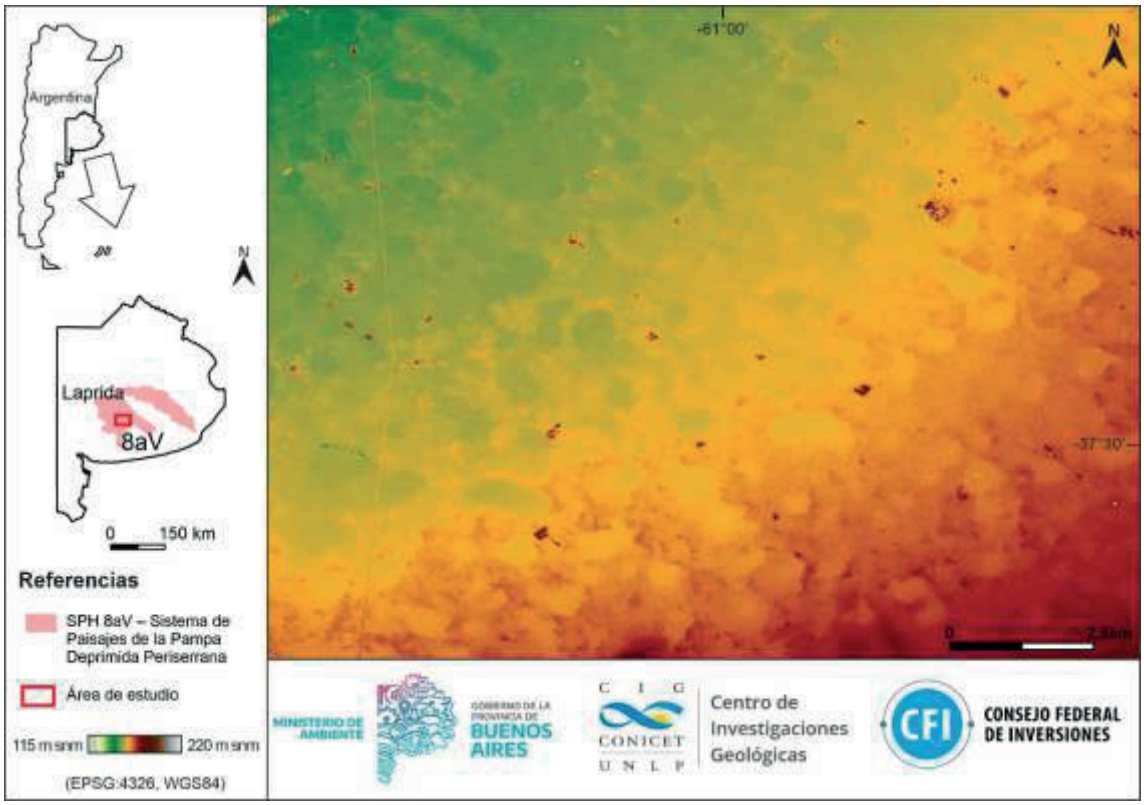


Figura 3.9: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Laprida.

Sobre esta llanura se desarrollan numerosas cubetas de deflación en las que puede reconocerse en algunos casos la presencia de lunettes preferentemente en las márgenes localizadas al este. En estas cubetas se alojan cuerpos lagunares someros de distinta morfología y dimensiones en donde se acumula el agua de los excedentes hídricos. Durante los eventos de lluvia, parte de los excedentes de agua escurren superficialmente hacia las zonas deprimidas que conforman las cubetas. Dado que, entre las cubetas existen zonas de bajos, en los periodos de marcados excedentes hídricos, las lagunas se conectan hidrológicamente a partir de estos bajos inundables, con un patrón fluvial

difuso aproximado en sentido de la pendiente local sudeste-noroeste. Asimismo, algunas lagunas se encuentran afectadas por el actividad antrópica y están conectadas mediante canalizaciones o son modificadas por la construcción de caminos.

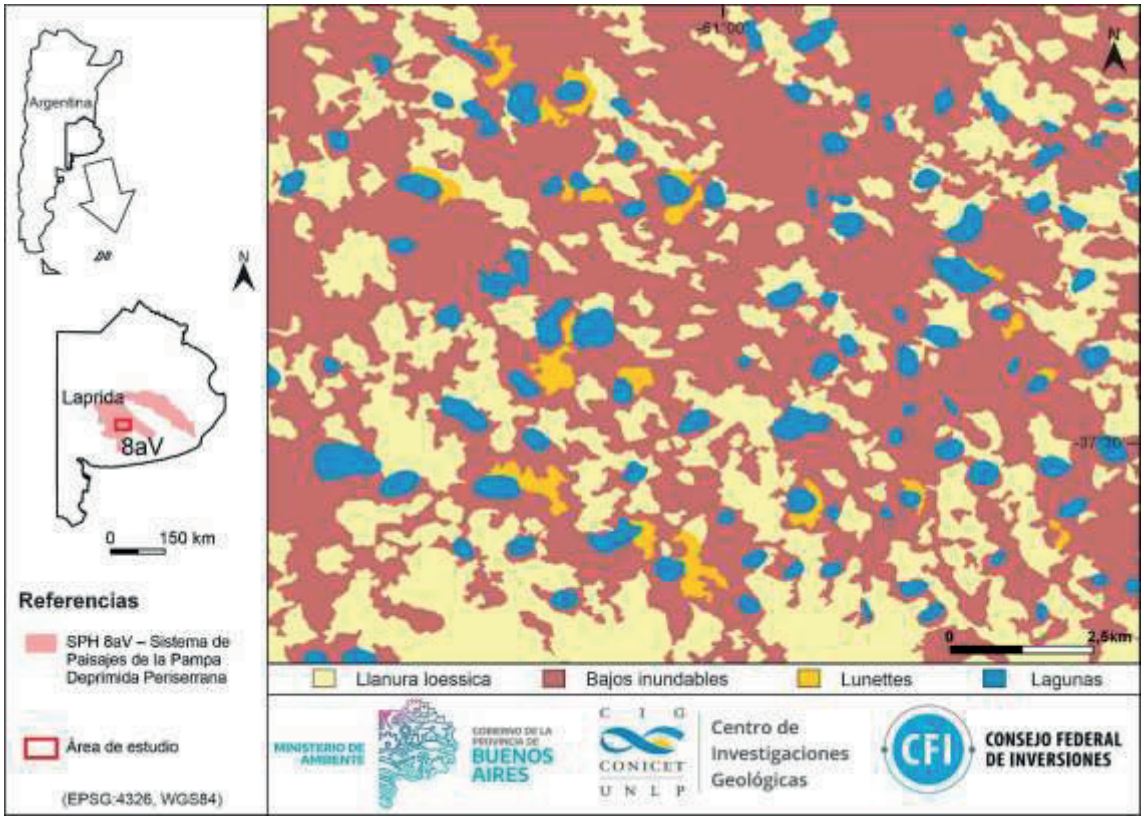


Figura 3.10: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Laprida.

Respecto al área que se encuentra en las cercanías de Coronel Pringles, al este de las sierras de la Ventana, se observa una llanura loessica que presenta una pendiente hacia el este, con alturas topográficas que disminuyen de valores cercanos a 270 m snm en el sector oeste a valores cercanos a 200 m snm en el sector este (Fig. 3.11). Esta llanura está compuesta principalmente por sedimentos limosos, reconociéndose también sedimentos de textura arcillosa y arenosa a gravosa en sectores puntuales, principalmente al oeste. A nivel regional se desarrolla un drenaje de tipo paralelo con sentido este-oeste. Esto se traduce en que, durante los periodos de excedentes hídricos, el agua se encauce en cursos que presentan una planicie de inundación difusa, y/o drene

hacia sectores de bajos inundables menores, los cuales se interconectan en el sentido del escurrimiento regional mencionado sin conformar una red de drenaje integrada.

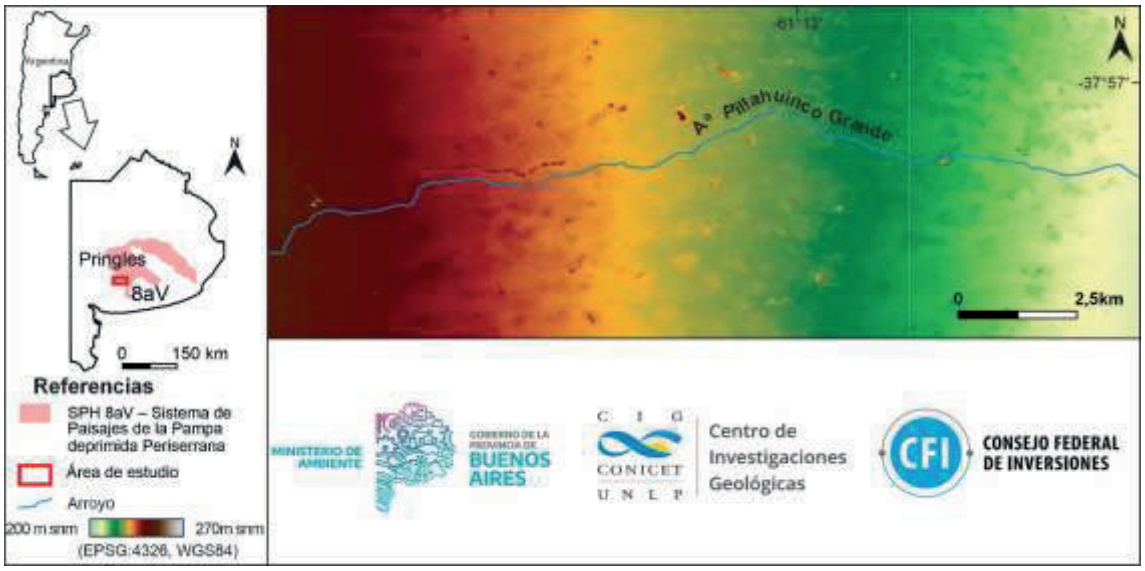


Figura 3.11: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Coronel Pringles.

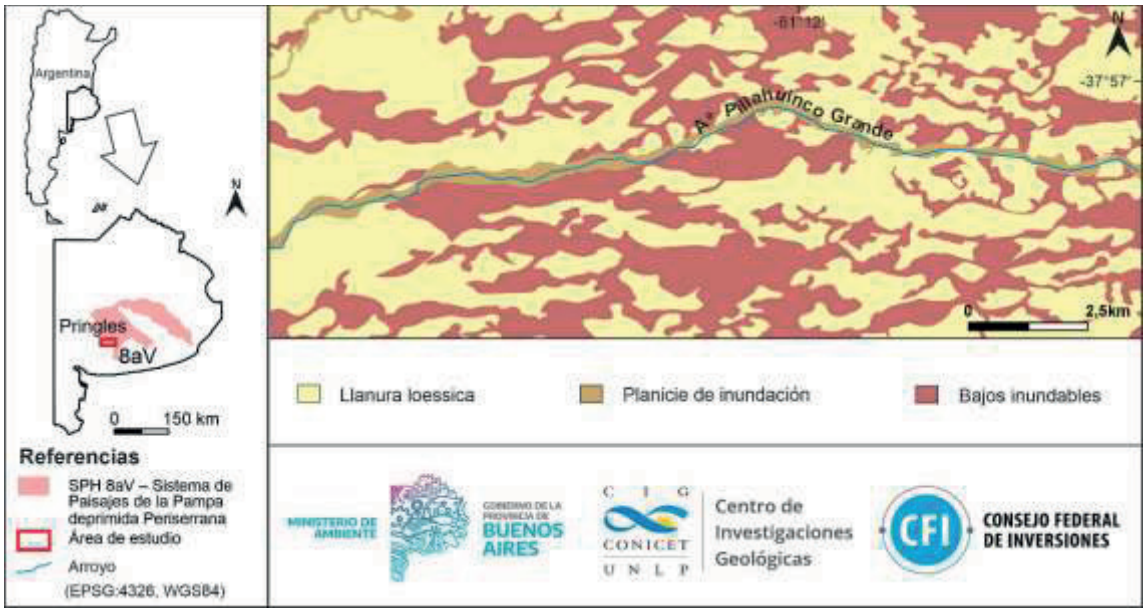


Figura 3.12: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Coronel Pringles.

Dentro de este sistema hídrico superficial, el arroyo Pillahuincó Grande es el rasgo fluvial de mayor importancia en el área. El mismo presenta un curso que se encuentra encajonado en los sectores más altos, disminuyendo dicho encajonamiento hacia los sectores topográficamente más bajos, con un desarrollo de una planicie de inundación

difusa e irregular debido a las bajas pendientes. Cabe mencionar que el curso del arroyo presenta tramos dragados, situación que disturba la forma natural del mismo.

Suelos

Los suelos se desarrollan sobre sedimentos loessicos y tienen un perfil variable, con escaso desarrollo en algunos sectores. En el área adyacente a la localidad de Laprida (Fig. 3.13) los suelos están mayormente representados por Molisoles. Dentro de estos, los Paleudoles petrocálcicos son suelos bien drenados, pero con un escurrimiento lento y pueden anegarse en parte durante los periodos húmedos. Los Natrudoles petrocálcicos no se encuentran extensamente distribuidos y se anegan con regularidad. Por su parte, los Argiudoles ácuicos pueden observarse en posiciones relativamente más altas, similar a los Natrudoles típicos. Por último, también se encuentran presentes los Natracualfes petrocálcicos, pero éstos están restringidos arealmente. Se destaca la presencia de los horizontes pretrocálcicos (tosca), los cuales dificultan la infiltración debido a su cementación. Respecto de los rasgos hidromórficos se destacan colores gley y moteados de hierro-manganeso. Estos suelos condicionan la vegetación que se desarrolla en ellos, pudiendo encontrar pelo de chancho (*Distichlis spicata*), flechilla (*Stipa sp.*), gramilla (*Cyperaceas sp.*), totora (*Typha domingensis*), duraznillo de agua (*Ludwigia peploides*), en los sectores que se anegan. En tanto, en los sectores más altos el desarrollo de vegetación es principalmente cardo negro (*Cirsium vulgare*), abrepuño (*Silybum marianum*), cardo (*Cynara cardunculus*), rye grass (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol de olor (*Melilotus albus*), pasto puna (*Stipa brachichaeta*), paja brava (*Cortaderia dioica*) y cultivos como alfalfa (*Medicago sativa*), agropiro (*Agropyron sp.*).

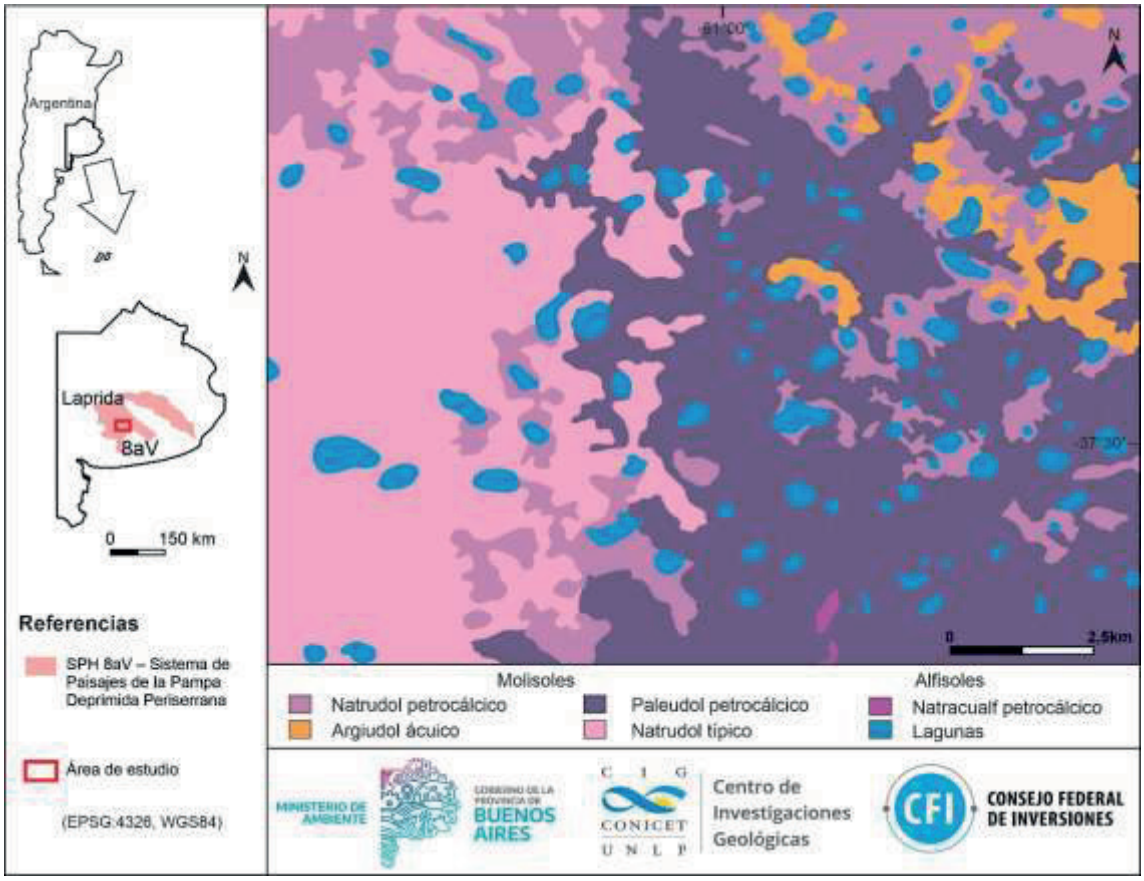


Figura 3.13: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Laprida.

Por otra parte, los suelos presentes en las cercanías de Coronel Pringles (Fig. 3.14) son similares a los presentes en las cercanías de Laprida, así como su comportamiento, sin embargo, su representación es diferente. En este sector los Natrudoles típicos poseen la mayor representación areal, en tanto que los Natracualf petrocálcicos poseen mejor representación y mayor relación con los sectores que se anegan y pueden presentar concreciones de Fe-Mn. En las cercanías de la localidad, el desarrollo de un complejo indiferenciado se encuentra asociado principalmente al arroyo Pillahuincó Grande, denominado así por su distribución anárquica.

La vegetación observada es acorde a la presencia permanente o temporaria de agua, pudiendo observar cardo negro (*Cirsium vulgare*), abrepuño (*Silybum marianum*) en las áreas más altas y pelo de chancho (*Distichlis spicata*), totora (*Typha domingensis*) y

duraznillo de agua (*Ludwigia peploides*) en áreas deprimidas, así como sauces (*Salix humboldtiana*) en los sectores aledaños al cauce. En lo referente al uso del suelo en ambos sectores es de tipo agrícola – ganadero, observándose en algunos sitios la presencia de sistemas de riego artificial, pudiendo encontrar agropiro (*Agropyron repens*), trigo (*Triticum aestivum*) y rye grass (*Lolium multiflorun*) como los cultivos más representativos.

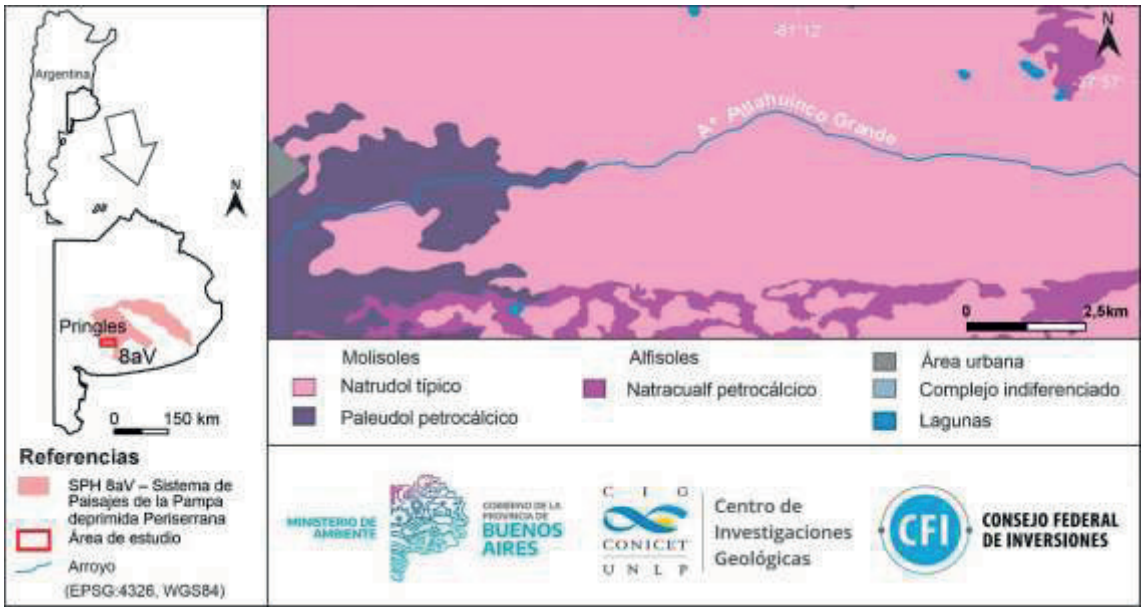


Figura 3.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Coronel Pringles.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En este SPH se relevaron dos sectores (Fig. 3.15 y 3.16) que, si bien se encuentran próximos, presentan características geomorfológicas distintas que condicionan su hidrodinámica. De norte a sur, desde la localidad de Laprida hacia la localidad de Coronel Pringles, se observa una disminución en las áreas ocupadas por depresiones que alojan lagunas y un aumento en la pendiente acompañado de la presencia de suaves lomadas. Esto determina la dominancia de ambientes lagunares en los alrededores de la localidad de Laprida y de zonas de escurrimiento y ambientes fluviales en las cercanías de Coronel

Pringles, siendo el arroyo Pillahuincó Grande el principal curso fluvial de la zona estudiada.

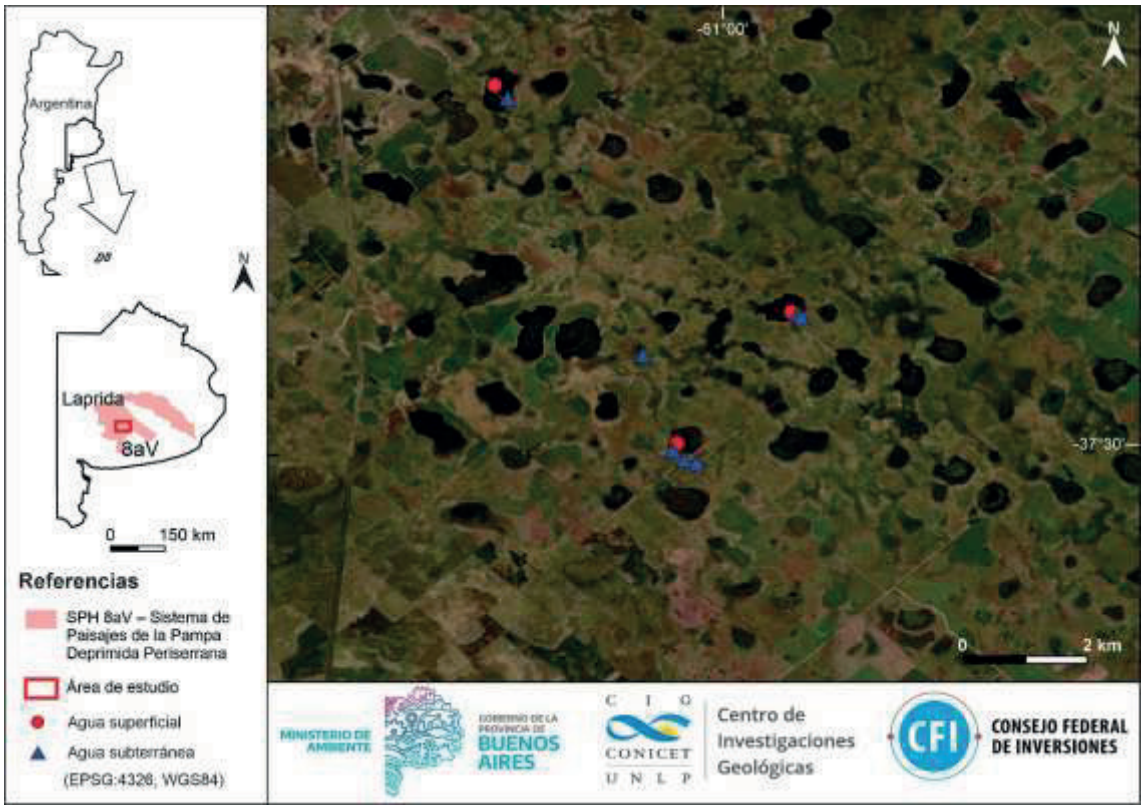


Figura 3.15: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Laprida.

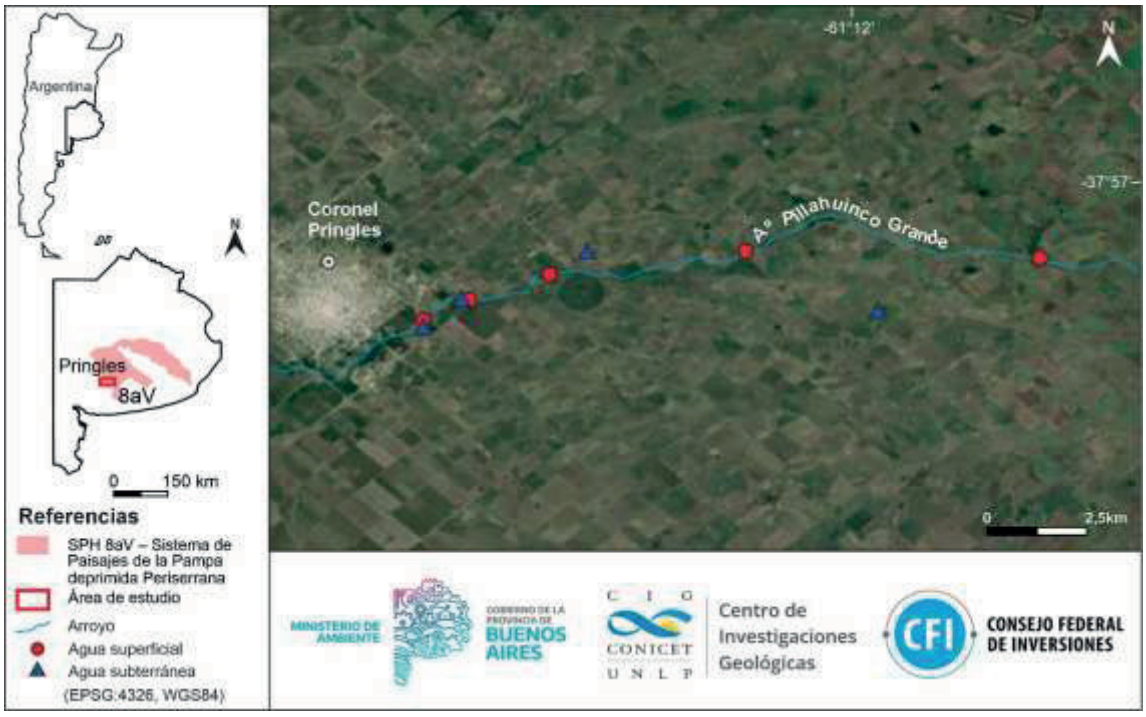


Figura 3.16: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Coronel Pringles.

En el área de ambientes lagunares próxima a Laprida (Fig. 3.15) la menor expresión topográfica resulta en un evidente relieve llano sin una red fluvial definida. En las cubetas se acumula superficialmente el agua de los excedentes hídricos formando lagunas someras. Estas lagunas si bien constituyen cuerpos aislados, pueden conectarse durante los periodos de marcados excedentes hídricos mediante bajos inundables o canalizaciones. En las adyacencias a las lagunas, el agua subterránea se encuentra generalmente a menos de 1 m de profundidad. Esta característica, sumada a la permanencia de algunos cuerpos lagunares durante los periodos de déficit hídrico, estaría indicando que las depresiones que conforman las cubetas interceptan al nivel freático y son sustentadas por la descarga de agua subterránea. De esta manera la hidrodinámica de los ambientes lagunares depende tanto del aporte de agua superficial como del aporte de agua subterránea.

El agua superficial en las lagunas registró conductividades eléctricas entre 0,28 y 0,57 mS/cm y pH entre 8,20 y 9,09, mientras que, el agua subterránea somera en las adyacencias de las lagunas registró conductividades eléctricas entre 0,73 y 2,42 mS/cm y pH entre 8,00 y 8,97. Los menores valores de conductividad eléctrica que presenta el agua superficial respecto del agua subterránea estarían indicando el aporte de agua de lluvia. Respecto a la composición de iones mayoritarios, el agua superficial es bicarbonatada sódica a clorurada sódica. Por su parte, el agua subterránea evidenció mayor variabilidad, siendo bicarbonatada cálcica-sódica y clorurada sódica (Fig. 3.17). El contenido promedio de nitrato fue de 19,08 mg/L para el agua superficial y de 16,5 mg/L para el agua subterránea. Respecto al fósforo soluble (fosfatos) la concentración promedio para el agua superficial fue de 0,127 mg/L, en tanto que para el agua

subterránea fue de 0,271 mg/L. Si bien dichos valores podrían evidenciar una afectación antrópica, la posible dilución del agua de lluvia en las lagunas no evidencia una tendencia marcada respecto a una afectación agropecuaria.

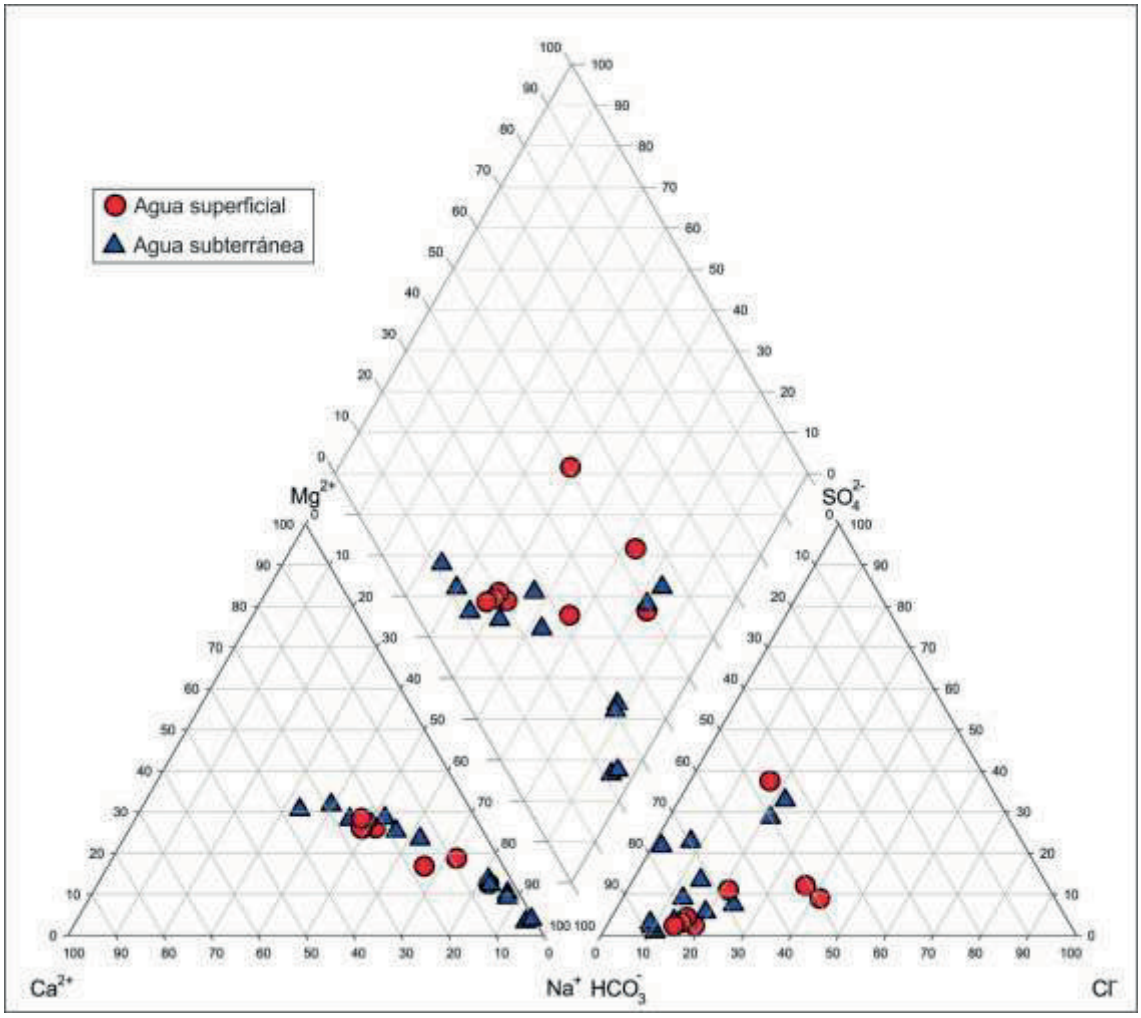


Figura 3.17: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en las áreas próximas a las localidades de Laprida y Coronel Pringles.

Por su parte, en las cercanías de Coronel Pringles (Fig. 3.16), los tributarios del arroyo Pillahuincó Grande tienen sus nacientes en las Sierras de Pillahuincó. Estos cursos se encuentran hacia las nacientes parcialmente encajonados, dominando en los sectores más altos el escurrimiento superficial. No obstante, aguas abajo desarrollan una planicie de inundación tendida de baja expresión y de forma irregular donde la interacción con el agua subterránea es más notoria. En el sector de borde del arroyo, el nivel freático se

encontró cercano a 0,50 m de profundidad en sedimentos limosos a limo-arenosos. La conductividad eléctrica del agua del arroyo varió entre 0,47 y 0,75 mS/cm y el pH entre 8,30 y 11,15, mientras que la del agua subterránea varió entre 0,79 y 1,30 mS/cm con un pH entre 7,31 y 8,14. Respecto a los iones mayoritarios, el agua es de tipo bicarbonatada-cálcica a bicarbonatada-sódica tanto en el agua superficial como subterránea (Fig. 3.17). Los contenidos de nitrato en el agua superficial evidenciaron un promedio de 26,28 mg/L, mientras que para el agua subterránea fue de 13,62 mg/L. Por su parte, el contenido promedio de fosfatos fue de 1,620 mg/L para el agua superficial y 0,363 mg/L para el agua subterránea. Los mayores contenidos en nitrato y fosfato registrados en el agua superficial respecto del agua subterránea podrían evidenciar el impacto de la agricultura en los cuerpos de agua superficiales muestreados.

Los siguientes esquemas conceptuales (Fig. 3.18) resumen el funcionamiento explicado previamente para el sector cercano al sistema lagunar de Laprida con lagunas y bajos anegables, así como los bajos inundables y la planicie de inundación del arroyo Pillahuincó Grande.

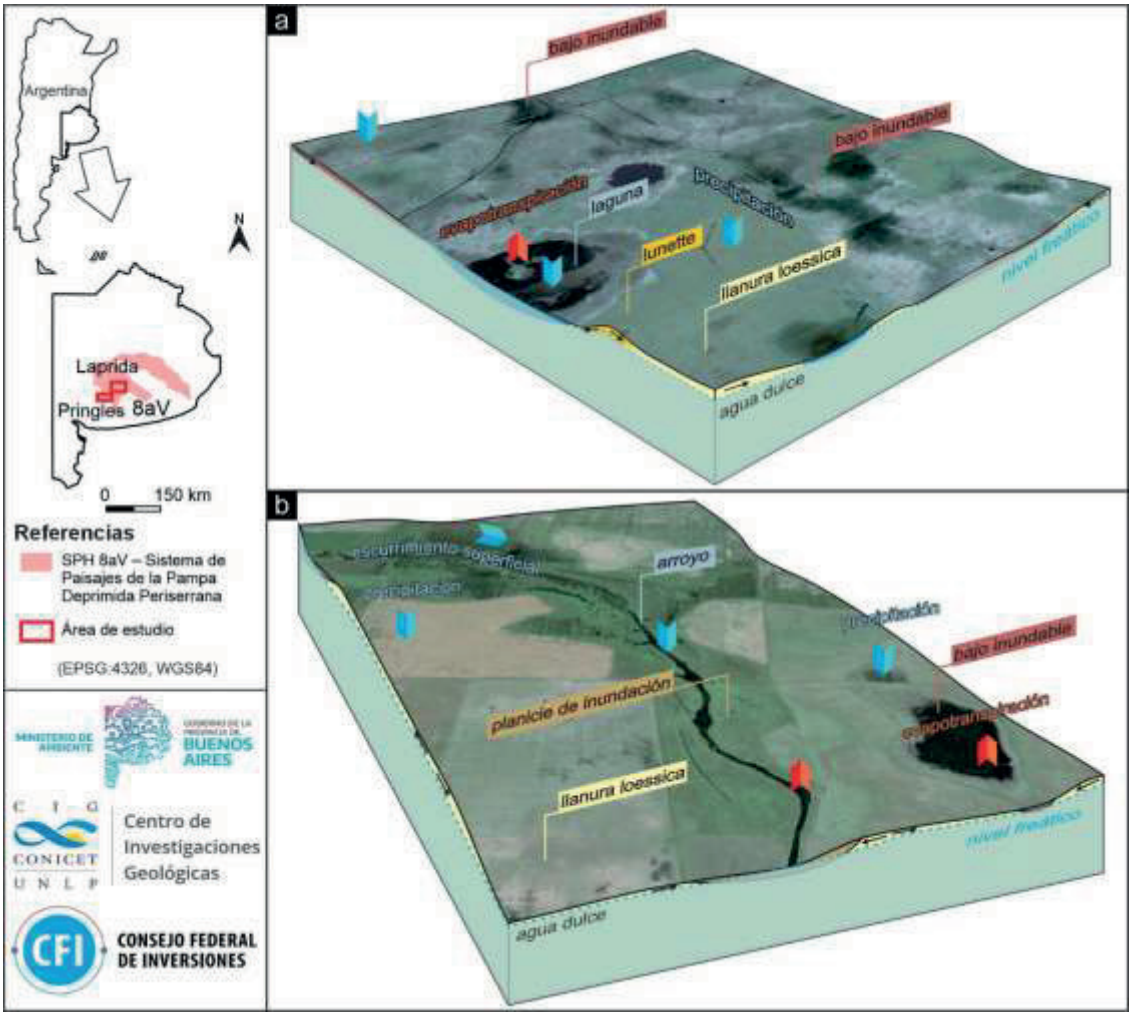


Figura 3.18: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Paisajes de la Pampa Deprimida Periserrana en áreas adyacentes a las localidades de (a) Laprida y (b) Coronel Pringles.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

La llanura loessica constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde ocurre tanto el escurrimiento superficial como la infiltración de las precipitaciones. La moderada a baja permeabilidad de los sedimentos que la componen y la escasa pendiente determina que el agua de las lluvias escurra lentamente hacia los arroyos y zonas deprimidas y también pueda infiltrar en los suelos, recargando al agua subterránea freática cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

En los sectores de llanura loessica de menor pendiente topográfica y donde domina el desarrollo de cubetas de deflación, estas constituyen ambientes hidrogeomorfológicos

en donde se desarrollan humedales asociados a lagunas someras y bajos temporalmente inundables. El agua superficial en estos humedales tiende a acumularse sin presentar una conexión hidráulica entre ellos, o si la presentan esta ocurre sólo en periodos de marcados excedentes hídricos o en zonas hidrológicamente modificadas por la presencia de canalizaciones. Estas zonas de humedales son también sustentadas por aportes de agua subterránea encontrándose el nivel freático próximo a la superficie o aflorante.

Por otro lado, en los sectores de llanura loessica de mayor pendiente topográfica comienzan a desarrollarse líneas de escurrimiento, y los ambientes hidrogeomorfológicos asociados a humedales se corresponden con la planicie de inundación de los arroyos y con bajos inundables interconectados. Estos sectores de bajos de gran extensión areal constituyen ambientes hidrogeomorfológicos caracterizados por un escaso relieve plano-cóncavo y con cotas inferiores a los de la llanura loessica adyacente. Tanto la planicie de inundación como los bajos inundables reciben el agua procedente del escurrimiento superficial y son ocupados temporalmente por una lámina de agua superficial somera durante los periodos lluviosos. En estas zonas, el agua subterránea que se encuentra a escasa profundidad también sustenta hidrológicamente a los humedales. El nivel freático se encuentra próximo a la superficie y llega a aflorar en periodos de marcados excedentes hídricos en los que los sedimentos se saturan completamente en agua.

En la figura 3.19 se muestran distintas fotografías de las zonas relevadas donde pueden apreciarse los diferentes tipos de humedales descriptos.



Figura 3.19: Fotografías mostrando (a) Vista aérea del arroyo Pillahuincó Grande. (b) Arroyo Pillahuincó Grande, márgenes con suaves barrancas y vegetación de sauces. (c) y (d) Vistas aéreas de diferentes lagunas de la Pampa Deprimida Periserrana cercanas a la localidad de Laprida. (e) y (f) Humedales en sistemas de lagunas de la Pampa Deprimida Periserrana.

4. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales y lagunares próximas a la localidad de Ayacucho

Ubicación

Los humedales asociados a ambientes fluviales y lagunares que fueron estudiados están asociados a depresiones de tipo cubetas y pequeños cursos fluviales que se desarrollan al oeste de la localidad de Ayacucho (Fig. 4.1).



Figura 4.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de Ayacucho (delimitada en el recuadro negro).

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a la localidad de Ayacucho se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica de Tandil del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), situada 55 km al sudoeste, ubicada en el partido homónimo.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 903,9 mm, registrándose máximos de 1402 mm en 2014 y mínimos de 524 mm en 2008 (Fig. 4.2).

Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en enero con un valor de 109,2 mm, mientras que en invierno (junio – julio) la precipitación ronda los 43 mm (Fig. 4.3).

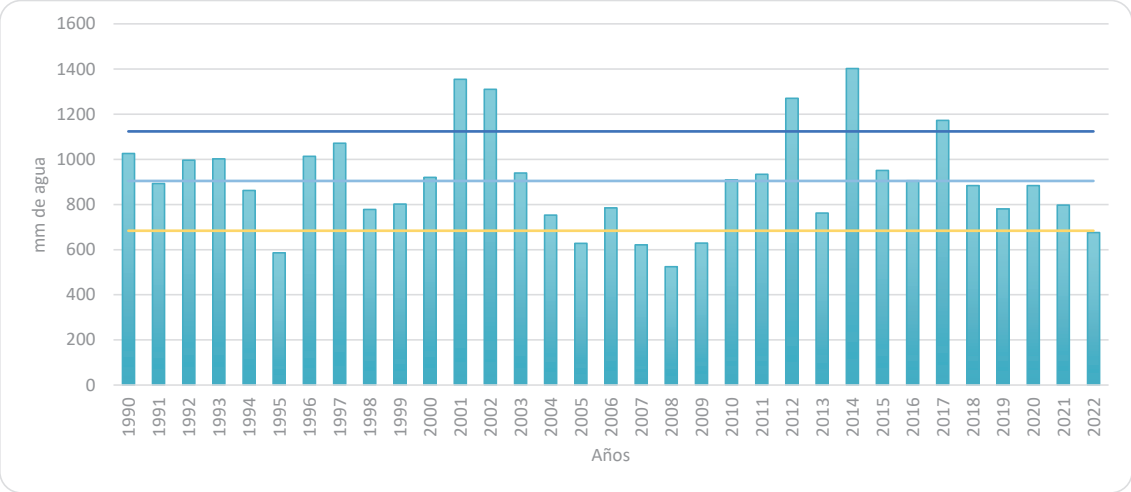


Figura 4.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

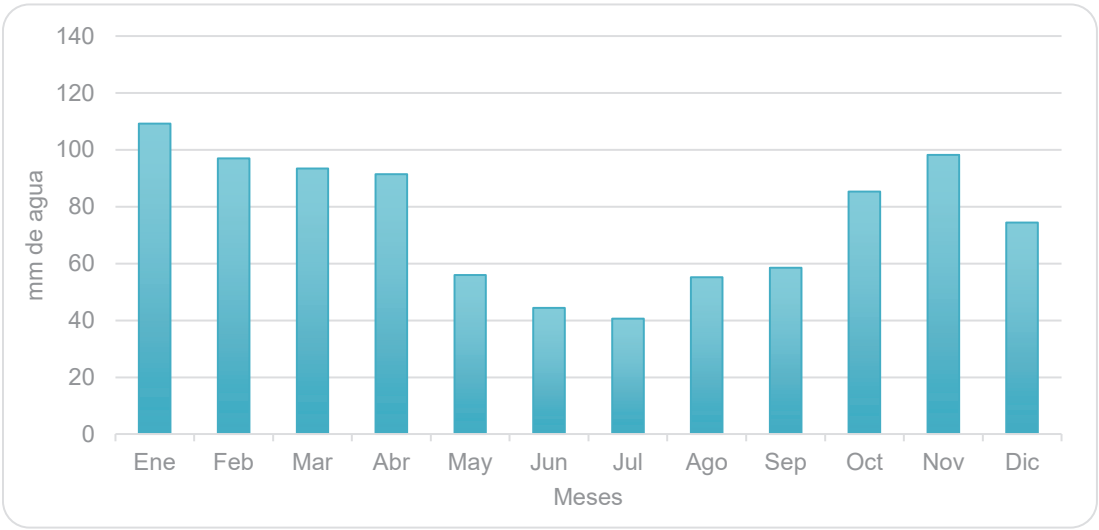


Figura 4.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real supera a la precipitación durante el verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre abril y noviembre (Fig. 4.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

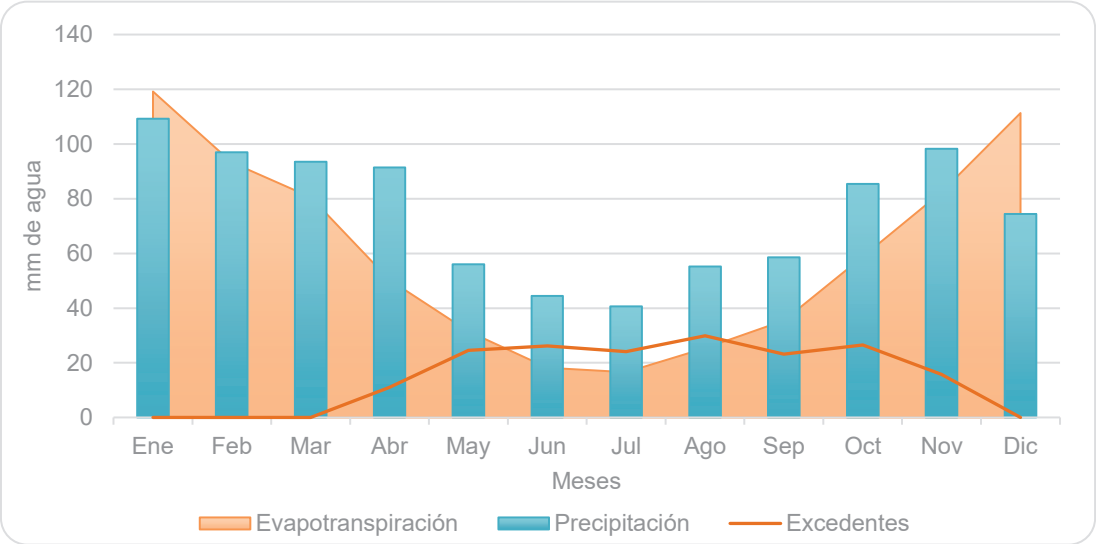


Figura 4.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

En los años secos y húmedos este comportamiento promedio varía, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 4.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos durante los meses de otoño e invierno principalmente, y primavera cuando las precipitaciones son mayores (Fig. 4.6).

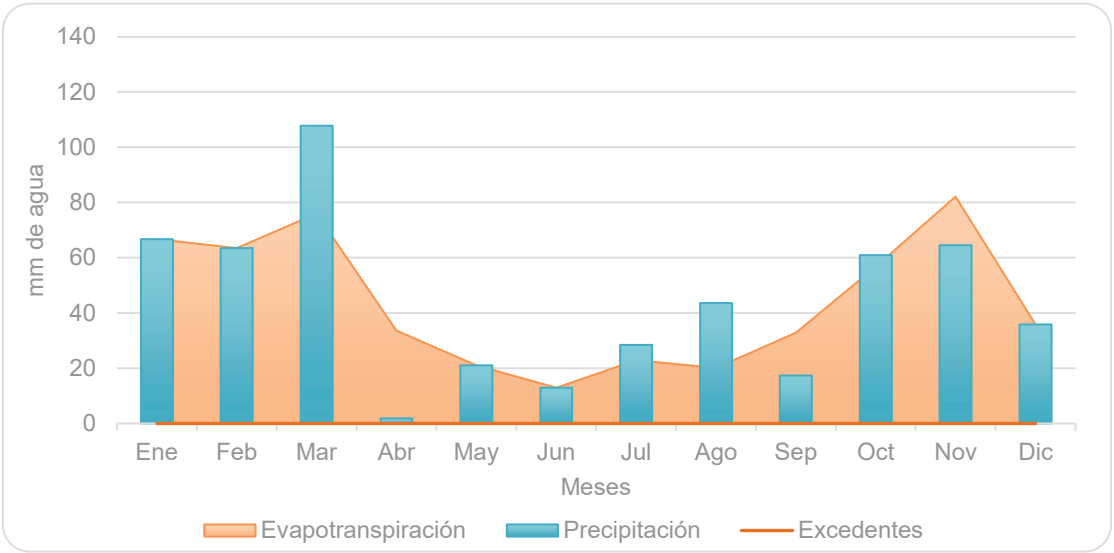


Figura 4.5: Balance hídrico mensual para el año 2008 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

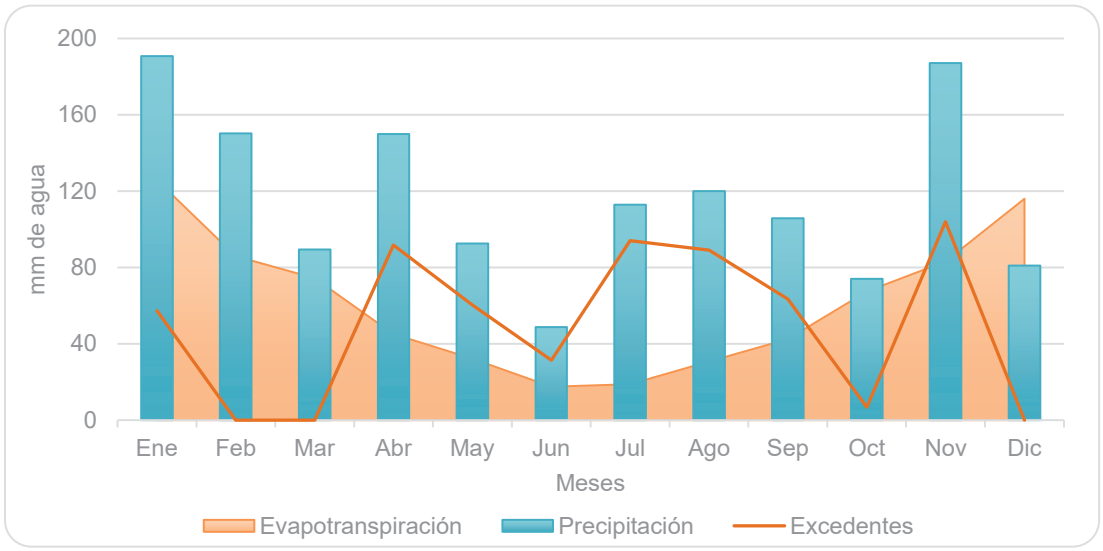


Figura 4.6: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos, observándose que para el periodo seco sólo el cuerpo fluvial tiene escasa agua y las depresiones carecen de ella, mientras que para el periodo húmedo la presencia de agua es notable, extendiéndose no solo en la llanura de inundación sino de manera irregular en depresiones que se interconectan en numerosas áreas (Fig. 4.7a y b respectivamente).

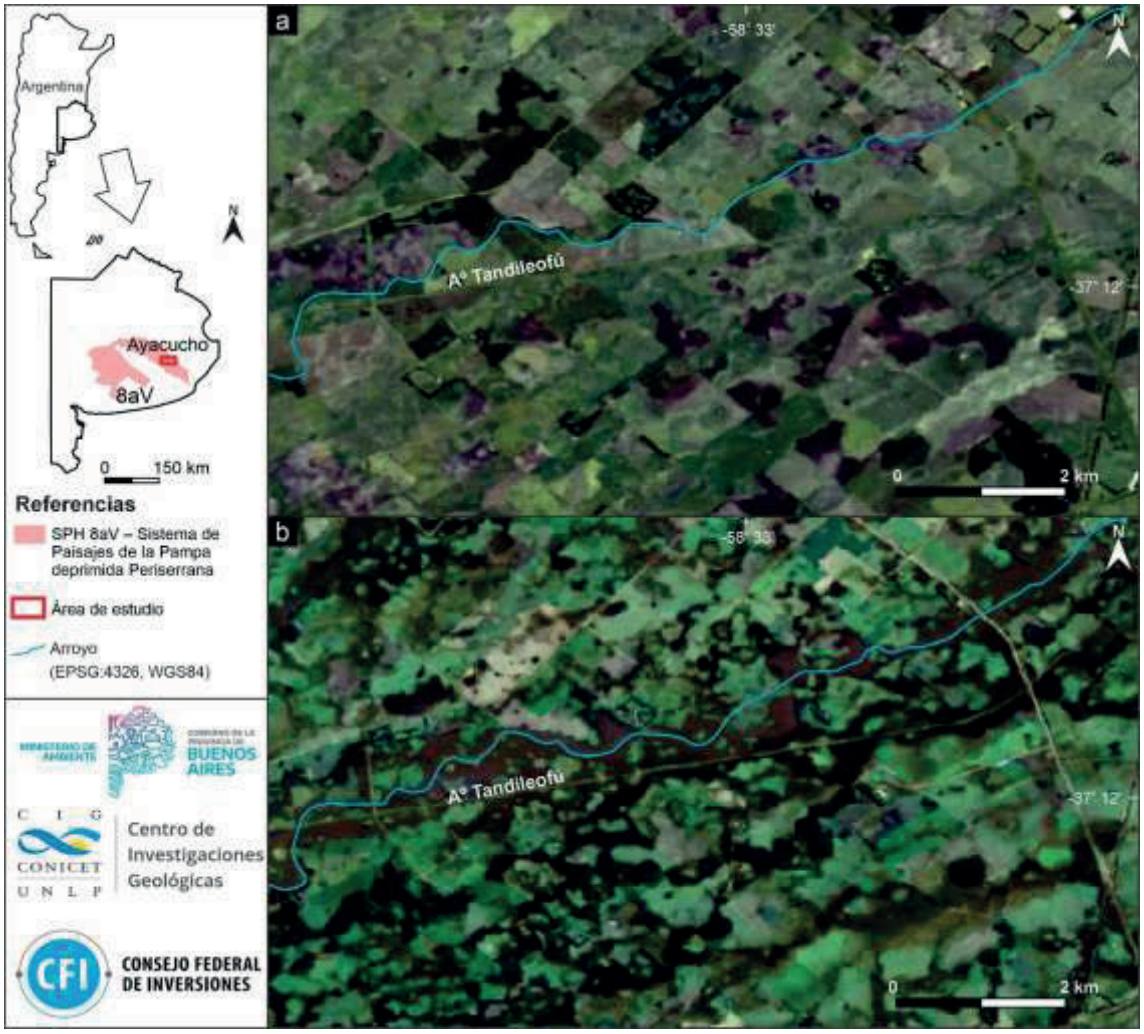


Figura 4.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho en (a) un periodo seco (8/11/2022) y (b) un periodo húmedo (14/08/2017).

Relieve y Geomorfología

El área comprende una llanura loessica que presenta una suave pendiente hacia el este-noreste, con alturas topográficas que disminuyen desde valores cercanos a 110 m snm en el sector sudoeste hasta valores cercanos a 70 m snm en el sector noreste (Fig. 4.8). Esta llanura está compuesta principalmente por sedimentos limosos, con texturas franco arcillosas.

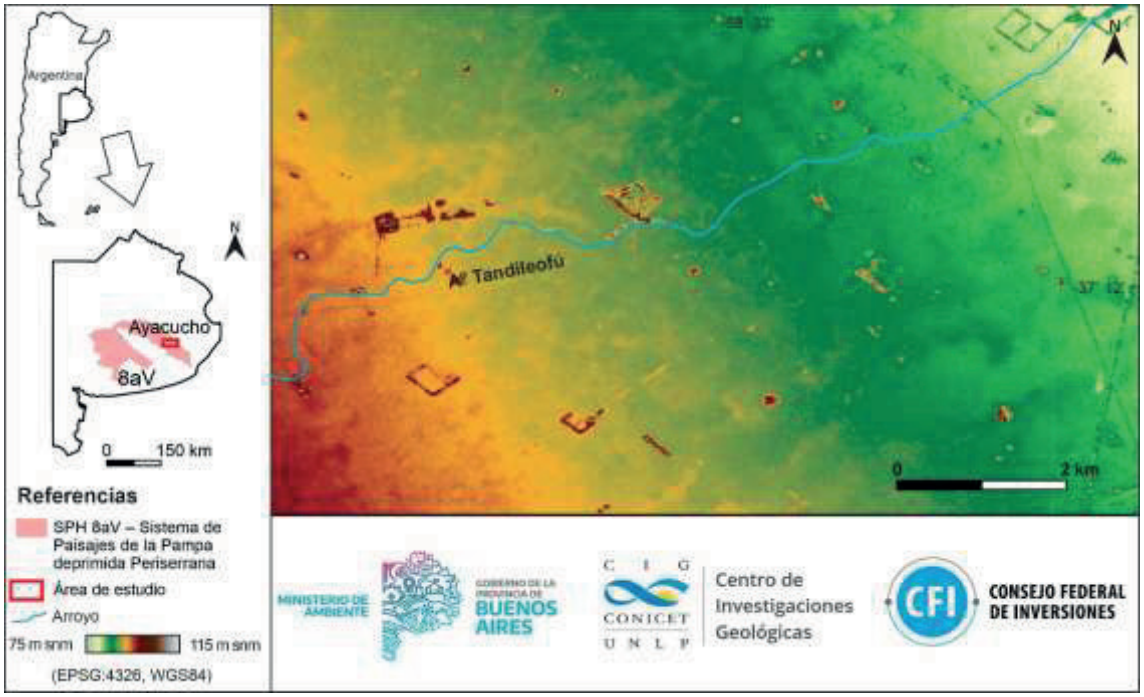


Figura 4.8: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

Dentro del área estudiada se desarrolla un tramo de la cuenca del arroyo Tandileofú el cual presenta una planicie de inundación de escasa extensión la que se asocia lateralmente a zonas de bajos inundables. Estos últimos constituyen el rasgo geomorfológico más extendido en el área estudiada, y están representados por depresiones alargadas en el sentido de la pendiente regional que se encuentran interdigitadas por sectores relativamente más altos. En los bajos inundables los sedimentos superficiales tienden a ser más arcillosos que aquellos que componen a la llanura loessica.

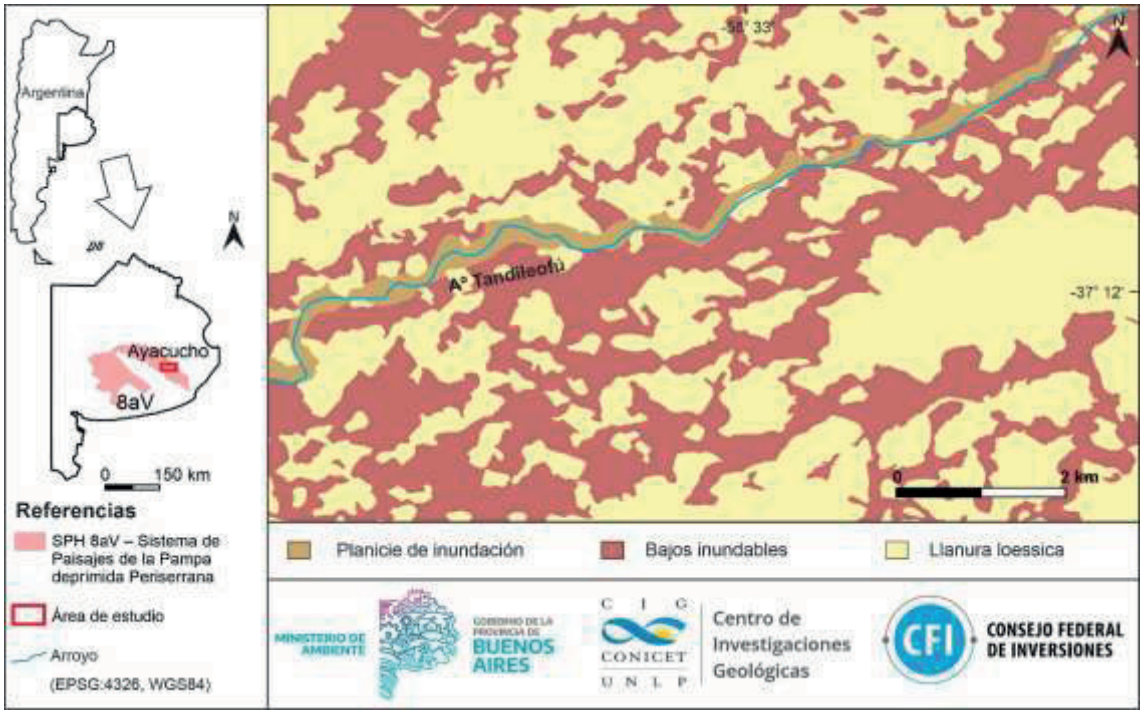


Figura 4.9: Mapa geomorfológico para el área próxima a la localidad de Ayacucho.

Asimismo, sobre esta llanura es posible reconocer numerosas depresiones someras de morfología irregular a circular de dimensiones considerablemente menores a las de los bajos inundables. En todas estas depresiones se acumula el agua de los excedentes hídricos que escurren superficialmente durante los eventos de lluvia, las cuales se interconectan con una orientación aproximada noreste-sudoeste, paralela a la planicie de inundación de los cursos fluviales, también ocupados por agua en estos periodos. Se destaca que el relieve se encuentra afectado principalmente por caminos, y particularmente el terraplén del ferrocarril, el cual se encuentra aproximadamente paralelo a la planicie de inundación del arroyo Tandileofú (Fig. 4.7b).

Suelos

Los suelos presentes en el área son Molisoles (Fig. 4.10), destacándose el Argiudol abrúptico y Hapludol thapto árgico en una posición relativamente más alta, encontrando al último restringido arealmente. Por su parte, en las áreas más bajas, como depresiones

y la planicie de inundación se pueden observar un Natracuol típico que puede presentar rasgos hidromórficos, mientras que la presencia de Natrudol típico, se encuentra en una posición intermedia respecto a las mencionadas. Por último, el Natracualf mólico se encuentra restringido principalmente a las inmediaciones del cauce fluvial, sin extenderse en la planicie de inundación (Fig. 4.10), donde los moteados y concreciones de Fe-Mn son comunes. Los suelos condicionan el tipo de vegetación presente, pudiendo encontrarse en los bajos inundables pasto puna (*Stipa brachichaeta*), paja voladora (*Panicum capillares*), abrepuño amarillo (*Centaurea solstitialis*), diente de león (*Taraxacum officinali*), hierba santa (*Verbena officinalis*), pelo de chancho (*Distichlis spicata*). En la planicie de inundación se observó duraznillo blanco (*Solanum glaucum*), pelo de chancho (*Distichlis spicata*) y menta (*Mentha rotundifolia*), así como sauces (*Salix humboldtiana*) en las márgenes del arroyo. Por su parte, en la llanura loessica se han documentado rye grass (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), cardo negro (*Cirsium vulgare*), rama negra (*Conyza bonariensis*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*) y gramilla (*Cynodon dactylon*). El uso de suelos en este sector es agrícola y/o ganadero, limitándose el primero principalmente a los sectores no anegables relativamente más altos, en tanto que el segundo se presenta en las zonas más bajas.

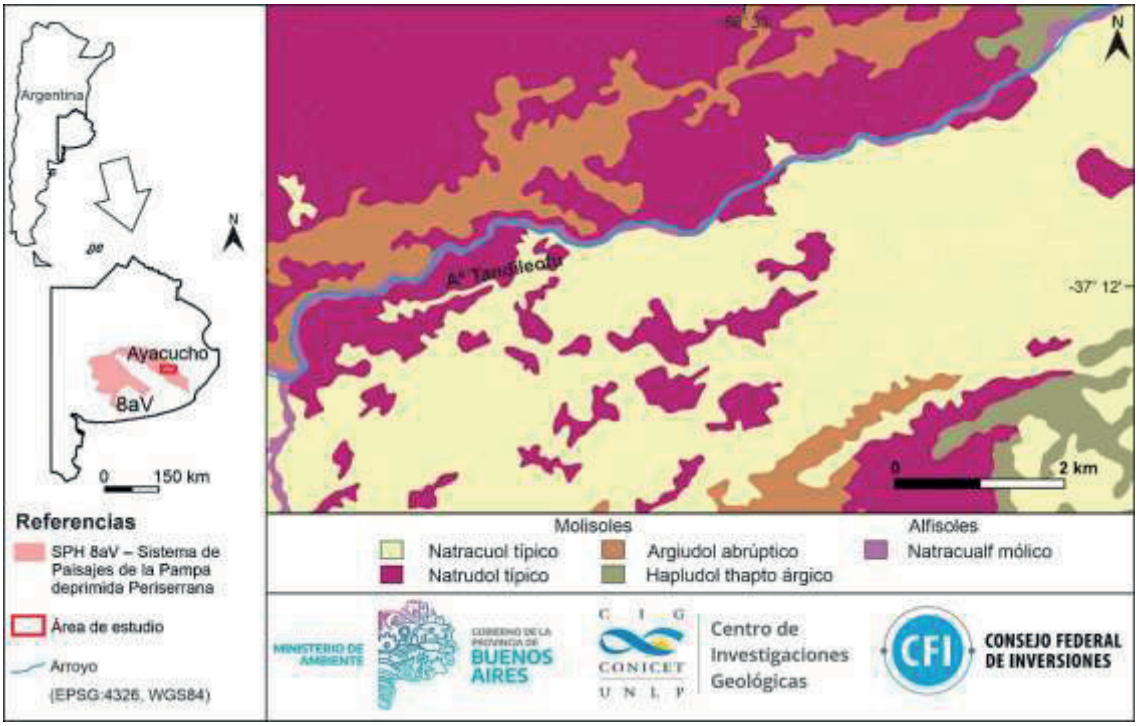


Figura 4.10: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Ayacucho.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

El arroyo Tandileofú es un curso permanente de tipo efluente que recibe los excedentes de las precipitaciones y localmente la descarga de agua subterránea (Ruiz de Galarreta et al., 2011), la cual mantiene al caudal base durante todo el año. Este arroyo confluye aguas abajo con otros de similar tamaño para posteriormente ser canalizados en el Canal 2 que desemboca en la Bahía Samborombón en las cercanías de General Lavalle. El nivel freático en las proximidades del curso fue somero con valores cercanos a 1 m de profundidad. Asimismo, en las márgenes del arroyo se observó la descarga de agua subterránea la cual ocurre de manera difusa a través de los sedimentos loessicos.

Dentro del área de estudio, el agua superficial registró una conductividad eléctrica promedio de 0,68 mS/cm y un pH alcalino cercano a 8,9. Respecto a los iones mayoritarios, en los sectores muestreados (Fig. 4.11), el agua es de tipo bicarbonatada mixta, donde los cationes calcio, sodio y magnesio contribuyen de manera semejante a

su composición (Fig. 4.12). Por su parte, el agua subterránea presentó conductividades eléctricas mayores, con un promedio de 1,08 mS/cm y un pH levemente menor, con valores cercanos a 7,9. La proporción de iones mayoritarios, si bien fue similar a la superficial de composición bicarbonatada mixta, se registraron sectores en las que el sodio es el catión dominante, principalmente en los molinos muestreados más profundos.

El contenido promedio de nitratos en el agua superficial fue de 18,95 mg/L, mientras que el de fosfatos de 0,292 mg/L. Por su parte, los valores en el agua subterránea fueron similares, pero levemente más bajos, registrándose un valor de 10,95 mg/L para el nitrato y de 0,184 mg/L para el fosfato. Esta mayor concentración en el agua del arroyo podría indicar una posible afectación del agua superficial debido a la actividad agropecuaria que se desarrolla en el sector, no obstante, los valores son bajos.

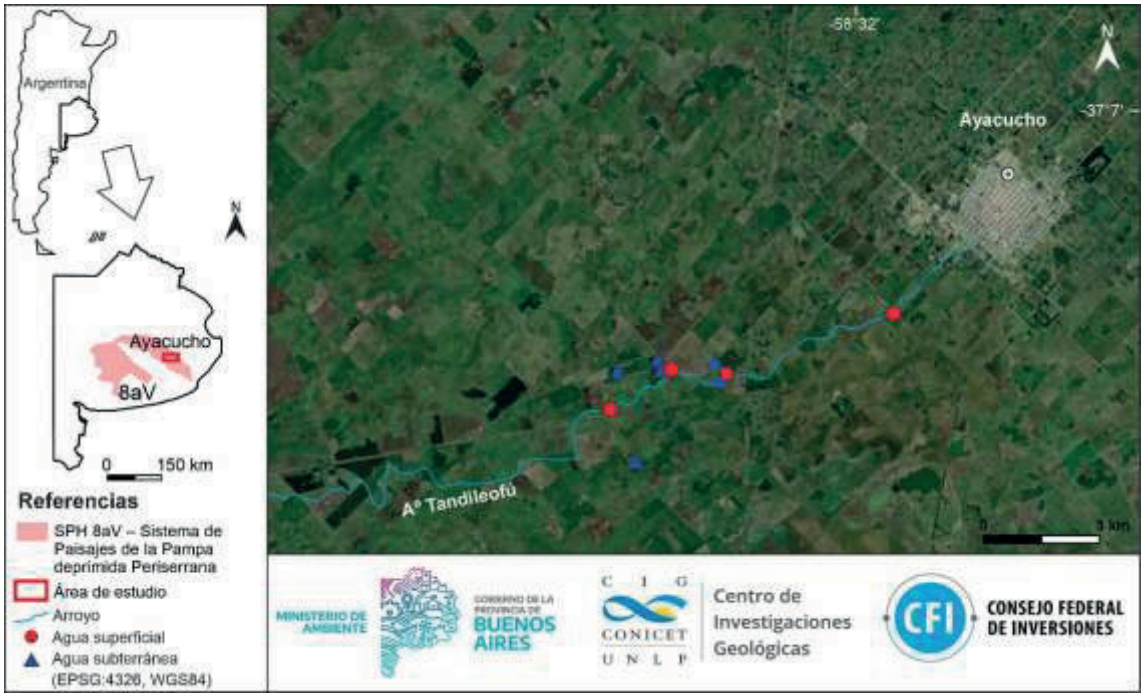


Figura 4.11: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Ayacucho.

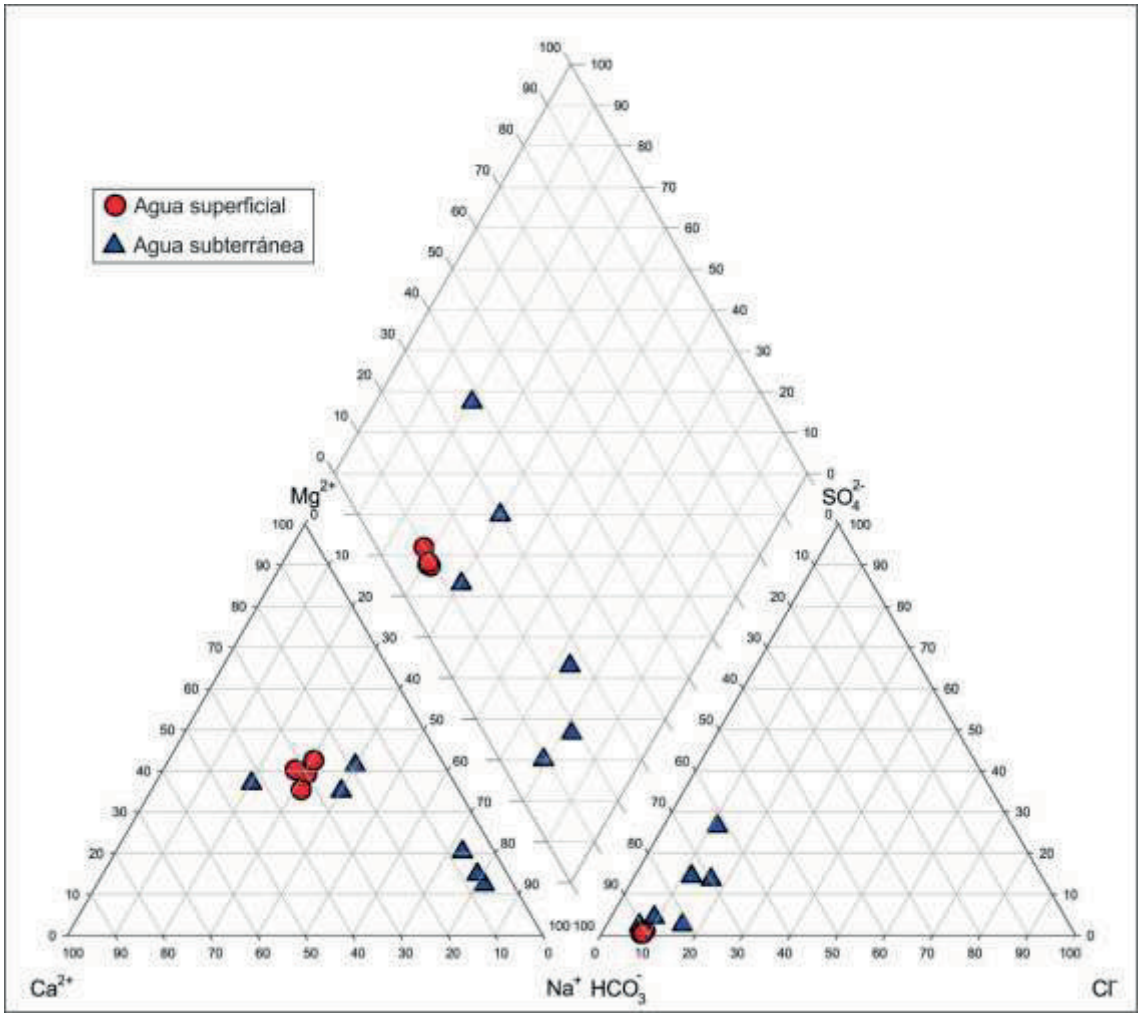


Figura 4.12: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Ayacucho.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 4.13) resume el funcionamiento explicado previamente para un sector de la planicie de inundación del arroyo Tandileofú.

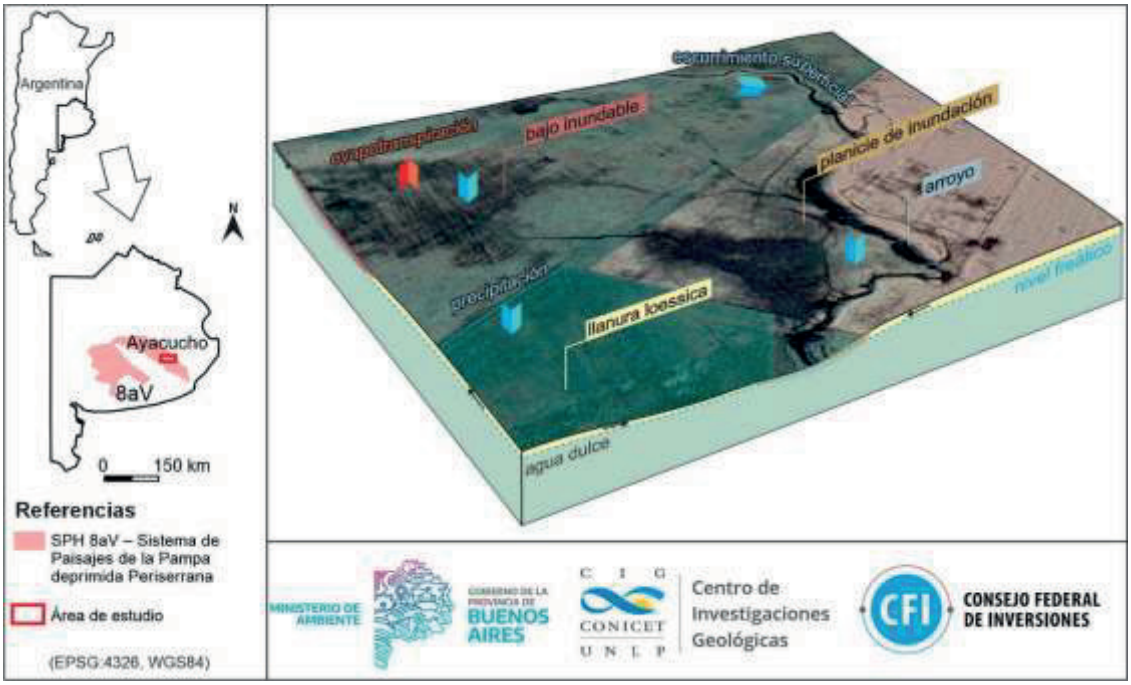


Figura 4.13: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes de la Pampa Deprimida Periserrana en áreas adyacentes a la localidad de Ayacucho.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

La llanura loessica del sector estudiado constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde predominan los procesos como el escurrimiento superficial no encauzado y la infiltración de las precipitaciones. La baja pendiente y las características texturales de los sedimentos que componen a esta llanura determinan que cuando se saturan las reservas de agua en el suelo, el agua de las precipitaciones infiltre lentamente recargando al agua subterránea freática o escurra hacia los arroyos y zonas deprimidas. La planicie de inundación de los arroyos comprende el área de humedales de mayor importancia del sector (Fig. 4.14). La misma constituye un ambiente hidrogeomorfológico caracterizado por ser una zona plana de menor topografía respecto de la llanura loessica adyacente. Los humedales que se desarrollan en ella reciben flujos de agua subterránea desde los sectores adyacentes topográficamente más elevados, así como también el agua superficial durante los desbordes del río. Asimismo, los bajos inundables, de gran

extensión areal, alojan zonas de humedales. Estos reciben el agua procedente del escurrimiento superficial no encauzado la cual se acumula en superficie temporalmente formando una lámina de agua. En estas zonas de bajos, el agua subterránea, que también sustenta a los humedales, se encuentra a escasa profundidad (nivel freático cercano a 1 m de profundidad) llegando a aflorar cuando los sedimentos se saturan completamente en los periodos de fuertes excedentes hídricos. Un comportamiento similar al de los bajos inundables se aprecia en las depresiones circulares a subcirculares de escasa expresión areal que se desarrollan en la llanura loessica. En la figura 4.14 se muestran distintas fotografías de las zonas relavadas donde pueden apreciarse los diferentes tipos de humedales descriptos.



Figura 4.14: Fotografías mostrando (a) área de descarga subterránea aledaño al arroyo Tandileofú. (b) Arroyo Tandileofú. (c) Sauces en el borde del arroyo Tandileofú. (d) Planicie de inundación del arroyo Tandileofú y (e) sauces y vegetación en el borde del arroyo Tandileofú.

D. SPH 8aVI – SISTEMA DE PAISAJES INTERSERRANOS

Dentro de este SPH se relevaron ambientes fluviales y lagunares que se encuentran en sectores muy distantes y que presentan diferencias en las características hidrogeomorfológicas, razón por la cual serán descriptas de manera separada.

5. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales próximos a las localidades de Cura Malal y Santa María

Ubicación

Dentro del Sistema de Paisajes de Humedales Interserranos se estudiaron ambientes fluviales localizados en el sector oeste, en áreas cercanas a las localidades de Cura Malal (Fig. 5.1a) y Santa María (Fig. 5.1b), correspondientes a las cuencas medias de los arroyos Cura Malal y Sauce Corto, respectivamente.

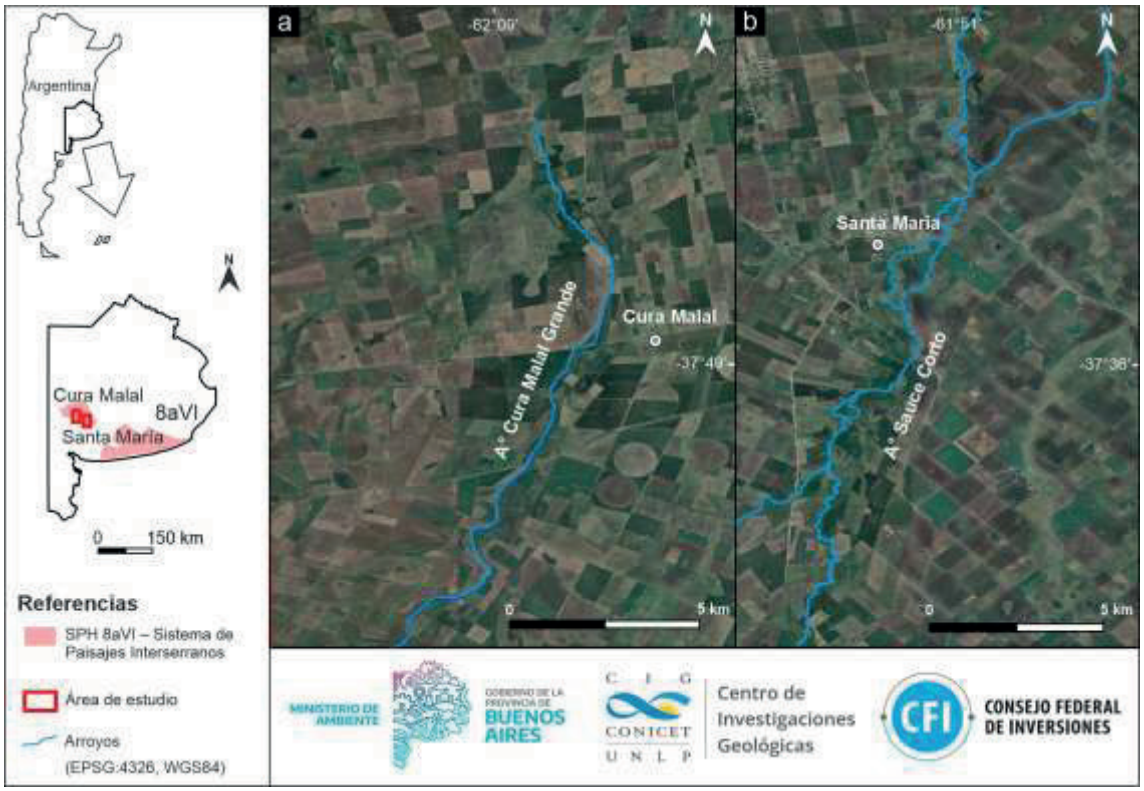


Figura 5.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de (a) Cura Malal y (b) Santa María.

Estas cuencas representan a los principales cursos fluviales del área, siendo representativas de las características hidrogeomorfológicas del SPH estudiado. Por otro lado, presentan buena accesibilidad y baja perturbación antrópica.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de Cura Malal y Santa María se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica del SMN Coronel Suárez, ubicada entre dichas localidades.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 771 mm, registrándose máximos de 1141 mm en 2014 y mínimos de 453 mm en 2009 (Fig. 5.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en enero, marzo y octubre con valores cercanos a 90 mm, mientras que en invierno (junio – julio) la precipitación ronda los 20 y 30 mm (Fig. 5.3).

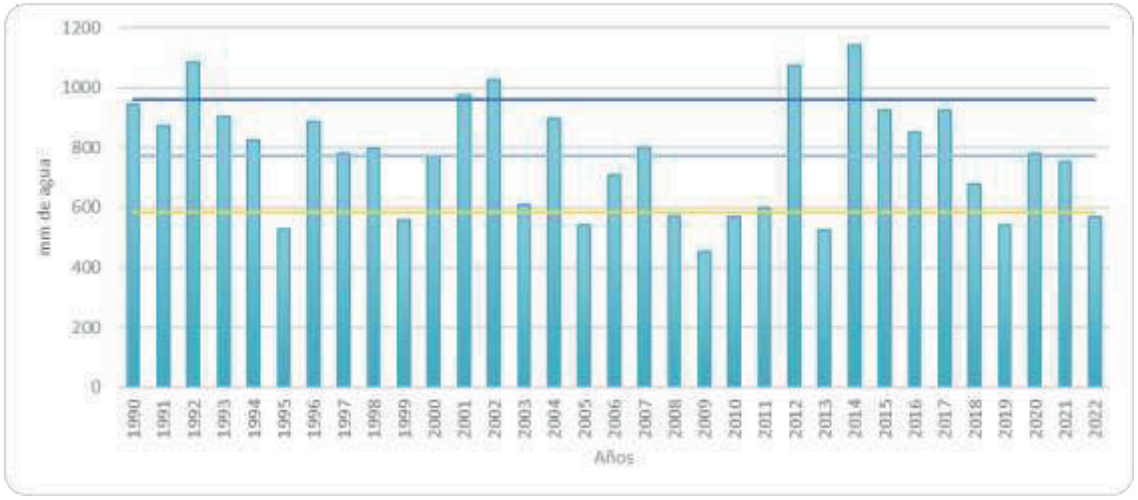


Figura 5.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Cura Malal y Santa María. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que las precipitaciones son mayores a la evapotranspiración real sólo en los meses de marzo a octubre, ocurriendo los excedentes de agua entre los meses de julio a octubre cuando las reservas de agua en el suelo se encuentran en un máximo (Fig. 5.4). A partir de noviembre y hasta el mes de febrero prevalece la evapotranspiración por sobre las precipitaciones, por lo que las reservas de agua del suelo disminuyen y no se registran excedentes.

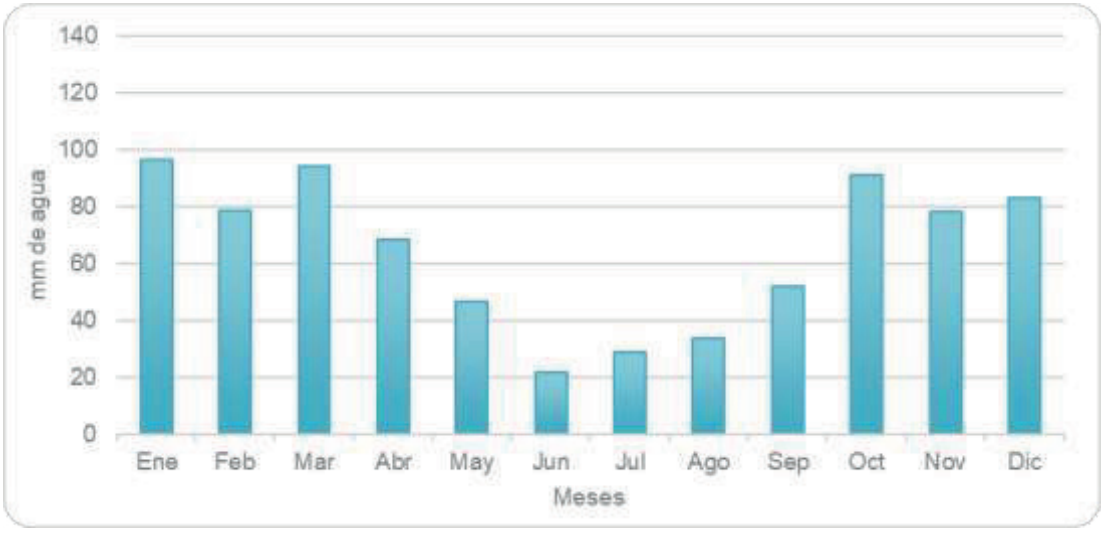


Figura 5.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Cura Malal y Santa María.

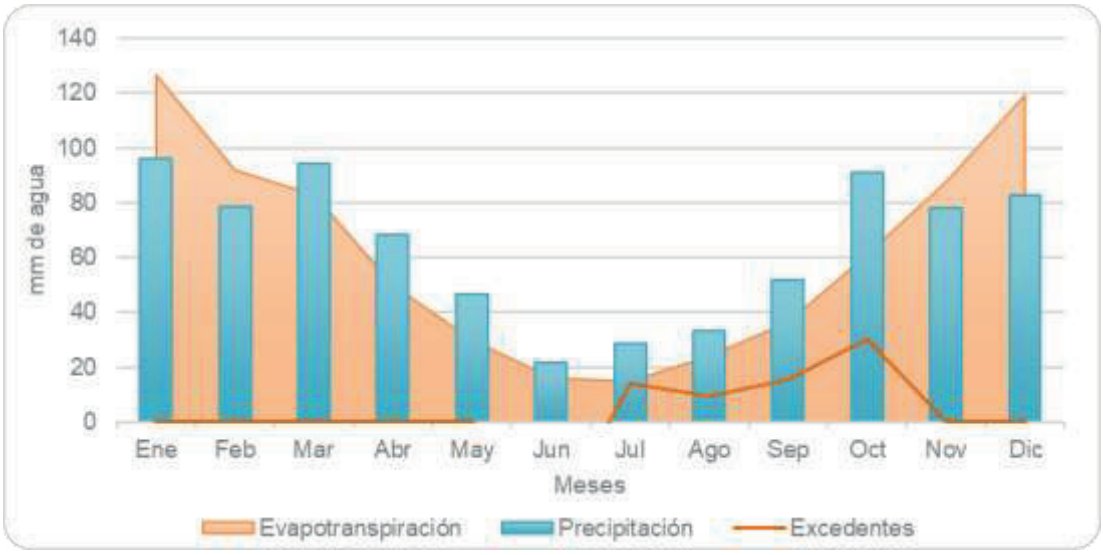


Figura 5.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Cura Malal y Santa María.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 5.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos cuando las precipitaciones son altas durante los meses de otoño, invierno y primavera (Fig. 5.6).

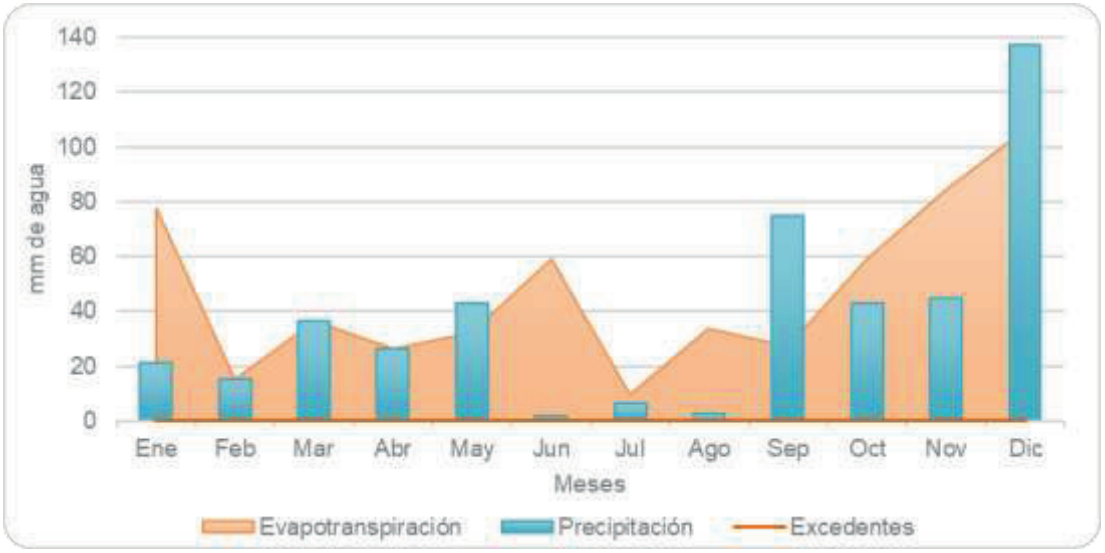


Figura 5.5: Balance hídrico mensual para el año 2009 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Cura Malal y Santa María.

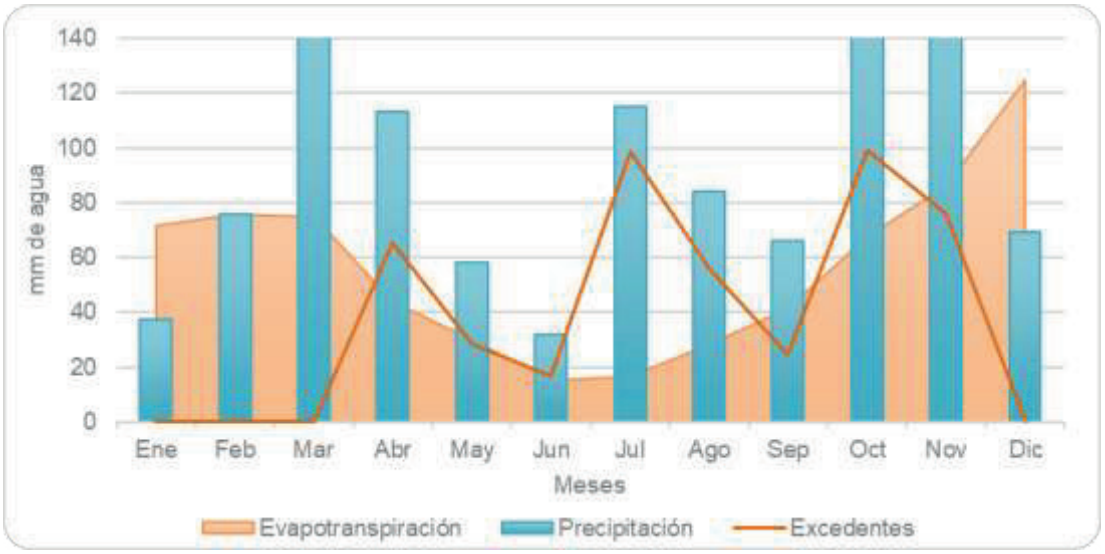


Figura 5.6: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Cura Malal y Santa María.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 5.7 y 5.8).

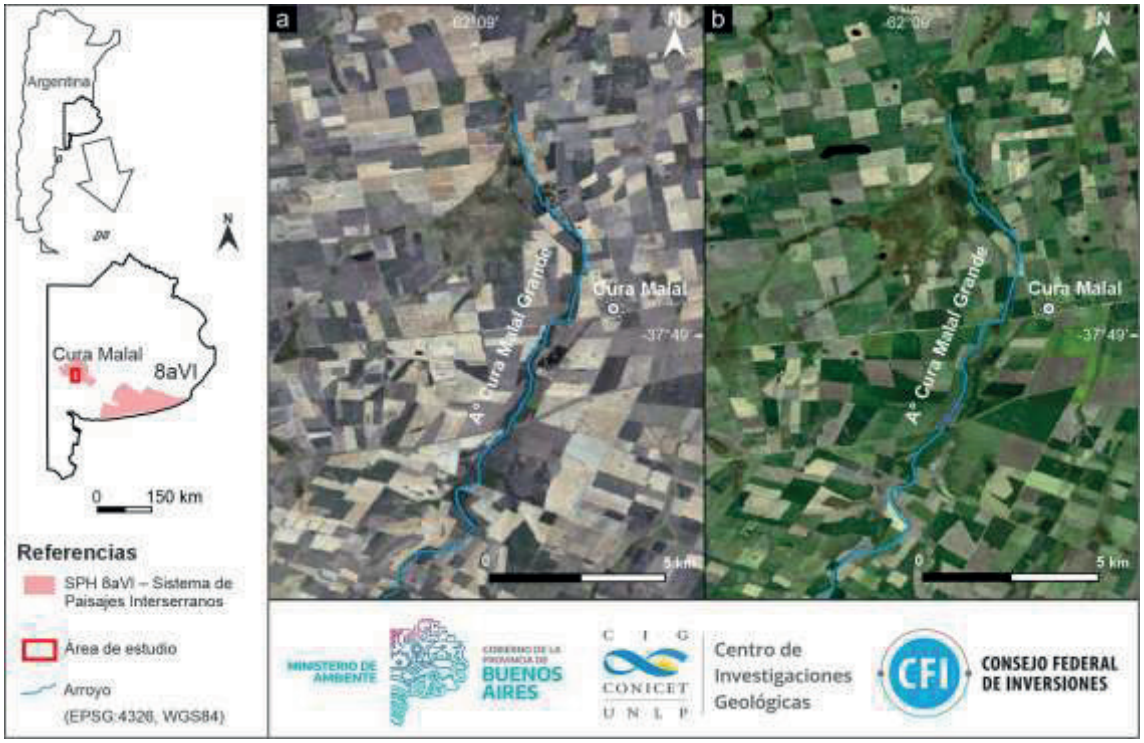


Figura 5.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Cura Malal en (a) un periodo seco (15/01/2014), y (b) un periodo húmedo (17/10/2015).

La principal diferencia apreciable entre los períodos secos y los periodos húmedos es que durante los primeros solo se observa agua superficial en los cursos principales y planicie de inundación tanto de los arroyos Cura Malal Grande (Fig. 5.7a) como Sauce Corto (Fig. 5.8a). Estos arroyos tienen su área de aporte alóctona al SPH y reciben agua principalmente de los cursos tributarios que se encuentran desarrollados en la zona serrana de Ventania. Por otro lado, durante los periodos húmedos se observa que las planicies de inundación y los cursos principales que se encuentran desarrollados sobre la llanura loessica y la llanura pedemontana se activan cubriéndose de agua en superficie

(Fig. 5.7b y 5.8b). Esto muestra que dentro de este SPH existen ambientes de humedales que están influenciados por las condiciones climáticas.

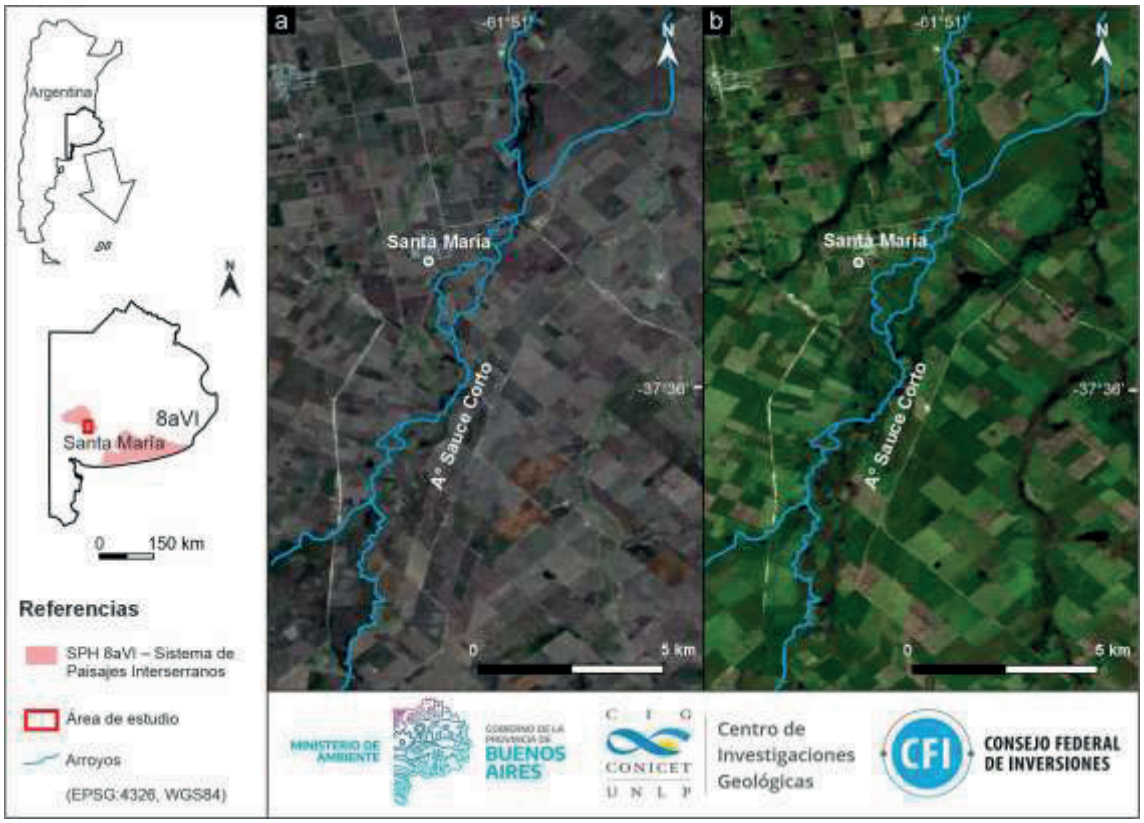


Figura 5.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Santa María en (a) un periodo seco (27/02/2009), y (b) un periodo húmedo (17/10/2015).

Relieve y Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico en las áreas relevadas adyacentes a las localidades de Cura Malal y Santa María se reconocen dos unidades geomorfológicas principales. Por un lado, en el sector sur, una llanura pedemontana vinculada a las Sierras de Bravard y Cura Malal que presenta geoformas aluviales intercaladas con depósitos loessicos, donde se registran las mayores cotas topográficas de hasta 300 m snm (Fig. 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12). Dentro de esta llanura pedemontana se diferencian al menos dos niveles de piedemonte (Pereyra y Tobío, 2018).

Los cursos fluviales que drenan el área tienen sus cabeceras localizadas principalmente en la zona serrana y conforman parte de un sistema de abanicos aluviales, con depósitos de tipo limo-arenosos. Este es el caso de los arroyos Cura Malal Grande y Sauce Corto, los cuales atraviesan de sur a norte las áreas relevadas. Ambos arroyos desarrollan planicies aluviales estrechas, limitadas por barrancas, observándose en algunos sectores terrazas fluviales. Esta unidad está integrada por limos fluviales, loess y potentes calcretes que ejercen un control estructural (Pereyra et al., 2001).

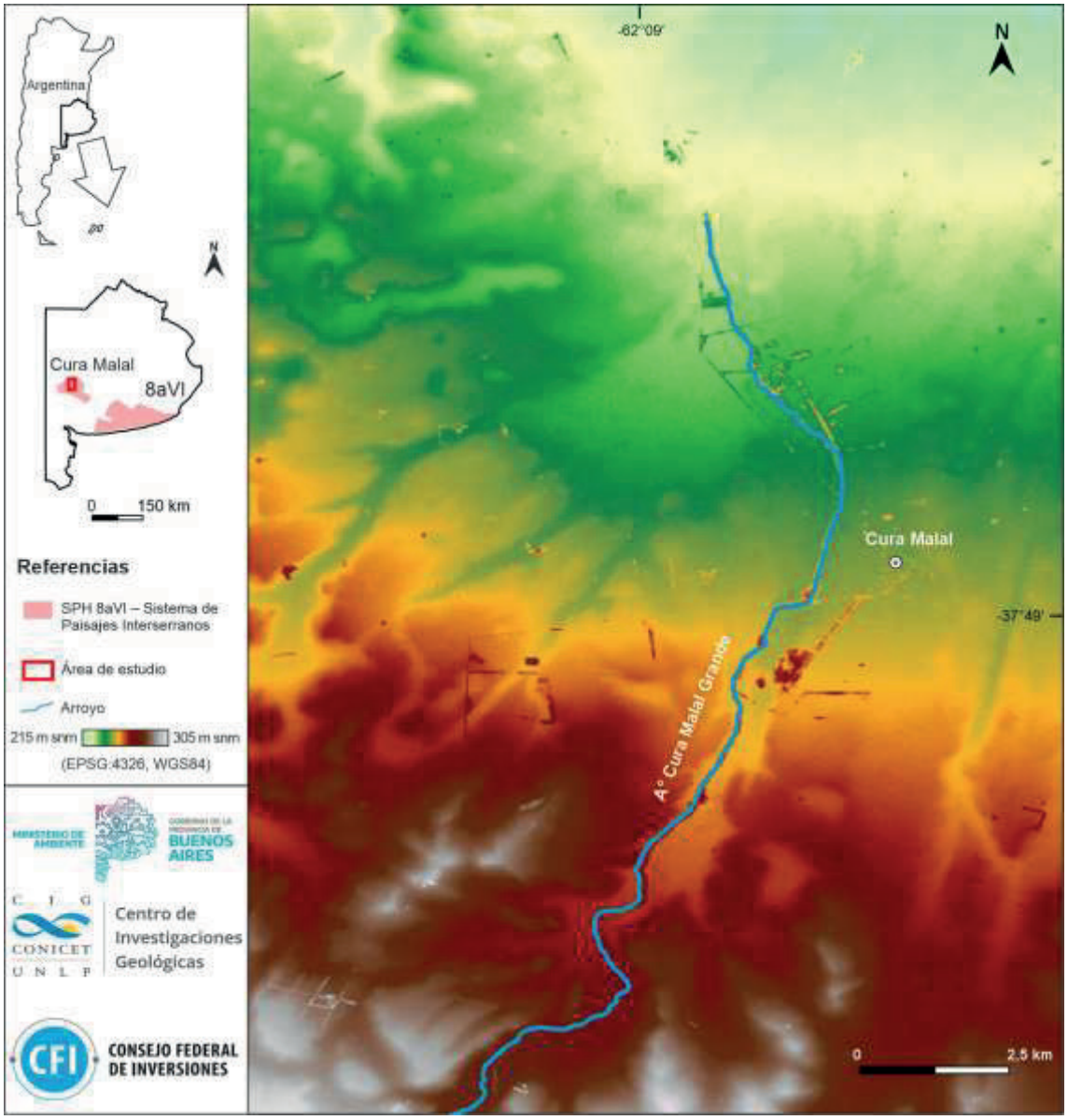


Figura 5.9: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Cura Malal.

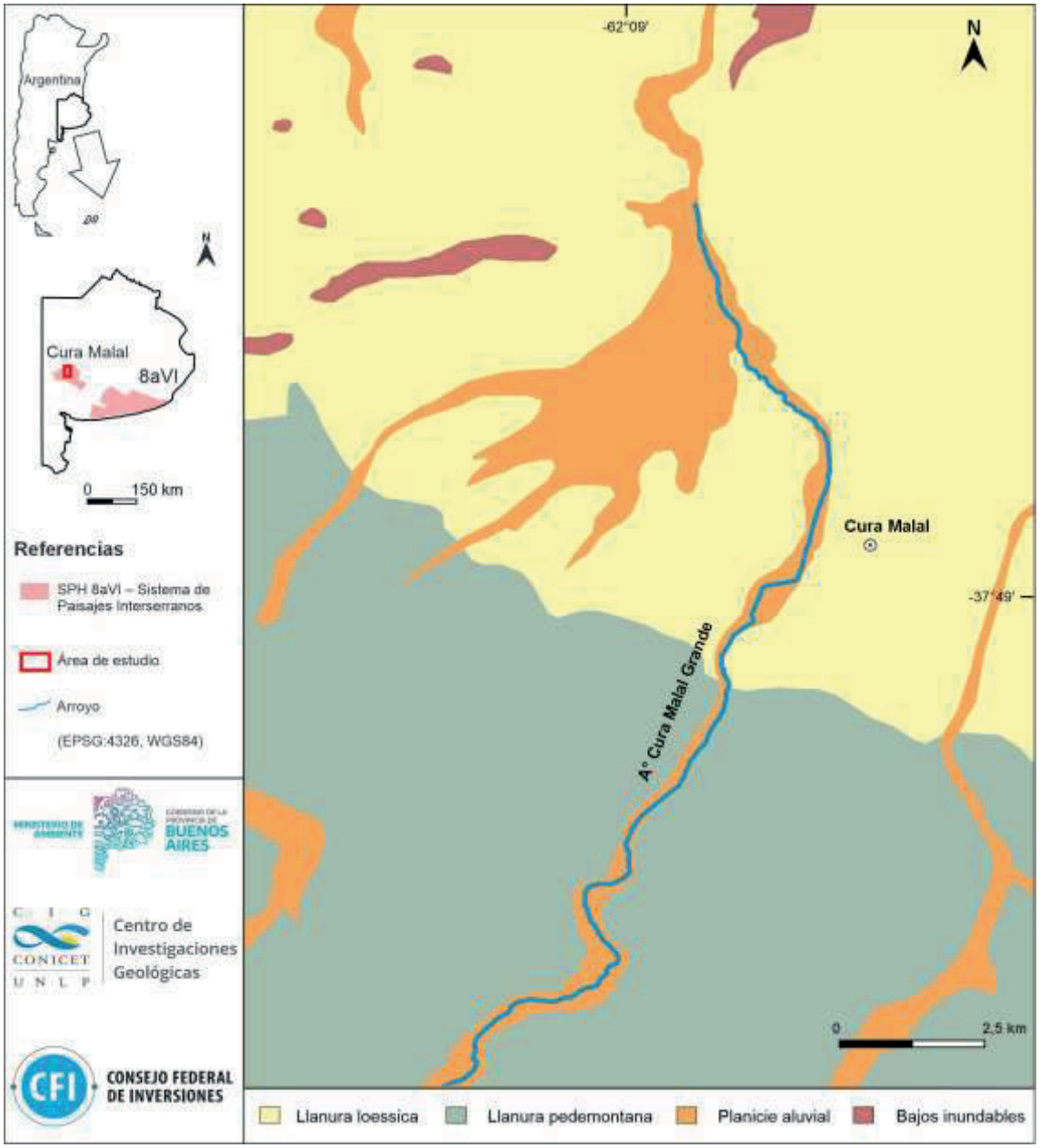


Figura 5.10: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Cura Malal.

Por otro lado, en el sector norte, la llanura pedemontana grada hacia una unidad de llanura loessica (Fig. 5.10 y 5.12). En esta unidad se reconocen algunos cursos tributarios que drenan hacia los arroyos principales de la zona. Dichos cursos presentan una menor disección vertical y suelen desarrollar llanuras aluviales algo más anchas. Además, en el sector norte del área de estudio, se reconocen depresiones o bajos inundables, que dan lugar a la formación de pequeños cuerpos lagunares temporarios (Fig. 5.10).

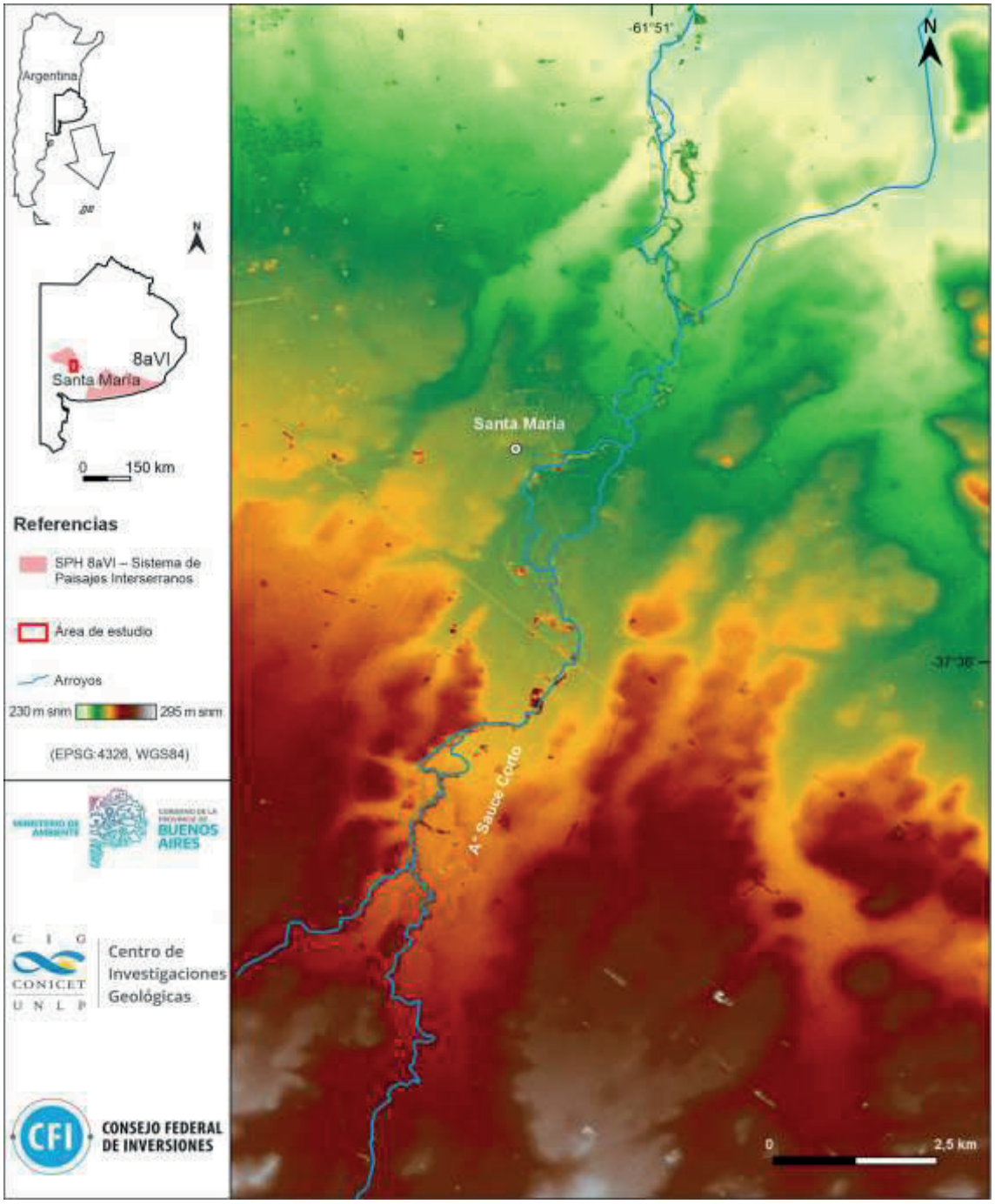


Figura 5.11: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Santa María.

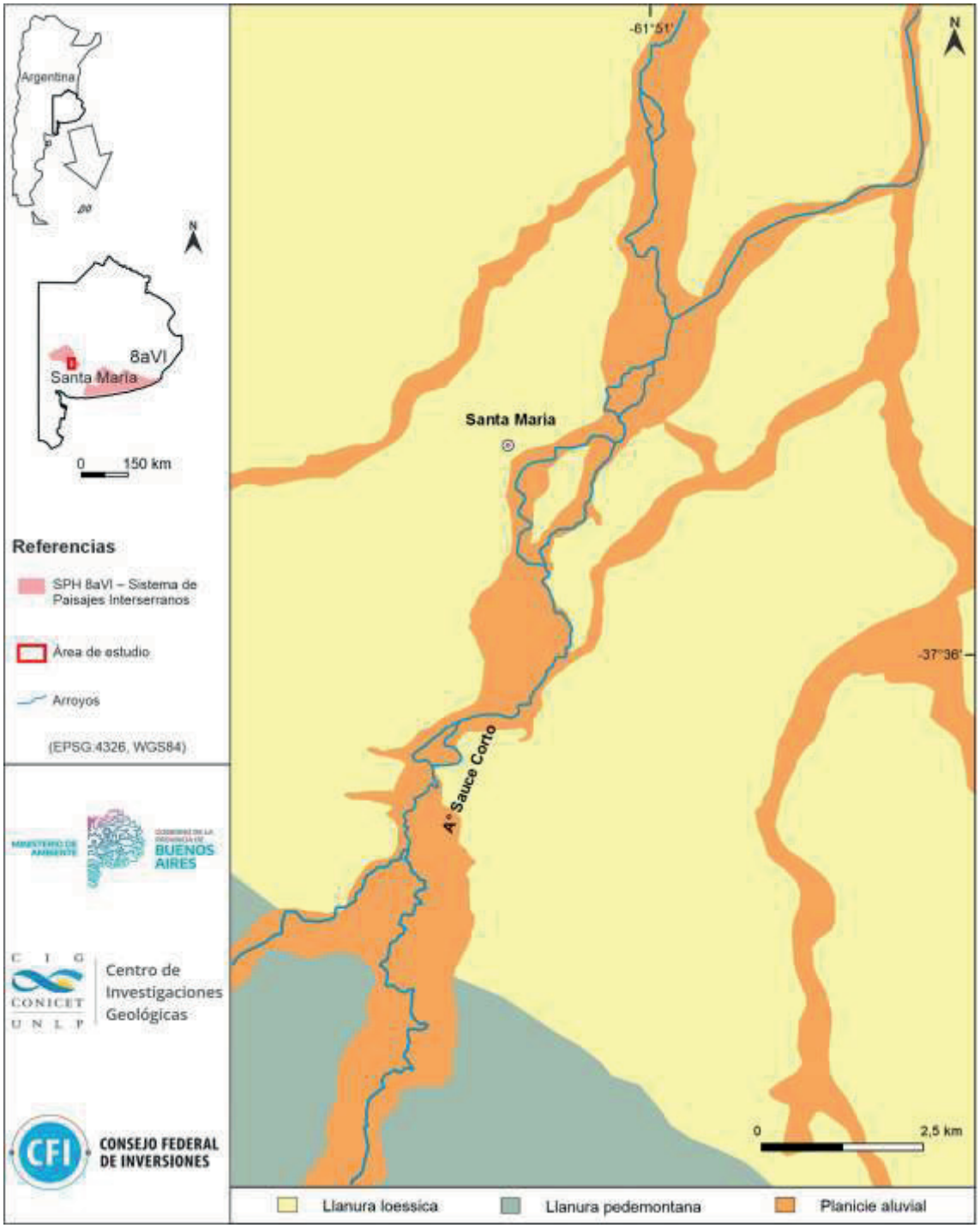


Figura 5.12: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Santa María.

Suelos

Los suelos del área son de tipo Molisoles, siendo los más representativos los Paleudoles petrocálcicos para el área de Cura Malal (Fig. 5.13) y Argiudoles típicos para el área de Santa María (Fig. 5.14). Se trata de suelos poco profundos, oscuros, de textura franco-

arcillosa cuyo rasgo diagnóstico es un horizonte de tosca ubicado a 0,60 m de profundidad. Se encuentran desarrollados tanto sobre el área de llanura pedemontana como sobre la llanura loessica. En general son suelos bien drenados con un material parental que corresponde a sedimentos finos.

En menor proporción se reconocen en el área otros tipos de suelos tales como Hapludoles cumúlicos y Hapludoles énticos sobre zonas de topografía más baja. Por otro lado, en las planicies aluviales de los cursos de los arroyos, los suelos son Natracuoles cálcicos y complejos indiferenciados vinculados a los depósitos de los arroyos.

Dentro de la cuenca de los arroyos en general el uso del suelo es de tipo agrícola – ganadero, observándose en algunos sectores la presencia de sistemas de riego artificial.

Las áreas estudiadas pertenecen a la Provincia Fitogeográfica Pampeana, específicamente al distrito Pampeano Austral (Cabrera, 1994). La vegetación clímax en esta región es la estepa de gramíneas, principalmente representada por los géneros *Stipa y Piptochaetium*, aunque las características topográficas e hidrográficas del área favorecen la presencia de praderas, estepas halófitas, bosques marginales y vegetación hidrófila. Sin embargo, las comunidades originales han sido reducidas y quedan solo pequeños relictos debido al impacto de la actividad agrícola-ganadera. Asociadas a los cursos de agua suelen encontrarse comunidades ribereñas con distintas especies de los géneros *Stipa sp., Paspalum sp., Bromus sp. y Poa sp.*, como también *Typha sp.* (totora) y *Plantago sp*. En cuanto a las especies de árboles *Salix humboldtiana* (sauce criollo) es la especie dominante (Pereyra et al., 2001).

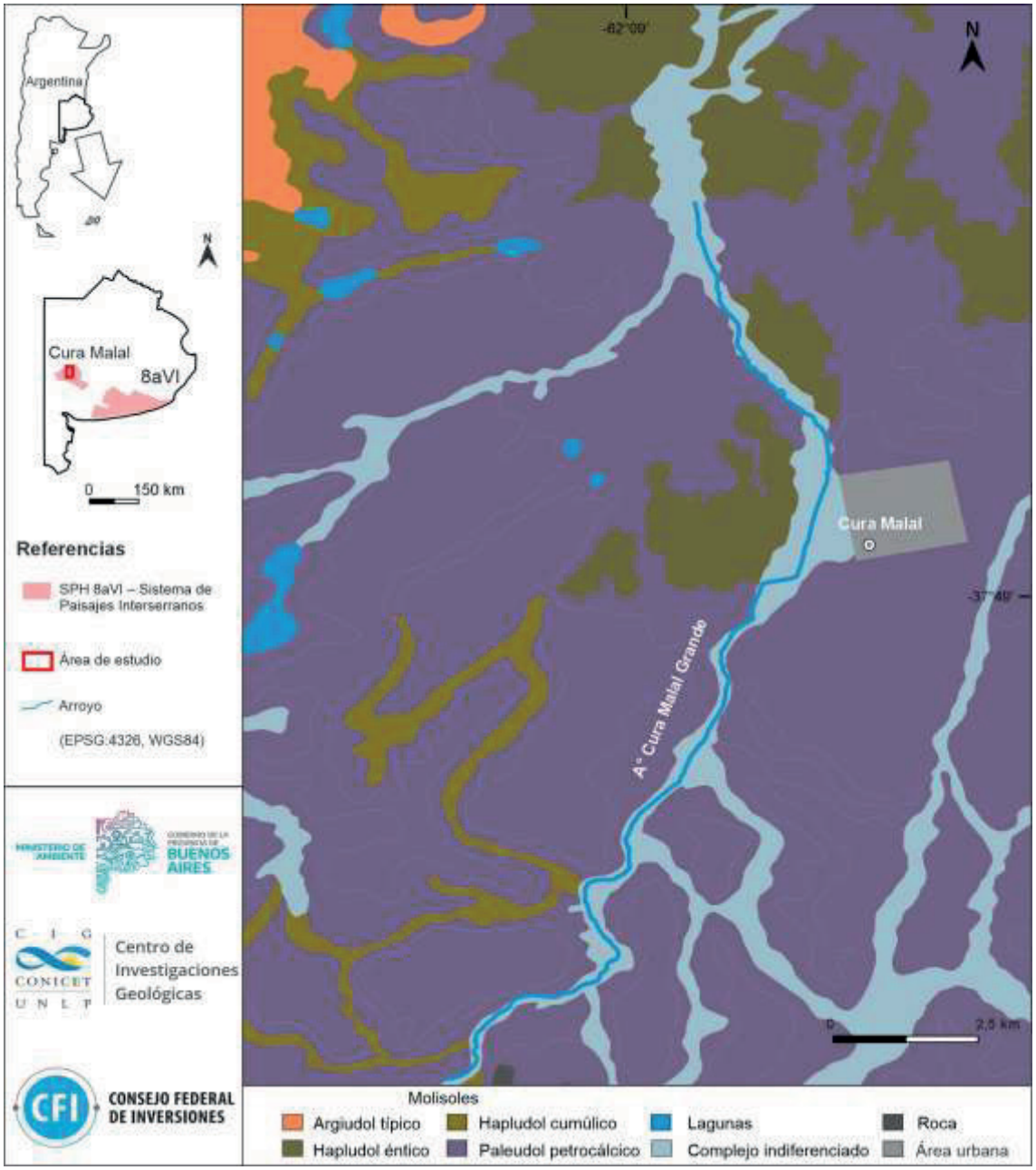


Figura 5.13: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Cura Malal.

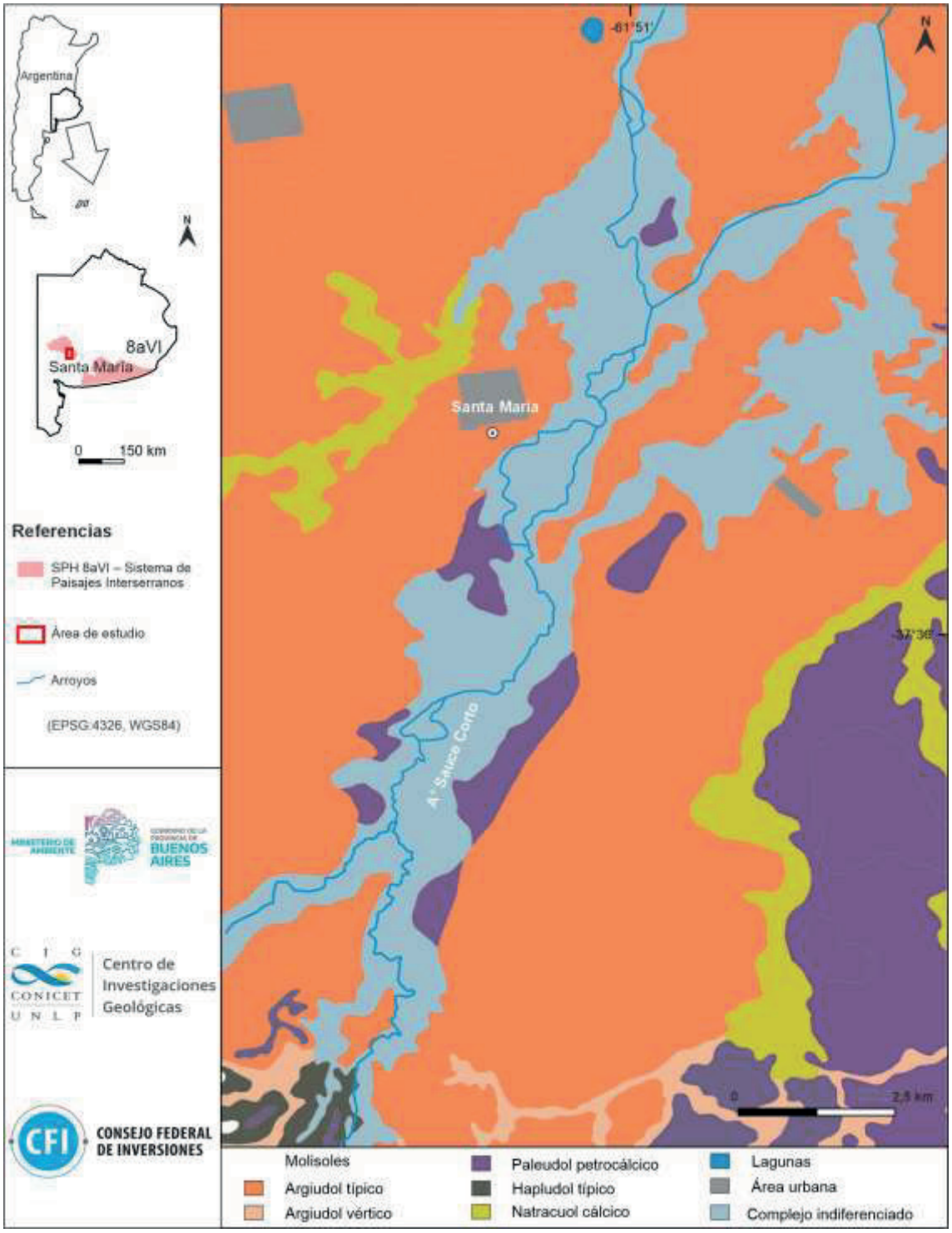


Figura 5.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Santa María.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

La hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea se definió a partir de relevamientos efectuados en distintos sectores de las cuencas de los arroyos Cura Malal Grande y Sauce Corto. Ambos arroyos tienen sus nacientes en el Sistema de Ventania en

las Sierras de Bravard, Cura Malal y Tunas y luego atraviesan el Sistema de Paisajes Interserranos. Ambas cuencas de drenaje pasan aledañas a la ciudad de Coronel Suárez y adyacentes a las localidades de Cura Malal y Santa María (Fig. 5.15).

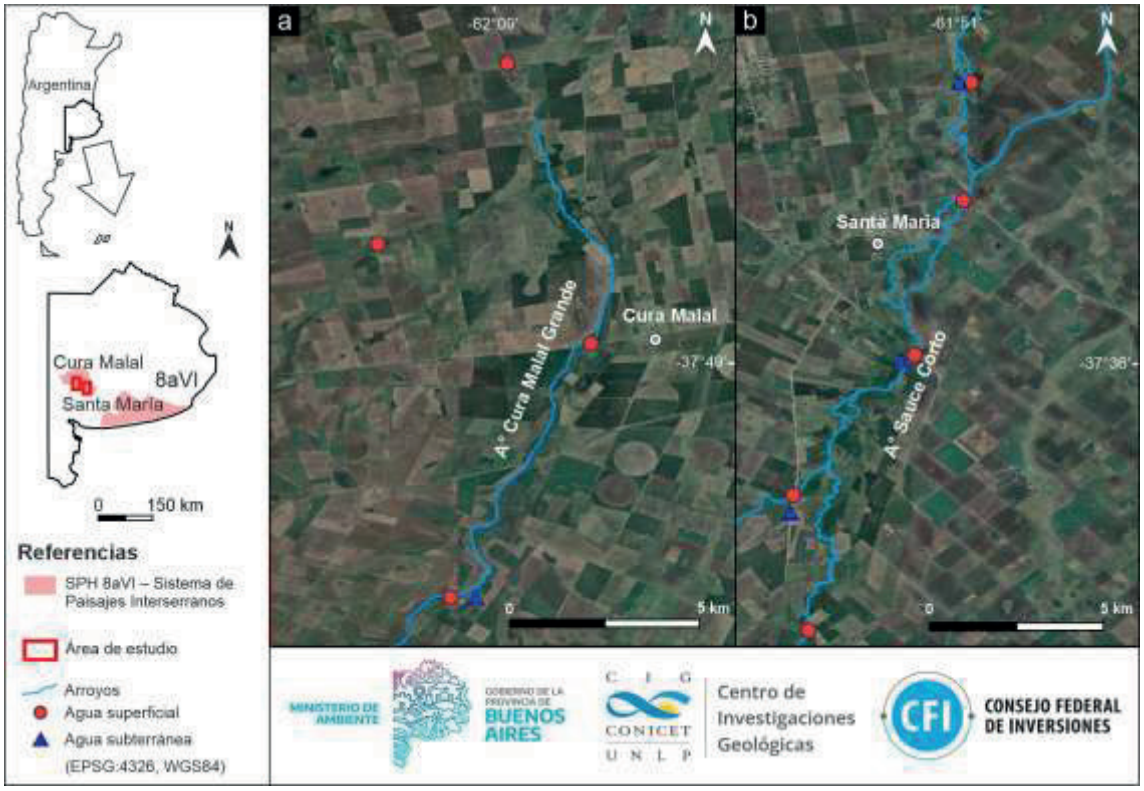


Figura 5.15: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de (a) Cura Malal y (b) Santa María.

Tanto el arroyo Cura Malal Grande como Sauce Corto constituyen cursos de agua alóctonos al SPH, recibiendo los excedentes de las lluvias que escurren superficialmente desde el Sistema Serrano de Ventania. Dentro de los bordes del canal, el nivel freático se encontró a menos de 0,50 m de profundidad en sedimentos limosos a limo arenosos. En algunos sectores pudo observarse la existencia de una descarga difusa de agua subterránea en la zona de barrancas, evidenciado por un sector más húmedo levemente alejado del curso con abundante vegetación. De esta manera los cursos superficiales no solo reciben el agua que drena desde la zona serrana, sino también el aporte de la descarga del agua subterránea que se da en las unidades de llanura pedemontana

(dentro y fuera del SPH) y llanura loessica. Cuando se generan excedentes hídricos, se produce la recarga del acuífero freático por infiltración en estas unidades. El flujo subterráneo regional tiende a acompañar a la topografía y la descarga de agua subterránea local se genera en los arroyos otorgándole el carácter de curso permanente. Estos excedentes que se producen localmente también son responsables de que las planicies de inundación menores sean ocupadas con agua superficial durante los períodos húmedos, como puede verse en las imágenes satelitales (Fig. 5.7b y 5.8b).

En cuanto a la química del agua superficial, el agua en los arroyos es de tipo bicarbonatada mixta a sódica (Fig. 5.16) con valores de CE entre 0,46 mS/cm y 0,97 mS/cm y pH entre 8,61 y 9,20. Por su parte, el agua subterránea registró características similares a la del agua superficial, siendo de tipo bicarbonatada mixta a sódica (Fig. 5.16). En cuanto a la salinidad, las muestras presentaron valores de CE que se situaron entre 0,76 y 1,14 mS/cm, mientras que el pH se situó entre 7,26 y 8,45. Cabe aclarar que aparte de las mediciones realizadas en arroyos y humedales también se tomaron muestras de perforaciones existentes (molinos y pozos domiciliarios) localizadas en ambientes cercanos al arroyo.

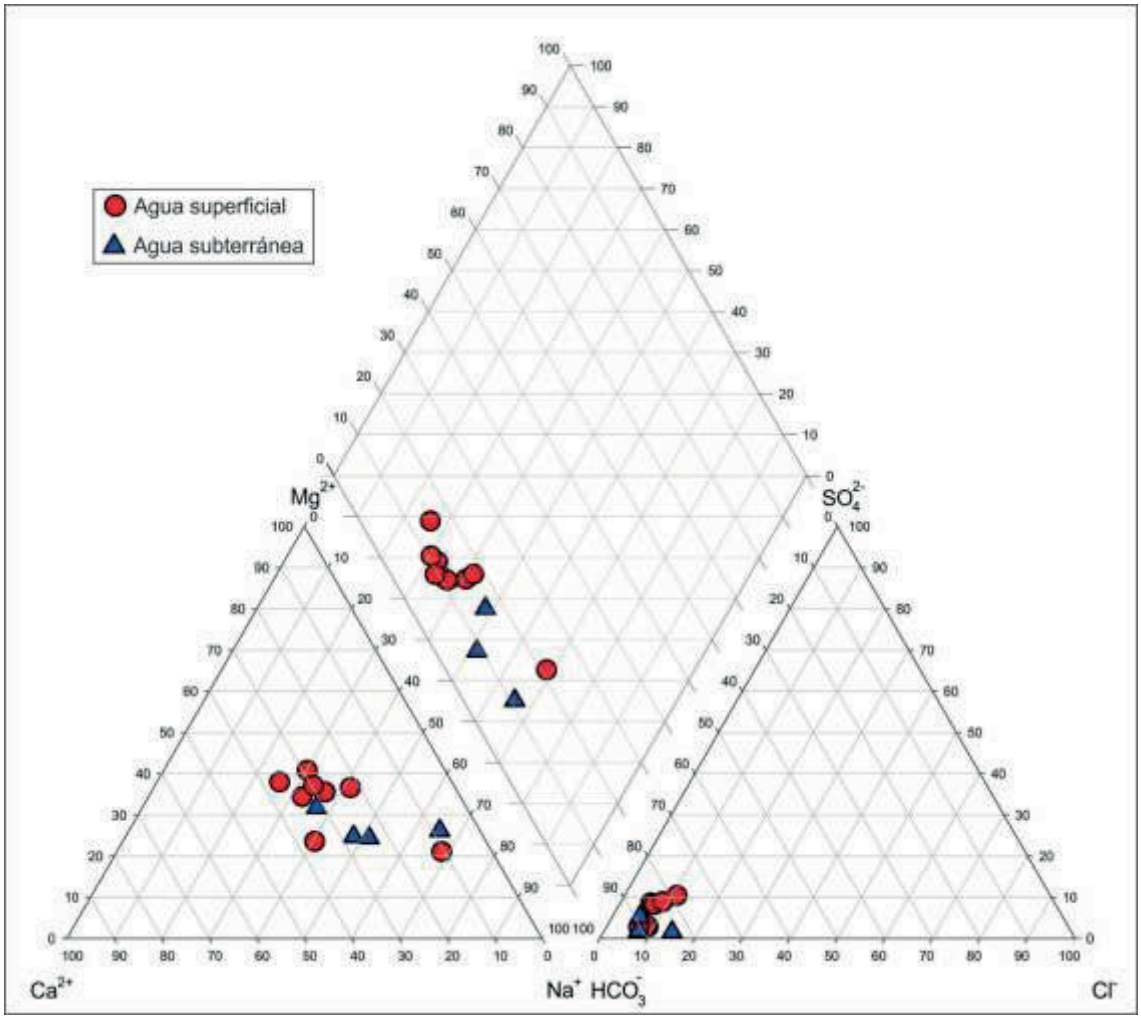


Figura 5.16: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en las áreas próximas a las localidades de Cura Malal y Santa María.

En cuanto a los contenidos de nitratos y fosfatos, en general fueron bajos para todas las unidades hidrogeomorfológicas analizadas. En promedio arrojaron valores de 13,75 mg/L y 0,12 mg/L respectivamente. Los valores son ligeramente mayores en el agua subterránea que en el agua superficial de los arroyos. En el caso del agua subterránea el contenido de nitratos promedió 16,85 mg/L, mientras que en el agua superficial fue de 12,21 mg/L. Para el caso de los fosfatos, en el agua subterránea se encontraron valores de 0,150 mg/L mientras que para el agua superficial el valor promedio fue de 0,070 mg/L.

Los siguientes esquemas conceptuales resumen el funcionamiento explicado previamente para el área estudiada, donde se desarrollan los humedales más comunes del sector (Fig. 5.17).

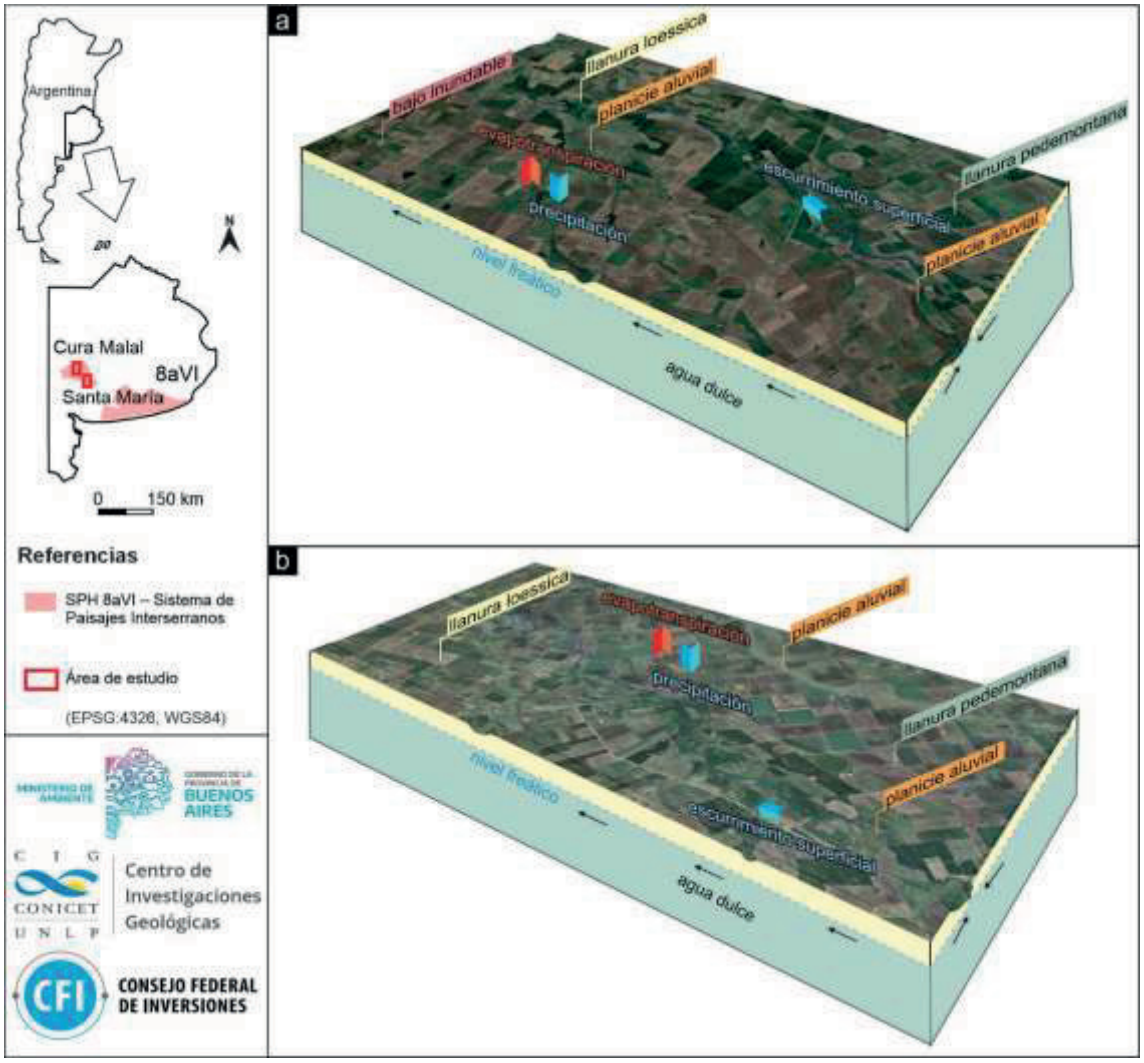


Figura 5.17: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes Interserranos en áreas adyacentes a las localidades de (a) Cura Malal y (b) Santa María.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro de las zonas relevadas en el Sistema de Paisajes Interserranos asociadas a ambientes fluviales próximos a las localidades de Cura Malal y Santa María, se reconocen tres ambientes hidrogeomorfológicos principales: la llanura pedemontana, la llanura loessica y las planicies aluviales de los arroyos Cura Malal Grande y Sauce Corto.

Las llanuras pedemontana y loessica constituyen ambientes hidrogeomorfológicos que reciben agua tanto de las precipitaciones como de los cursos que bajan desde la zona serrana. Cuando se producen excedentes hídricos a partir de las precipitaciones, los mismos pueden escurrir en manto superficialmente hacia los cursos y zonas deprimidas o infiltrarse en los sedimentos cuando se saturan las reservas de agua en el suelo y recargar a los acuíferos. Dentro de estas unidades geomorfológicas el flujo subterráneo tiende a acompañar a la topografía y la descarga se produce localmente en los cursos de agua superficiales y depresiones. Cuando los cursos atraviesan la llanura pedemontana que circunda las Sierras Australes, se encuentran encajonados, caracterizados por márgenes con barrancas quedando limitadas las zonas de humedales a los bordes del canal (Fig. 5.18a y b). En estas zonas de humedales se observó la presencia de vegetación de tipo hidrofítica y sauces hacia los márgenes. Los cursos se encuentran en algunos tramos canalizados y dragados (Fig. 5.18d), por lo que en estos sectores se ve aún más restringida la presencia de humedales.

Cuando la llanura pedemontana grada a llanura loessica, los cursos se ensanchan y no poseen barrancas, por lo cual se da un desarrollo de planicies de inundación algo más amplias con presencia de humedales (Fig. 5.18e y f). A su vez se reconocen cursos tributarios, algo más difusos y menos encajonados, con desarrollo de planicies aluviales más anchas que en épocas de excedentes hídricos muestran agua en superficie.

Dentro del ambiente hidrogeomorfológico de la llanura loessica, al noroeste del área de Cura Malal, se reconocen también humedales lagunares y bajos inundables. Estas zonas se asocian a depresiones locales que reciben aportes de agua procedentes de las

precipitaciones, la descarga de agua subterránea y también del escurrimiento superficial que drena hacia estos sectores.



Figura 5.18: Fotografías mostrando (a) y (b) Arroyos y zonas de barrancas en las márgenes. (c) Descarga de agua subterránea en las zonas de barrancas. (d) Arroyo dragado y con montículos en los laterales. (e) y (f) Desarrollo de planicies de inundación algo más amplias en los arroyos con presencia de humedales.

6. Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares próximos a las localidades de Gonzales Chaves y Nicanor Olivera

Ubicación

Dentro del Sistema de Paisajes Interserranos se estudiaron ambientes de humedales asociados a lagunas ubicadas en las proximidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera, al suroeste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 6.1 y 6.2). Asimismo, en esta última localidad, se estudiaron arroyos de vertiente indirecta a los bajos aledaños a las dunas costeras (Inventario de Humedales de la Provincia de Buenos Aires, 2019). Estas zonas fueron seleccionadas debido a que en ellas se encuentran bien representados los ambientes que caracterizan a este SPH.

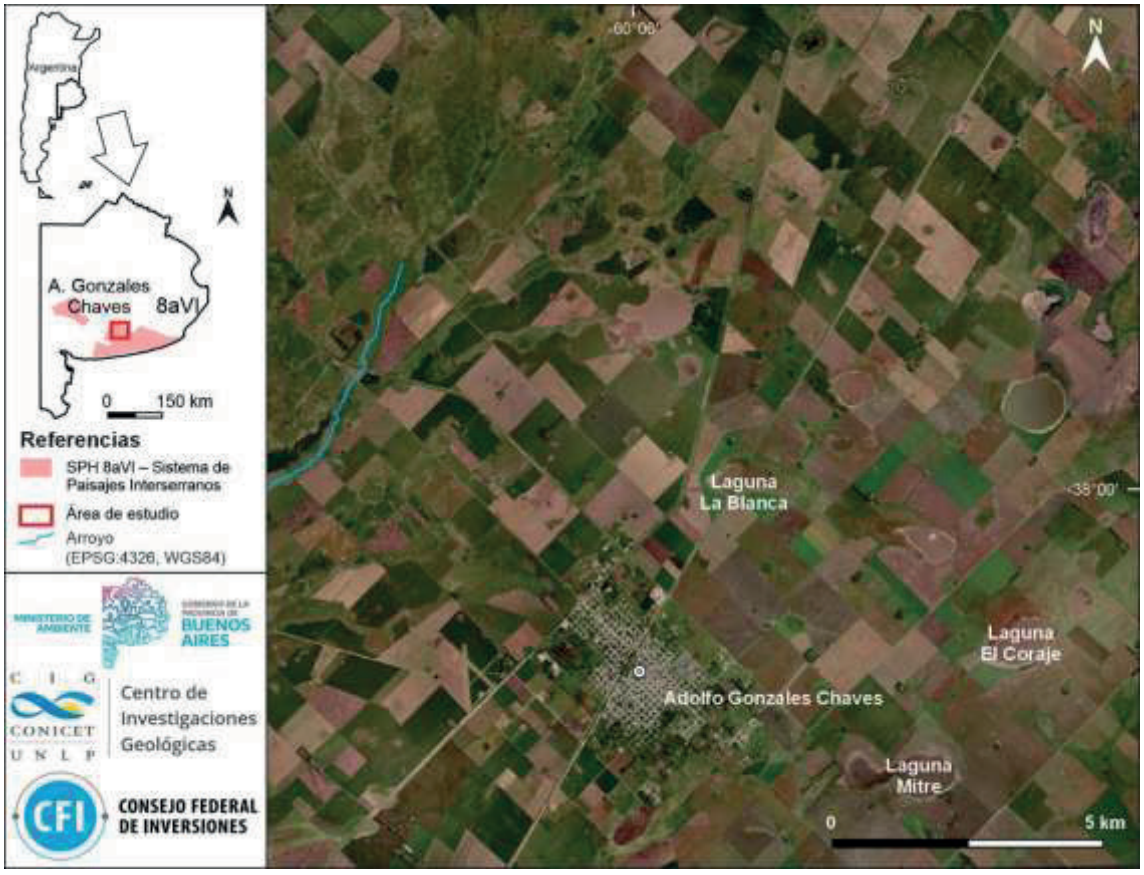


Figura 6.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

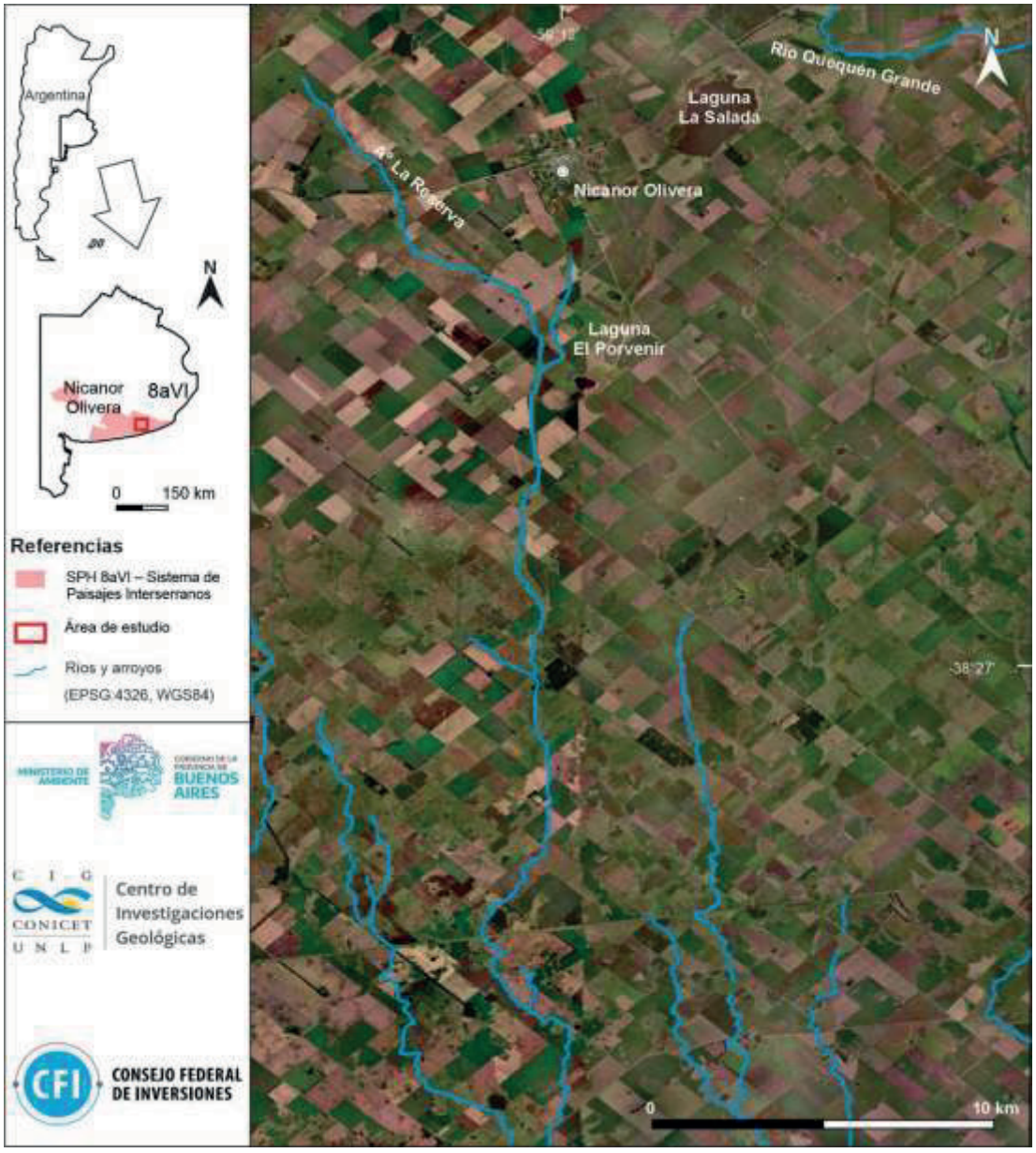


Figura 6.2: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de la localidad de Nicanor Olivera.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica de Tres Arroyos localizada a 42 km al suroeste de Adolfo Gonzales Chaves.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990–2022 es de 813 mm, registrándose máximos de 1246 mm en 2014 y mínimos de 590 mm en 2019 (Fig. 6.3). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre octubre y abril con valores mayores a 73 mm, mientras que los meses menos lluviosos ocurren entre mayo y septiembre (Fig. 6.4).

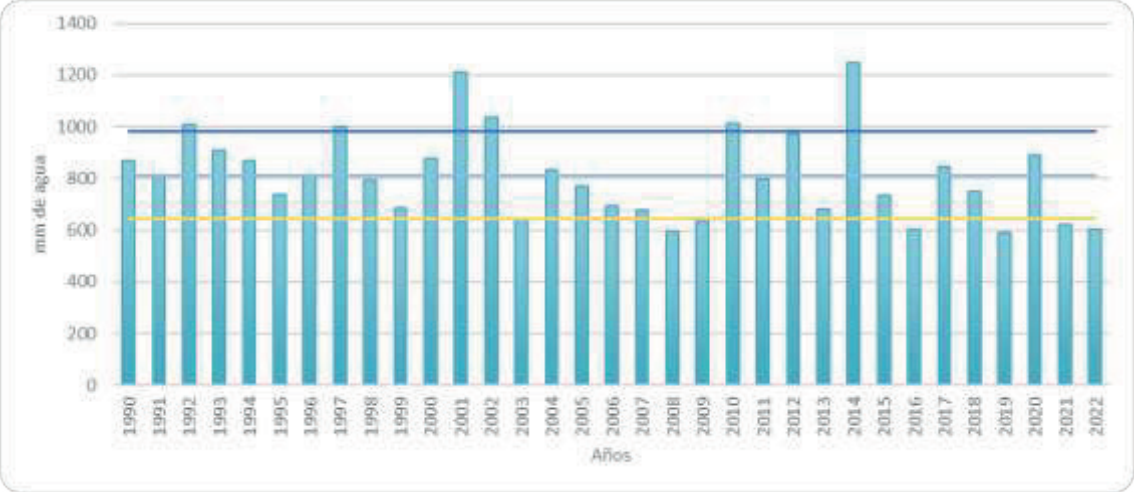


Figura 6.3: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

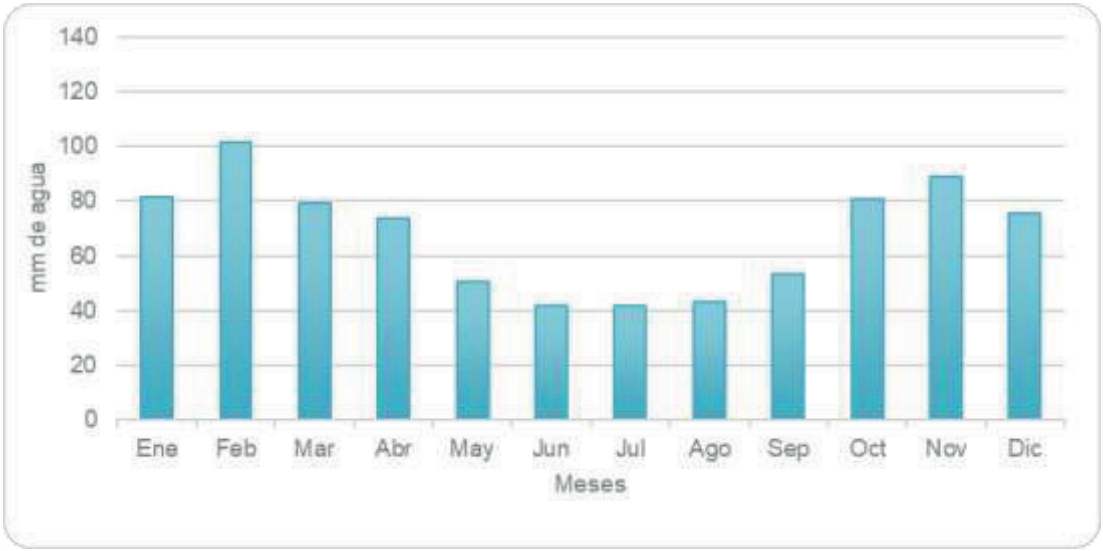


Figura 6.4: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990–2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación durante el verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre julio y octubre (Fig. 6.5) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

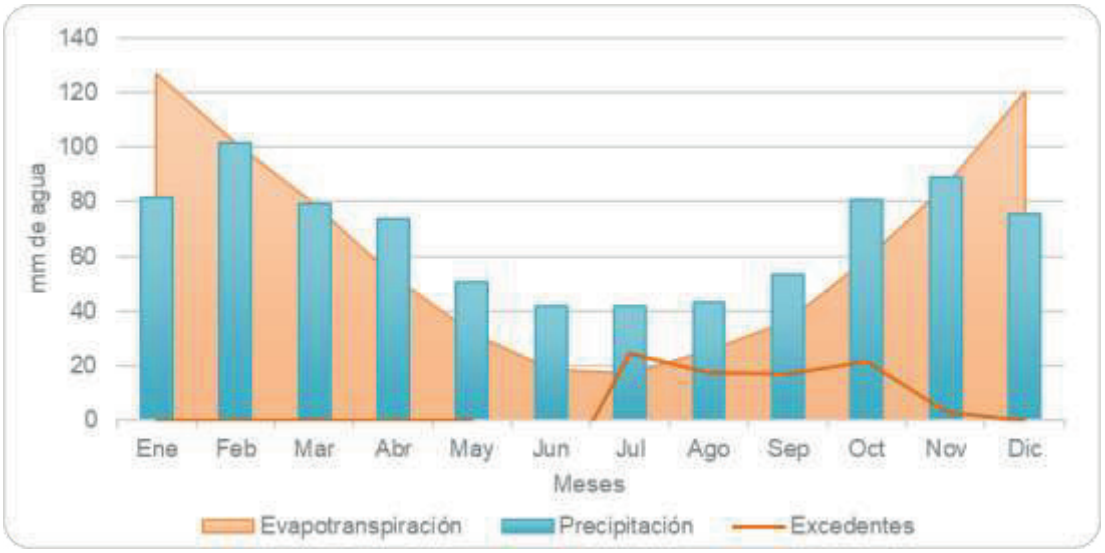


Figura 6.5: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son escasos a nulos (Fig. 6.6), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos cuando las precipitaciones son altas durante los meses de otoño a primavera (Fig. 6.7).

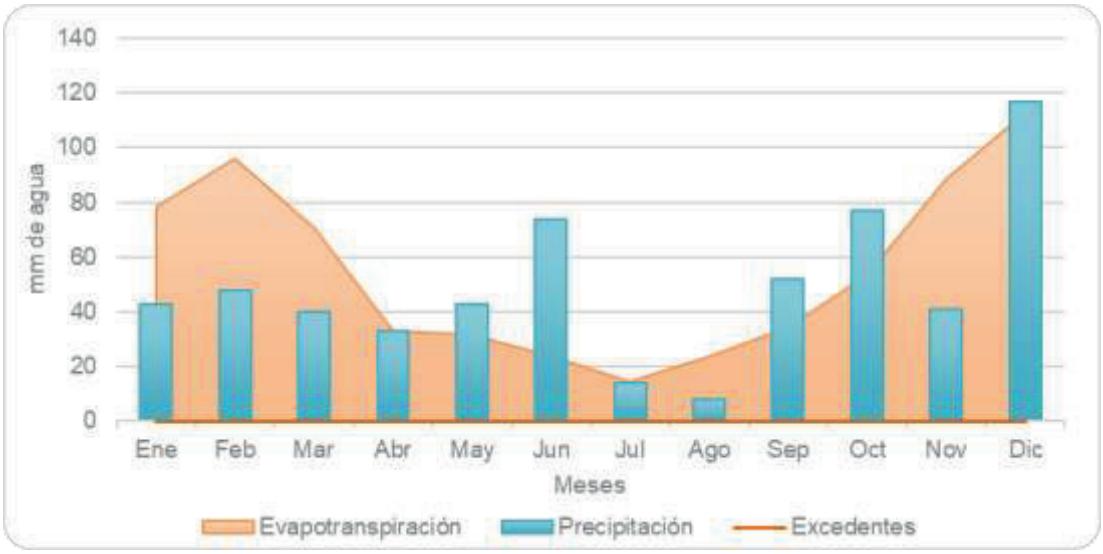


Figura 6.6: Balance hídrico mensual para el año 2019 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera.

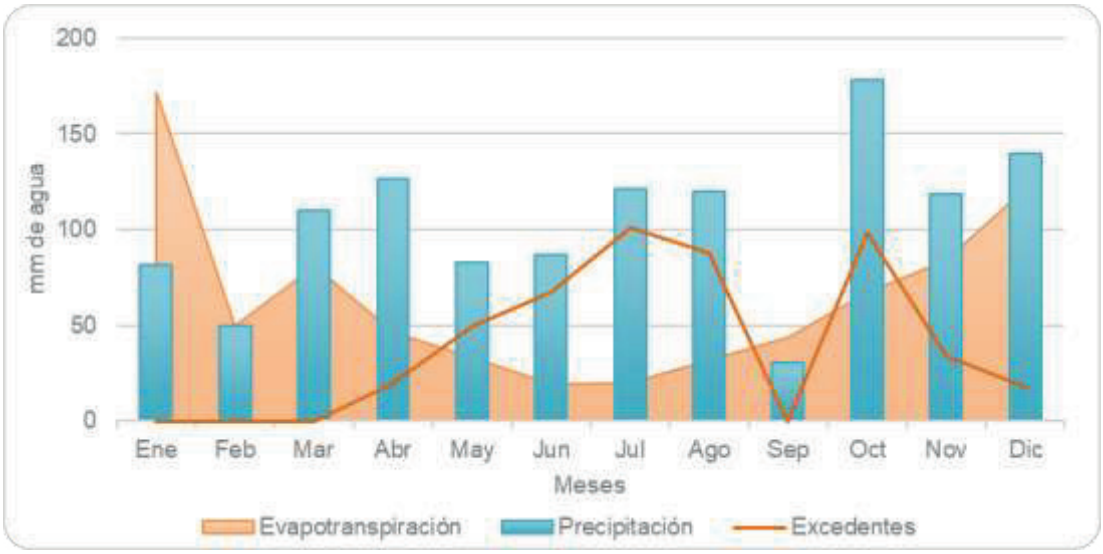


Figura 6.7: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a las localidades de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 6.8 y 6.9). En los periodos secos la extensión de los cuerpos lagunares disminuye y muy pocas conservan agua superficial (Fig. 6.8a y 6.9a). En los periodos húmedos se acumula agua en superficie en las lagunas, en las pequeñas cubetas (Fig. 6.8b) y en los bajos inundables, observándose principalmente como líneas

de escurrimiento en sentido norte – sur donde los arroyos con vertiente hacia las dunas se hacen más evidentes (Fig. 6.9b).

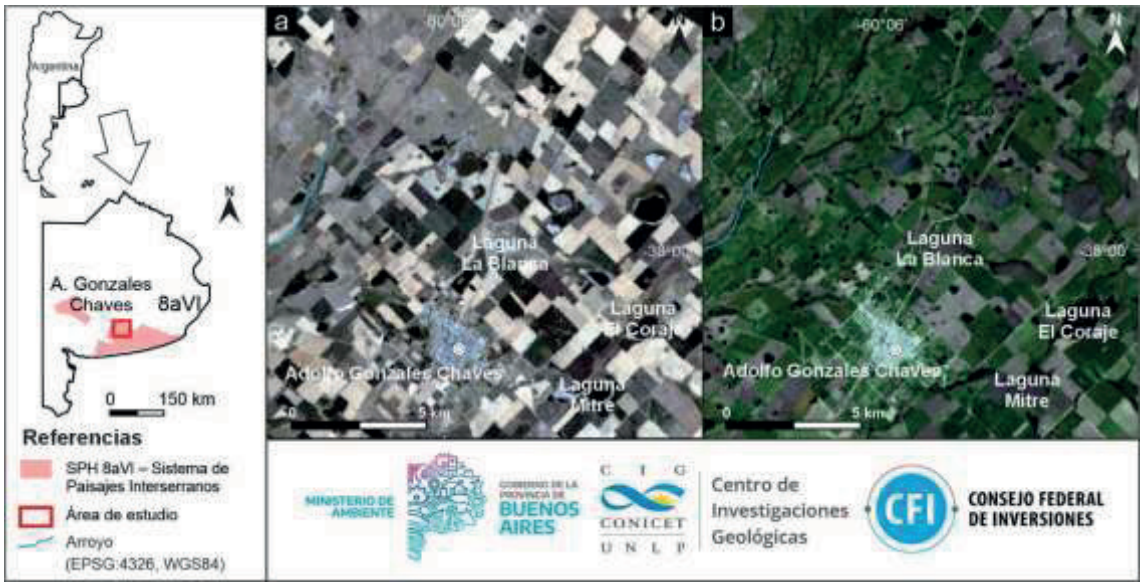


Figura 6.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Adolfo Gonzales Chaves en (a) un periodo seco (17/01/2008) y (b) un periodo húmedo (24/11/2002).

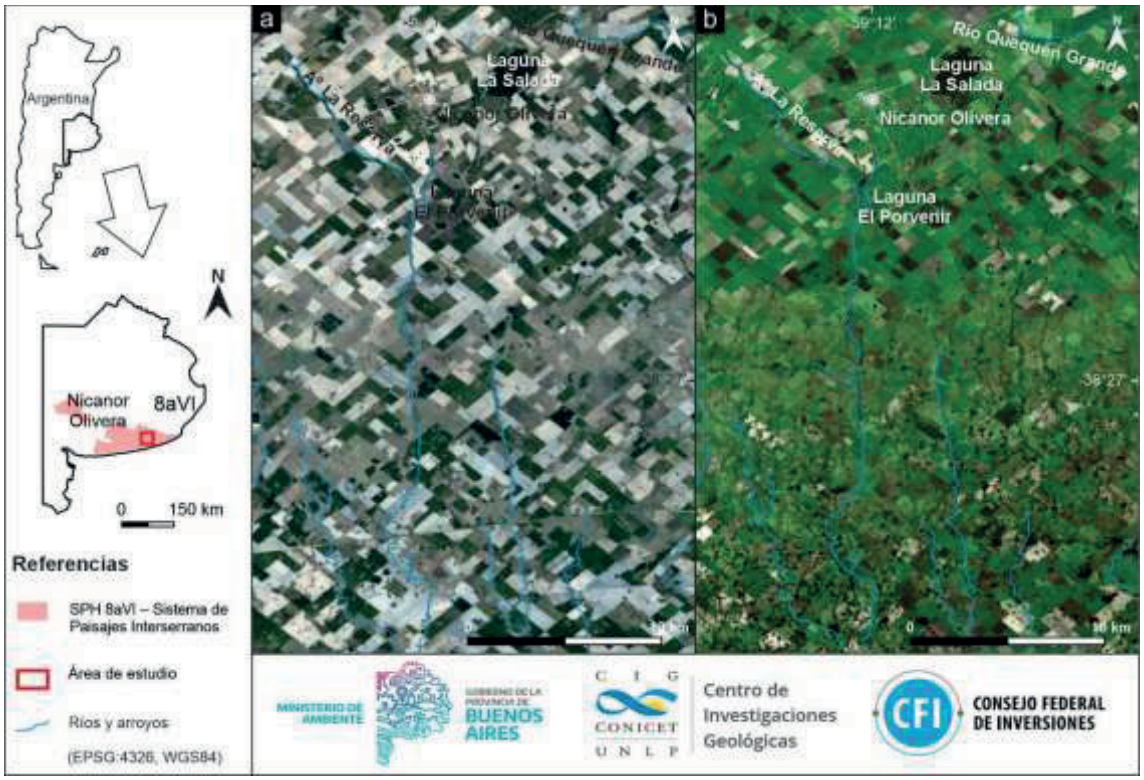


Figura 6.9: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Nicanor Olivera en (a) un periodo seco (17/01/2008) y (b) un periodo húmedo (06/11/2001).

Relieve y Geomorfología

Los ambientes estudiados en este SPH se encuentran dentro de la Pampa Interserrana, los cuales se desarrollan sobre una llanura loessica irregular donde las cotas topográficas en la localidad de A. Gonzales Chaves disminuyen de noreste a suroeste desde valores de 235 m snm hasta valores de 115 m snm (Fig. 6.10). En la localidad de Nicanor Olivera, por otra parte, la disminución de las cotas es más notoria desde valores de 140 m snm hacia valores de 20 m snm hacia el sur, en dirección al Océano Atlántico (Fig. 6.11). La llanura loessica se compone por sedimentos limosos de coloraciones castañas los cuales pueden estar cementados por carbonato de calcio (calcretes) o presentar concreciones carbonáticas en forma de tosca (Teruggi et al., 2004).

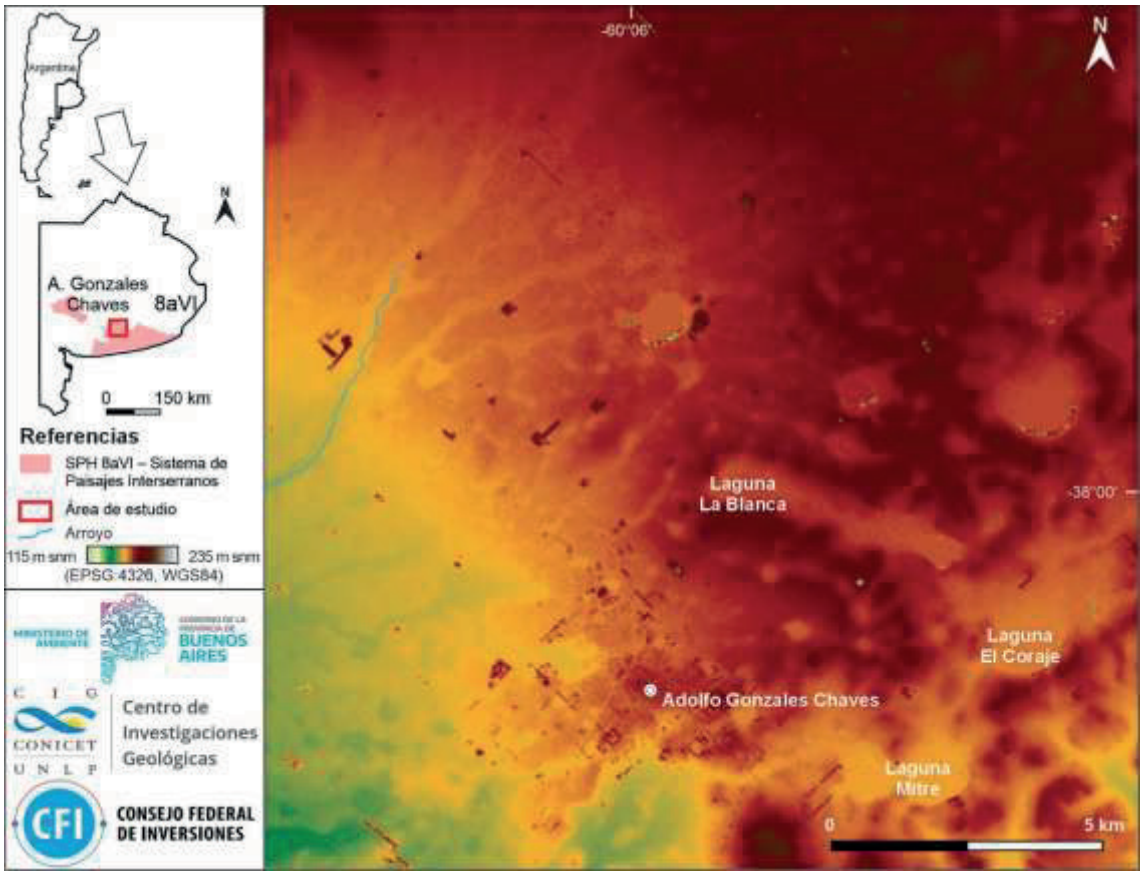


Figura 6.10: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

En este sector del sistema se desarrollan bajos inundables y cubetas, los cuales resultaron principalmente de la deflación del viento sobre la llanura loessica durante el Cuaternario (Tricart, 1973) (Fig. 6.12 y 6.13). Aquí la alternancia de períodos secos, con dominancia de erosión eólica, y de periodos húmedos relacionados a la acción fluvio - lacustre y a la formación del suelo, modeló el paisaje actual.

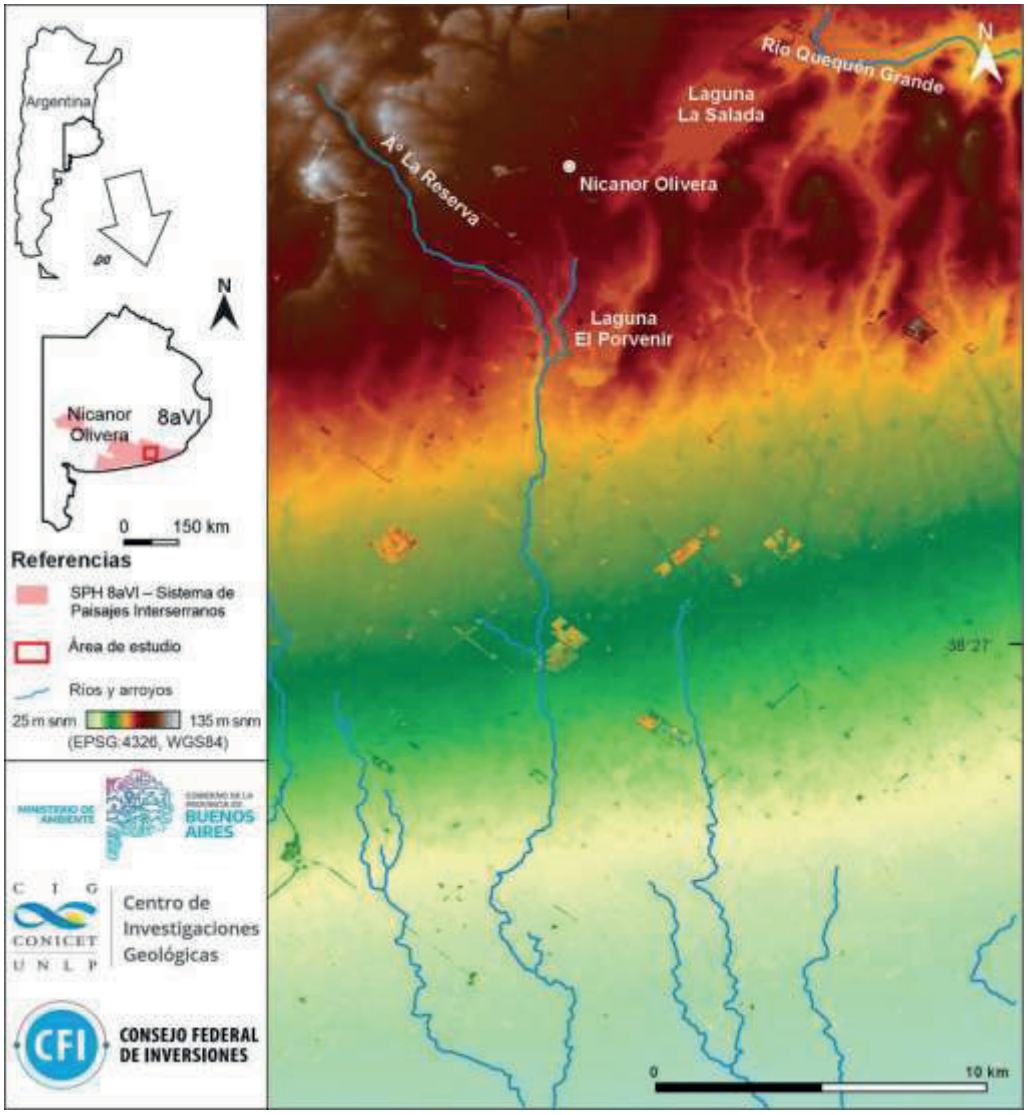


Figura 6.11: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Nicanor Olivera.

En las áreas de cubetas se alojan las lagunas las cuales pueden presentar morfologías circulares, ovaladas o irregulares rodeadas por bajos inundables, siendo zonas de escasa topografía (Fig. 6.12 y 6.13). En algunos casos, dichos bajos pueden presentar una lámina

de agua superficial somera, mientras que, en períodos de excedentes hídricos se encuentran conectados formando líneas de escurrimiento favorecidas por la pendiente regional del terreno.

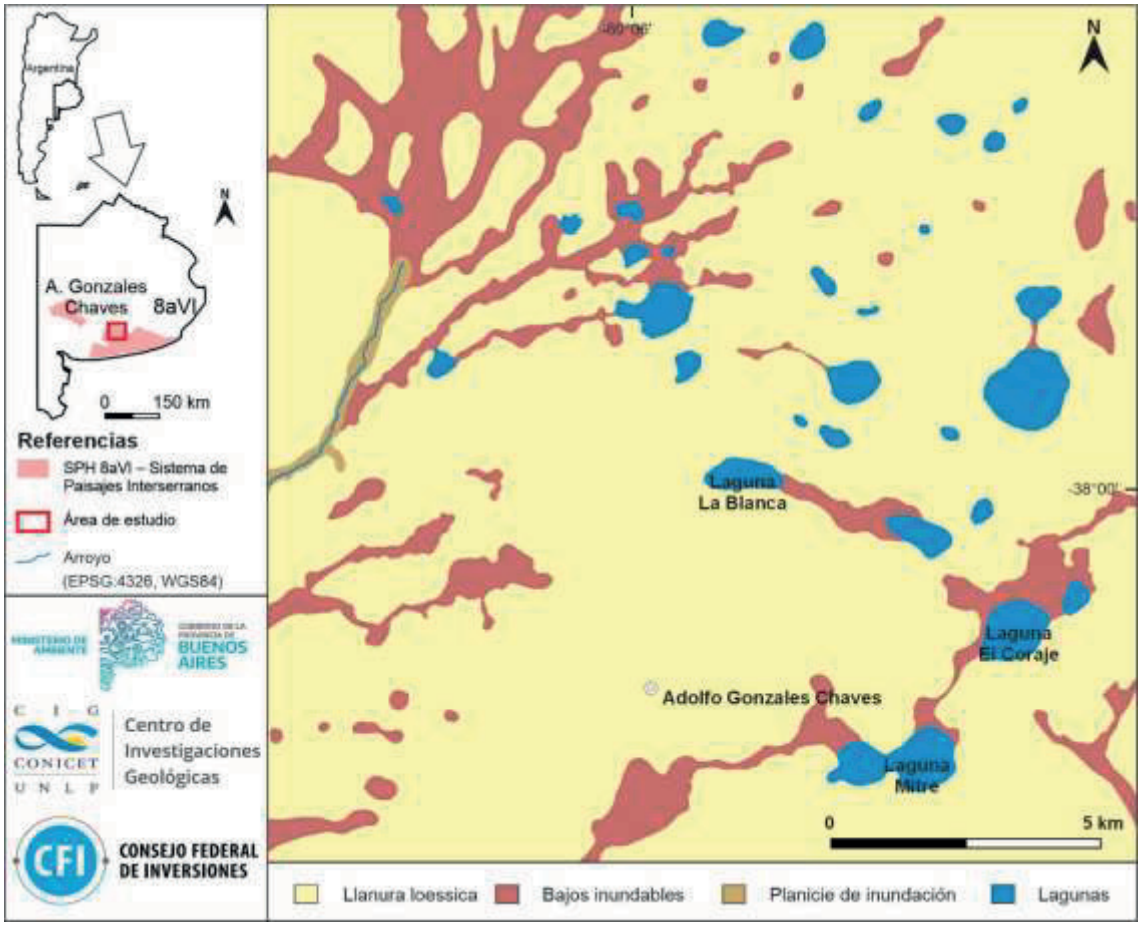


Figura 6.12: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

Cabe mencionar que, en la localidad de Nicanor Olivera, el arroyo La Reserva desarrolla una planicie de inundación de poca expresión areal (Fig. 6.13). Los arroyos menores restantes, por su parte, dado su carácter intermitente pueden desarrollar o no una planicie de inundación, discurriendo hacia el sur en los bajos inundables mencionados anteriormente los cuales, en algunos casos, pueden encontrarse canalizados.

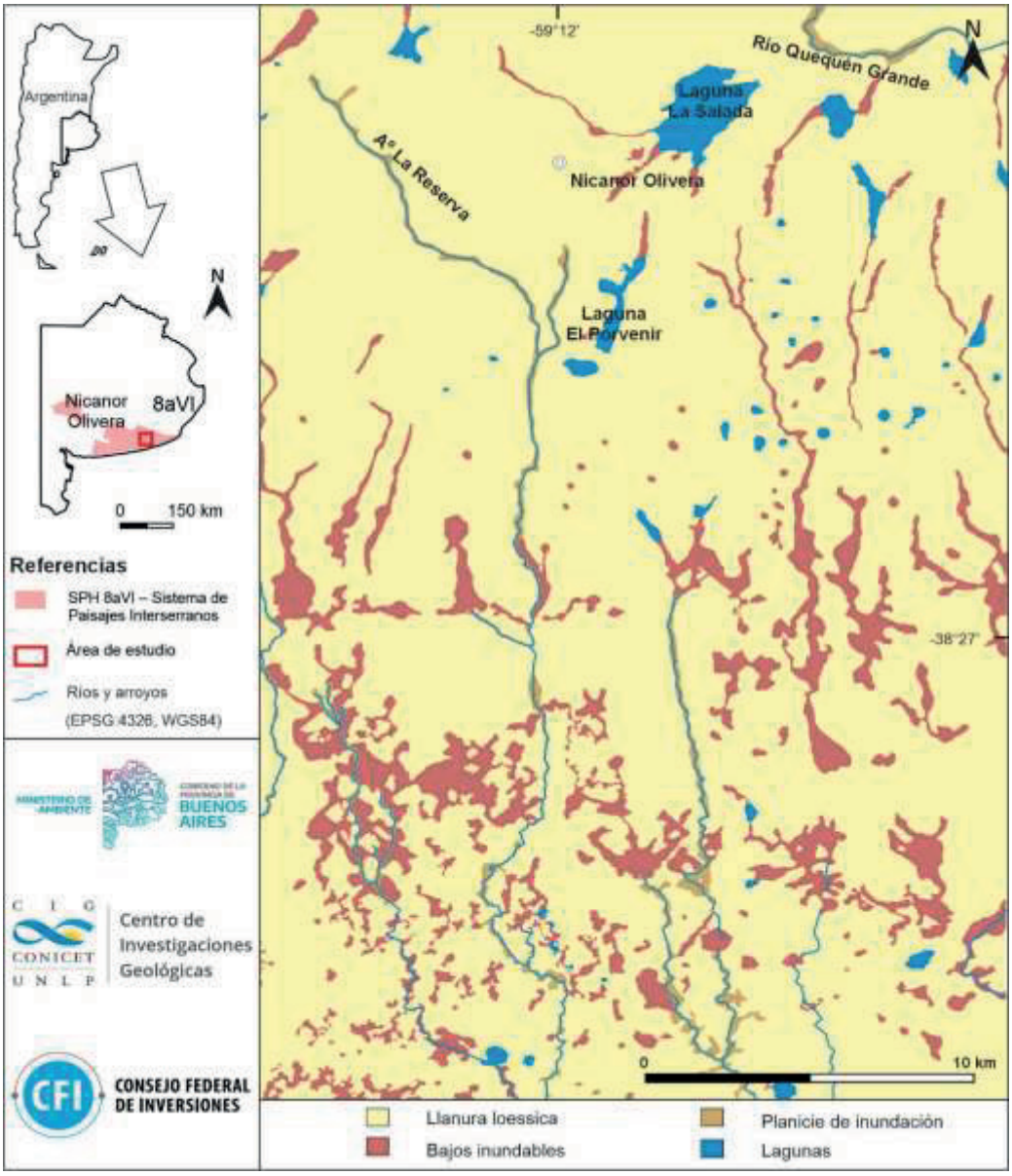


Figura 6.13: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Nicanor Olivera.

Suelos

Los suelos desarrollados en los ambientes lagunares en este SPH derivan de un material parental loessico, siendo común la presencia de tosca. Pertenecen principalmente al orden de los Molisoles, no obstante, en la localidad de A. Gonzales Chaves también hay Alfisoles subordinados (Fig. 6.14 y 6.15).

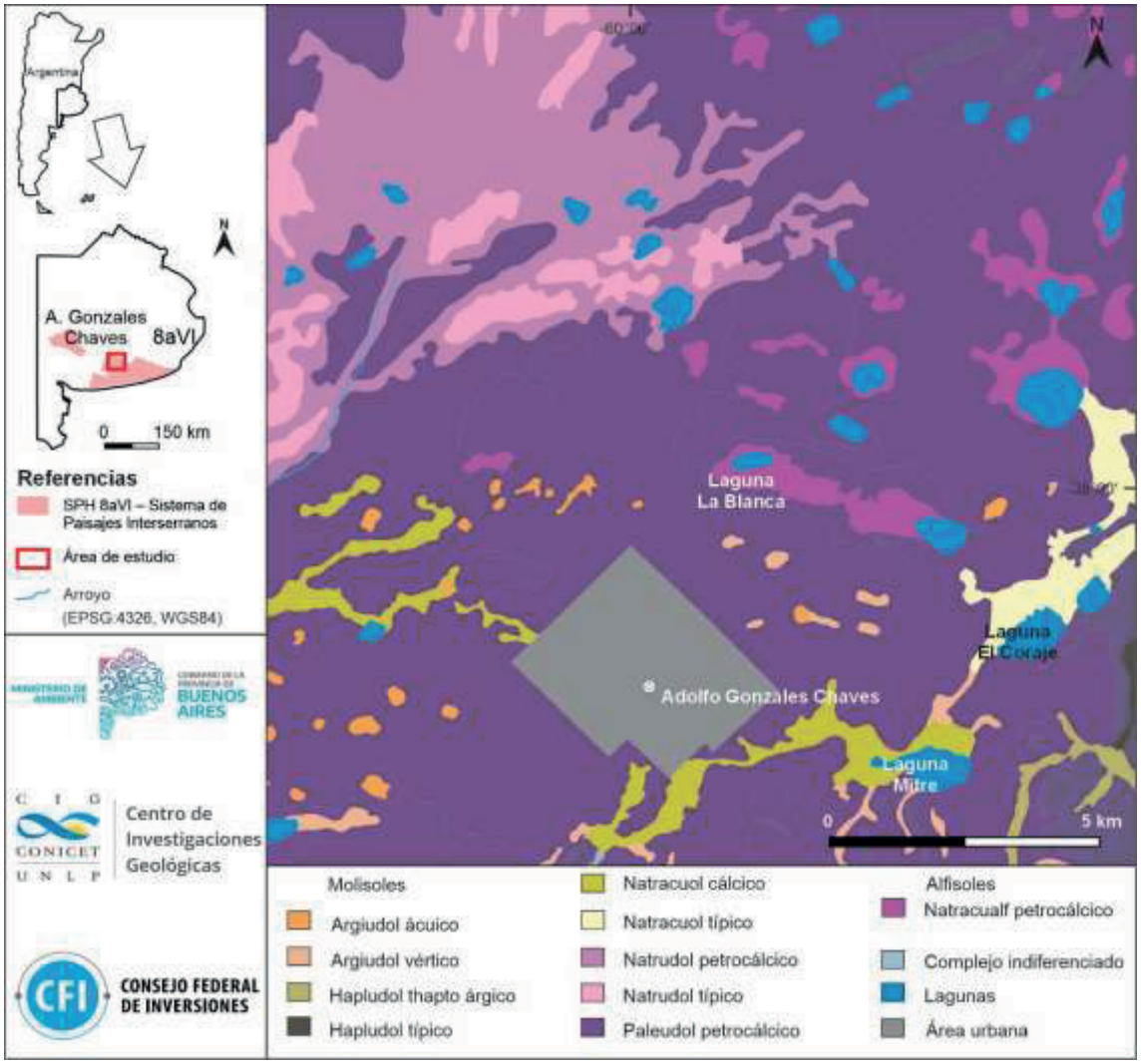


Figura 6.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

En el sector de lagunas cercanas a la localidad de A. Gonzales Chaves (Fig. 6.14) predomina un suelo de tipo Paleudol petrocálcico con una textura franco arcillo arenosa, con una costra calcárea a partir de los 0,70 m, por lo que la permeabilidad es moderadamente lenta (INTA, 2011). Luego, hacia el sector norte los suelos también son de tipo Natrudol petrocálcico, Natrudol típico y Natracualf petrocálcico. Estos se caracterizan por presentar textura franca a franco arcillosa a partir de los 0,40 m con permeabilidad y drenajes moderadamente lentos, incluso los Natracualf pueden llegar a estar anegados (INTA, 2011). En el sector sur, por otro lado, hay suelos de tipo Natracuol

típico y Natracuol cálcico, de textura franca a franco arcillosa con abundantes moteados y barnices de arcilla con permeabilidad lenta y drenaje pobre (INTA, 2011).

En la localidad de Nicanor Olivera (Fig. 6.15), por su parte, también predomina un suelo de tipo Paleudol petrocálcico con una textura franca a franco arcillosa, abundantes barnices a partir de los 0,20 m de permeabilidad moderada y buen drenaje. A su vez, hay suelos de tipo Natracuol típico y Argialbol típico. El primero es de textura franca a franco arcillosa con abundantes barnices de arcilla a partir de los 40 cm, de permeabilidad moderada y bien drenado. Mientras que, el Argialbol típico, presenta una textura franca a franco arcillosa con moteados y concreciones de Fe – Mn a partir de los 0,30 m con permeabilidad lenta y mal drenaje (INTA, 2011).

En ambas localidades el uso del suelo es agrícola – ganadero siendo común entre su vegetación la pastura para ganadería. Asimismo, dentro de la vegetación que se desarrolla condicionada por el tipo de suelo puede encontrarse pelo de chancho (*Distichlis spicata*), agropiro (*Agropyron repens*), rye grass (*Lolium multiflorun*), *Stipa sp.*, cardo negro (*Cirsium vulgare*), abrepuño (*Silybum marianum*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y rama negra (*Conyza bonariensis*).

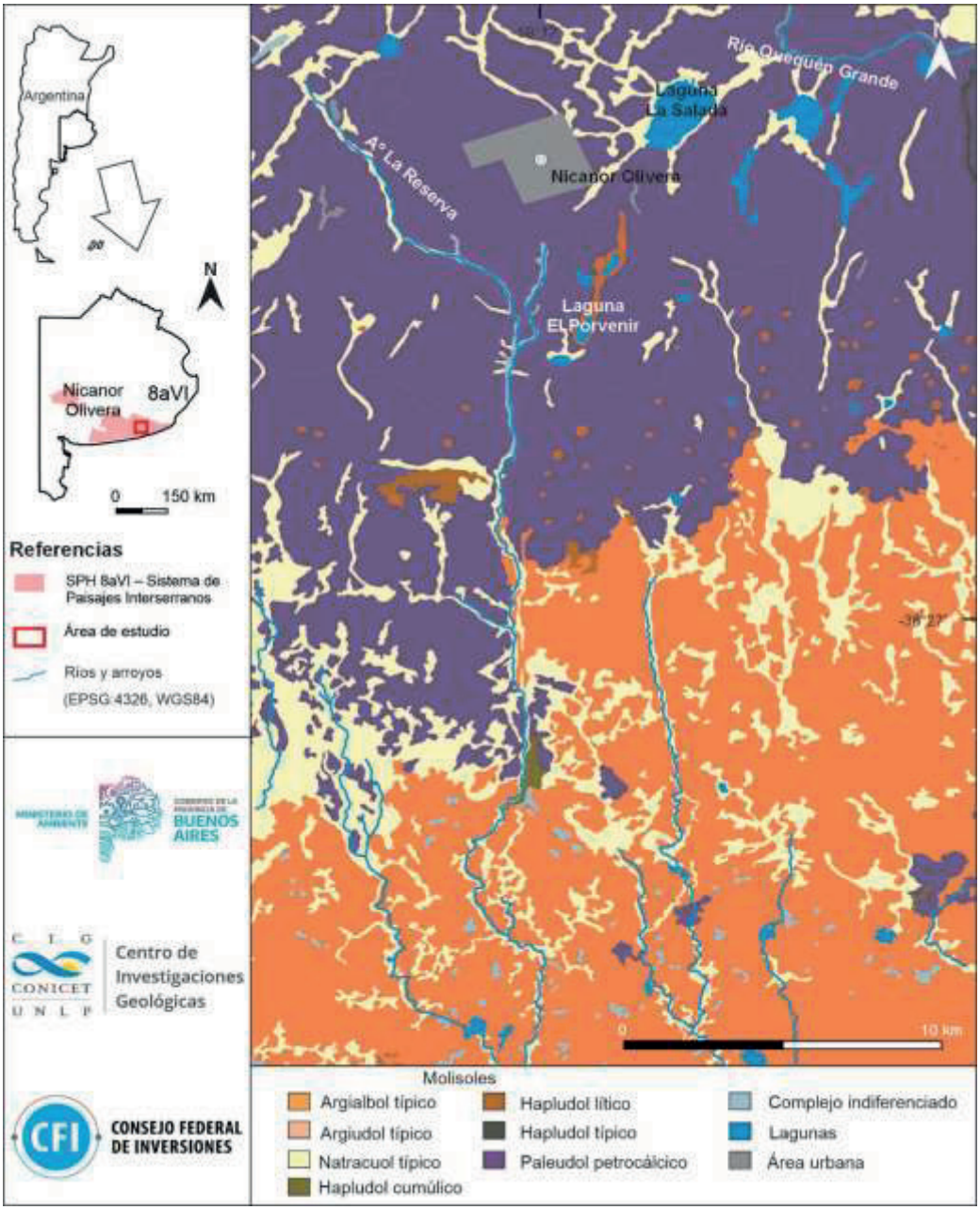


Figura 6.15: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad Nicanor Olivera.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En este sector, la hidrodinámica superficial es de carácter endorreica donde el escurrimiento superficial no encauzado fluye hacia los bajos inundables, algunos de los cuales alojan lagunas. Asimismo, durante los periodos de marcadas precipitaciones, el agua que se acumula en bajos y lagunas desborda formando vías temporarias de escurrimiento superficial que escurren de norte a sur (Garibotti et al., 2009). Los arroyos

menores, por su parte, son permanentes de tipo efluente que reciben localmente la descarga de agua subterránea, la cual mantiene un caudal base al que se suman aquellos aportes de agua del escurrimiento superficial que son colectados durante los eventos de precipitaciones.

En las proximidades de los bajos y lagunas el nivel freático se encuentra somero (menos de 1 m de profundidad). Localmente, el agua freática descarga en los cuerpos lagunares y bajos, mientras que, el escurrimiento subterráneo regional es hacia los cursos fluviales con un gradiente hidráulico extremadamente bajo (Bocanegra et al., 2013).

Dentro del área de estudio se observan variaciones hidroquímicas entre los distintos ambientes relevados. Por un lado, en las cercanías de la localidad de A. Gonzales Chaves (Fig. 6.16), el agua superficial presenta valores de CE entre 1,37 y 13,21 mS/cm y valores altamente alcalinos de pH (promedio de 10,19). Respecto al porcentaje de iones mayoritarios el agua es principalmente clorurada sódica (Fig. 6.17) con contenidos de nitratos que varían entre 49,85 y 74,19 mg/L y de fosfatos entre 5,187 y 17,852 mg/L. En ambos casos estos contenidos (principalmente el de fosfatos) estarían indicando procesos de eutrofización.

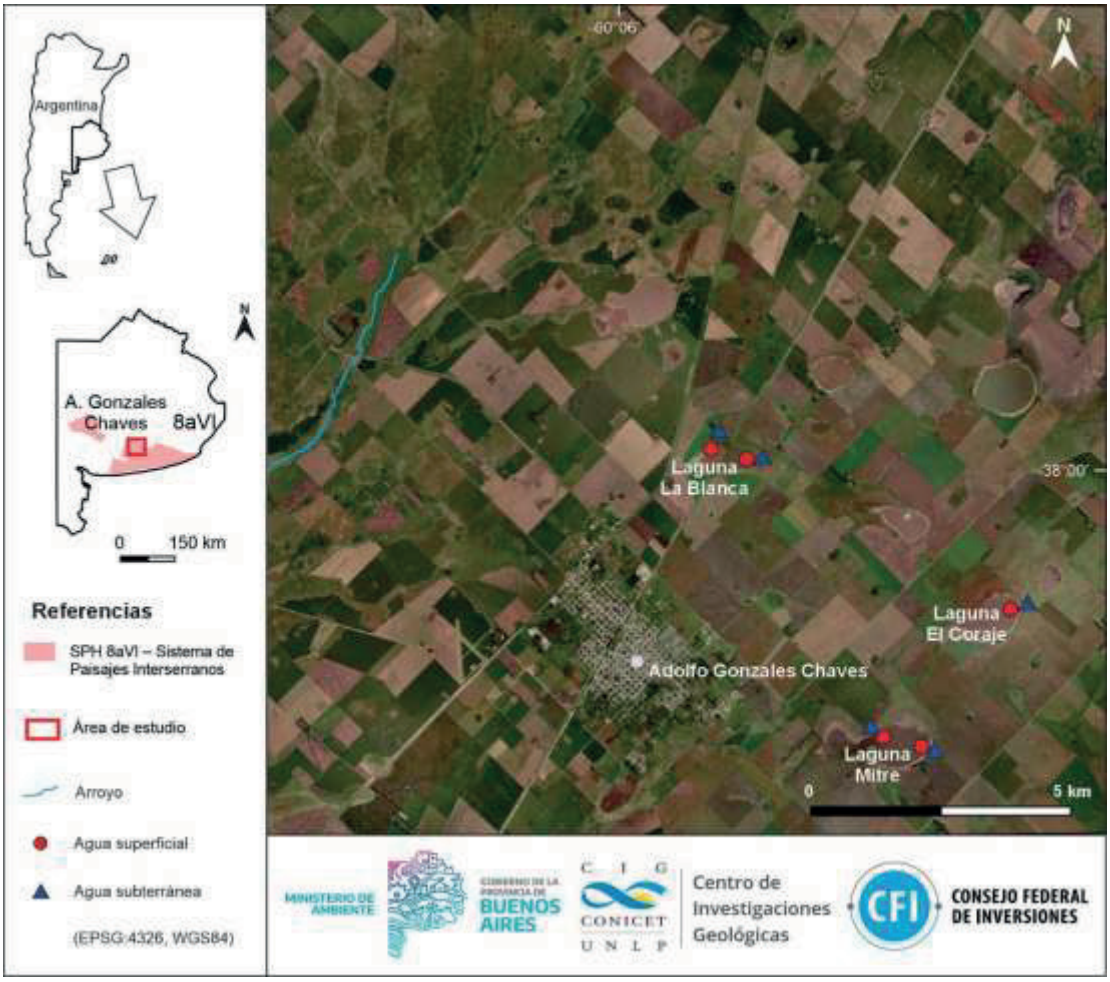


Figura 6.16: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

En la llanura loessica, el agua subterránea somera circundante a las lagunas tiene valores de CE entre 0,86 y 29,0 mS/cm y el pH es alcalino (promedio de 8,77), y en los molinos que captan agua más profunda (6 m aproximadamente) la CE varía entre 0,81 y 6,04 mS/cm y el pH promedio es de 8,18. En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua subterránea somera es principalmente bicarbonatada sódica (Fig. 6.17), con contenidos de nitratos entre 1,99 y 199,77 mg/L y de fosfatos entre 0,113 y 48,04 mg/L. Respecto al contenido de nutrientes, las muestras con elevadas concentraciones de nitratos y fosfatos se relacionan a la presencia de zonas de acumulación de excretas de ganado en sitios de corrales de engorde adyacentes a los sitios de muestreo.

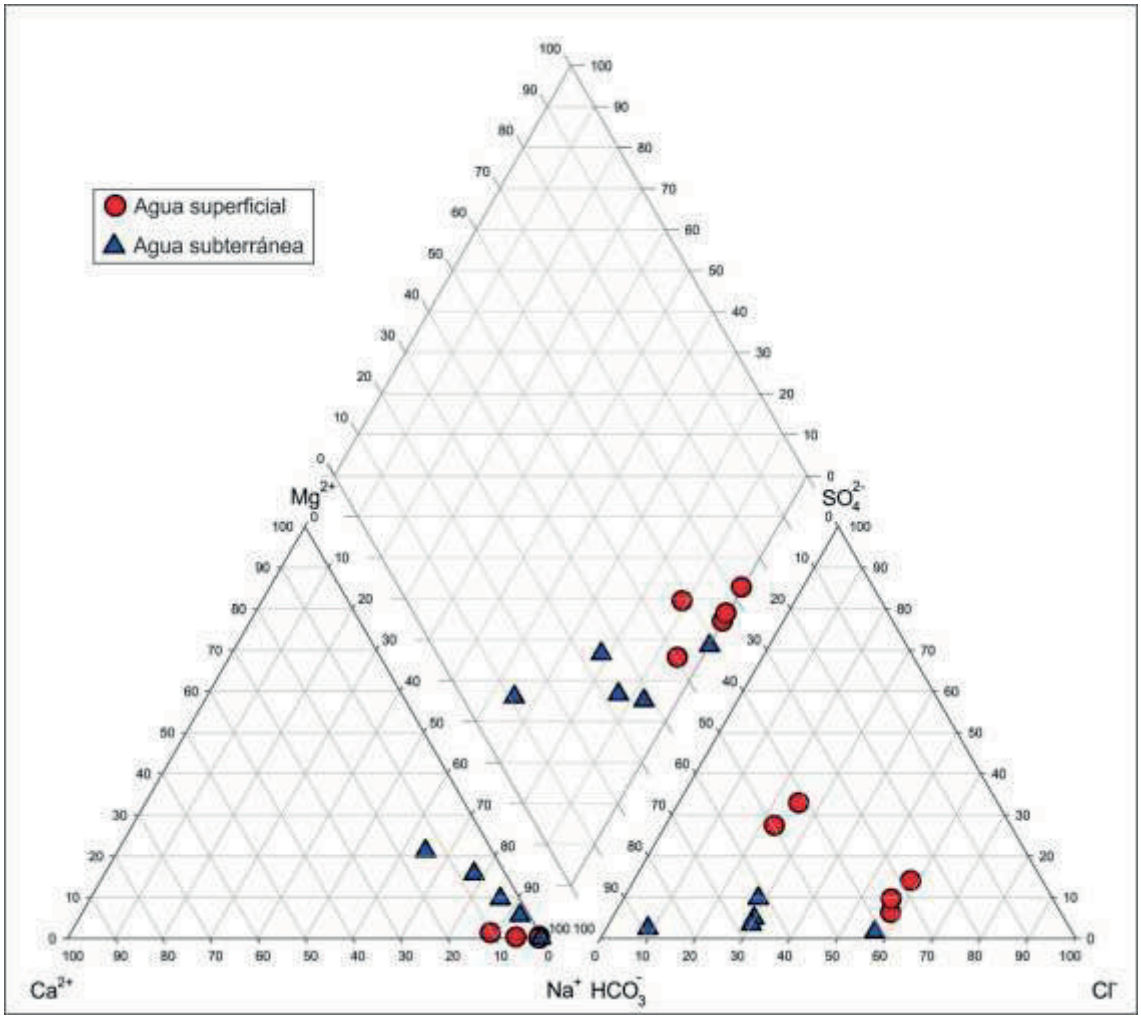


Figura 6.17: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Adolfo Gonzales Chaves.

Por otro lado, en las proximidades de la localidad de Nicanor Olivera (Fig. 6.18), el agua superficial de las lagunas presenta valores de CE entre 3,09 y 7,56 mS/cm y valores altamente alcalinos de pH (promedio de 9,96). En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua es tanto bicarbonatada sódica como clorurada sódica (Fig. 6.19). El contenido de nitratos varía entre 51,75 y 319,51 mg/L y el de fosfatos entre 1,475 y 16,727 mg/L vinculadas estas altas concentraciones a las excretas de ganado al igual que en A. Gonzales Chaves. En cuanto a los arroyos, aquí la CE varía entre 0,26 y 1,12 mS/cm y el pH es levemente menor (promedio de 8,89). Respecto al porcentaje de iones

mayoritarios el agua es bicarbonatada sódica (Fig. 6.19) con contenidos de nitratos que varían entre 19,23 y 44,89 mg/L y los de fosfatos entre 0,133 y 1,933 mg/L.

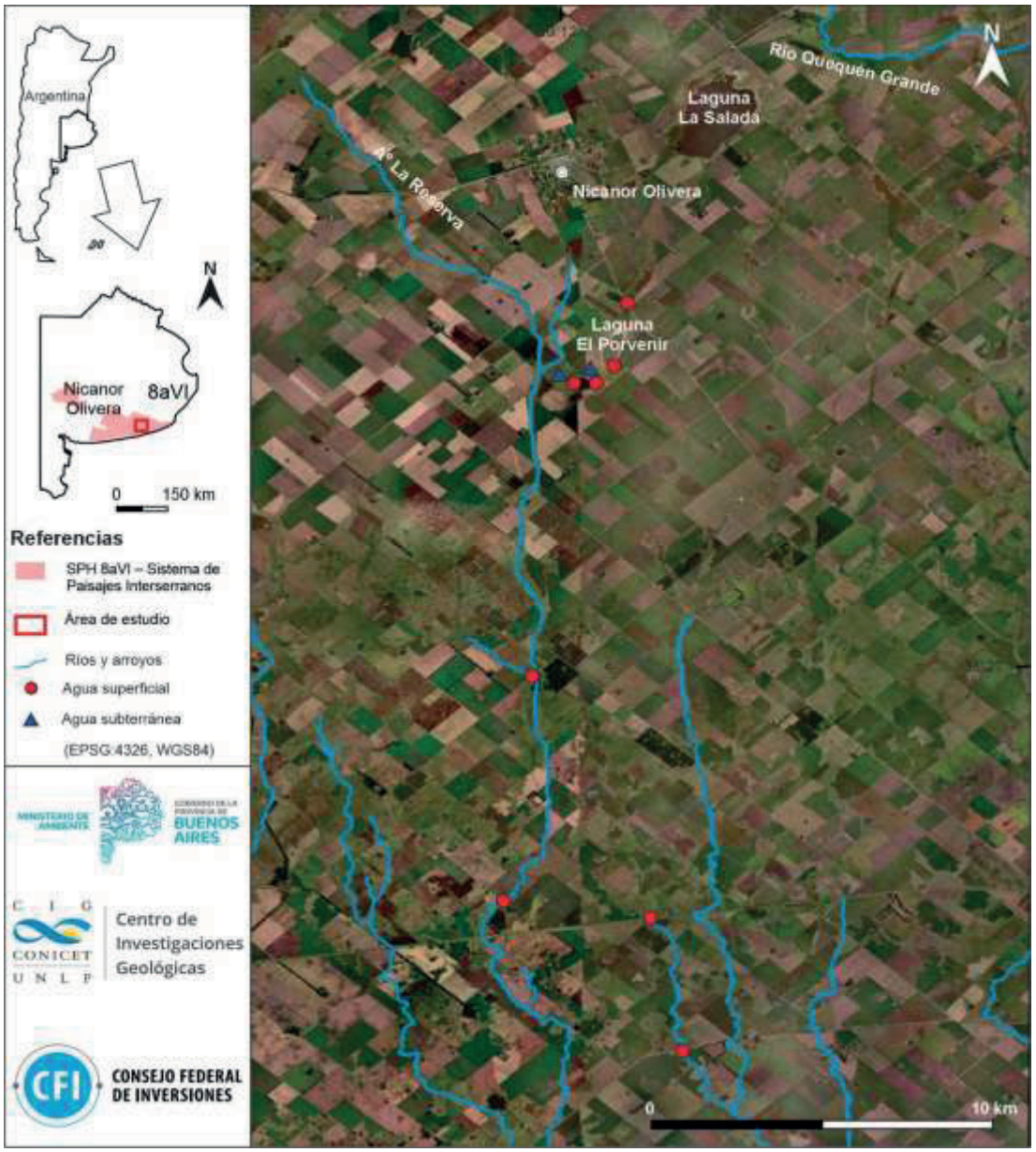


Figura 6.18: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Nicanor Olivera.

En la llanura loessica, el agua subterránea somera circundante a las lagunas tiene valores de CE entre 1,27 y 3,02 mS/cm y un pH promedio de 8,24, y en los molinos que captan agua más profunda (6 m aproximadamente) la CE varía entre 1,54 y 1,76 mS/cm y el pH es alcalino (promedio es de 8,40). En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua

subterránea somera es principalmente bicarbonatada sódica (Fig. 6.19) con contenidos de nitratos entre 7,53 y 9,10 mg/L y de fosfatos entre 0,115 y 0,540 mg/L.

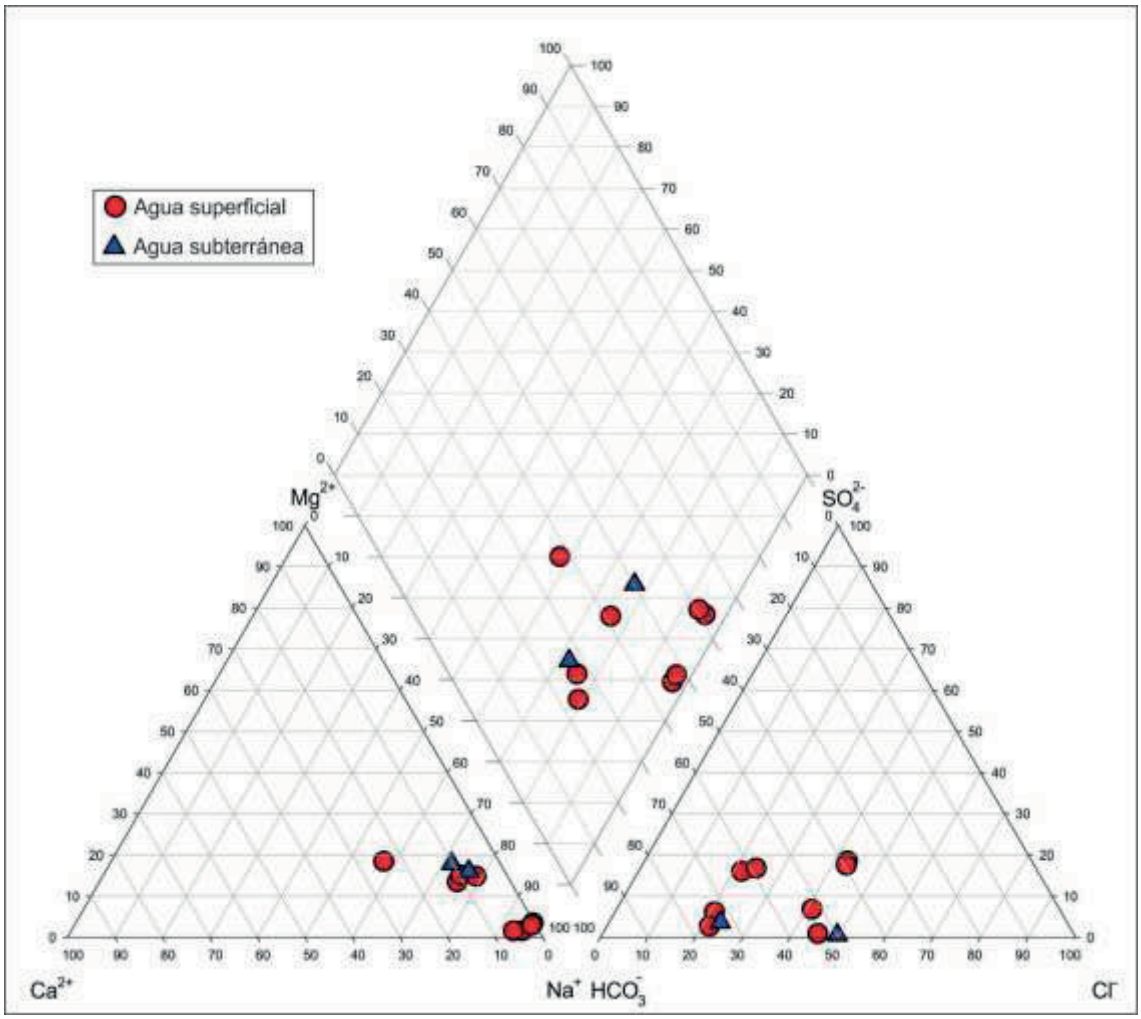


Figura 6.19: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Nicanor Olivera.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 6.20) resume el funcionamiento hidrológico explicado previamente para el área estudiada en sectores donde se desarrollan ambientes de humedales.

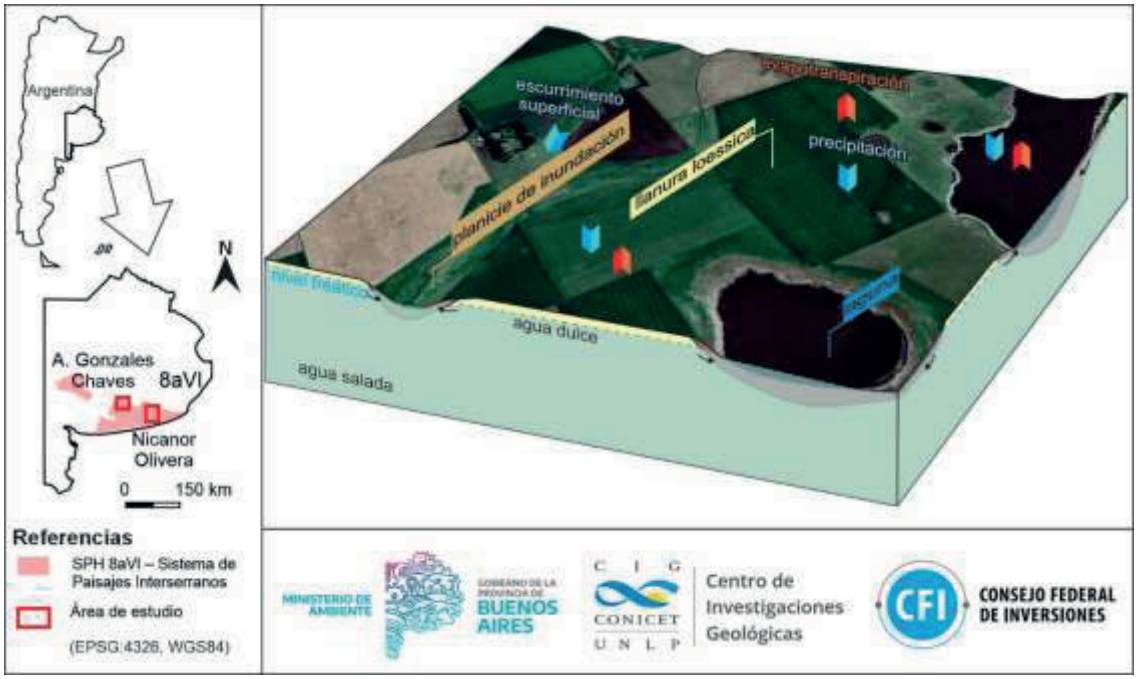


Figura 6.20: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes de la Pampa Deprimida Periserrana para el área de Adolfo Gonzales Chaves y Nicanor Olivera.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

La llanura loessica constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde ocurre tanto el escurrimiento superficial no encauzado como la infiltración de las precipitaciones. La moderada a baja permeabilidad de los sedimentos que la componen y la escasa pendiente determina que el agua de las lluvias escurra lentamente hacia las lagunas y zonas deprimidas y también pueda infiltrar en los suelos, recargando al agua subterránea freática cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

Los bajos inundables y la zona aledaña a las lagunas comprenden a las principales áreas de humedales (Fig. 6.21). Estas zonas constituyen un ambiente hidrogeomorfológico caracterizado por ser una zona plana de menor topografía, que recibe el agua procedente de las precipitaciones, de la descarga de agua subterránea y del escurrimiento superficial. Cabe destacar que los cuerpos lagunares son de régimen permanente y somero pudiendo ser ocupados por una delgada lámina de agua

superficial durante los eventos de déficit hídricos. Los bajos inundables, por su parte, pueden presentar una delgada lámina de agua superficial, mientras que, en períodos de excedentes hídricos se encuentran conectados formando líneas de escurrimiento que siguen la pendiente regional del terreno. Asimismo, en estos ambientes de humedales el agua subterránea se encuentra a escasa profundidad (generalmente a menos de 1 m de profundidad), llegando a saturarse completamente los sedimentos en los periodos de fuertes excedentes hídricos, característica que determina la presencia de rasgos hidromórficos en los suelos.

En la figura 6.21 se muestran distintas fotografías de los diferentes ambientes hidrogeomorfológicos y humedales presentes en las áreas relevadas.



Figura 6.21: Fotografías mostrando (a) Laguna La Blanca. (b) y (c) Realización de pozos someros en el borde de la laguna. (d) Borde de la laguna Mitre. (e) Detalle de las grietas de desecación con vegetación halófita. (f) Cuerpo lagunar adyacente a la laguna El Porvenir. (g) Laguna El Porvenir. (h) Capa carbonática en el borde/lecho de la laguna. (i) Arroyo con barrancas en las márgenes.

E. SPH 8aVII – SISTEMA DE PAISAJES PERISERRANOS CON VERTIENTE A LA BAHÍA BLANCA

7. Unidades de humedales asociadas a ambientes fluviales próximos a las localidades de Chasicó y Tornquist

Ubicación

Los ambientes de humedales fluviales estudiados se asocian al río Sauce Chico el cual se localiza en el sector oeste del SPH correspondiente a Paisajes Periserranos con vertiente a la Bahía Blanca (Fig. 7.1).

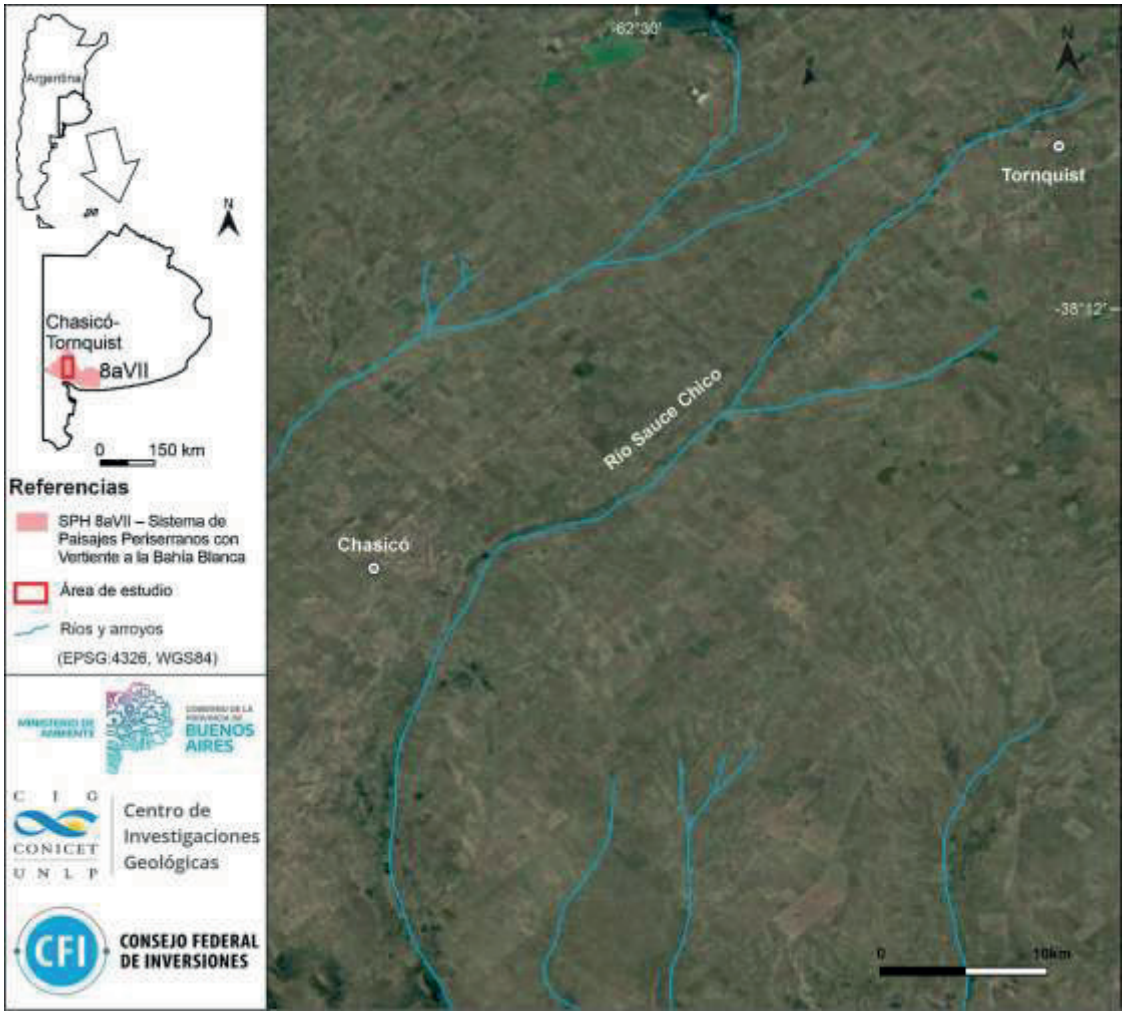


Figura 7.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de Chasicó y Tornquist.

Dentro de dichos ambientes se relevó la cuenca del río Sauce Chico considerándolo como representativo de las características geomorfológicas dominantes en este SPH. Complementariamente también se efectuaron relevamientos en ambientes lagunares asociados a las lagunas encadenadas localizadas en el sector norte del área de estudio.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de Chasicó y Tornquist estudiados se definieron a partir de los datos registrados en la Estancia Funke, ubicada a aproximadamente 13 km al sureste de la localidad de Tornquist.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 801,8 mm, registrándose máximos de 1332,5 mm en 1992 y mínimos de 535 mm en 2008 (Fig. 7.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en marzo con un valor de 104,40 mm, mientras que en invierno (junio – agosto) la precipitación ronda los 35 mm (Fig. 7.3).

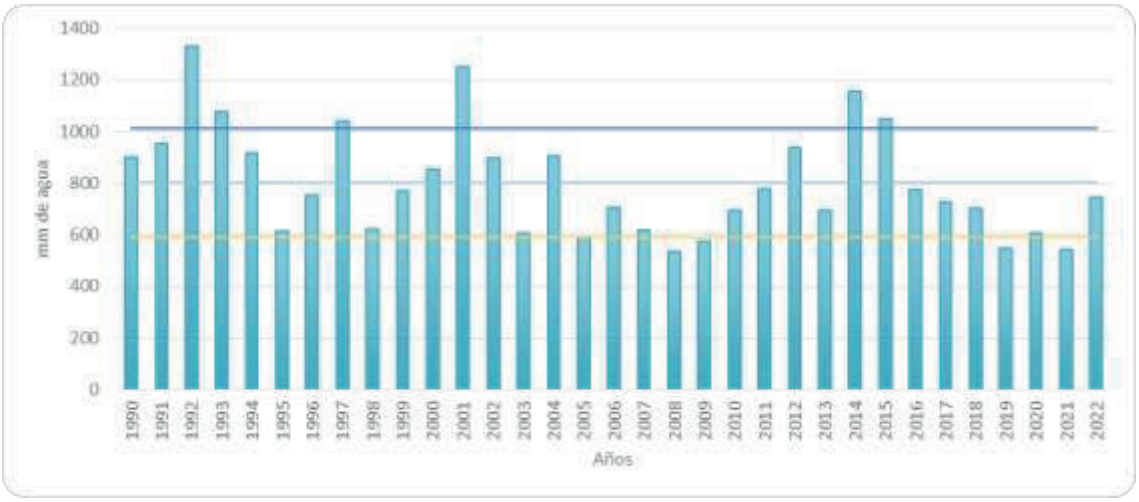


Figura 7.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

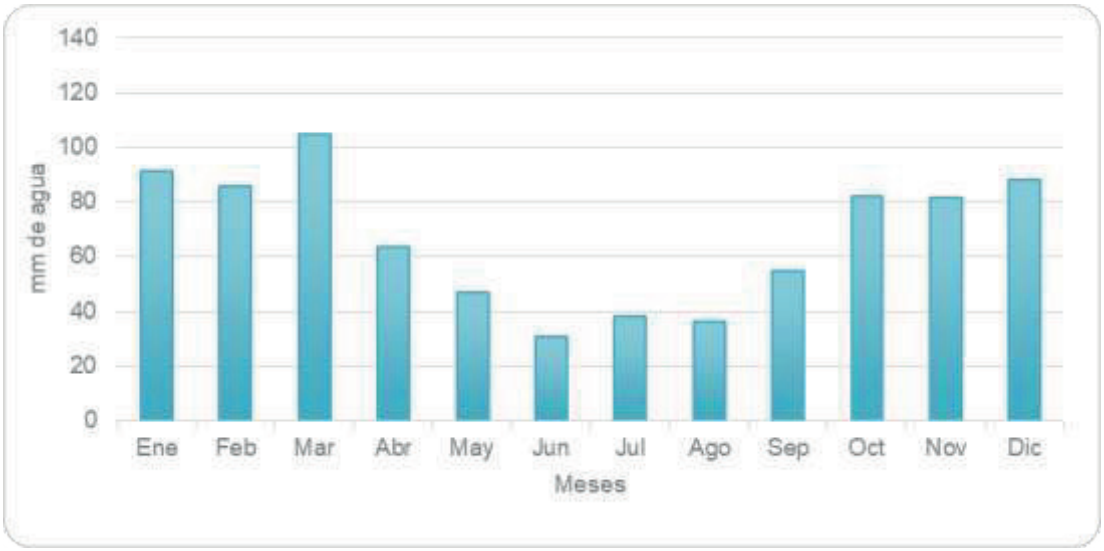


Figura 7.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

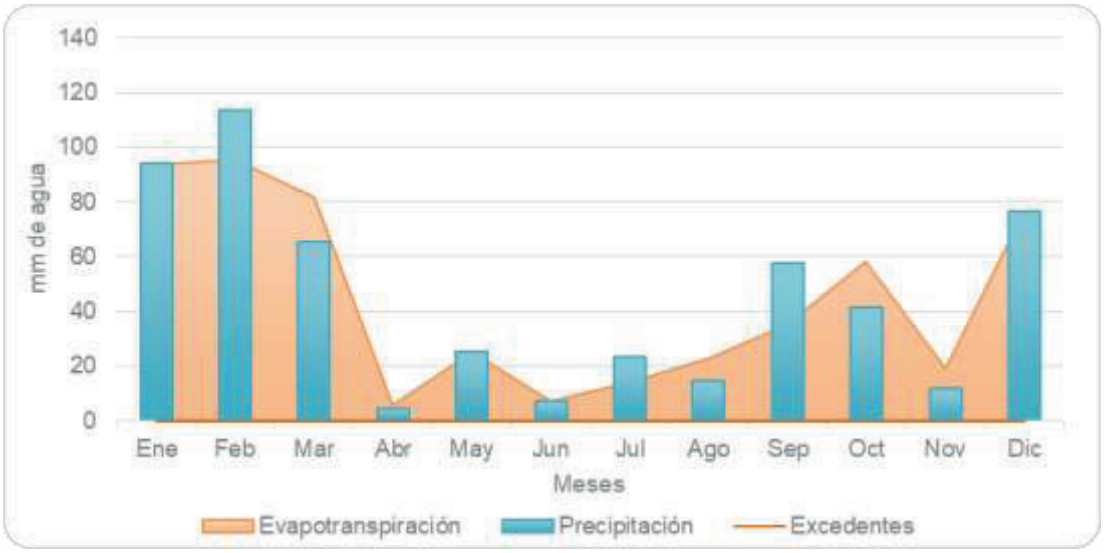
El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación durante el verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre julio y octubre - noviembre (Fig. 7.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.



Figura 7.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 7.5), mientras que en los años

húmedos se registran excedentes hídricos cuando las precipitaciones son altas durante los meses de otoño e invierno principalmente (Fig. 7.6).



.

Figura 7.5: Balance hídrico mensual para el año 2008 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

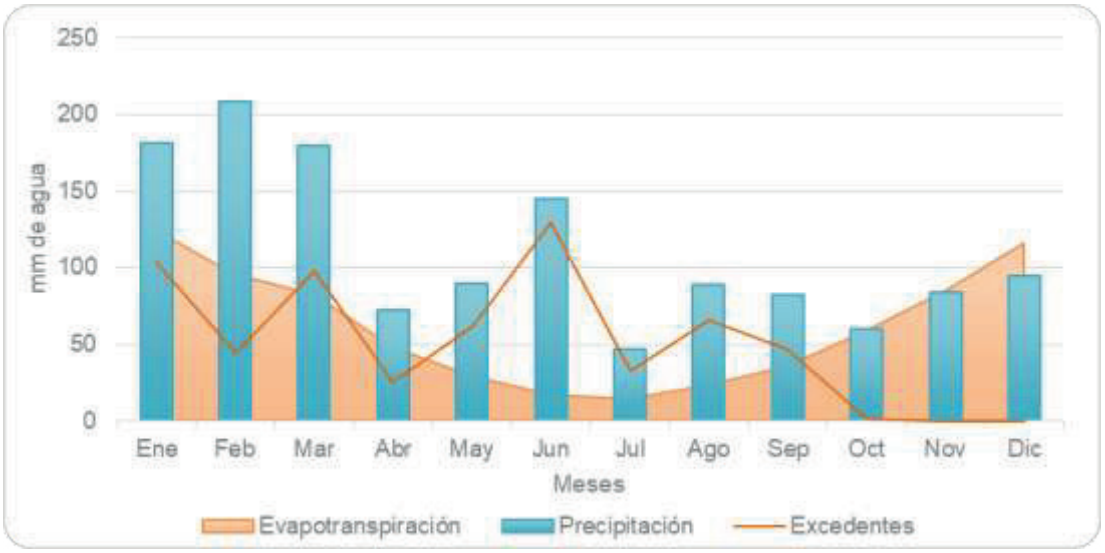


Figura 7.6: Balance hídrico mensual para el año 1992 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales para periodos secos y húmedos (Fig. 7.7a y b respectivamente).

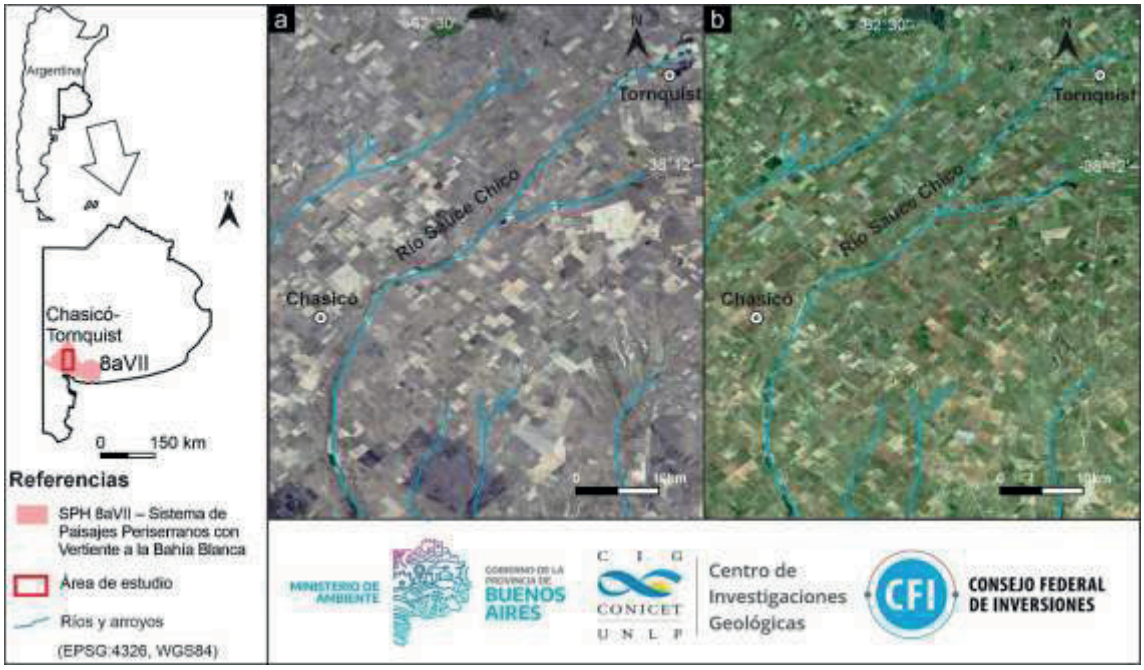


Figura 7.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist en (a) un periodo seco (15/01/2014), y (b) un periodo húmedo (05/12/2001).

Relieve y Geomorfología

La hidrología superficial del área comprende cursos fluviales con nacientes en las sierras que labran amplios abanicos aluviales hacia el sector de descarga. El río Sauce Chico, representativo de este ambiente fluvial, nace en el Sistema Serrano de Ventania y descarga en el estuario de Bahía Blanca. Tres cursos principales conforman la cuenca en la zona alta, los arroyos Chaco, Barril y Ventana (los cuales tienen barrancas de hasta 8 m de altura), y recorren luego un amplio valle muy aterrazado sin recibir tributarios permanentes. Dos corrientes intermitentes se unen al curso principal en la margen izquierda, una en la cuenca media y la más importante en la cuenca baja, el arroyo Saladillo de Lázaga (Torrero, 2009). En su trayecto hacia la desembocadura, el río adquiere un recorrido con rumbo este-oeste, donde el mayor porcentaje se encuentra debajo de los 270 m snm, y a partir de allí disminuye el gradiente de pendiente, no superando el 2% (Fig. 7.8).

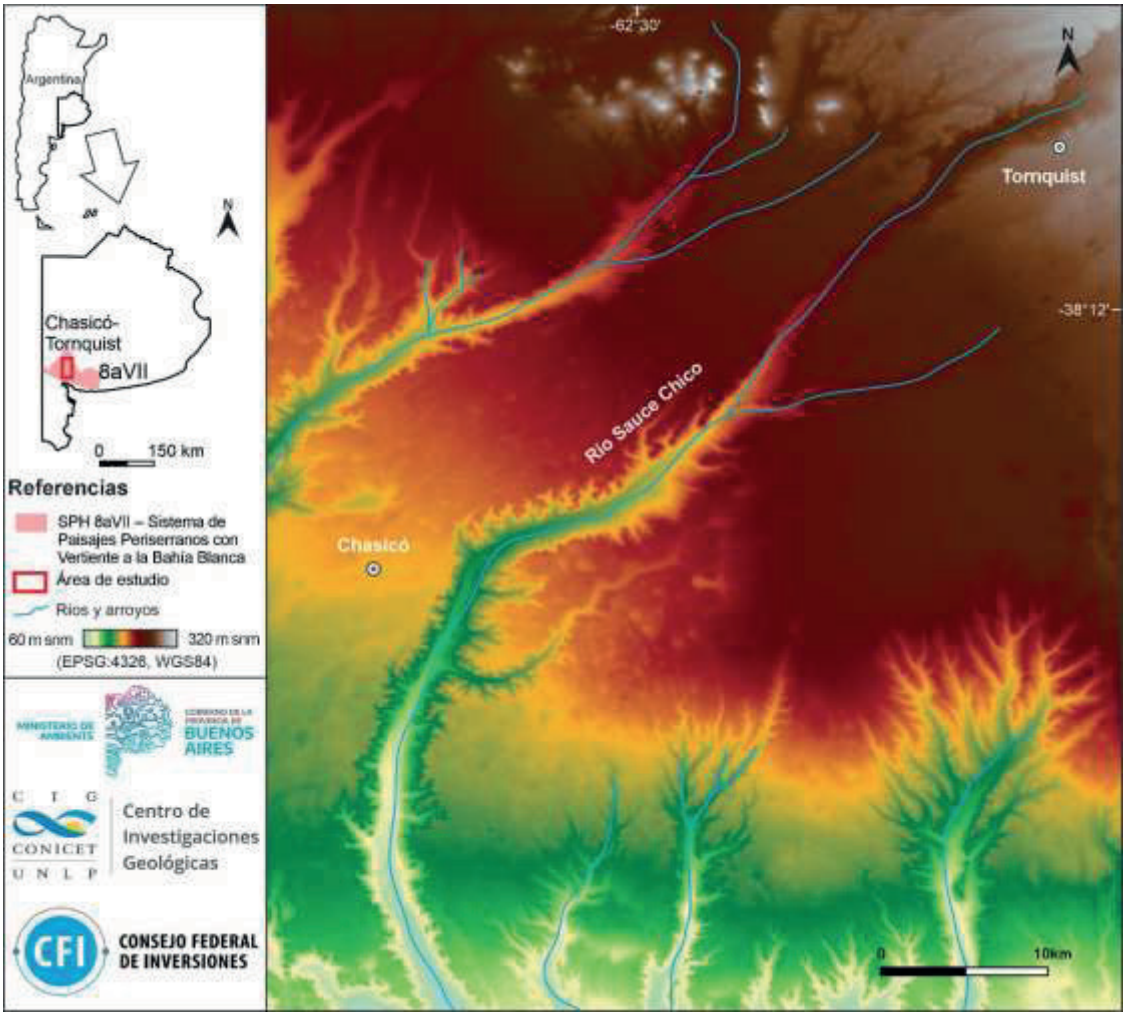


Figura 7.8: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

El río Sauce Chico es un río permanente que desarrolla una cuenca dentro de una llanura pedemontana en la cual labra una delgada planicie aluvial (Fig. 7.9). Su curso central es de 159 km de longitud, abarcando la cuenca una superficie de 1.595 km^2. En el área de estudio, la llanura pedemontana es un área donde las cotas topográficas alcanzan los 320 m snm, disminuyendo hacia el sur a valores cercanos a 60 m snm (Fig. 7.8).

La llanura pedemontana está conformada por depósitos loessicos, y en ella se diferencian al menos dos niveles de piedemonte (Pereyra y Tobío, 2018). Dentro de los cursos fluviales se reconocen abanicos aluviales, con depósitos de tipo limo-arenosos. El sector sur de la llanura pedemontana está integrada por limos fluviales, loess y potentes

calcretes que ejercen un control estructural, cuya génesis se asocia a diferentes procesos superpuestos. En este sector, la erosión ha expuesto depósitos loessicos más antiguos separados por depósitos loessicos más jóvenes, depósitos fluviales limosos y eólicos arenosos (Pereyra y Tobío, 2018).

Por otro lado, dentro de este sistema dominantemente fluvial, pueden reconocerse también, en el sector norte del área de estudio, depresiones o bajos, que dan lugar a la formación de pequeños cuerpos lagunares o lagunas encadenadas (Fig. 7.9). Las lagunas encadenadas se componen por tres cuerpos lagunares orientados en dirección noroeste – sudeste que se encuentran conectados entre sí por una estrecha zona en la que se labra un pequeño curso o canal. A este sistema lagunar drena el arroyo Cochenleufú el cual descarga en el cuerpo lagunar localizado más al noreste. Hacia el norte de las lagunas encadenadas, fuera del área mapeada, se desarrollan ambientes de cubetas arenosas localizadas entre serranías bajas las cuales no presentaron agua en superficie en el momento relevado. No obstante, sí pudo observarse la presencia de agua dentro de estas cubetas en imágenes satelitales correspondiente a periodos de excedentes hídricos.

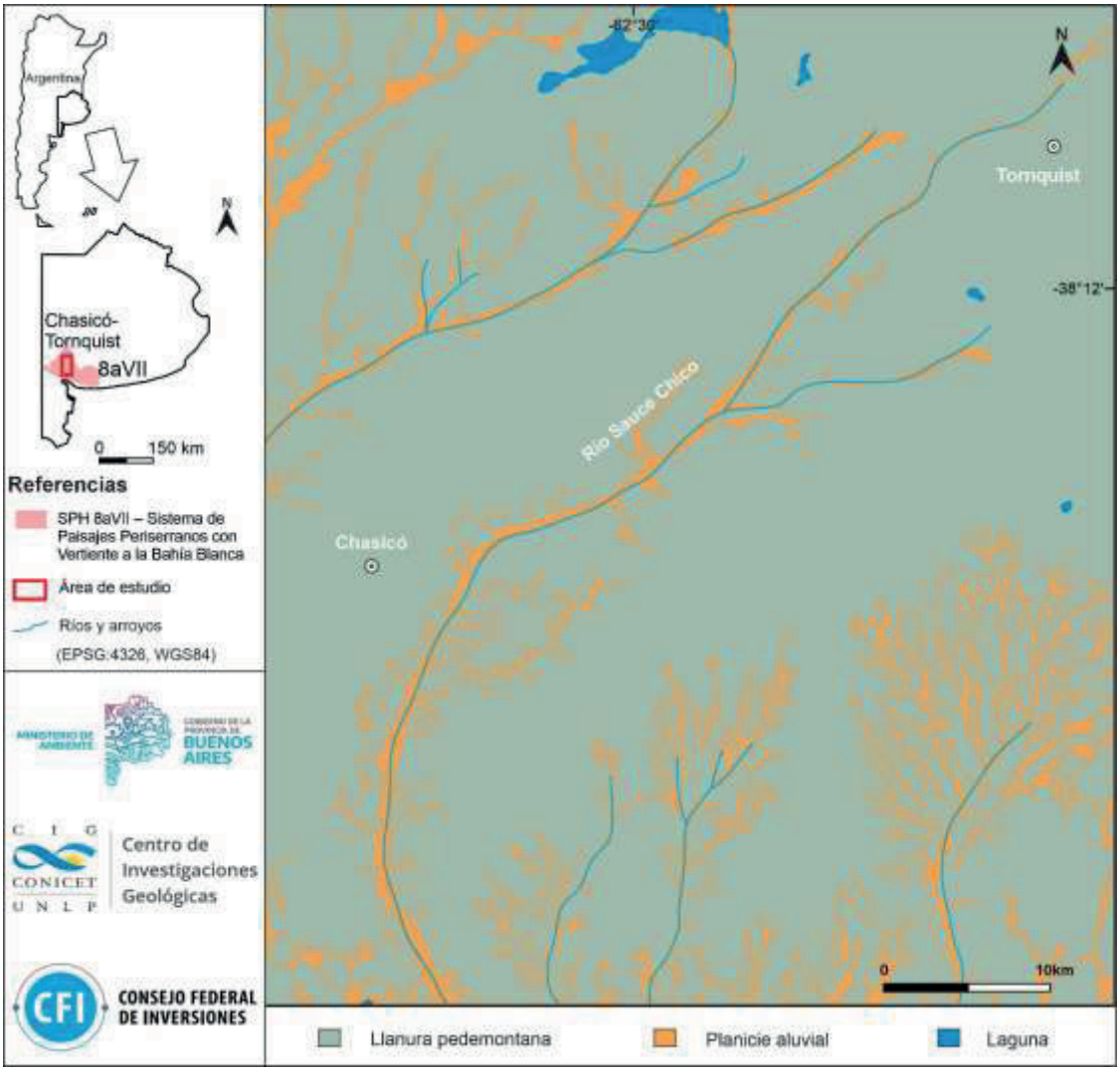


Figura 7.9: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

Suelos

El principal orden de suelos dentro del área estudiada es Molisol (Fig. 7.10). El loess es el material original predominante y los regímenes de humedad y de temperatura son factores que favorecen su formación. Predominan los suelos de tipo Argiustol típico y Argiustol petrocálcico, y Paleustol petrocálcico en la zona de llanura pedemontana, los cuales se caracterizan por desarrollarse sobre una costra calcárea (tosca) de extensión regional y ser suelos bien drenados. En los márgenes del río Sauce Chico se desarrollan suelos de tipo Haplustol éntico desarrollados a partir de materiales loessicos de textura franca, presentando un perfil de permeabilidad moderada y buen drenaje. En la planicie

aluvial los suelos son de tipo indiferenciados. En el sector sur de la llanura pedemontana dominan suelos de tipo Paleustol petrocálcico y Haplustol típico, entre otros. Existe el desarrollo poco extenso de suelos del orden Vertisol, como el Pelludert típico nátrico localizado en el norte del área de estudio, de drenaje deficiente y alcalinidad sódica de superficie.

La vegetación del sector se manifiesta con estepa xerófila donde alternan arbustos de bajo porte y pastos duros. Predominan las gramíneas y la ausencia de arbórea natural (Bruno et al., 1999; Benedetti y Campo de Ferreras, 2002). En el área de planicie alternan agricultura (principalmente avena, trigo y maíz) y ganadería y en las áreas de terraza fluvial la explotación hortícola (Bruno et al., 1999; González Uriarte, 1984). La principal fuente de abastecimiento de agua para riego y bebida de ganado en la zona es el río Sauce Chico. Sobre el curso de agua la vegetación es más hidrófita, representada en la zona de torrentes y manantiales por *Cortadera dioica*, *Senecio bonariensis*, *Melica macra*, etc. (Torrero, 2009).

En las lagunas encadenadas del norte, pudo observarse en las márgenes del cuerpo lagunar localizado más hacia el noreste la presencia de extensos humedales asociados al borde de la laguna en el sector de descarga del arroyo Cochenleufú. Estos humedales presentan amplias zonas de juncales y totoras con cortaderas en las partes más elevadas, pudiéndose observar en ellos abundantes aves (patos, cisnes y teros reales). Por su parte, otros dos cuerpos lagunares que conforman el sistema de encadenadas presentan costas con barrancas o playas arenosas siendo limitada a nula la presencia de humedales vegetados. Por su parte en los ambientes de cubetas arenosas localizadas al norte de las

lagunas encadenadas se desarrolla vegetación de tipo *Distichlis spicata* y *Salicornia sp.* observándose en algunos sectores la presencia de costras salinas.

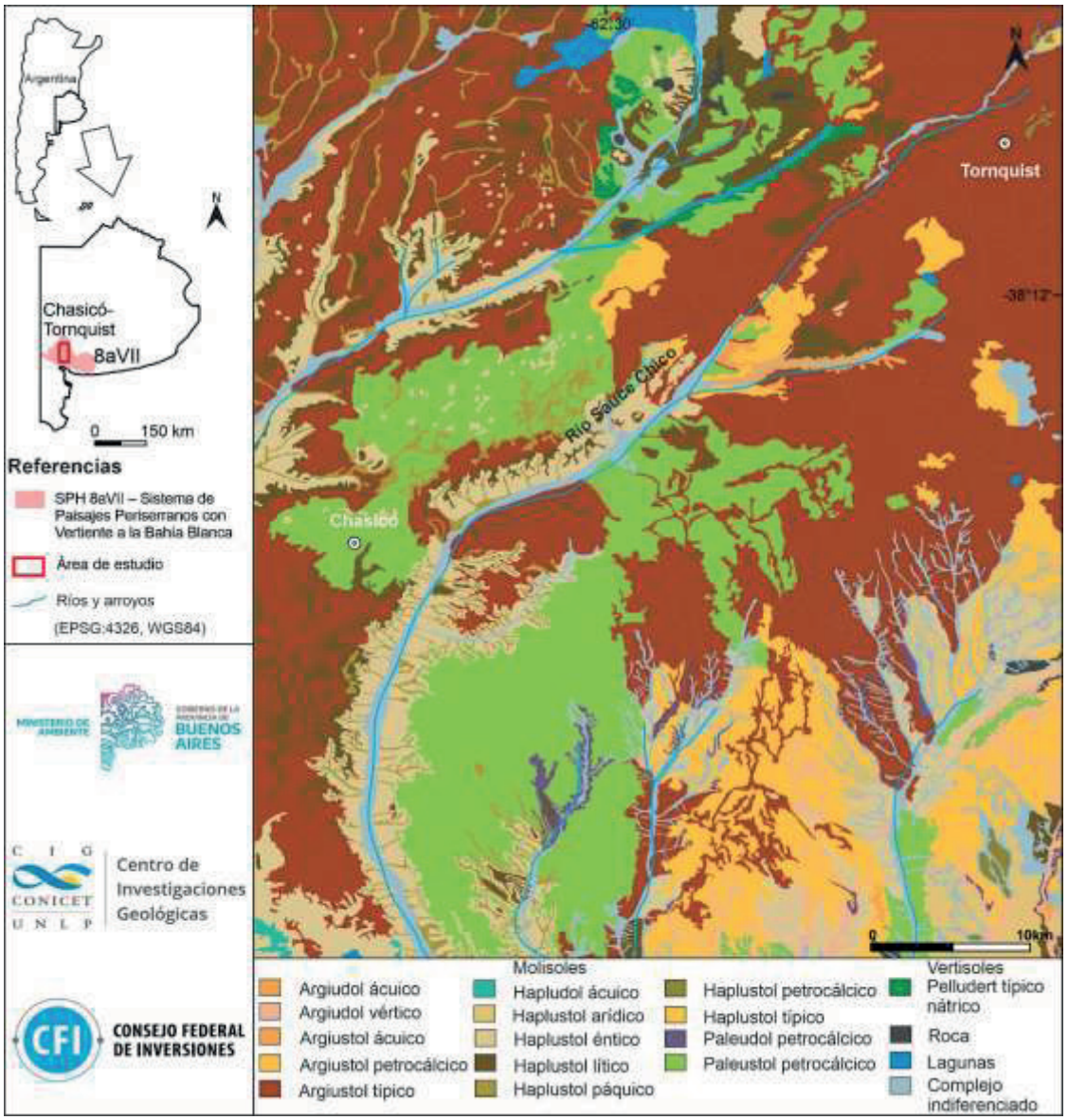


Figura 7.10: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

La hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea se definió a partir de relevamientos efectuados en distintos sectores de la cuenca del río Sauce Chico (Fig. 7.11).

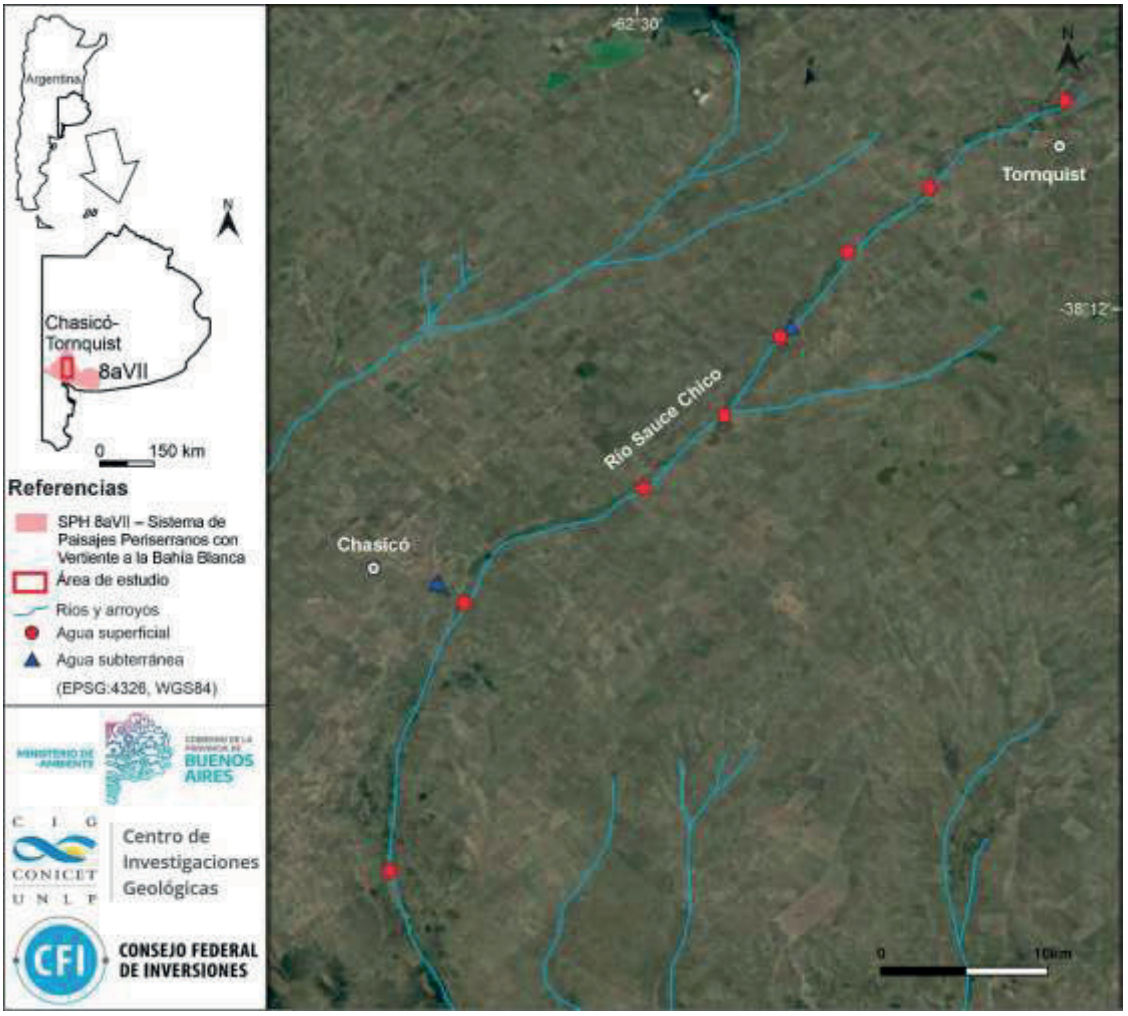


Figura 7.11: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de Chasicó y Tornquist.

El río Sauce Chico recibe los aportes de los excedentes de las lluvias que escurren superficialmente desde el Sistema Serrano de Ventania. Asimismo, se reconocen tramos del río que reciben la descarga de agua subterránea la cual pudo observarse como un flujo de agua difusa en los sedimentos de las barrancas y planicie aluvial del río. Dentro de la planicie aluvial, las profundidades de los niveles del agua subterránea en sectores próximos a las márgenes están cercanos a 0,40 m. Hacia las zonas más elevadas de la llanura pedemontana los niveles freáticos tienden a profundizarse localizándose las zonas de recarga del sistema hídrico subterráneo en la llanura pedemontana hacia el Sistema Serrano de Ventania. El flujo de agua subterráneo regional tiende a acompañar

a la topografía y la descarga subterránea local se genera en el río otorgándole el carácter de curso permanente.

Respecto a la salinidad del agua, el agua del río registró valores entre 0,35 y 0,86 mS/cm y el agua subterránea valores cercanos a 0,84 mS/cm. Por su parte, el pH varió entre 8,53 y 9,44 en el agua del río y presentó valores cercanos a 8,59 en el agua subterránea. En el río el agua tiene una composición de iones mayoritarios porcentual de tipo bicarbonatada sódica a mixta (Fig. 7.12), variando los contenidos de nitratos entre 3,72 y 5,84 mg/L y los de fosfatos entre 0,054 y 0,127 mg/L. Por su parte, el agua subterránea es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 7.12) con contenidos de nitratos que varían entre 10,35 y 12,90 mg/L y de fosfatos entre 0,076 y 0,703 mg/L.

Por otro lado, las lagunas encadenadas constituyen tres cuerpos lagunares conectados entre sí por estrechas zonas en donde se desarrolla un curso o canal. El principal aporte al sistema es el arroyo Cochenleufú el cual descarga en el cuerpo lagunar localizado más al noreste. En esta zona de descarga se desarrollan amplios humedales que se encuentran en parte cubiertos por una lámina de agua superficial somera o presentan agua subterránea a escasa profundidad. El agua del arroyo Cochenleufú registró en esta zona una CE de 0,63 mS/cm, y un pH de 8,57. Por su parte, la conductividad eléctrica del agua superficial en el complejo lagunar registró valores entre 0,99 y 7,49 mS/cm, siendo alcalinos los valores de pH.

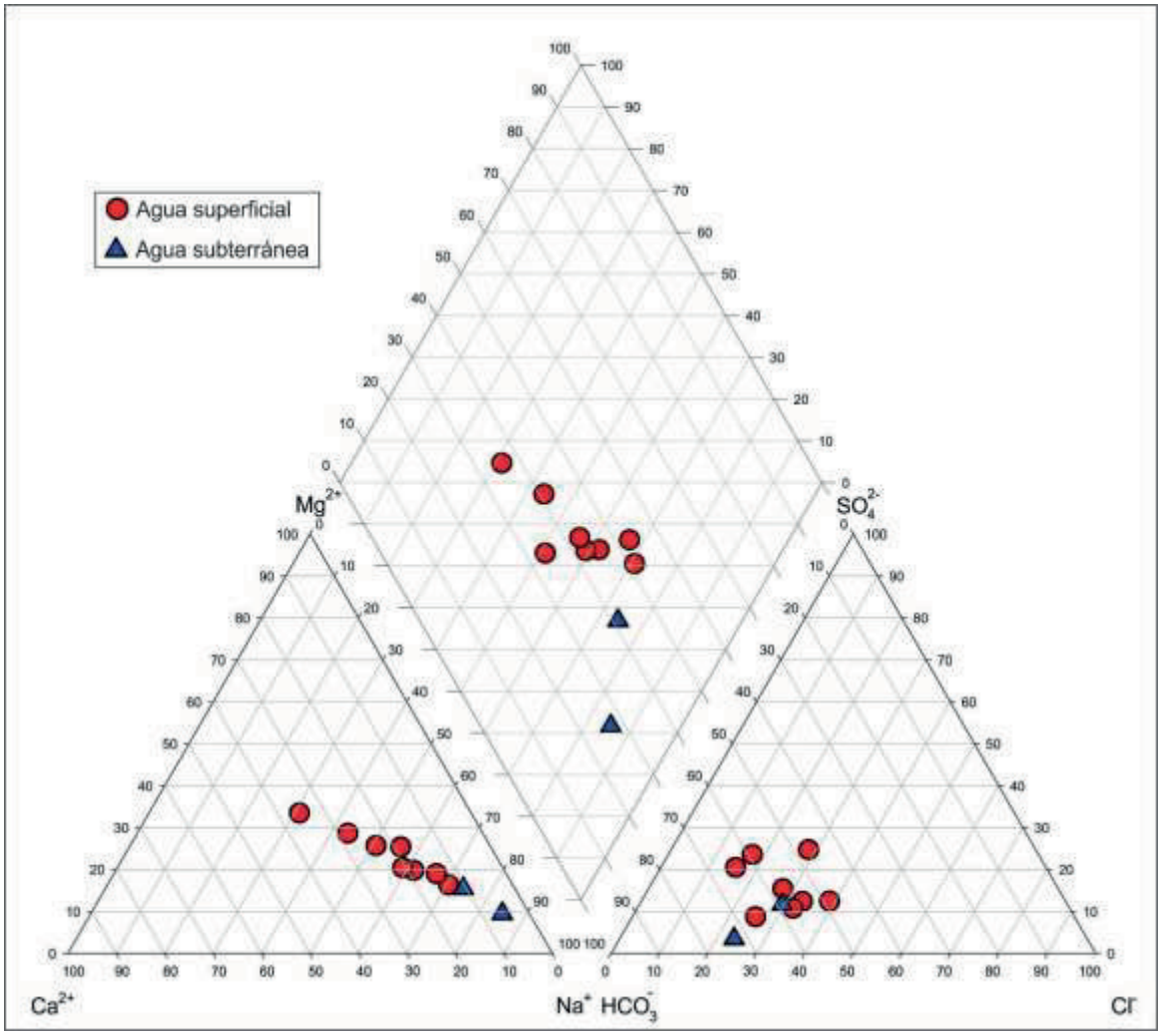


Figura 7.12: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el {área próxima a las localidades de Chasicó y Tornquist.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 7.13) resume el funcionamiento explicado previamente para el área estudiada, donde se desarrollan los humedales más comunes del sector.



Figura 7.13: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes Periserranos con vertiente a la Bahía Blanca en áreas adyacentes a las localidades de Chasicó y Tornquist.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro de las zonas relevadas en el Sistema de Paisajes Periserranos con Vertiente a la Bahía Blanca se reconocen dos ambientes hidrogeomorfológicos principales, la llanura pedemontana y las planicies aluviales del río Sauce Chico.

En el ambiente de llanura pedemontana, los excedentes de las precipitaciones pueden escurrir superficialmente hasta encausarse o pueden infiltrarse en los sedimentos cuando se saturan las reservas de agua en el suelo, recargando así al agua subterránea. El flujo subterráneo transcurre por la llanura pedemontana acompañando la disminución en la topografía, descargando localmente en los cursos fluviales. La descarga de agua subterránea hacia los cursos ocurre a través de los sedimentos de la planicie aluvial o de forma difusa en las zonas de barrancas que se labran en la llanura pedemontana adyacente al cauce. Dentro de la planicie aluvial, el nivel freático se encuentra en una

posición somera lo que favorece el desarrollo de humedales en estas zonas. En estos humedales se observó la presencia de vegetación de tipo hidrofítica (Fig. 7.14) y hacia los bordes cortaderas, mientras que, en las márgenes elevadas del río es frecuente la presencia de vegetación de tamarisco. En relación a la extensión de los humedales, estos ocupan pequeñas superficies de planicies aluviales debido a que en la cuenca estudiada el curso tiene márgenes con barrancas (Fig. 7.1 4a-d).

Dentro del ambiente hidrogeomorfológico de la llanura pedemontana, se reconocen también humedales lagunares (p.e. en el sector norte del área estudiada). Estas zonas se asocian a depresiones locales que reciben aportes de agua procedentes de las precipitaciones y también del escurrimiento superficial que drena hacia las lagunas (Fig. 7.14 h- i). El mayor desarrollo de humedales ocurre en los ambientes lagunares hacia los que descargan cursos fluviales en donde la planicie aluvial de estos se extiende hacia los bordes del cuerpo lagunar. En estos sectores, los humedales presentan zonas con una lámina de agua somera en superficie o zonas con suelos saturados en agua en donde el agua subterránea es poco profunda.

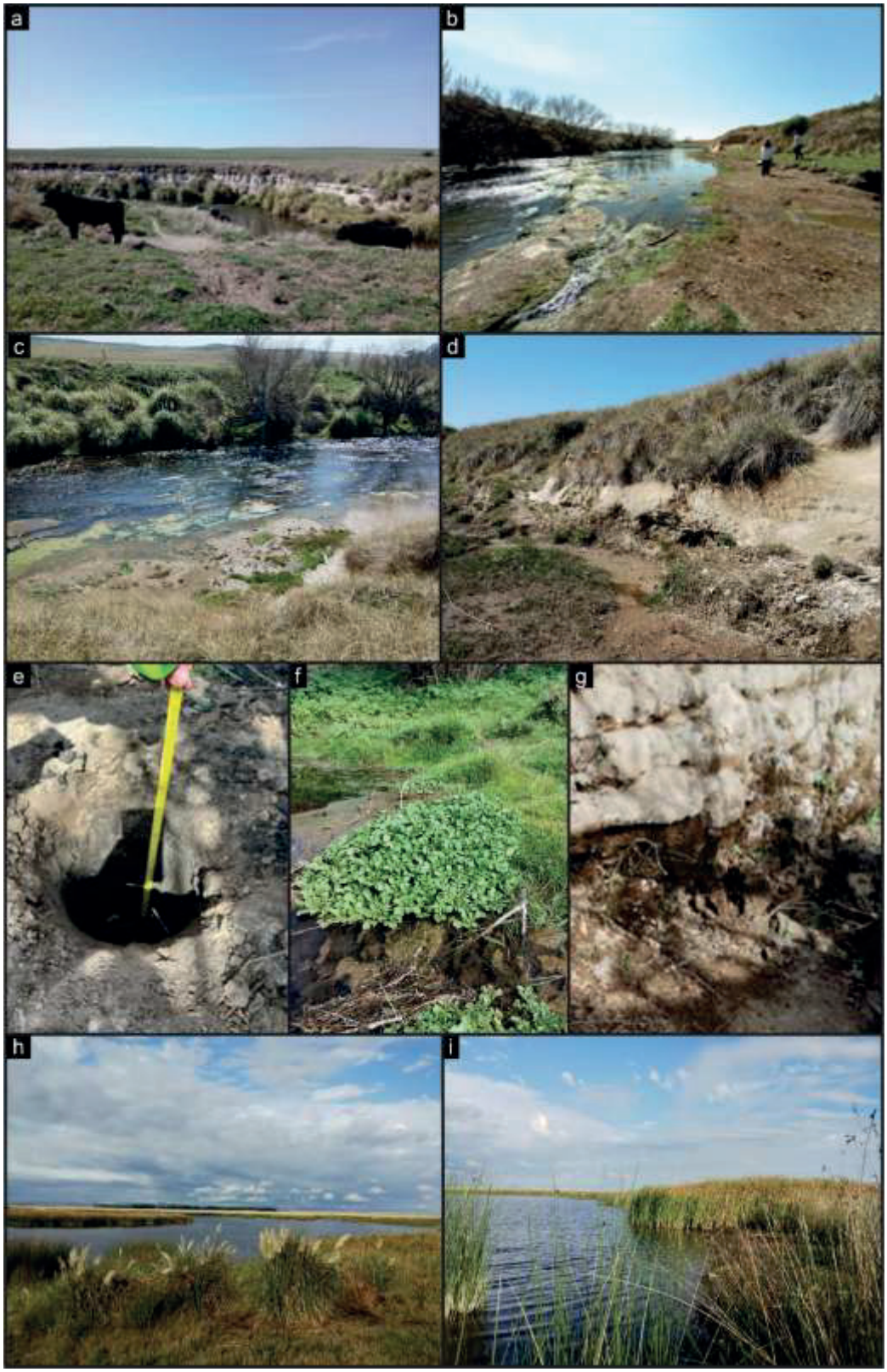


Figura 7.14: Fotografías mostrando (a), (b,) (c) y (d) Planicie aluvial y zonas de barrancas en las márgenes del río. (e) Nivel freático en zona de planicie aluvial. (f) Vegetación en humedales de planicie aluvial. (g) Descarga de agua subterránea en las zonas de barrancas. (h) e (i) Lagunas y vegetación en sus alrededores.

F. SPH 8aVIII – SISTEMA DE PAISAJES SERRANOS DE VENTANIA

8. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de Villa Ventana y Pigüé

Ubicación

Dentro del Sistema de Paisajes Serranos de Ventania se estudiaron ambientes fluviales asociados a la cuenca alta del arroyo Sauce Grande en las cercanías de la localidad de Villa Ventana (Fig. 8.1a), y a las cuencas altas de los arroyos Cura Malal Grande y Cura Malal Chico en las proximidades de la localidad de Pigüé (Fig. 8.1b).

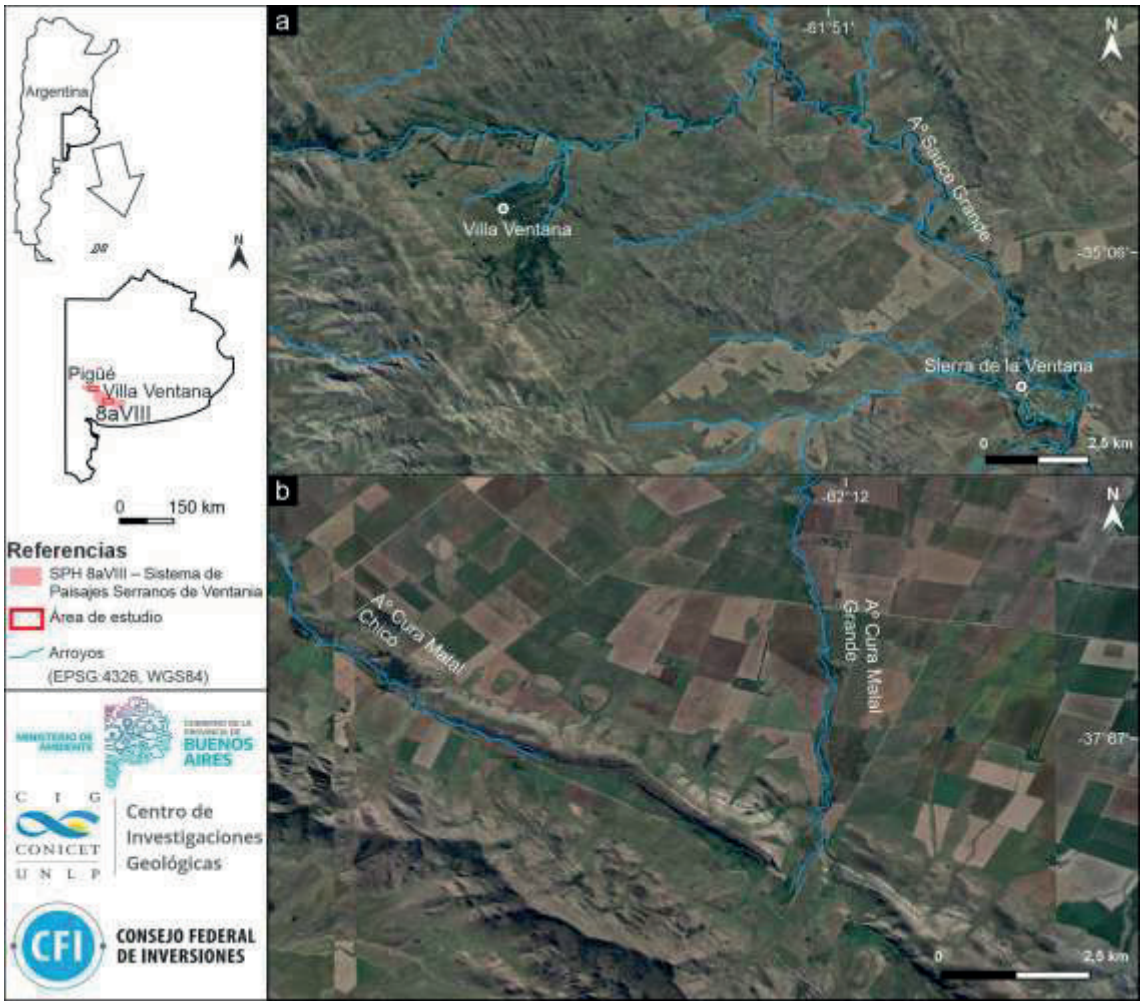


Figura 8.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de (a) Villa Ventana y (b) Pigüé.

Estas cuencas representan a cursos fluviales de importancia que drenan el Sistema Serrano de Ventania siendo representativas de las características hidrogeomorfológicas del SPH estudiado. Por otro lado, presentan buena accesibilidad, particularmente en la zona serrana que suele ser de relieve fuertemente escarpado.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de Villa Ventana y Pigüé se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica ubicada en el Parque Provincial Ernesto Tornquist, en la Sierra de la Ventana, ubicada entre ambas localidades.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 962 mm, registrándose máximos de 1575 mm en 2014 y mínimos de 570 mm en 2005 (Fig. 8.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en marzo, con valores cercanos a 110 mm, mientras que en invierno (junio, julio y agosto) la precipitación ronda los 50 mm (Fig. 8.3).

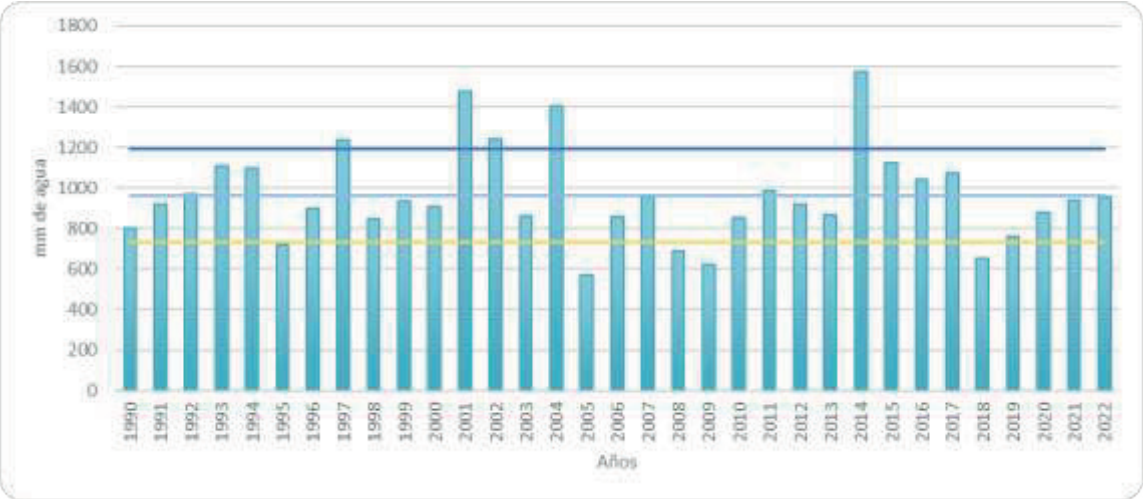


Figura 8.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Villa Ventana y Pigüé. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

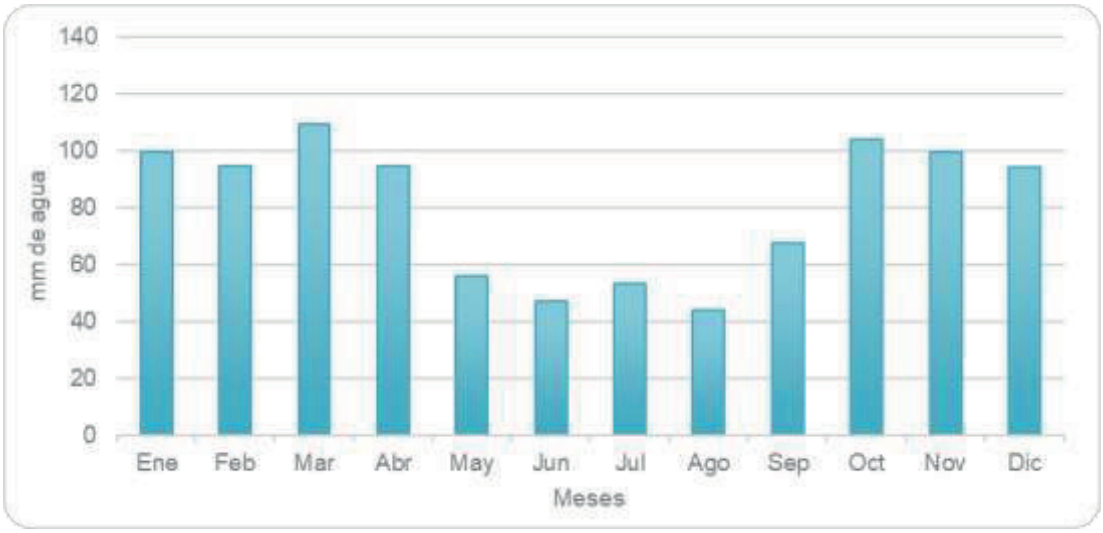


Figura 8.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que las precipitaciones son mayores a la evapotranspiración real entre los meses de marzo a noviembre, ocurriendo los excedentes de agua entre los meses de mayo a noviembre cuando las reservas de agua en el suelo se encuentran en un máximo (Fig. 8.4). A partir de diciembre y hasta el mes de febrero prevalece la evapotranspiración por sobre las precipitaciones, por lo que las reservas de agua del suelo disminuyen y no se registran excedentes.

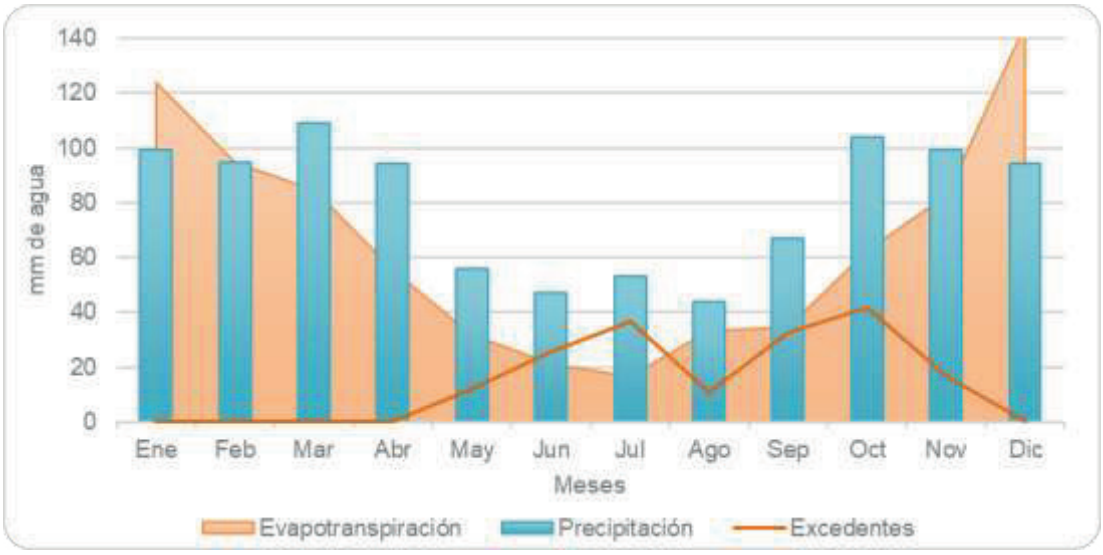


Figura 8.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos se registran en agosto y septiembre (Fig. 8.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos de manera continua de abril a noviembre (Fig. 8.6).

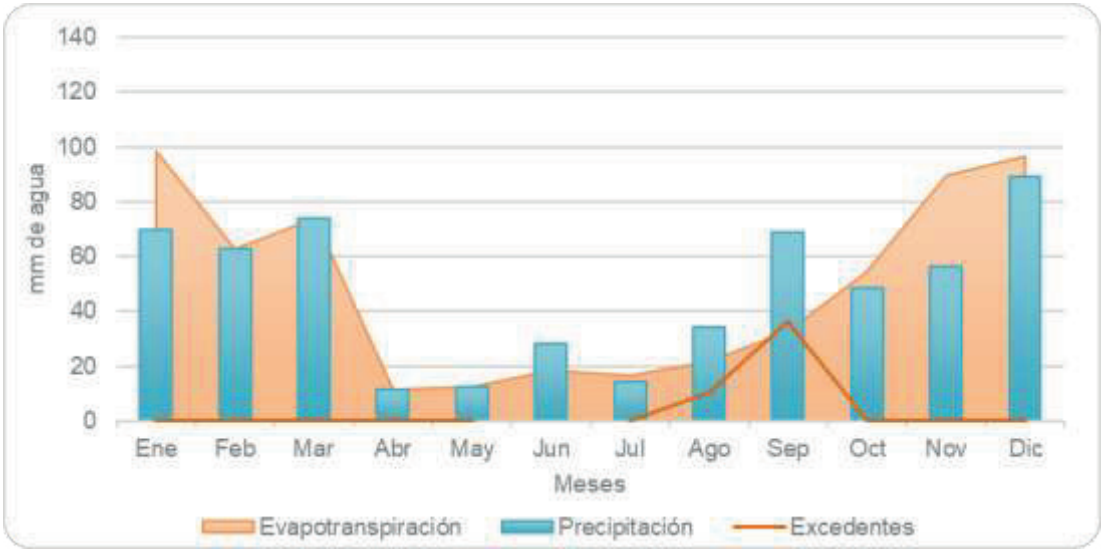


Figura 8.5: Balance hídrico mensual para el año 2005 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.

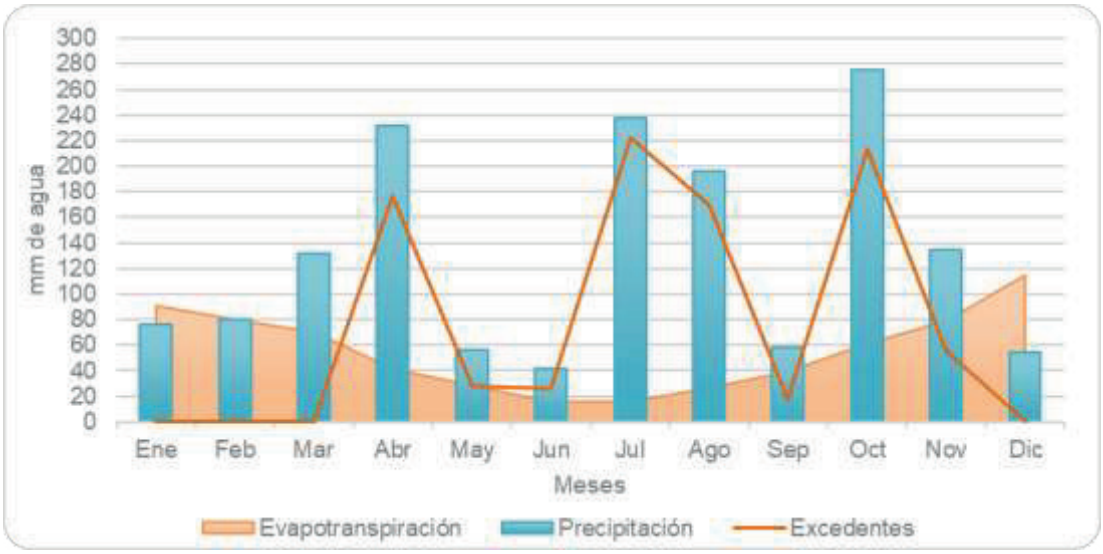


Figura 8.6: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.

La comparación de imágenes satelitales entre periodos secos y húmedos (Fig. 8.7 y 8.8) no evidencia variaciones en relación a las áreas ocupadas por agua superficial, sin embargo, pueden apreciarse cambios en la vigorosidad de la vegetación.

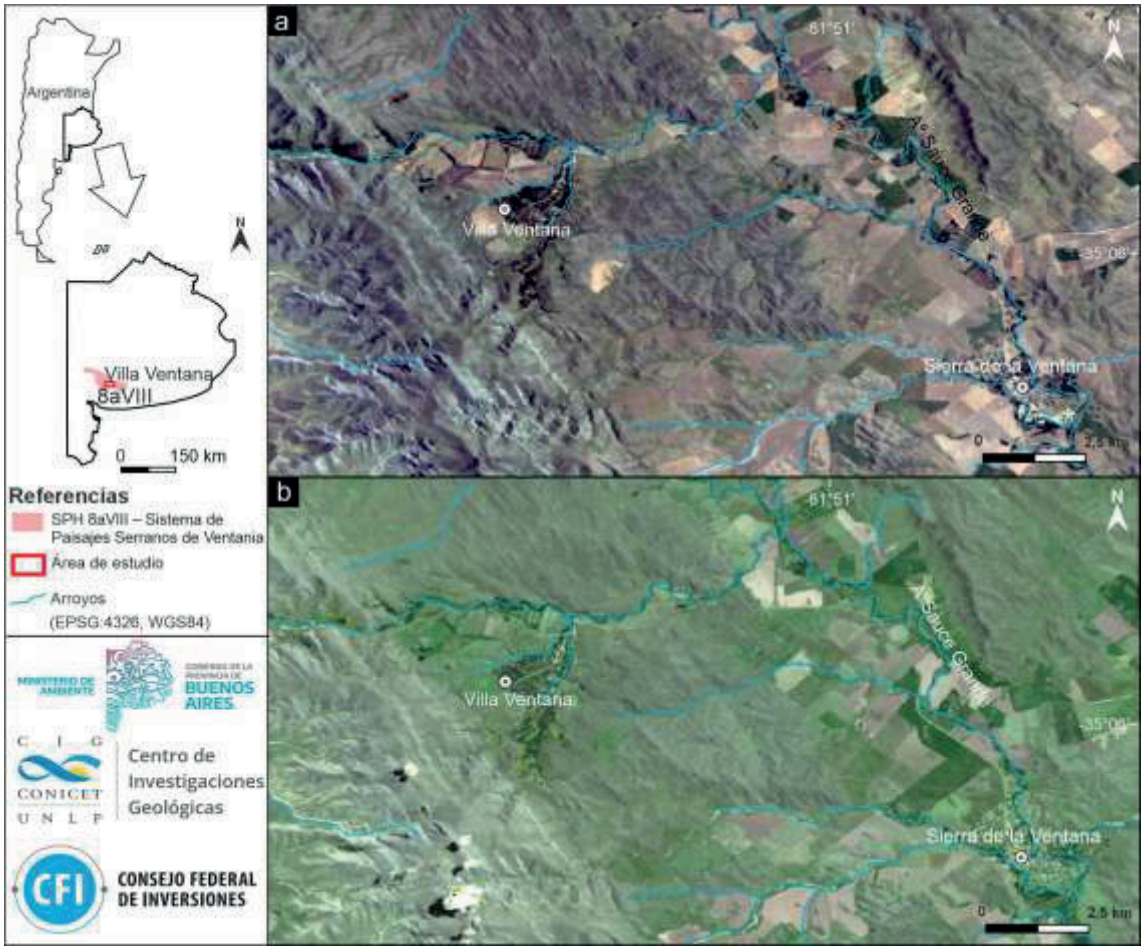


Figura 8.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Villa Ventana en (a) un periodo seco (18/01/2000), y (b) un periodo húmedo (13/11/2016).

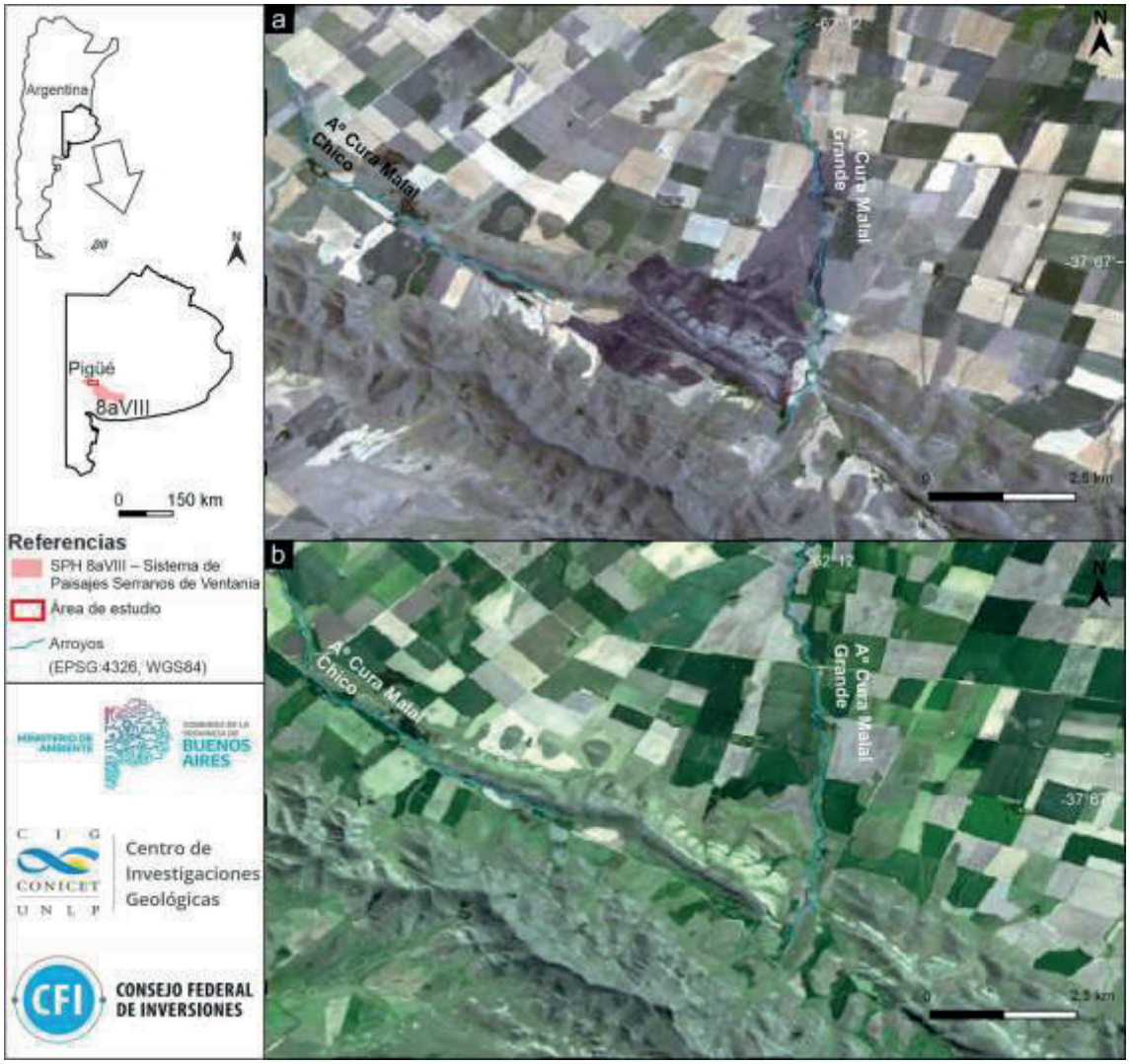


Figura 8.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Pigüé en (a) un periodo seco (15/01/2014), y (b) un periodo húmedo (17/10/2015).

En estos casos, al tratarse de una zona de relieve pronunciado, los excedentes hídricos son traducidos rápidamente en escurrimiento superficial. La profusa red de drenaje que se desarrolla sobre el paisaje serrano colecta dichos excedentes hacia los cursos principales que atraviesan luego la llanura pedemontana. Los cursos en estas zonas presentan canales profundos que pueden desagotar rápidamente esos excedentes. Las planicies aluviales se ven restringidas por las barrancas laterales y tienen poco desarrollo, por lo que tampoco son observables a escala de la imagen satelital los desbordes e inundación de estas áreas.

Relieve y Geomorfología

El Sistema de Paisajes Serranos de Ventania abarca la totalidad de las Sierras Australes y la llanura pedemontana circundante. Las Sierras Australes están conformadas por varias serranías integradas por diferentes litologías con características particulares: las sierras de la Ventana, Cura Malal, Bravard, Pillahuincó y de las Tunas y serranías menores como las de Pigüé y Puan. Se trata de una zona serrana con estructura de faja plegada y corrida, con algunas rocas intensamente deformadas (Tomezzoli y Cristalini, 2004). Su extensión es de más de 150 km mientras que las alturas máximas alcanzan los 1200 m (Fig. 8.9 y 8.11).

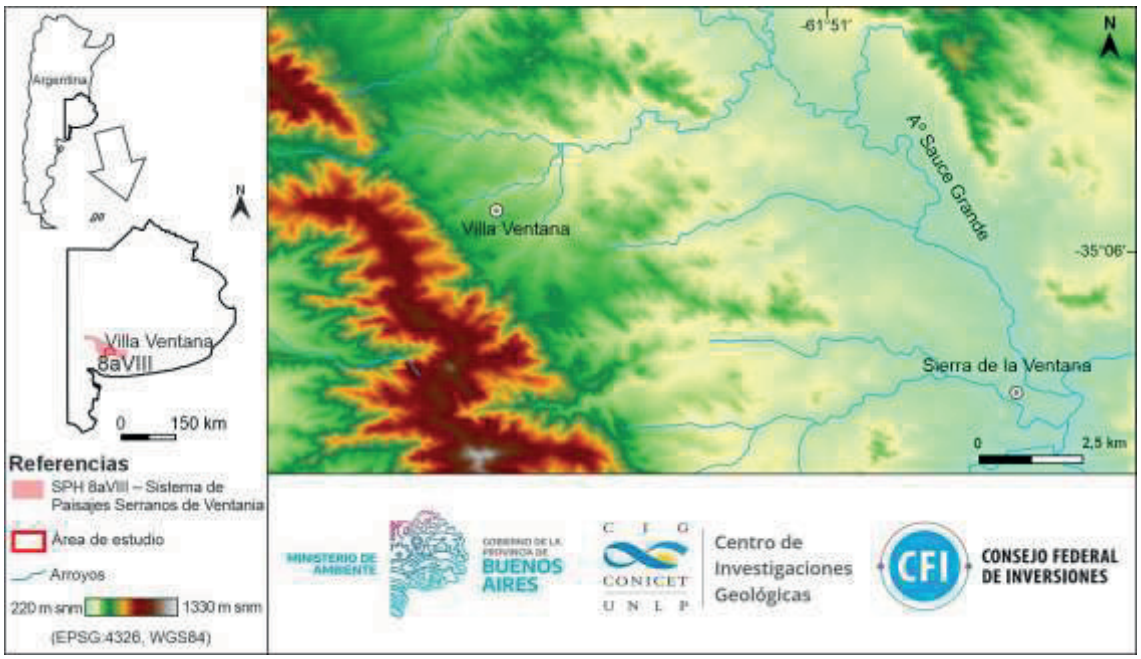


Figura 8.9: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Villa Ventana.

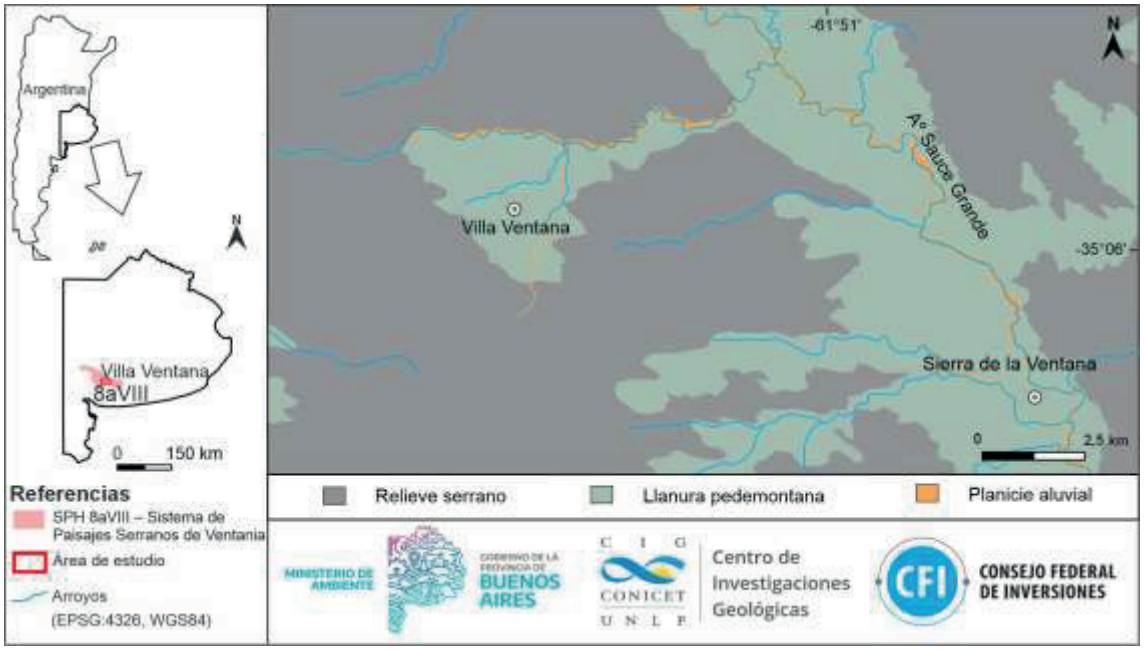


Figura 8.10: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Villa Ventana.

Las geoformas más características en la zona de relieve serrano son formas de origen coluvial y aluvial como los conos de derrubios, taludes y abanicos aluviales de pequeña dimensión en zonas de menor pendiente. También pueden reconocerse formas erosivas menores vinculadas a meteorización.

En cuanto al drenaje, este presenta un fuerte control estructural en la zona de relieve serrano. Los cursos se desarrollan en las zonas de cabeceras sobre sustrato rocoso y presentan numerosos resaltos controlados litológica y estructuralmente. Una vez que los cursos dejan la zona serrana, estos ingresan al área de llanura pedemontana (o piedemonte) donde dominan procesos de acción aluvial y el desarrollo de abanicos en conjunto con depositación de niveles de loess. En esta llanura pedemontana se diferencian dos niveles de piedemonte, reconociéndose en ella también la presencia de importantes niveles de tosca subsuperficial (calcretes) que alcanzan gran espesor y extensión.

En las áreas relevadas, en las inmediaciones de las localidades de Villa Ventana y Pigüé, pueden reconocerse gran parte de las formas representativas del Sistema de Paisajes Serranos (Fig. 8.10 y 8.12). Las zonas de mayor elevación están representadas por afloramientos rocosos fuertemente disectados por una red de drenaje con un diseño controlado por la estructuración y la inclinación de las capas de las sierras. Una vez que ingresan a la llanura pedemontana, los cursos se encajonan sobre depósitos aluviales y loessicos. Se reconocen formas menores circunscriptas a las angostas planicies aluviales como barras e islas que no fue posible mapear debido a la escala utilizada en este trabajo.

En el área de Pigüé, además de las formas anteriormente mencionadas se reconoce un valle alargado (indicado como llanura pedemontana en la Fig. 8.12) que se dispone separando el relieve serrano. Este valle interserrano tiene un ancho de una magnitud de un poco más de 1 km y una topografía relativamente llana comparado con los sistemas serranos que lo rodean.

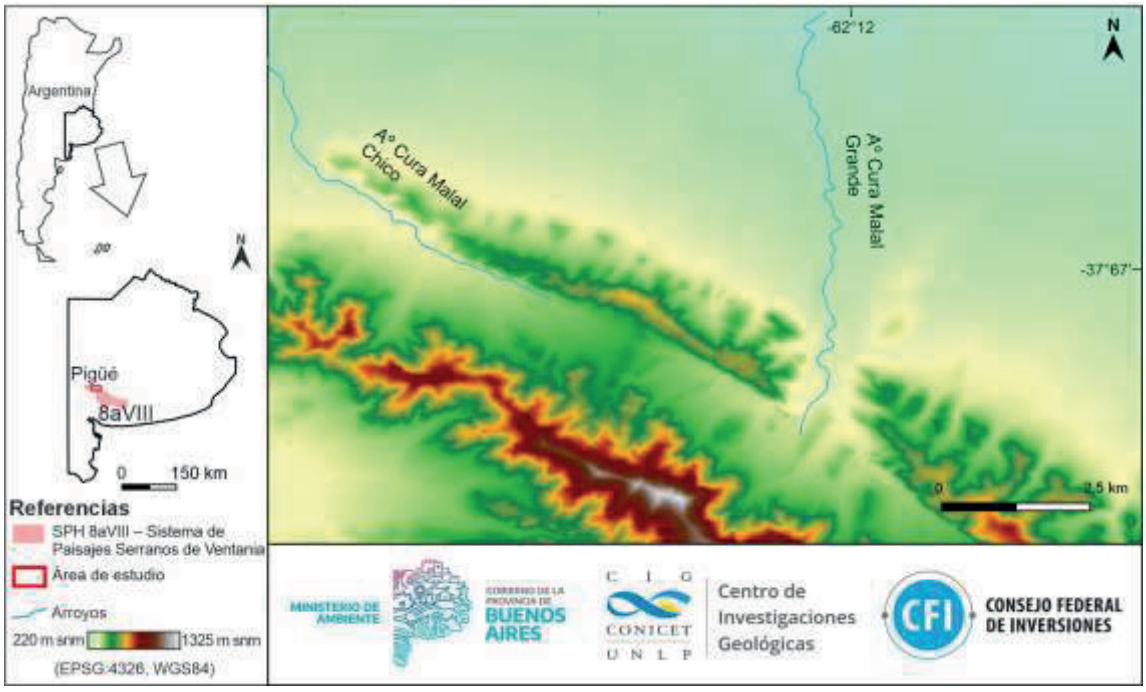


Figura 8.11: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Pigüé.

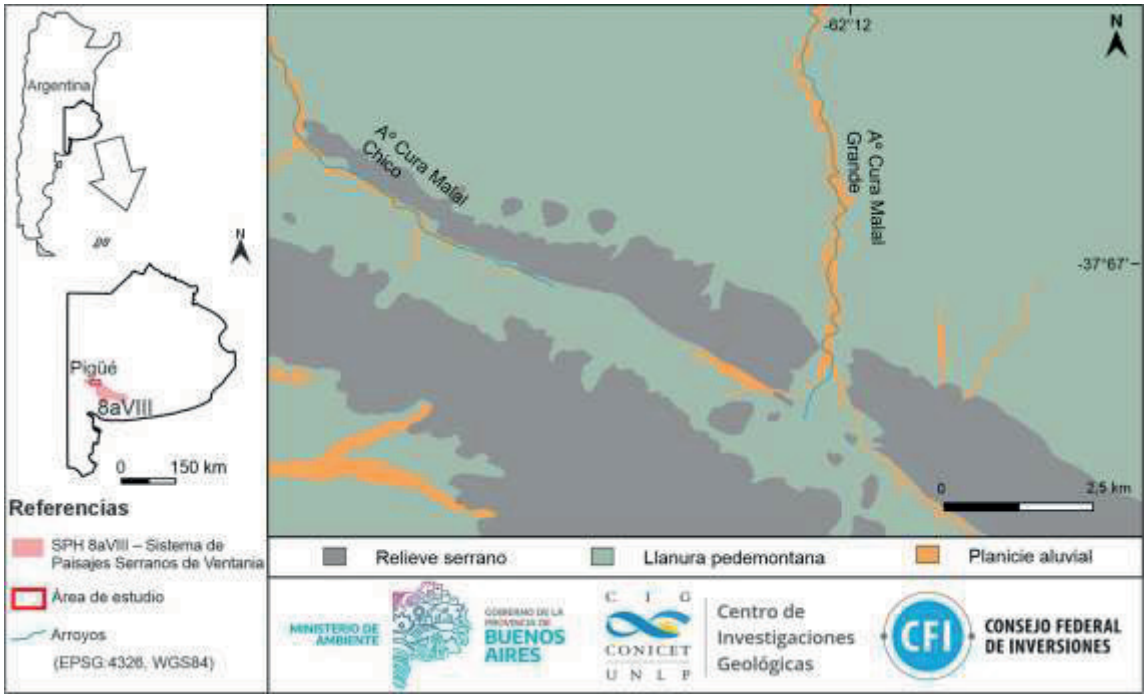


Figura 8.12: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Pigüé.

Suelos

El desarrollo de suelos en este SPH y en particular para las áreas relevadas adyacentes a las localidades de Villa Ventana y Pigüé (Fig. 8.13 y 8.14) está fuertemente controlado por la presencia de roca. Los suelos en este SPH se desarrollan sobre depósitos eólicos, mezclados o no con detritos, y sobre materiales de origen aluvial. Los tipos más representativos de suelos son Argiustoles típicos para el área de Villa Ventana y Hapludoles cumúlicos, Paleudoles petrocálcicos y Argiudoles típicos para el área de Pigüé. Los Hapludoles cumúlicos, Haplustoles líticos y Hapludoles líticos se encuentran principalmente en el faldeo de las sierras. En la llanura pedemontana predominan los Argiudoles típicos, Paleudoles petrocálcicos y Argiustoles típicos. La principal diferencia entre los primeros y los segundos se vincula a la pendiente en la que se desarrollan, la cual influye en el drenaje. Desde el punto de vista textural son suelos franco arenosos, con buen desarrollo en los casos que no están limitados por un horizonte de tosca subsuperficial.

La aptitud de los suelos desarrollados sobre los faldeos de las sierras y la llanura pedemontana es agrícola teniendo como principales limitantes la presencia de horizontes petrocálcicos y el drenaje algo excesivo dado por la textura de los sedimentos que los conforman. Dentro de las cuencas descriptas en general el uso del suelo es de tipo agrícola, ganadero, de reserva y/o turístico.

En cuanto a la comunidad vegetal dominante en este SPH, la misma está representada por el pastizal (con diferentes especies de los géneros *Stipa, Piptochaetium, Festuca y Briza*), en algunos lugares con arbustos y pequeños árboles dispersos. Sin embargo, también pueden encontrarse comunidades arbustivas (principalmente de *Eupatorium buniifoiium* y *Discaria longispina*) sobre suelos con poco desarrollo o sobre roca, y solamente escasos manchones pequeños de la xerófila *Geoffroea decorticans*, en suelos arenoso-fino (Frangi y Bottino, 1995), o con especies más afines al agua como la margarita de bañado (*Senecio bonaerensis*).

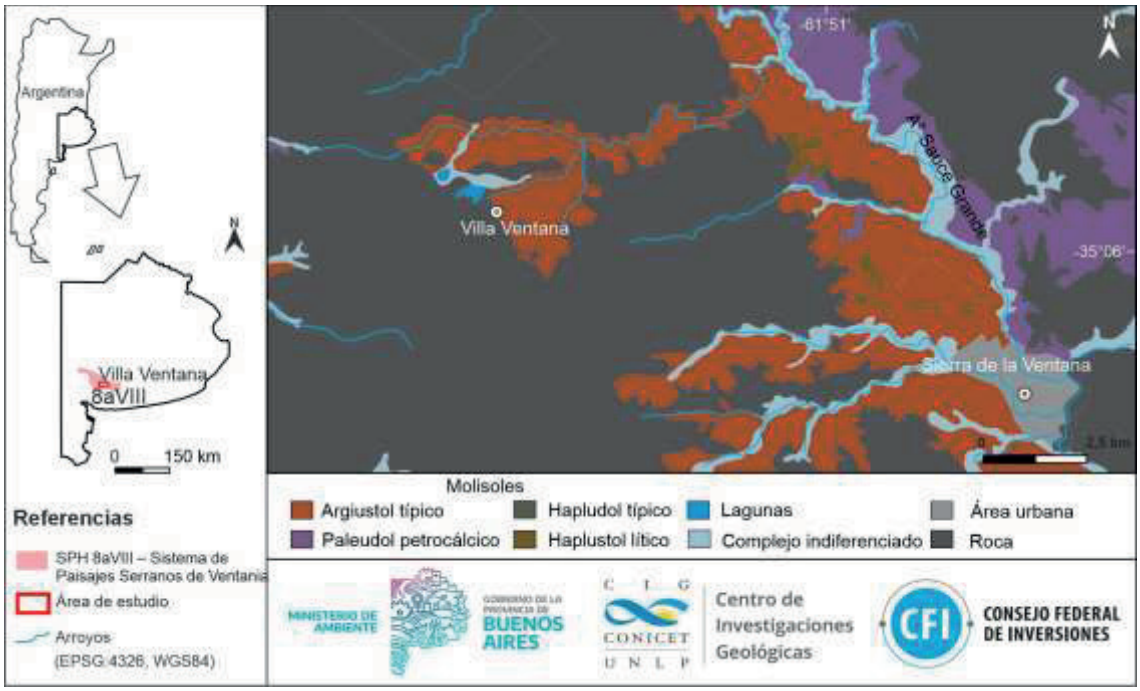


Figura 8.13: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Villa Ventana.

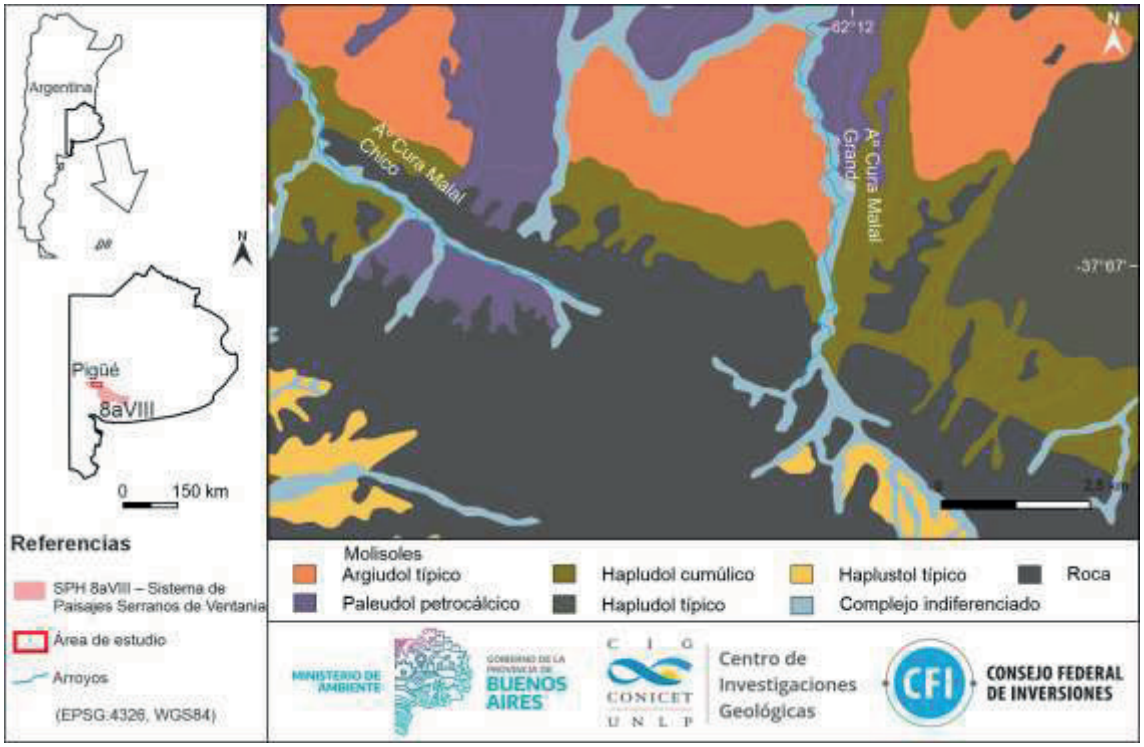


Figura 8.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Pigüé.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En este SPH se relevaron humedales fluviales asociados a las cabeceras de las cuencas de los arroyos Sauce Grande en el área de Villa Ventana y Cura Malal Grande y Cura Malal Chico en el área de Pigüé (Fig. 8.15). En el área de Villa Ventana desde el punto de vista hidrogeomorfológico los cursos tienen sus nacientes en la Sierra de la Ventana y la Sierra de Tunas a través de numerosos manantiales que pueden darse sobre roca fracturada o sobre regolito o suelo (talud, abanicos aluviales o conos de derrubios). Estos manantiales se encuentran activos principalmente durante los meses que predominan los excedentes hídricos o luego de que se produzcan fuertes precipitaciones. Son el resultado del afloramiento del agua subterránea alojada en acuíferos fisurados desarrollados sobre la zona serrana o bien en acuíferos porosos desarrollados en las formas coluviales y aluviales.

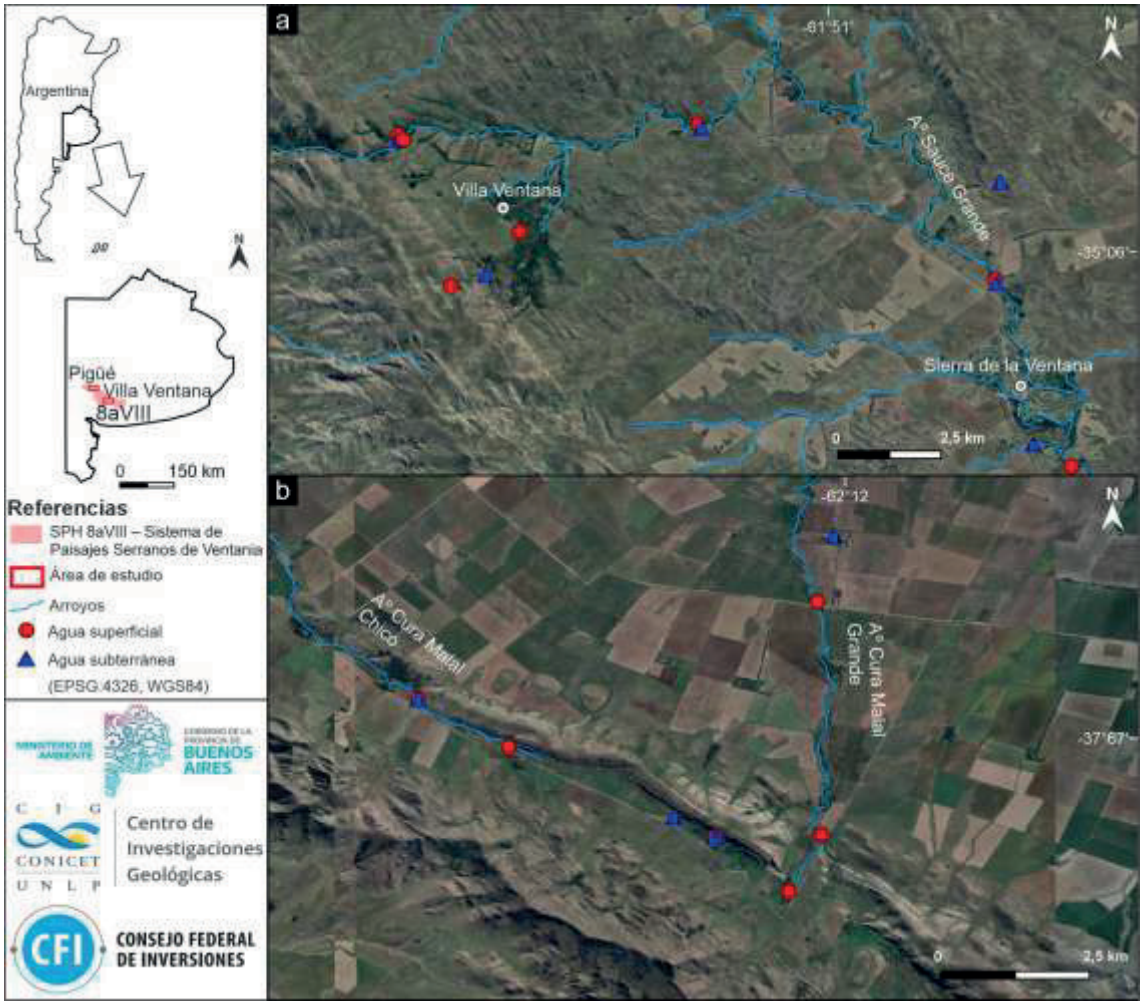


Figura 8.15: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias a las localidades de (a) Villa Ventana y (b) Pigüé.

Estos manantiales, desde el punto de vista hidroquímico poseen aguas bicarbonatadas cálcicas-magnésicas (Fig. 8.16) con bajas conductividades eléctricas (0,09 mS/cm) y pH levemente ácido (6,52). El agua es luego encausada en la zona serrana a través de un sistema de numerosos cursos tributarios menores que drenan hacia los arroyos principales de las cuencas. Cuando estos cursos ingresan sobre la llanura pedemontana comienzan a encajonarse, desarrollando planicies aluviales estrechas. El agua de estos arroyos es de tipo bicarbonatada cálcica a magnésica y en menor medida bicarbonatada sódica (Fig. 8.16) en general con salinidades muy bajas y pH alcalino, con promedios de 0,23 mS/cm y 8,13, respectivamente. En estos casos el agua subterránea se encontró a

profundidades variables entre 0,10 y 0,40 m y se reconoció la presencia de zonas de descarga del agua subterránea sobre las barrancas y planicies aluviales. Desde el punto de vista de la química del agua subterránea, la misma presenta características muy similares al agua superficial, con valores de salinidad levemente más altos y pH levemente más bajo. Los valores promedio de CE fueron de 0,552 mS/cm mientras que el pH promedio fue de 7,65. Los sedimentos en general fueron gravosos a gravo arenosos, disminuyendo el tamaño de la granulometría a medida que el curso se aleja de las áreas de aporte de materiales.

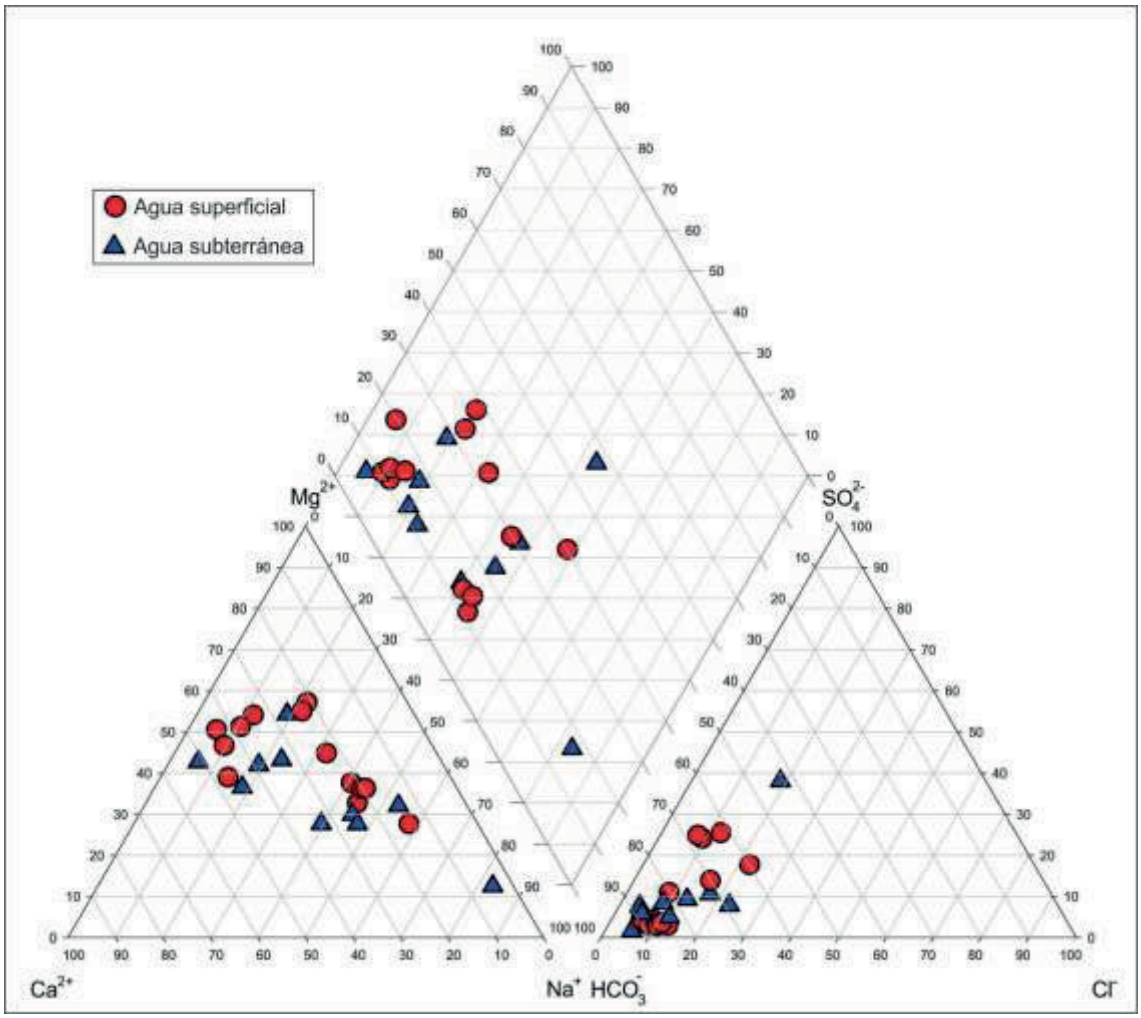


Figura 8.16: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en las áreas próximas a las localidades de Villa Ventana y Pigüé.

En el área serrana cercana a la localidad de Pigüé el comportamiento hidrogeomorfológico es similar al descripto para el área de Villa Ventana. En esta zona los cursos tienen sus nacientes en las Sierras de Cura Malal y Bravard. Los cursos descienden de la zona serrana, en algunos casos, hacia un valle interserrano localizado entre estas últimas. En los relevamientos efectuados en situaciones de excedentes hídricos el agua de los manantiales presentó aguas bicarbonatadas cálcicas magnésicas (Fig. 8.16) con una CE de 0,23 mS/cm y un pH de 7,58. El agua de los cursos superficiales presentó aguas bicarbonatadas cálcicas magnésicas a sódicas con valores promedio de CE de 0,15 mS/cm y pH de 7,42. En cuanto al agua subterránea presentó un quimismo similar, con un leve aumento del valor promedio de CE de 0,31 mS/cm y un pH similar de 7,42. El nivel freático se encontró en estas zonas entre 0,30 y 0,45 m de profundidad en suelos con un horizonte orgánico superficial y sedimentos limo arcillosos.

En los relevamientos efectuados en periodos de déficit hídrico se observó que las nacientes de los arroyos Cura Malal Chico y Cura Malal Grande se encontraron sin agua en superficie o bien con caudales significativamente más bajos a los observados durante los relevamientos realizados en periodos de excedentes hídricos. Aguas abajo, se registró que en los mismos cursos el cauce se encontraba seco o que el agua en superficie se acumulaba formando bolsones de agua aislados. Esto podría deberse a un comportamiento perdedor de los arroyos a medida que ingresan en la llanura pedemontana. La conductividad eléctrica del agua medida en las nacientes fue de 0,44 mS/cm y el pH de 7,6. La conductividad eléctrica del agua medida en el arroyo aguas abajo fue de 0,32 mS/cm y el pH de 8,18. Estos valores muestran un aumento significativo

con respecto a los valores relevados en periodos de excedentes hídricos, lo que podría deberse a la mayor evapotranspiración que ocurre durante periodos de déficit hídrico.

En cuanto a los contenidos de nitratos y fosfatos, en general fueron bajos para todas las unidades hidrogeomorfológicas analizadas. En promedio arrojaron valores de 7,52 mg/L y 0,09 mg/L respectivamente. Los valores son ligeramente mayores en el agua subterránea que en el agua superficial de los arroyos. En el caso del agua subterránea el contenido de nitratos promedió 12,92 mg/L, mientras que en el agua superficial fue de 3 mg/L. Para el caso de los fosfatos, en el agua subterránea se encontraron valores de 0,120 mg/L mientras que para el agua superficial el valor promedio fue de 0,060 mg/L. En el caso de los manantiales los valores de nitratos y fosfatos fueron menores a 6 mg/L y 0,08 mg/l respectivamente, a excepción de una muestra ubicada en el pueblo de Villa Ventana que presentó valores de nitratos de 30,98 mg/L, posiblemente debido a la influencia antrópica. La CE y el pH de esta muestra también fueron levemente mayores que en otros manantiales, con valores de 0,62 mS/cm y 8,64 respectivamente.

Los siguientes esquemas conceptuales resumen el funcionamiento explicado previamente para el área estudiada, donde se desarrollan los humedales más comunes del sector (Fig. 8.17).

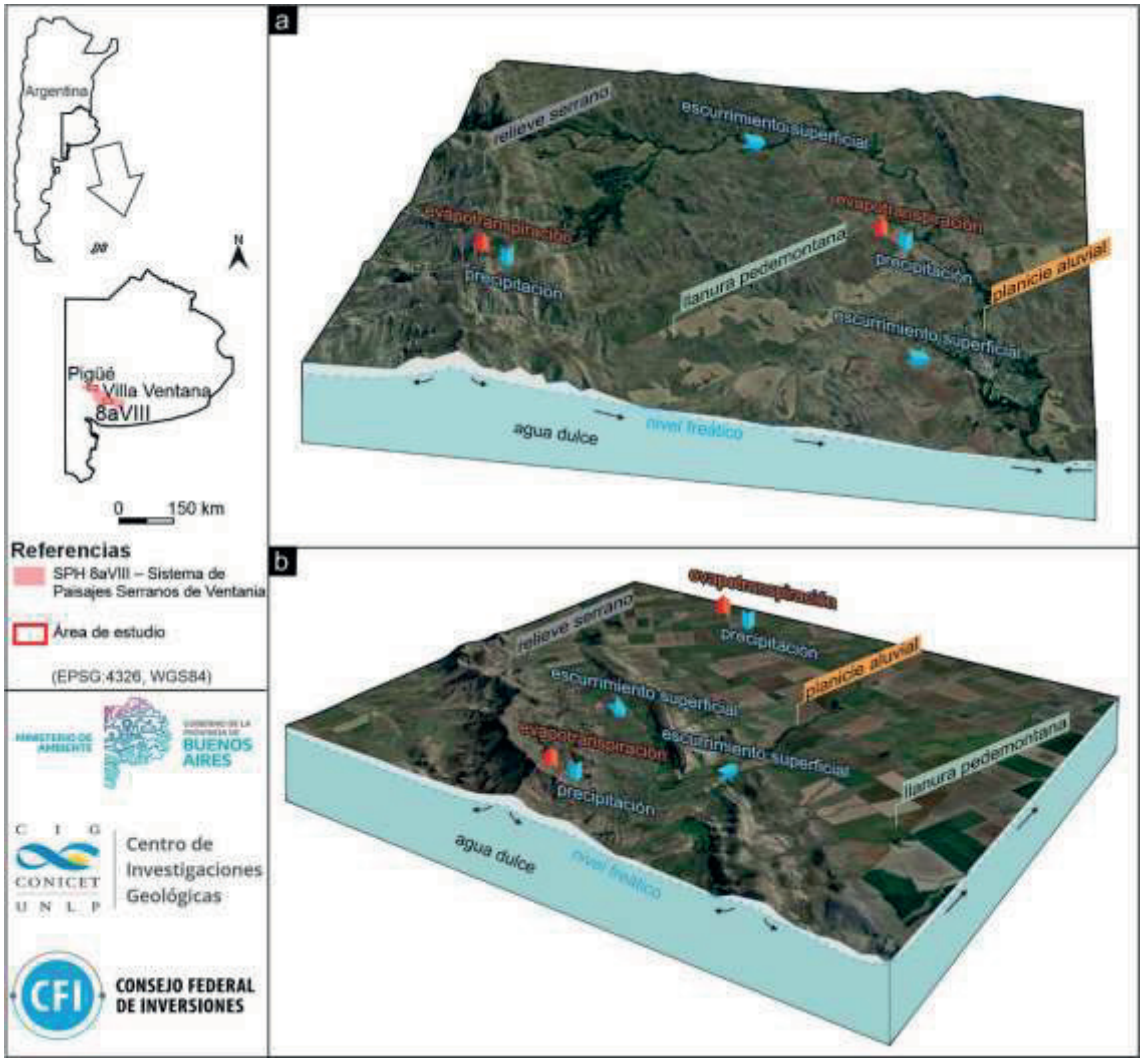


Figura 8.17: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes Serranos de Ventania (a) para el área de Villa Ventana y (b) para el área de Pigüé.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro del Sistema de Paisajes Serranos de Ventania pueden reconocerse diferentes ambientes hidrogeomorfológicos y tipos de humedales. El paisaje serrano constituye un ambiente hidrogeomorfológico donde los numerosos manantiales que se desarrollan directamente sobre roca, o bien sobre formas menores coluviales y aluviales constituyen, en sí mismos zonas de humedales (Fig. 8.18a y b). Si bien son restringidos arealmente, la descarga del agua subterránea en estas zonas posibilita el desarrollo de humedales sobre las laderas y zonas aledañas. Por otra parte, en las zonas de cabeceras se generan cursos

que son alimentados por los manantiales. Estos cursos se desarrollan sobre sustrato rocoso y los humedales se localizan principalmente en los tramos más horizontales, conocidos como "piletones", que se forman debido a controles estructurales y litológicos (Fig. 8.18c y d). En el área de Pigüé también pueden reconocerse humedales que se encuentran vinculados a la topografía relativamente plana del valle interserrano y a los cursos superficiales que principalmente reciben la descarga del agua subterránea desde la zona serrana (Fig. 8.18e y f).

La llanura pedemontana constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde los excedentes hídricos pueden fluir en manto en los sectores de mayores pendientes o infiltrarse en los sedimentos que la constituyen recargando al agua subterránea cuando se saturan las reservas de agua del suelo. En este ambiente los humedales se restringen principalmente a las planicies y a los depósitos aluviales encontrándose principalmente en las zonas aledañas a los cursos de agua (Fig. 8.18g y h).

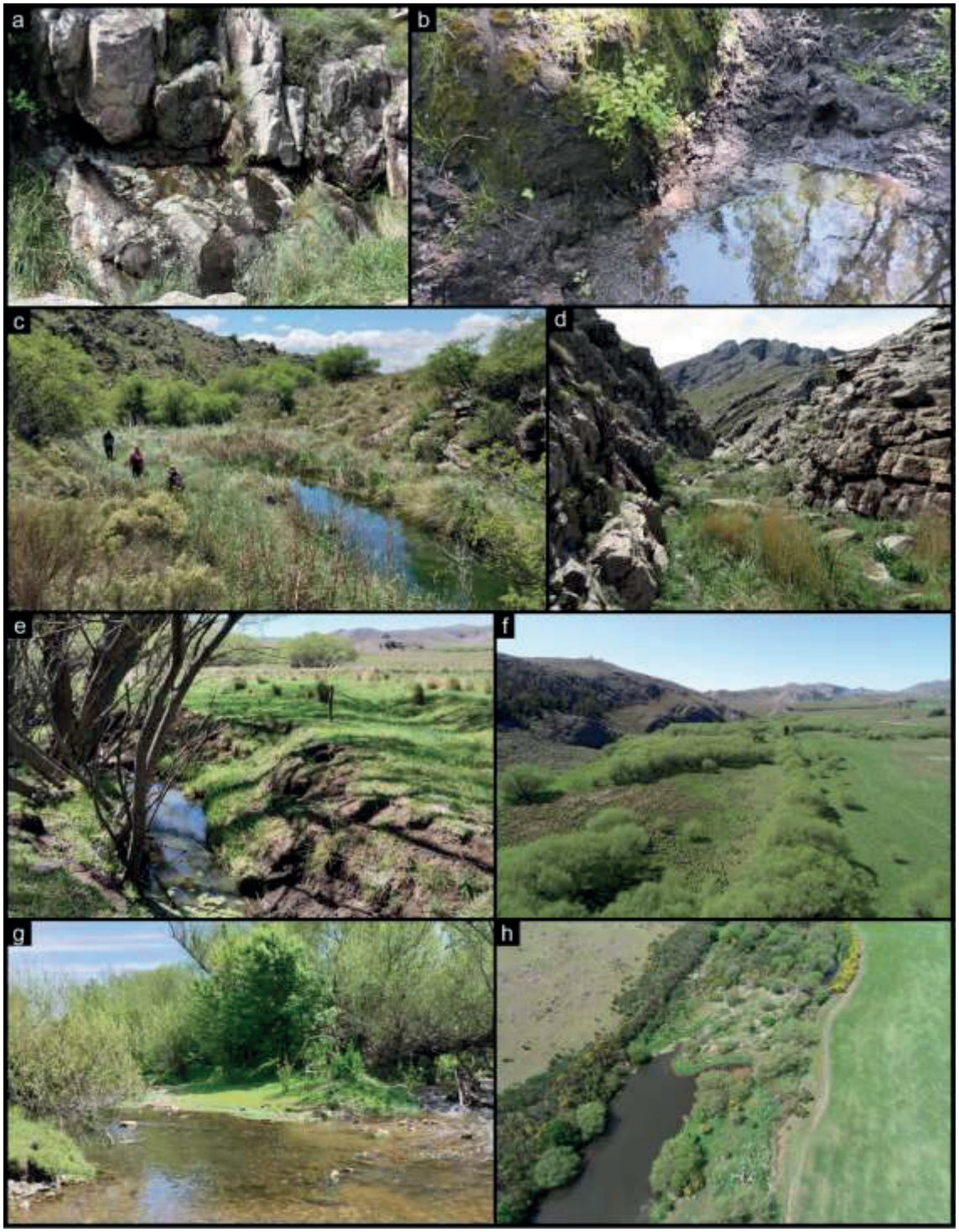


Figura 8.18: Fotografías mostrando (a) Manantiales desarrollados en roca. (b) Manantiales desarrollados en suelo. (c) y (d) Humedales localizados en tramos de los cursos de lecho rocoso en las zonas de nacientes de las cuencas. (e) y (f) Humedales desarrollados en el valle interserrano desarrollado entre las sierras de Bravard y Cura Malal, cercano a la localidad de Pigüé. (g) y (h) Planicie aluvial de los cursos serranos desarrollados sobre llanura pedemontana, humedales sobre formas menores (barras e islas).

G. SPH 8aIX – SISTEMA DE PAISAJES SERRANOS DE TANDILIA

9. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker

Ubicación

Las áreas estudiadas corresponden a ambientes fluviales próximos a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker ubicadas en el sector centro-este del Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Paisajes Serranos de Tandilia (Fig. 9.1). Dentro de dichos ambientes se relevaron las cuencas de los arroyos Napaleofú, Quequén Chico y El Puente considerándolos a estos como representativos de las características geomorfológicas dominantes en este SPH.



Figura 9.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker (esta última localidad ubicada al oeste de la imagen).

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de humedales próximos a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker se definieron a partir de

los datos registrados en la Estación Meteorológica de Tandil del SMN, ubicada a aproximadamente 50 km al noroeste de la localidad de Napaleofú.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 903,9 mm, registrándose máximos de 1402,1 mm en 2014 y mínimos de 524,3 mm en 2008 (Fig. 9.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren en enero con un valor de 109,2 mm, mientras que en invierno (junio – julio) la precipitación ronda los 43 mm (Fig. 9.3). El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real supera a la precipitación durante el verano, ocurriendo los excedentes hídricos entre abril y noviembre (Fig. 9.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

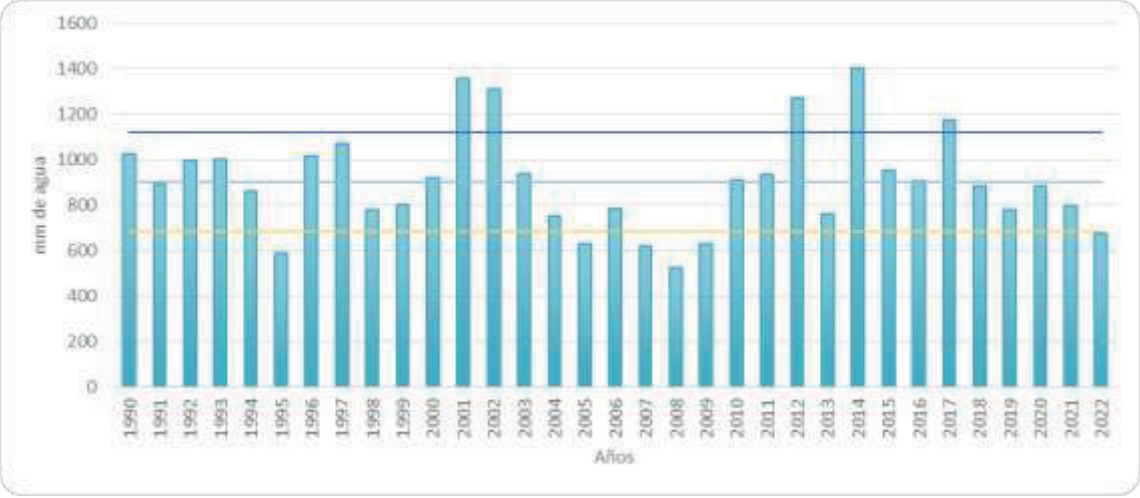


Figura 9.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

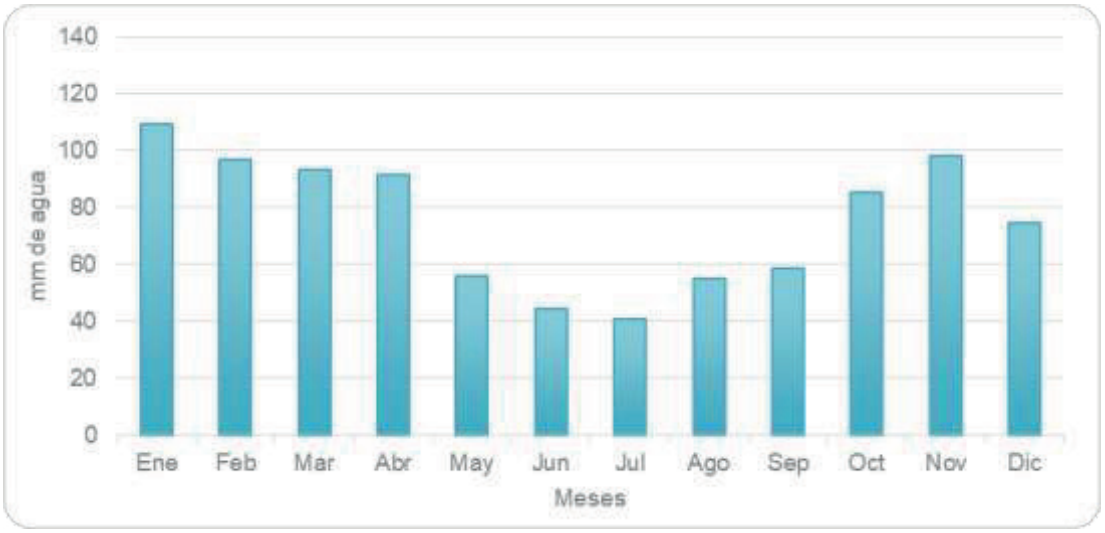


Figura 9.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

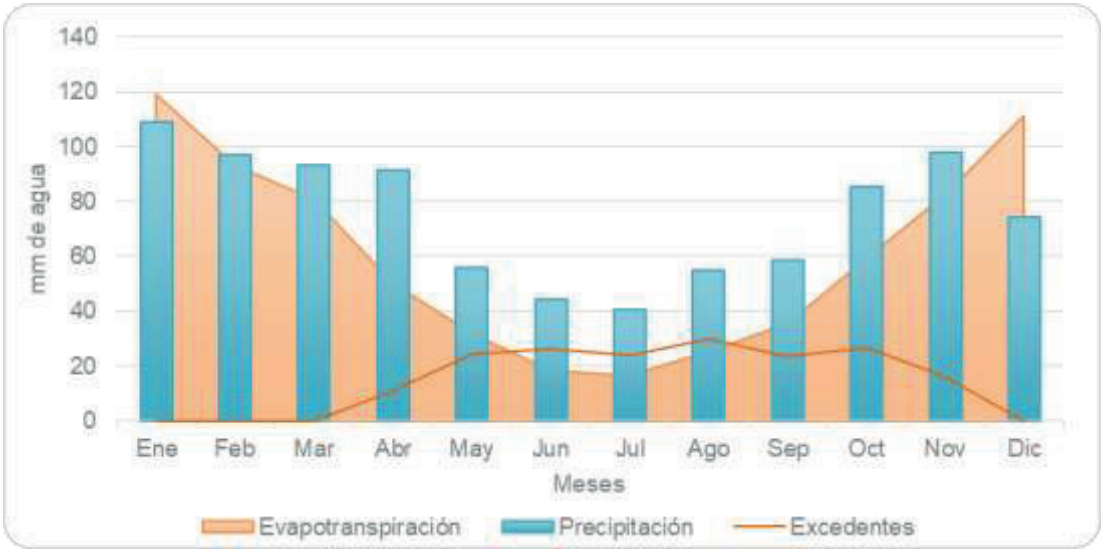


Figura 9.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

En los años secos y húmedos este comportamiento promedio varía, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 9.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos durante los meses de otoño e invierno principalmente, y primavera cuando las precipitaciones son mayores (Fig. 9.6).

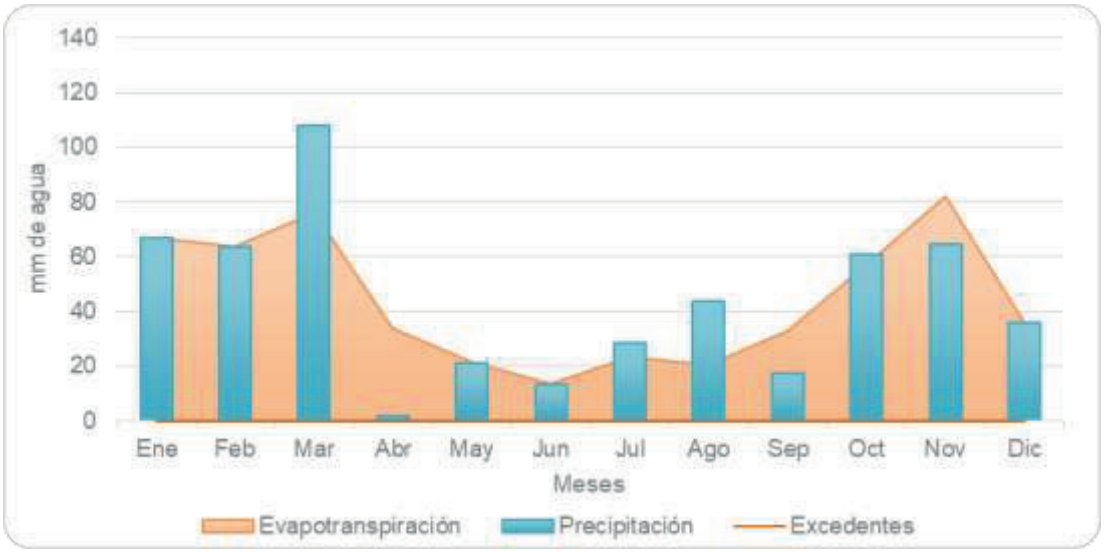


Figura 9.5: Balance hídrico mensual para el año 2008 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

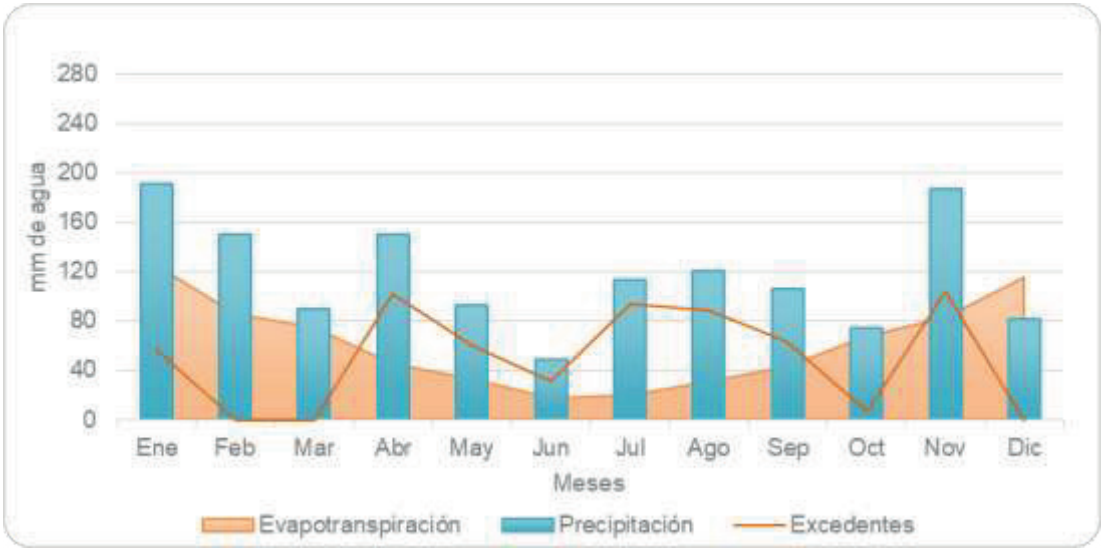


Figura 9.6: Balance hídrico mensual para el año 2014 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 9.7a y b respectivamente).

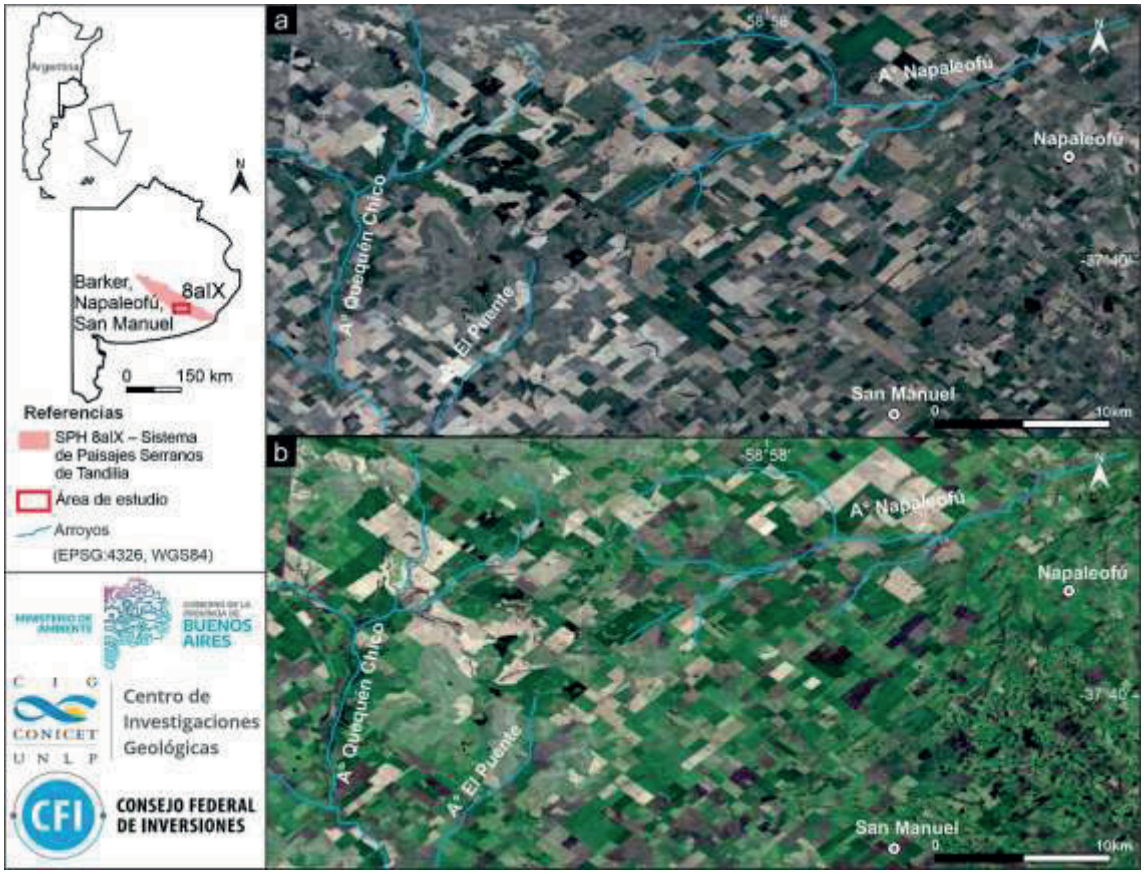


Figura 9.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker en (a) un periodo seco (17/01/2008), y (b) un periodo húmedo (16/10/2002).

Relieve y Geomorfología

En el área de estudio, la zona de relieve serrano es un área donde las cotas topográficas se encuentran cercanas a los 450 m snm, mientras que, en los sectores de planicie aluvial, terrazas fluviales y llanura pedemontana, estas no superan los 200 m snm, disminuyendo dichos valores hacia el este (Fig. 9.8).

En base al análisis geomorfológico en el sector se reconocen diferentes unidades, una de las cuales corresponde al sector de serranías y afloramientos rocosos, con la presencia de bloques elevados por fallas, asociado a superficies de planación (Fig. 9.9). Allí se encuentran las pendientes más altas y los valles de los cursos de agua se hallan bien definidos (Ruiz de Galarreta et al., 2007).

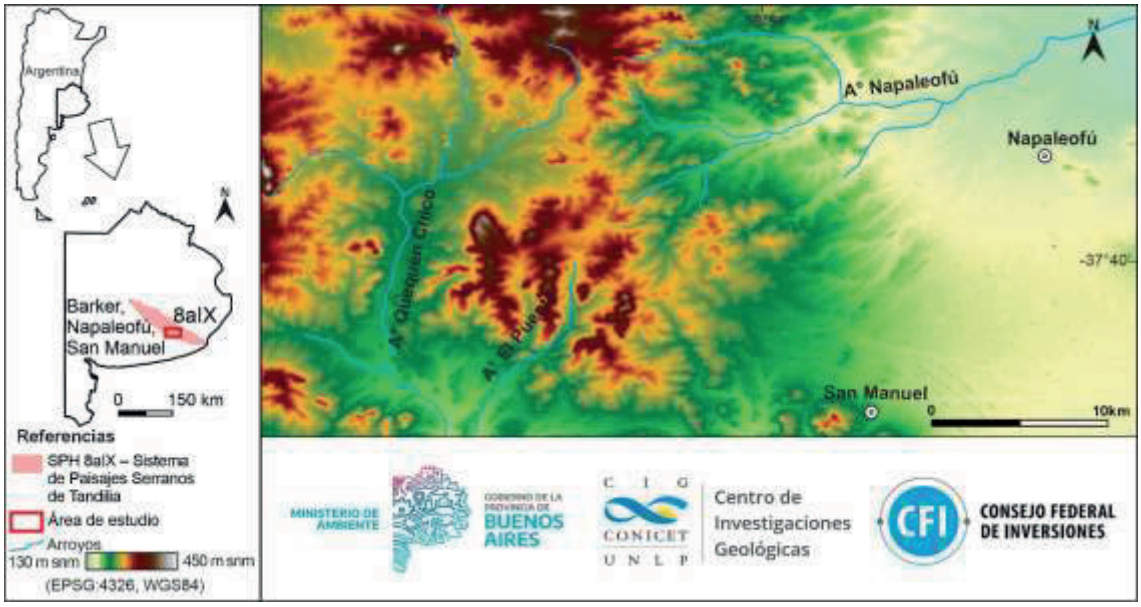


Figura 9.8: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Además, se reconoce una llanura pedemontana, que es un ambiente de transición entre la sierra y las zonas más bajas de la llanura que se encuentran hacia el este del área estudiada. Esta unidad geomorfológica tiene menores pendientes donde se presentan sedimentos loessicos que culminan en planicies aluviales (Pereyra y Tobío, 2018). Además, el ambiente de llanura pedemontana se caracteriza por presentar bajos inundables aislados hacia el este del área (Fig. 9.9).

Los arroyos poseen un drenaje principalmente dendrítico con un control estructural que deriva de las rocas subyacentes, evidenciado por los quiebres abruptos de los cursos. El desarrollo de la planicie aluvial en los cursos más importantes es cercano a 1 km y puede observarse en las zonas aledañas a los arroyos donde las pendientes son bajas.

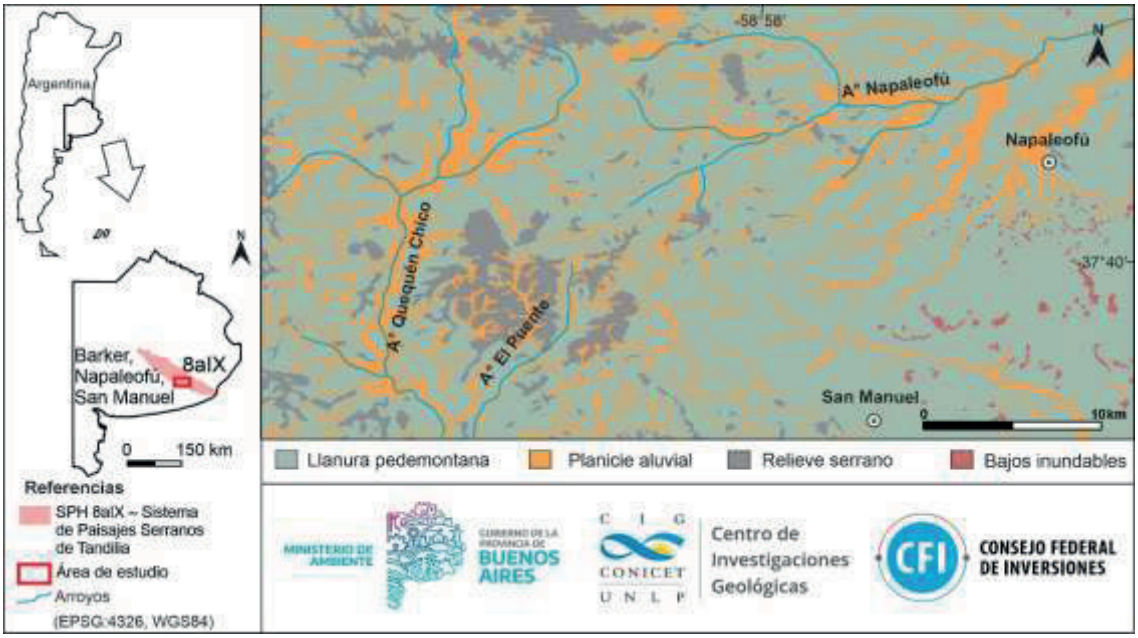


Figura 9.9: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Suelos

El orden de suelos que destaca dentro del área estudiada es Molisol (Fig. 9.10). Estos suelos se encuentran subdivididos y predominan aquellos de tipo Argiudol típico. Dichos suelos son bien drenados, desarrollados en sedimentos loessicos, franco finos, sobre una costra calcárea de extensión regional, no salino y no alcalino, principalmente localizados en la llanura pedemontana. Los de tipo Paleudol petrocálcico son encontrados principalmente en los sectores de menor topografía de la llanura pedemontana en el este del área estudiada, los cuales se desarrollan en sedimentos loessicos finos que se apoyan sobre una costra calcárea de extensión regional de "tosca". Los de tipo Hapludol lítico se encuentran asociados al relieve serrano con afloramientos rocosos, siendo los mismos bien drenados. Por último, los de tipo Argiudol vértico y Natracuol típico se asocian principalmente a la planicie aluvial de los arroyos, así como a un complejo indiferenciado, el cual es denominado así por su distribución anárquica. Además, los del

tipo Argialbol argiácuico se asocian a los bajos inundables, siendo suelos pobremente drenados formados sobre depósitos loessicos finos.

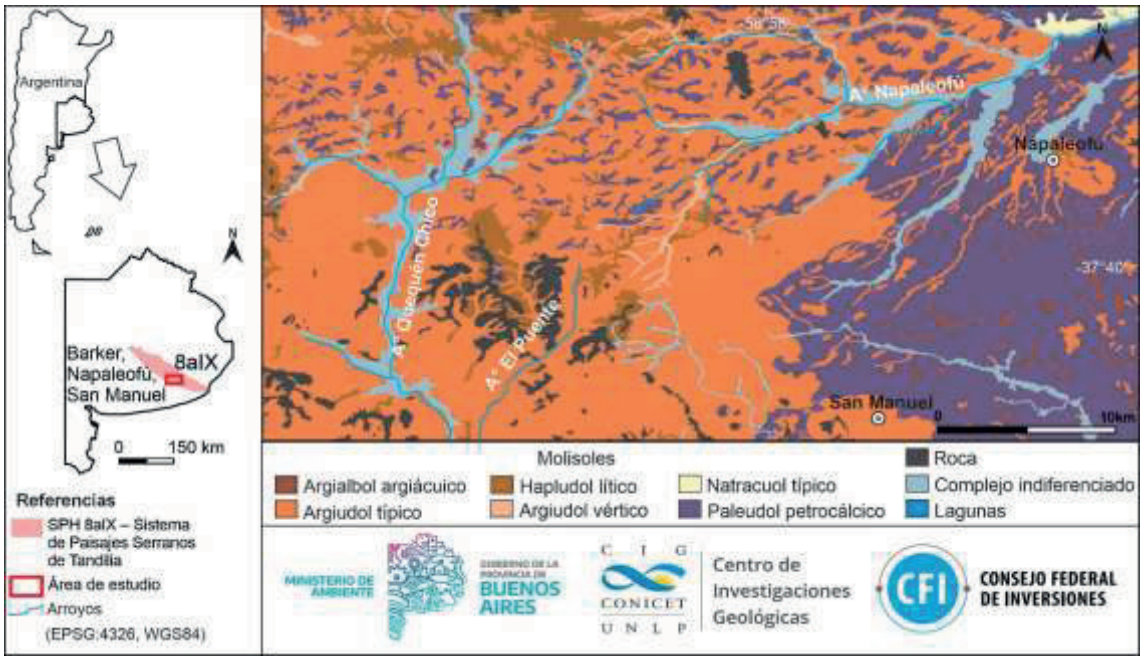


Figura 9.10: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Existen sectores con uso casi exclusivamente agrícola, sectores agrícola-ganaderos y sectores estrictamente ganaderos (Falasca y Bernabé, 2002). También se identificaron sectores dedicados a la forestación. De acuerdo a los diferentes cultivos es posible identificar una zona cerealera, una ganadera y una de producción de papa. En general, los sistemas productivos agrícola-ganaderos, producen trigo, girasol y papa. En este sector, la ganadería es fundamentalmente bovina, destinada a la producción de carne (cría, recría e invernada), y en menor proporción ovina (para la producción de carne y lana) (Tchilinguirian et al., 2004). Por último, también se registra actividad minera en la zona para la extracción de distintos tipos de roca, principalmente donde existen afloramientos o subafloramientos.

La vegetación predominante es la estepa o pseudoestepa de gramíneas en lugares de relieve plano y estepa arbustiva en sectores de sierra (Cabrera, 1994). Los géneros dominantes son *Stipa* y *Piptochaetium*. Los ambientes serranos presentan una vegetación arbustiva representada por los géneros *Baccharis*, *Discaria* y *Margiricarpus*, entre otros.

Los campos sin laboreo actual exhiben gran cantidad de especies que fueron introducidas, en algunos casos buscando hierbas con aptitud para la ganadería. De esta forma es común observar especies actualmente naturalizadas, de importante valor forrajero como rye grass, trébol o pasto de invierno. Dentro de las especies invasoras que no presentan valor como forraje se destacan los cardos y abrepuños.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

La hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea se definió a partir de antecedentes y de relevamientos efectuados en distintos sectores de la cuenca de los arroyos Napaleofú, Quequén Chico y El Puente (Fig. 9.11). La hidrología superficial del área comprende cursos fluviales que, en términos generales, presentan un régimen transitorio y efímero en el ámbito serrano, en la zona de cabeceras. La presencia de mayores gradientes genera un escurrimiento superficial rápido con el consecuente aporte al subsuelo de parte de sus aguas. El régimen de los arroyos se vuelve permanente aguas abajo y toman el carácter de efluentes debido a los aportes de agua subterránea. En tanto, el ambiente de llanura pedemontana se caracteriza por presentar bajos inundables aislados hacia el este del área estudiada que interrumpen la regularidad de su relieve y divisorias poco definidas (Ruiz de Galarreta, 2003, 2004).



Figura 9.11: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Dentro de la cuenca del arroyo Napaleofú, las profundidades de los niveles del agua subterránea en sectores próximos a las márgenes varían entre 0,40 y 0,65 m. Respecto a la salinidad del agua, en el arroyo registró valores de CE entre 0,58 y 0,83 mS/cm y en el agua subterránea entre 0,84 y 1,02 mS/cm. Por su parte, el pH varió entre 8,49 y 9,31 en el agua del arroyo y entre 7,61 y 8,06 en el agua subterránea. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, el agua del arroyo Napaleofú es de tipo bicarbonatada sódica a mixta o magnésica (Fig. 9.12). Los contenidos de nitratos varían entre 4,56 y 43,86 mg/L, y los de fosfatos varían entre 0,060 y 0,352 mg/L. Por su parte, el agua subterránea es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 9.12) y los contenidos de nitratos varían entre 4,71 y 15,07 mg/L y los de fosfatos entre 0,070 y 1,379 mg/L.

En la cuenca del arroyo Quequén Chico la profundidad de los niveles de agua subterránea en perforaciones realizadas próximas a las márgenes es cercana a 0,40 m. La conductividad eléctrica del agua del arroyo varió entre 0,52 y 0,76 mS/cm, y la del agua subterránea promedió 0,97 mS/cm. El pH registró valores entre 8,35 y 8,87 en el agua del

arroyo y en valor promedio de 7,22 en el agua subterránea. El agua del arroyo Quequén Chico es de tipo bicarbonatada sódica a mixta o magnésica (Fig. 9.12). Los contenidos de nitratos varían entre 20,98 y 34,00 mg/L, y los de fosfatos varían entre 0,074 y 0,278 mg/L. Por su parte, el agua subterránea es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 9.12) y los contenidos de nitratos están alrededor de 6,14 mg/L y los de fosfatos alrededor de 0,490 mg/L.

En la cuenca del arroyo El Puente los niveles de agua subterránea en las proximidades de las márgenes se encuentran cercanos a 0,60 m. La conductividad eléctrica del agua del arroyo varió entre 0,65 y 0,76 mS/cm y la del agua subterránea fue cercana a 0,75 mS/cm. El pH registró valores entre 8,30 y 8,87 en el agua del arroyo, mientras que en agua subterránea los valores fueron neutros a levemente alcalinos (cercanos a 7,33). El agua superficial del arroyo El Puente es de tipo bicarbonatada mixta a magnésica (Fig. 9.12). Los contenidos de nitratos varían entre 21,66 y 57,86 mg/L, y los de fosfatos varían entre 0,036 y 0,147 mg/L. Por su parte, el agua subterránea es de tipo bicarbonatada mixta a magnésica (Fig. 9.12) y los contenidos de nitratos varían entre 39,80 y 56,61 mg/L y los de fosfatos entre 0,094 y 0,131 mg/L.

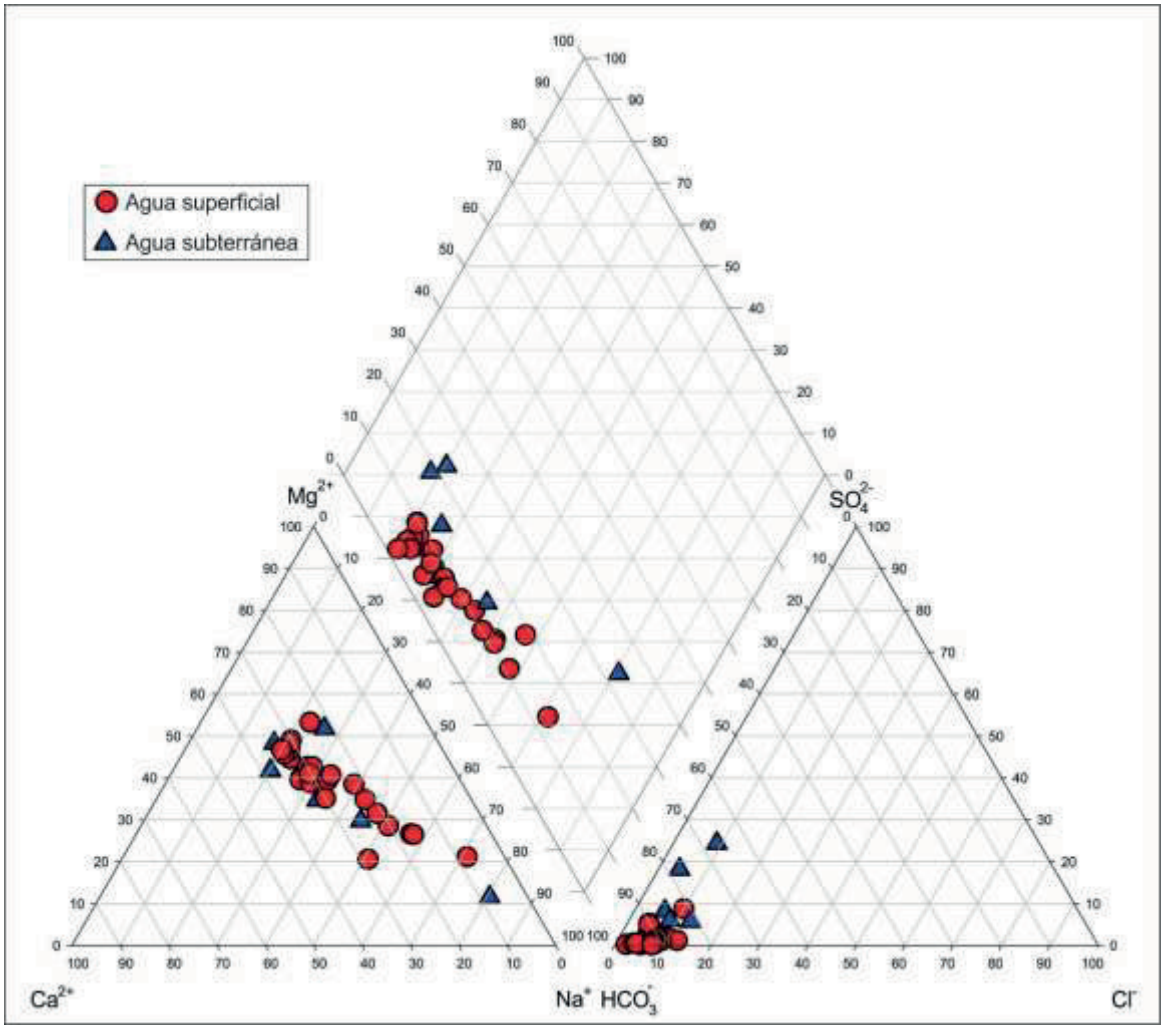


Figura 9.12: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea colectadas en el área próxima a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 9.13) resume el funcionamiento explicado previamente para el área estudiada, donde se desarrollan los humedales más conspicuos del sector.

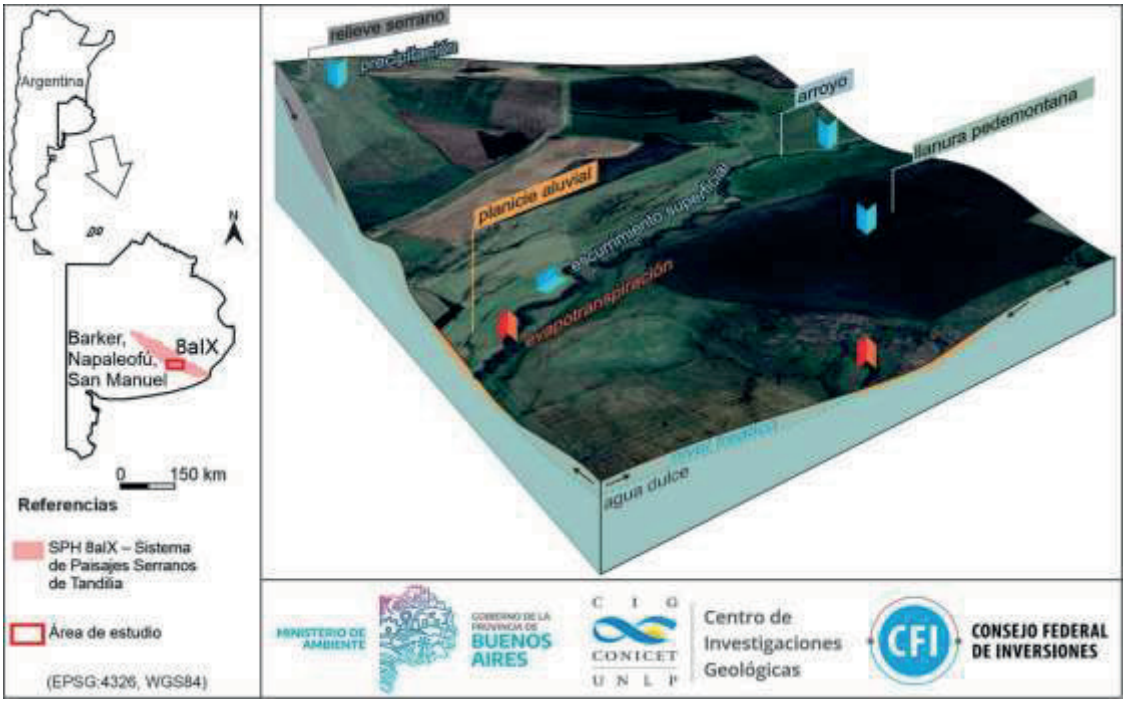


Figura 9.13: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes Serranos de Tandilia en áreas adyacentes a las localidades de San Manuel, Napaleofú y Barker.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro de las zonas relevadas en el Sistema de Paisajes Serranos de Tandilia asociado a las cuencas de los arroyos Napaleofú, Quequén Chico y El Puente se reconocen dos principales ambientes hidrogeomorfológicos, la llanura pedemontana y las planicies aluviales de los arroyos y sus tributarios.

Dentro de la llanura pedemontana, los excedentes de las precipitaciones pueden escurrir superficialmente hasta encausarse o pueden infiltrarse en los sedimentos cuando se saturan las reservas de agua en el suelo, recargando al agua subterránea. El flujo subterráneo ocurre desde las áreas topográficamente más elevadas hacia el frente de la llanura pedemontana y descarga localmente en los cursos fluviales, encontrándose el nivel freático en una posición somera en las planicies aluviales en donde se desarrollan humedales. En estos humedales es frecuente la presencia de vegetación de tipo

hidrofítica en los sectores próximos al cauce, mientras que hacia los bordes la vegetación es de tipo cortaderas, cicuta, cardo, totora, sauces (Fig. 9.14e). En relación a la extensión de los humedales, estos ocupan pequeñas superficies de planicies aluviales debido a que en gran parte de las cuencas estudiadas los cursos tienen márgenes con barrancas (Fig. 9.14a-d).

Hacia el este del área, en la llanura pedemontana con menores pendientes, se desarrollan pequeños bajos inundables en los cuales se acumula el agua de lluvia en forma de una lámina de agua superficial somera, dando lugar a la formación de pequeñas zonas de humedales.



Figura 9.14: Fotografías mostrando (a) y (b) Planicie aluvial y zonas de barrancas en las márgenes del arroyo El Puente. (c) Zonas de barrancas en las márgenes del arroyo Napaleofú. (d) Planicie aluvial y zonas de barrancas en las márgenes del arroyo Quequén Chico. (e) Vegetación en humedales en los alrededores del arroyo El Puente. (f) Nivel freático en zona de planicie aluvial del arroyo El Puente. (g) Nivel freático en zona de planicie aluvial del arroyo Napaleofú. (h) Molino y uso del suelo ganadero en los alrededores del arroyo El Puente.

H. SPH 8bI – SISTEMA DE PAISAJES DE LAGUNAS Y BAÑADOS DE LA NACIENTE DEL SALADO

10. Unidades de humedales asociadas a ambientes de lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado

Ubicación

Las zonas estudiadas dentro del Sistema de Paisajes de Lagunas y Bañados de la Naciente del Salado, ubicado en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, corresponden a ambientes de lagunas y bañados localizados en las adyacencias de las localidades de General Pinto y El Dorado (Fig. 10.1). Estas zonas fueron seleccionadas debido a que en ellas se encuentran bien representados los ambientes que caracterizan a dicho SPH.

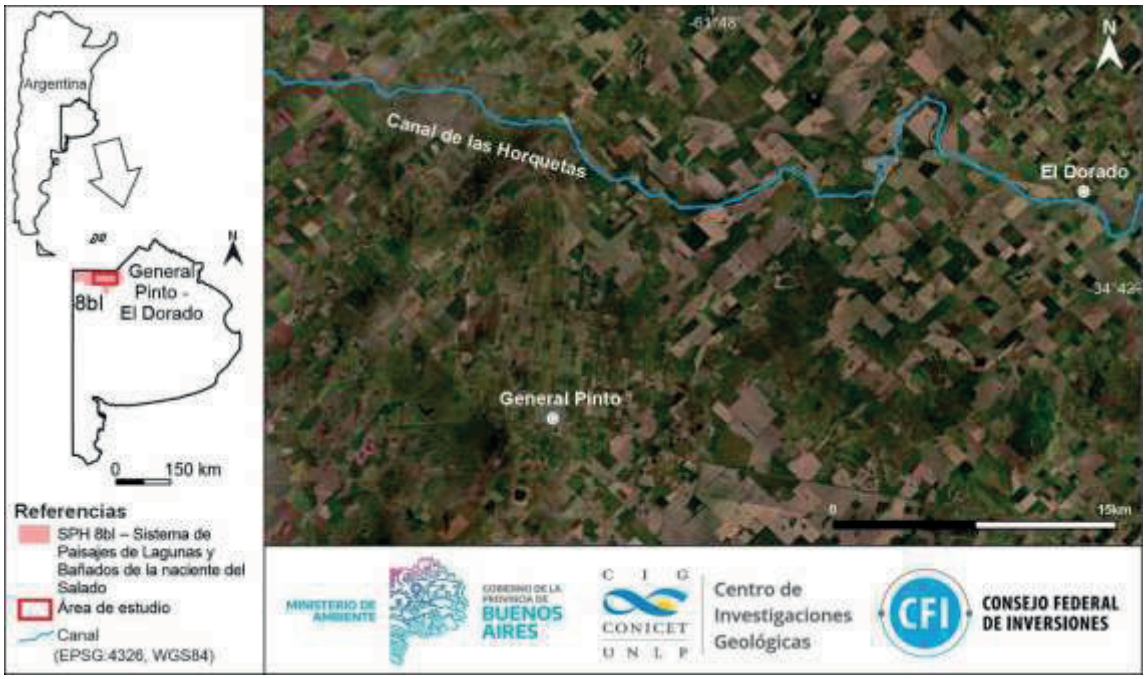


Figura 10.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de General Pinto y El Dorado.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes lagunares y de bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado se definieron a partir de los datos

registrados en la estación meteorológica de Junín Aero, localizada a 58 km al noreste de El Dorado.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990–2022 es de 1095 mm, registrándose máximos de 1787 mm en 2001 y mínimos de 636 mm en 2021 (Fig. 10.2).

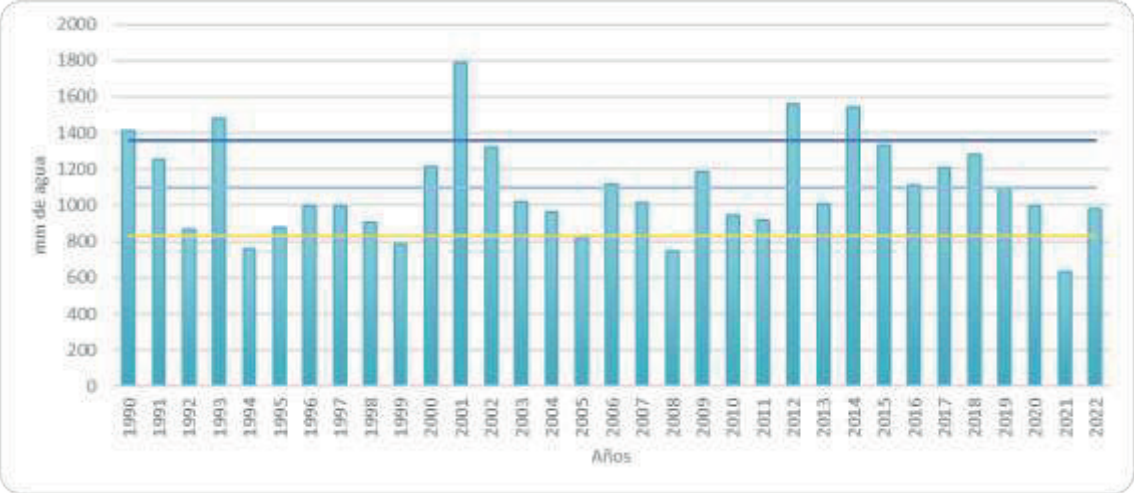


Figura 10.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre octubre y marzo con valores mayores a 110 mm, mientras que los meses menos lluviosos ocurren entre mayo y septiembre (Fig. 10.3). El balance hídrico mensual para el periodo 1990–2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación durante diciembre y enero, ocurriendo los excedentes hídricos entre marzo y octubre (Fig. 10.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

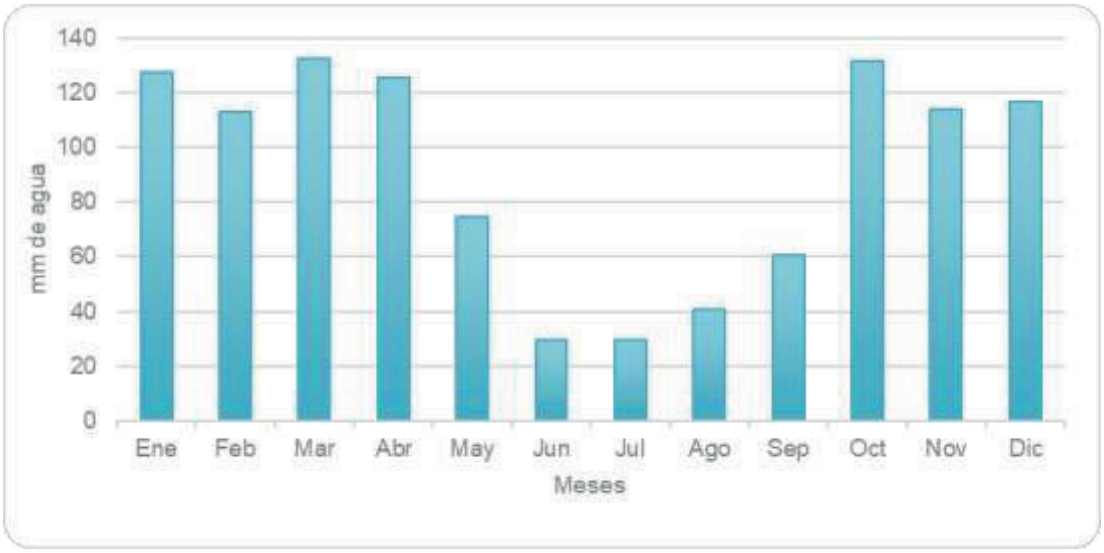


Figura 10.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado.

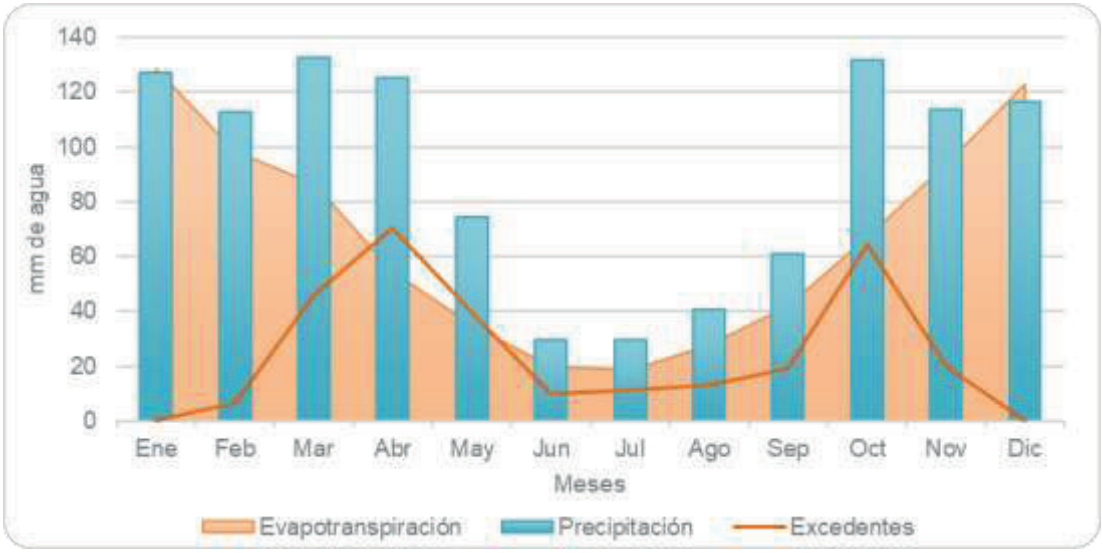


Figura 10.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son escasos a nulos (Fig. 10.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos en casi todos los meses del año (Fig. 10.6).

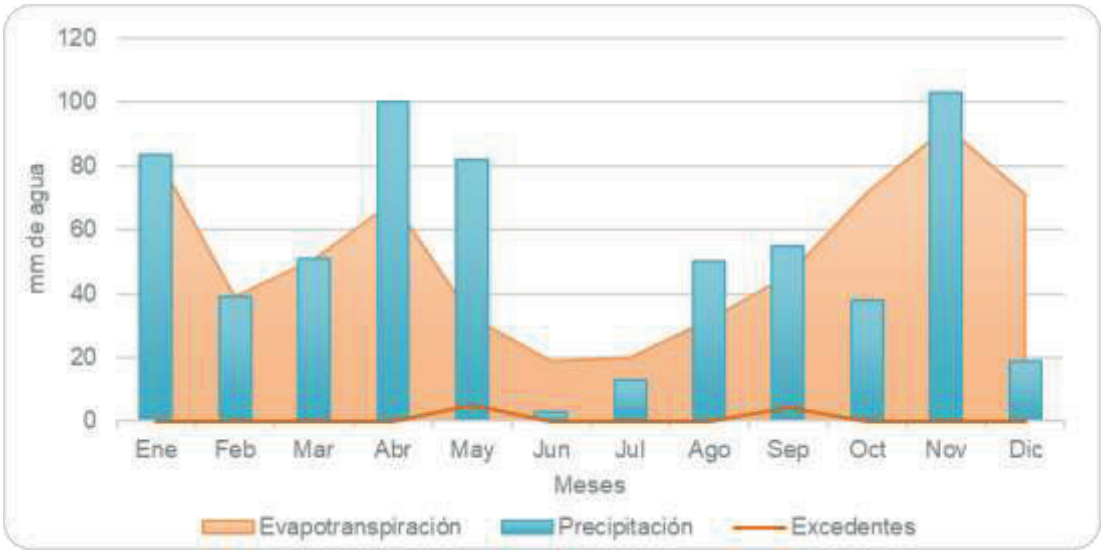


Figura 10.5: Balance hídrico mensual para el año 2021 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales asociados a lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado.

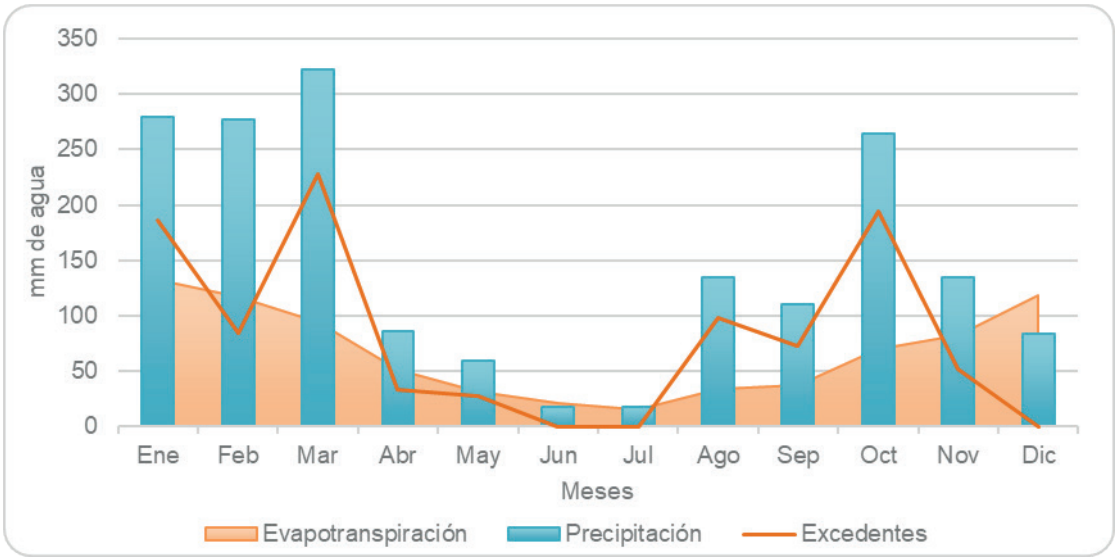


Figura 10.6: Balance hídrico mensual para el año 2001 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales asociados a lagunas y bañados próximos a las localidades de General Pinto y El Dorado.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos (Fig. 10.7a y b respectivamente). En los periodos secos, las áreas anegadas son escasas (Fig. 10.7a), mientras que en los periodos húmedos se acumula agua en superficie en las zonas deprimidas aisladas, así como en las áreas de bajos inundables conectada por el canal de Las Horquetas (Fig. 10.7b).

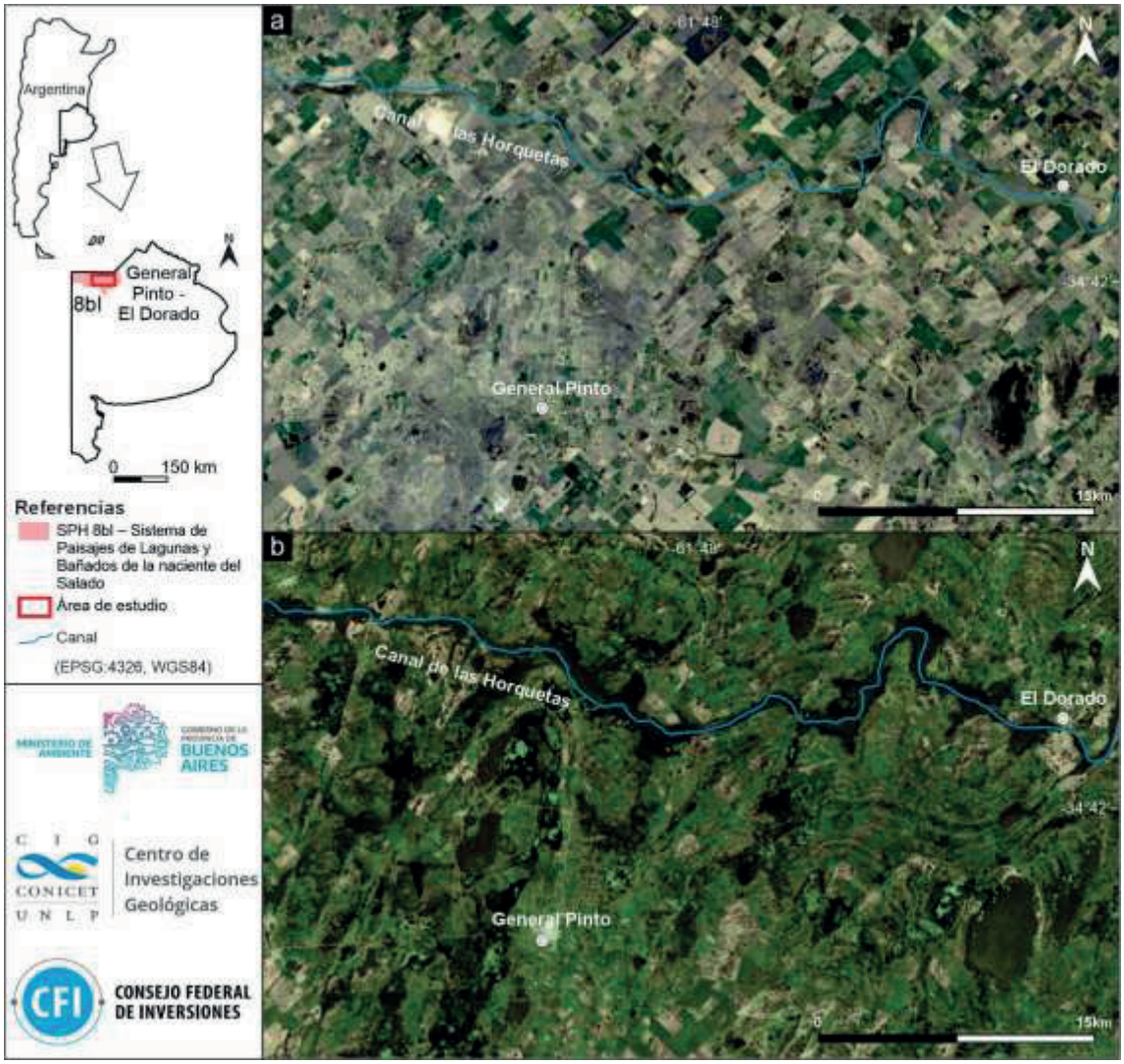


Figura 10.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a las localidades de General Pinto y El Dorado en (a) un periodo seco (14/08/2021) y (b) un periodo húmedo (03/11/2001).

Relieve y Geomorfología

El sector estudiado comprende una llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos, cuyas alturas topográficas disminuyen de oeste a este, de valores cercanos a 120 m snm hasta valores cercanos a 60 m snm (Fig. 10.8). Asimismo, se observan zonas deprimidas las cuales funcionan como bajos inundables y/o lagunas cuando la presencia de agua es permanente.

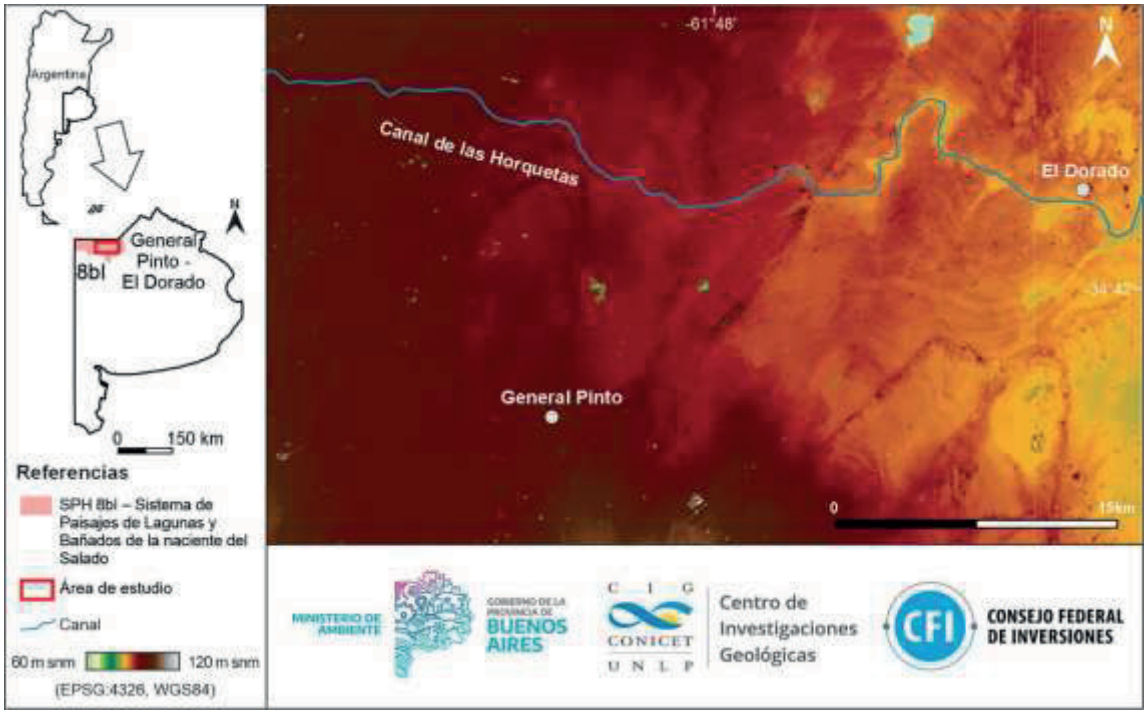


Figura 10.8: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a las localidades de General Pinto y El Dorado.

El noroeste de la provincia de Buenos Aires forma parte del Mar de Arena Pampeano (Sistema Eólico Pampeano), el cual ha atravesado una secuencia de periodos áridos y húmedos durante el Cuaternario (Iriondo y Khroling, 2007). Aquí la alternancia de períodos secos, con una actividad eólica dominante, y de periodos húmedos asociados a la acción fluvio - lacustre y a la formación del suelo, resultó en la configuración actual del paisaje (Fig. 10.9).

La llanura loessica está compuesta por sedimentos limo arenosos de coloraciones castañas, los cuales se encuentran cubiertos discontinuamente por mantos arenosos constituyendo un paisaje representado por lomas cortas e irregulares de pocos metros de relieve (Iriondo y Khroling, 2007). Dichos mantos están formados por arenas finas a muy finas, sueltas y de color marrón amarillento.

Las depresiones topográficas pueden dividirse en base al funcionamiento hidrológico en bajos inundables o lagunas. Los bajos inundables son cuerpos de agua transitorios donde la lámina de agua en superficie es muy somera (algunos pocos centímetros). Los mismos pueden abarcar superficies considerables, de hasta cientos de kilómetros cuadrados (Fig. 10.8 y 10.9). En el caso de las lagunas, constituyen cuerpos de agua permanentes a semipermanentes de morfologías elípticas, circulares o irregulares con profundidades de hasta 2 m.

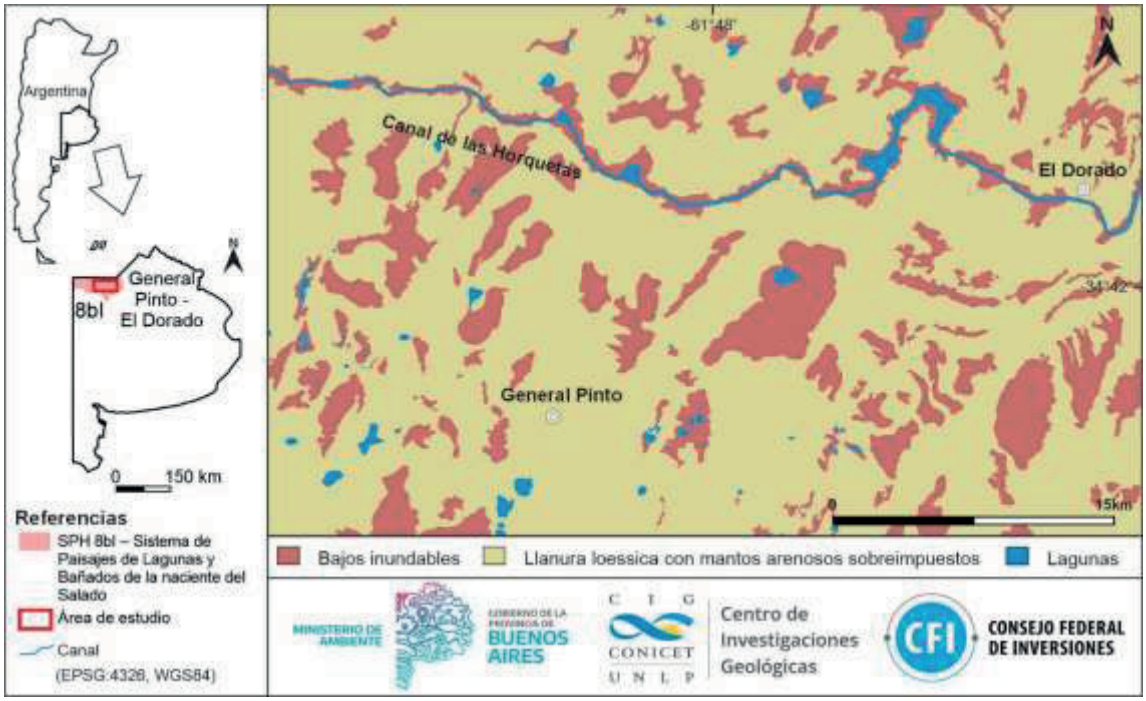


Figura 10.9: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a las localidades de General Pinto y El Dorado.

Cabe destacar la presencia del canal de Las Horquetas, el cual atraviesa el sector estudiado de oeste a este interconectando distintos cuerpos lagunares (y bajos inundables) desembocando en la laguna Mar Chiquita (provincia de Buenos Aires). Si bien es un canal artificial, su traza no es recta, sino que acompaña a la morfología del terreno (Fig. 10.9).

Suelos

Los suelos desarrollados en el área del sistema lagunar pertenecen al orden de los Molisoles (Fig. 10.10). Dentro de estos, predominan los suelos de tipo Hapludol típico, thapto nátrico, thapto árgico y éntico. Son suelos de desarrollo escaso a moderado a partir de sedimentos eólicos franco - arenosos, los cuales poseen una permeabilidad moderada y buen drenaje (INTA, 2011). Asimismo, a partir de los 0,30 m suelen presentar barnices húmicos y rasgos de hidromorfismo como colores gley, moteados abundantes. Particularmente, los Hapludol thapto nátrico suelen presentar condiciones de anegamiento al estar saturados en agua por el drenaje de las zonas circundantes y por el ascenso del nivel freático.

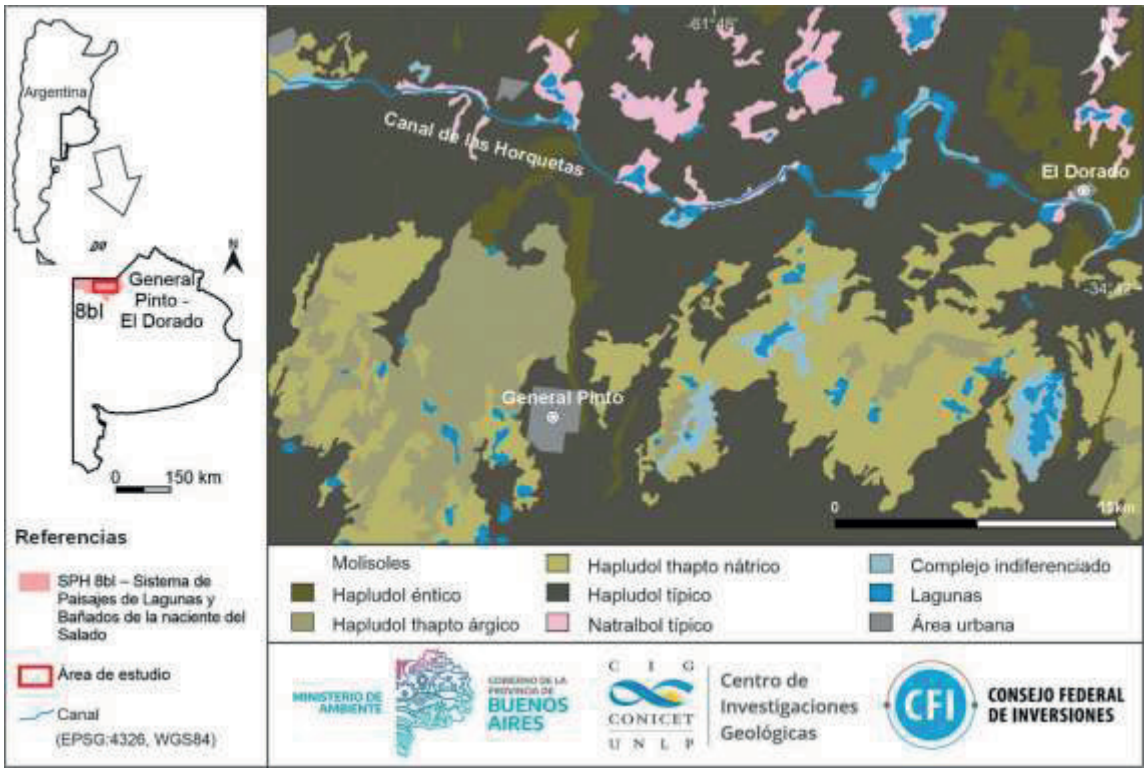


Figura 10.10: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a las localidades de General Pinto y El Dorado.

Estos tipos de suelos condicionan la vegetación que crece en ellos, pudiendo encontrarse *Trifolium sp.*, *Panicum deltae*, *Digitaria sanguinalis*, *Medicago sp.*, altamisa (*Artemisia*

vulgaris), abrojo (*Xanthium spinosum*), sorgo de alepo (*Sorghum halepense*), roseta y manzanilla silvestre. El uso del suelo en esta zona es principalmente ganadero, el cual se rota con actividad agrícola de cultivos de maíz, trigo, soja, girasol y maní.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En el sector estudiado, la hidrodinámica superficial es dominantemente de carácter endorreica donde el escurrimiento superficial no encauzado fluye hacia las depresiones en las que se alojan las lagunas y los bajos inundables. No obstante, en los periodos húmedos, los excedentes hídricos superan la capacidad de almacenamiento de los bajos y lagunas, y en consecuencia estos se desbordan y se concatenan formando líneas temporarias de escurrimiento superficial (Iriondo y Khroling, 2007).

En las adyacencias a las lagunas y bajos inundables, el agua subterránea es somera, registrándose niveles freáticos a una profundidad cercana a 1 m. Localmente, el agua freática descarga en los cuerpos lagunares y bajos inundables y siendo el flujo de agua subterránea regional hacia el río Salado con un gradiente hidráulico extremadamente bajo (Iriondo y Khroling, 2007).

Dentro del área de estudio se observan variaciones hidroquímicas entre los distintos ambientes relevados (Fig. 10.11). El agua superficial en las lagunas y bajos inundables presenta valores de CE entre 3,89 y 51,30 mS/cm y pH promedio de 9,89, mientras que en el canal de Las Horquetas la CE varía entre 24,90 y 28,0 mS/cm con valores altamente alcalinos de pH (promedio de 10,23). En relación al porcentaje de iones mayoritarios en las lagunas de menor CE el agua es bicarbonatada sódica, mientras que al aumentar

dicho parámetro tiende a ser clorurada sódica (Fig. 10.12). Los contenidos de nitratos varían entre 26,08 y 50,43 mg/L y los de fosfatos entre 0,455 y 7,105 mg/L.

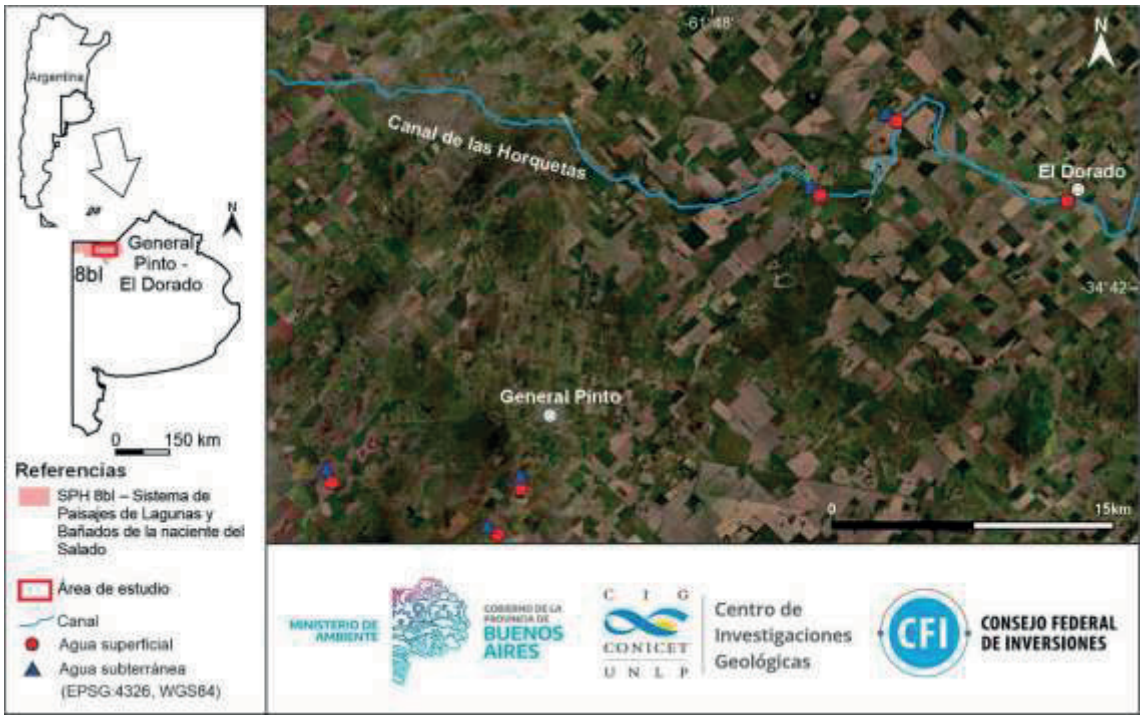


Figura 10.11: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de General Pinto y El Dorado.

En la llanura loessica con mantos arenosos, el agua subterránea somera (aproximadamente 1 m de profundidad) circundante a las lagunas y bajos tiene valores de CE entre 2,66 y 29,80 mS/cm y pH promedio de 8,05, y en los molinos que captan agua más profunda (6 m aproximadamente) la CE varía entre 2,70 y 10,48 mS/cm y el pH es levemente alcalino (8,85). En relación al porcentaje de iones mayoritarios el agua subterránea somera es principalmente clorurada sódica, no obstante, también hay de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 10.12), con tendencias similares a las registradas en el agua superficial de las lagunas. Los contenidos de nitratos varían entre 7,53 y 37,09 mg/L y los de fosfatos entre 0,429 y 4,457 mg/L.

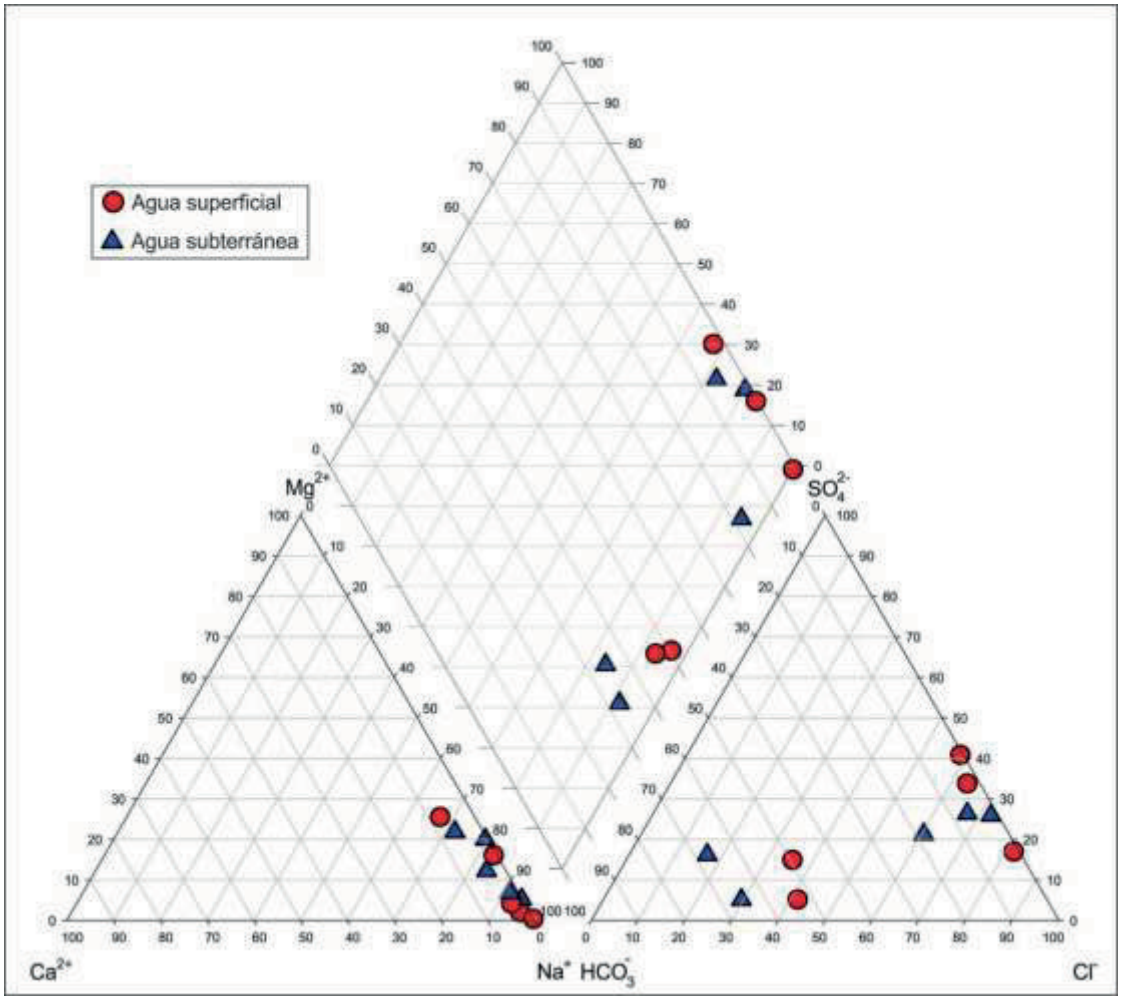


Figura 10.12: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a las localidades de General Pinto y El Dorado.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 10.13) resume el funcionamiento hidrológico explicado previamente para el área estudiada en sectores donde se desarrollan ambientes de humedales.

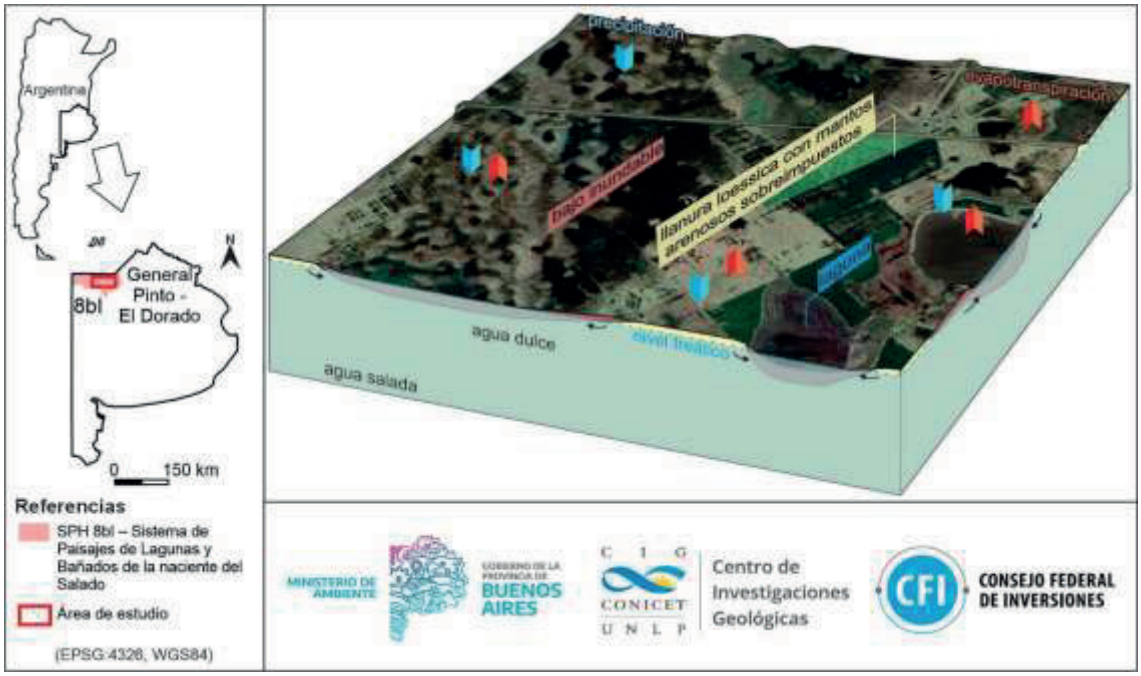


Figura 10.13: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes de Lagunas y Bañados de la naciente del Salado para el área de General Pinto y El Dorado.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

La llanura loessica con mantos arenosos sobreimpuestos constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde ocurre tanto el escurrimiento superficial no encauzado como la infiltración de las precipitaciones. La moderada permeabilidad de los sedimentos que la componen y la escasa pendiente determina que el agua de las lluvias escurra lentamente hacia las zonas deprimidas que alojan bajos inundables y lagunas, y también pueda infiltrar en los suelos, recargando al agua subterránea freática cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

Los bajos inundables (localmente conocidos como bañados) y lagunas comprenden a las principales áreas de humedales (Fig. 10.14). Estas zonas constituyen un ambiente hidrogeomorfológico caracterizado por ser una zona plana de menor topografía respecto de la llanura loessica adyacente, que recibe el agua procedente de las precipitaciones, del escurrimiento superficial y de la descarga de agua subterránea. Estos

aportes de agua adquieren mayor relevancia en el sustento de bajos inundables y lagunas en los periodos de excedentes hídricos, mientras que en los de déficit hídrico la mayor evapotranspiración y la profundización de los niveles freáticos ocasiona que muchos bajos inundables no presenten agua en superficie. No obstante, en estos humedales es persistente en el tiempo la presencia de agua subterránea somera (generalmente a menos de 1 m de profundidad), que satura completamente los sedimentos, característica que determina la presencia de rasgos hidromórficos en los suelos. Por su parte, el canal de Las Horquetas, conecta artificialmente distintos bajos inundables, generando entre ellos una conectividad hidráulica que permite el intercambio de flujo de agua superficial.

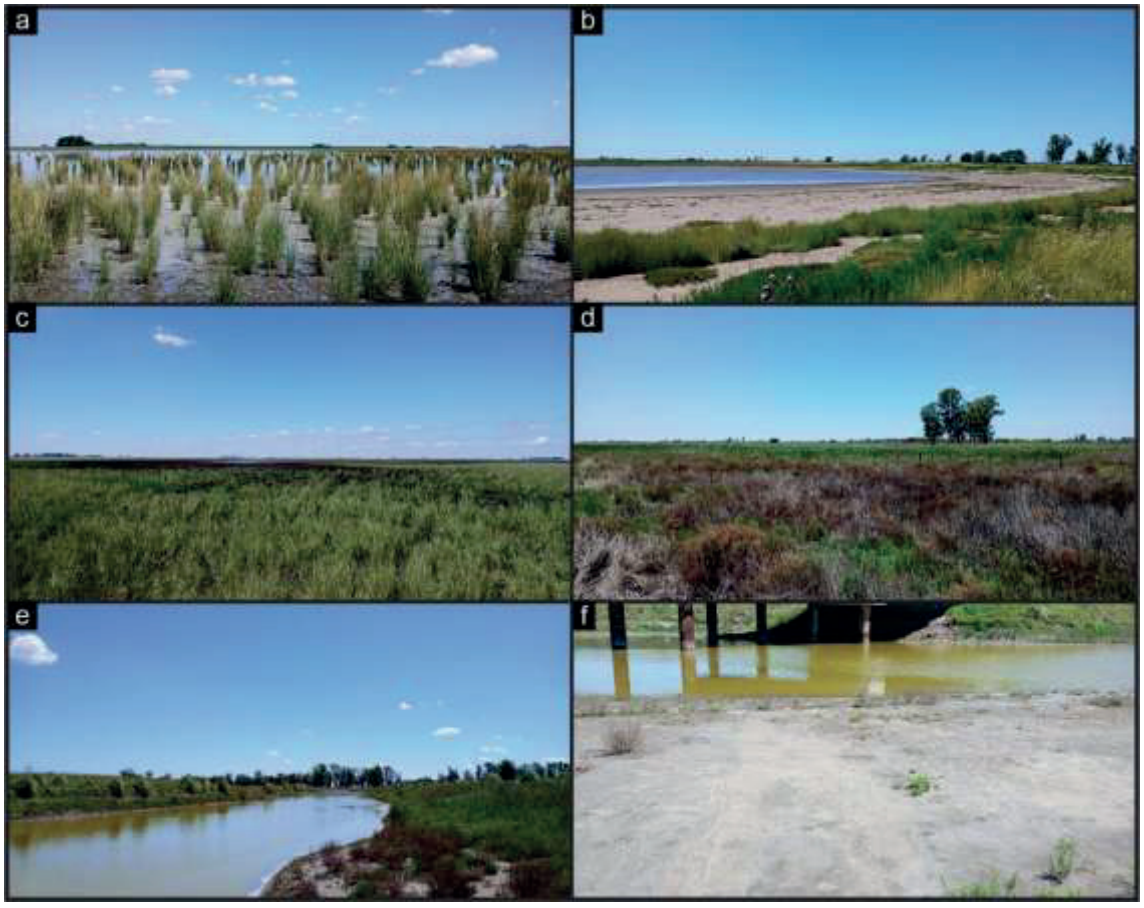


Figura 10.14: Fotografías mostrando (a) y (b) Lagunas con abundante vegetación hidrófita, incluso halófita, en sus bordes. (c) y (d) Bajos inundables con una lámina superficial de agua. (e) y (f) Canal de las Horquetas en las cercanías de la localidad de El Dorado.

I. SPH 8bII – SISTEMA DE PAISAJES INTERDUNAS DEL OESTE

11. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a las localidades de Carlos Casares – Pehuajó y Daireaux – Henderson

Ubicación

Los humedales asociados a ambientes de dunas e interdunas estudiados comprenden dos sectores del Sistema de Paisajes Interdunas del Oeste, uno se encuentra cercano a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó (Fig. 11.1), y el otro sector comprende un área cercana a las localidades de Daireaux y Henderson (Fig. 11.2). Las áreas seleccionadas han sido determinadas debido a su representatividad hidrogeomorfológica dentro del SPH estudiado, las cuales abarcan humedales asociados a diferentes morfologías de dunas e interdunas.



Figura 11.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

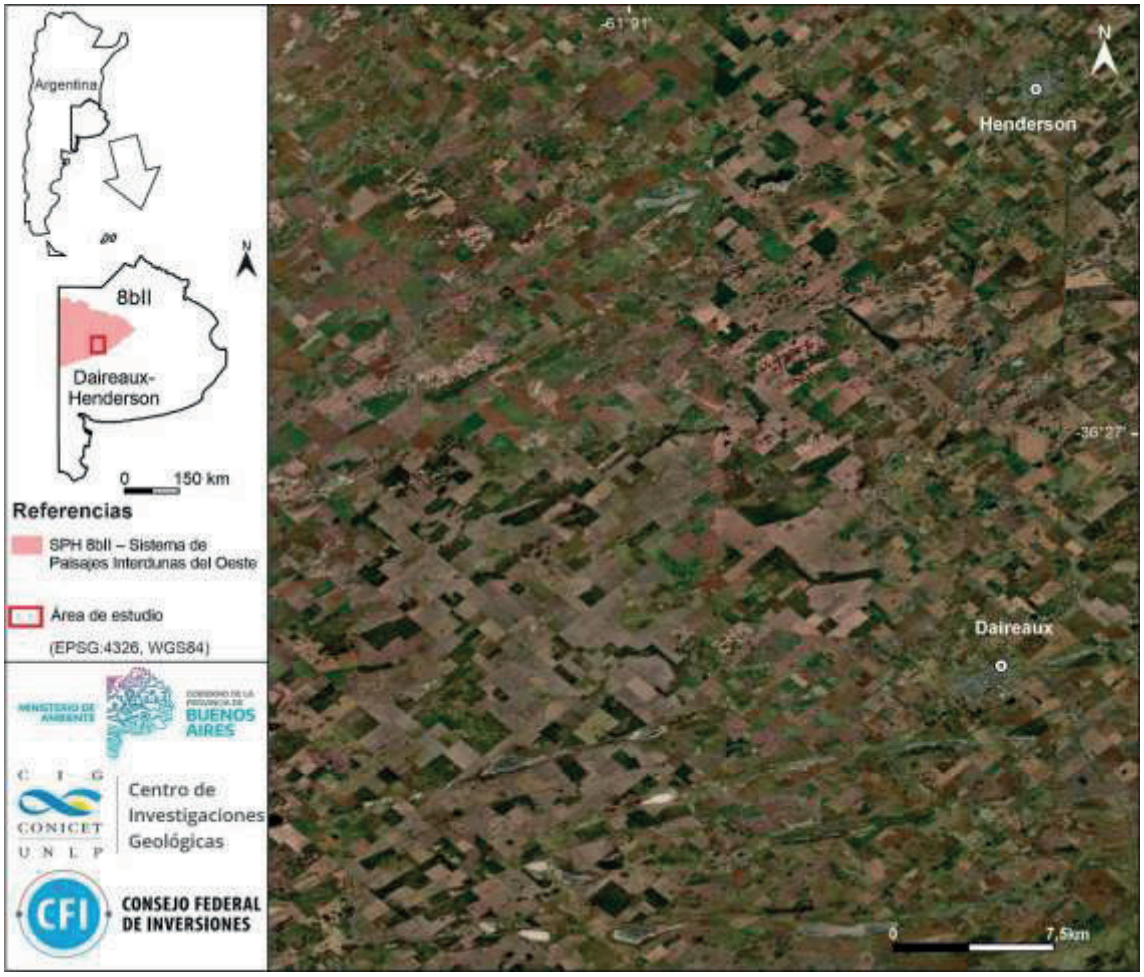


Figura 11.2: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de las localidades de Daireaux y Henderson.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de los ambientes de dunas e interdunas próximos a las localidades de Carlos Casares–Pehuajó y Daireaux–Henderson, se definieron a partir de los datos registrados en la estación meteorológica de Junín Aero, localizada a 125 km al noreste de Carlos Casares.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990–2022 es de 1095 mm, registrándose máximos de 1787 mm en 2001 y mínimos de 636 mm en 2021 (Fig. 11.3). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre

octubre y abril con valores mayores a 110 mm, mientras que los meses menos lluviosos ocurren entre mayo y septiembre (Fig. 11.4).

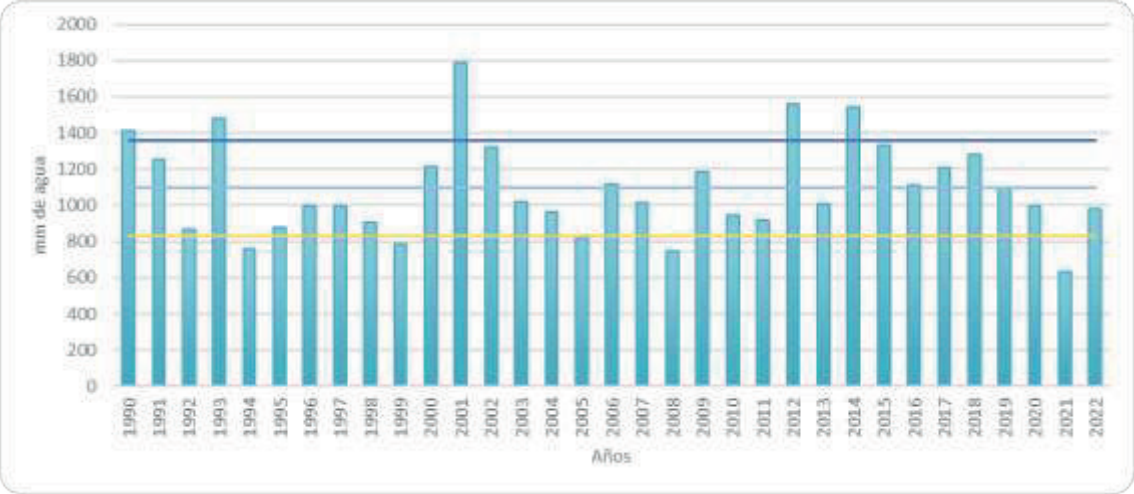


Figura 11.3: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a interdunas próximos a las localidades de Casares – Pehuajó y Daireaux–Henderson. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

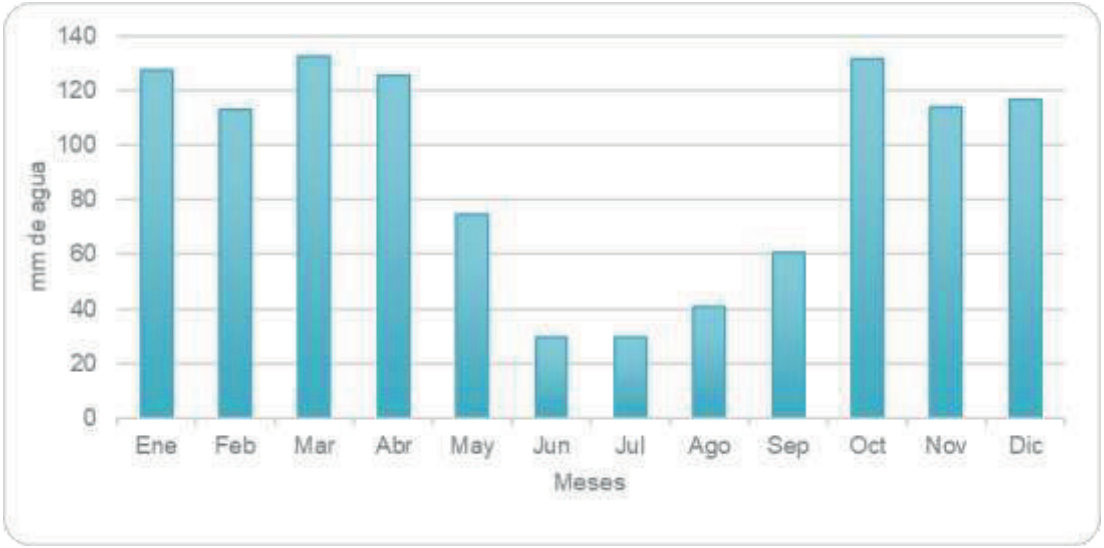


Figura 11.4: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a interdunas próximos a las localidades de Casares – Pehuajó y Daireaux–Henderson.

El balance hídrico mensual para el periodo 1990–2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación principalmente en diciembre y enero. Las reservas de agua en el suelo se saturan entre abril y octubre, momento en que se registran los excedentes hídricos (Fig. 11.5). En los años secos y húmedos los balances hídricos varían

respecto del comportamiento promedio. En el año seco estudiado los excedentes hídricos ocurren entre abril y mayo (Fig. 11.6), mientras que en el año húmedo se registran excedentes hídricos casi todos los meses del año, exceptuando, principalmente, junio y julio (Fig. 11.7).

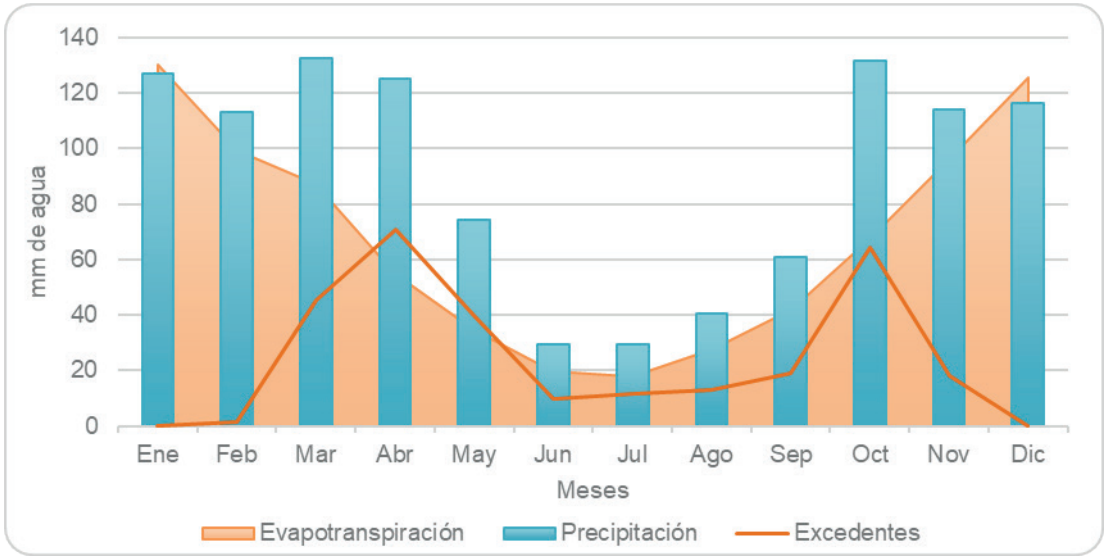


Figura 11.5: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a interdunas próximos a las localidades de Casares – Pehuajó y Daireaux–Henderson.

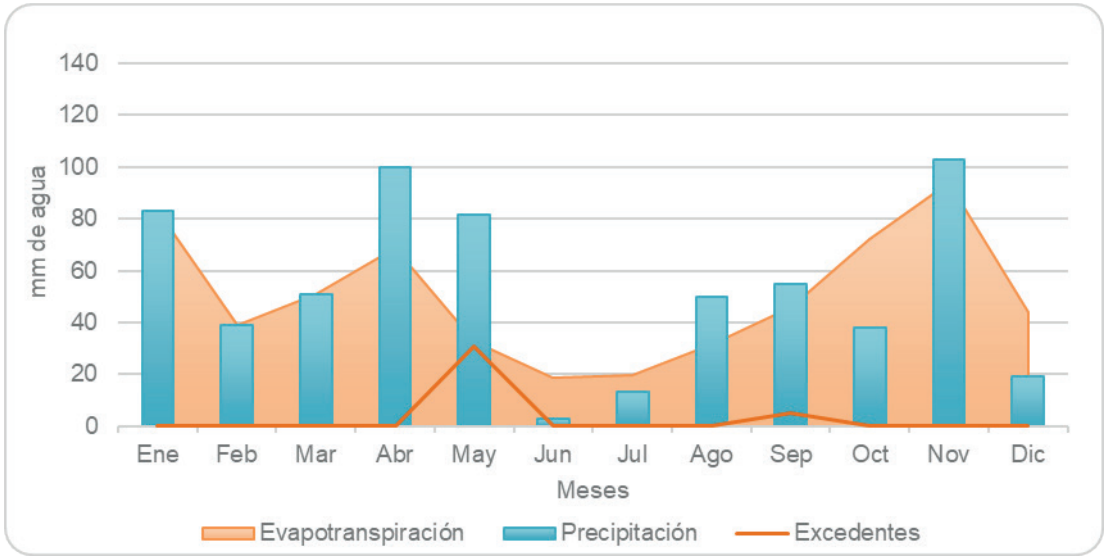


Figura 11.6: Balance hídrico mensual para el año 2021 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales asociados a interdunas próximos a las localidades de Casares – Pehuajó y Daireaux–Henderson.

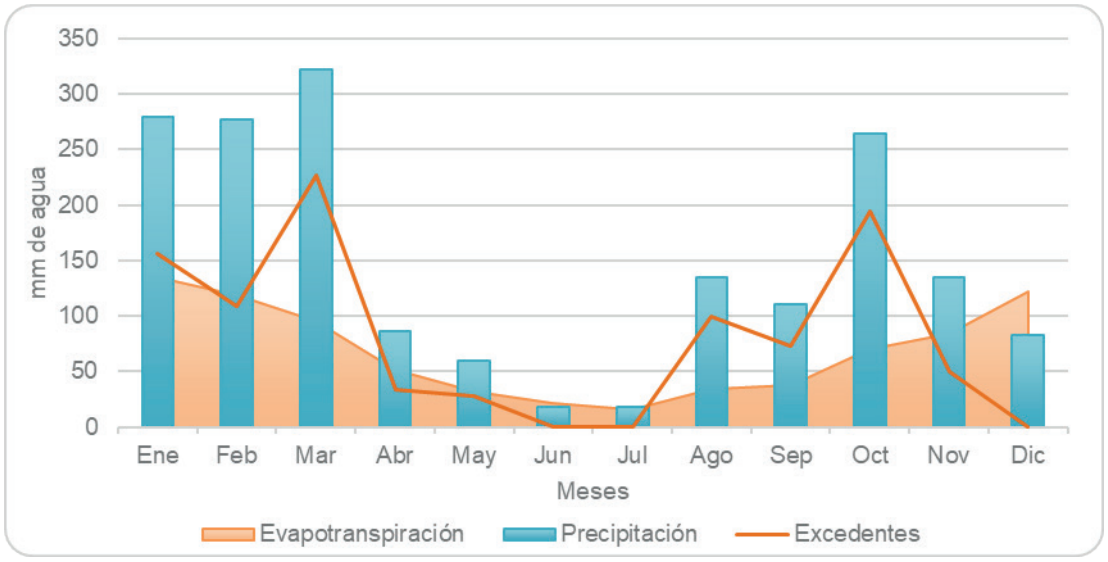


Figura 11.7: Balance hídrico mensual para el año 2001 (año húmedo con precipitaciones anuales por encima de la media + desvío estándar) en el área de humedales asociados a interdunas próximos a las localidades de Casares – Pehuajó y Daireaux–Henderson.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan al comparar imágenes satelitales de periodos secos y húmedos en los sectores estudiados (Fig. 11.8 y 11.9).

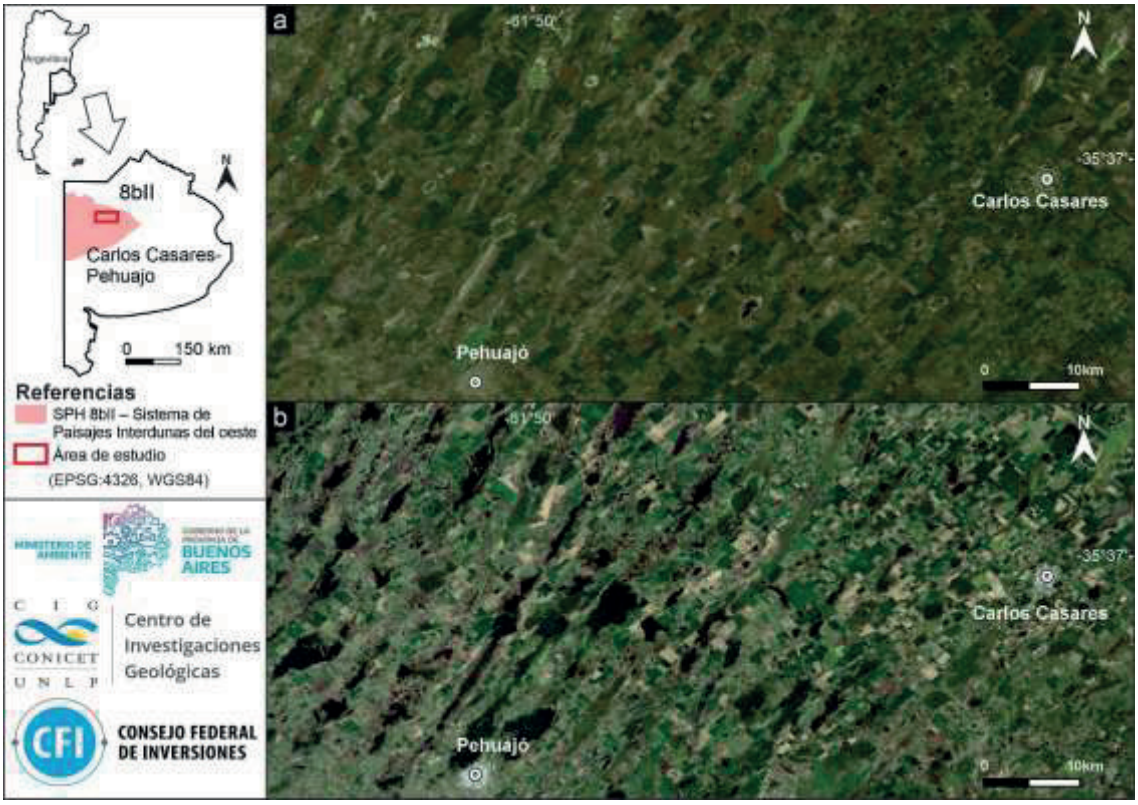


Figura 11.8: Imagen satelital del área de humedales próxima a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó en (a) un periodo seco (07/03/2021) y (b) un periodo húmedo (19/01/2001).

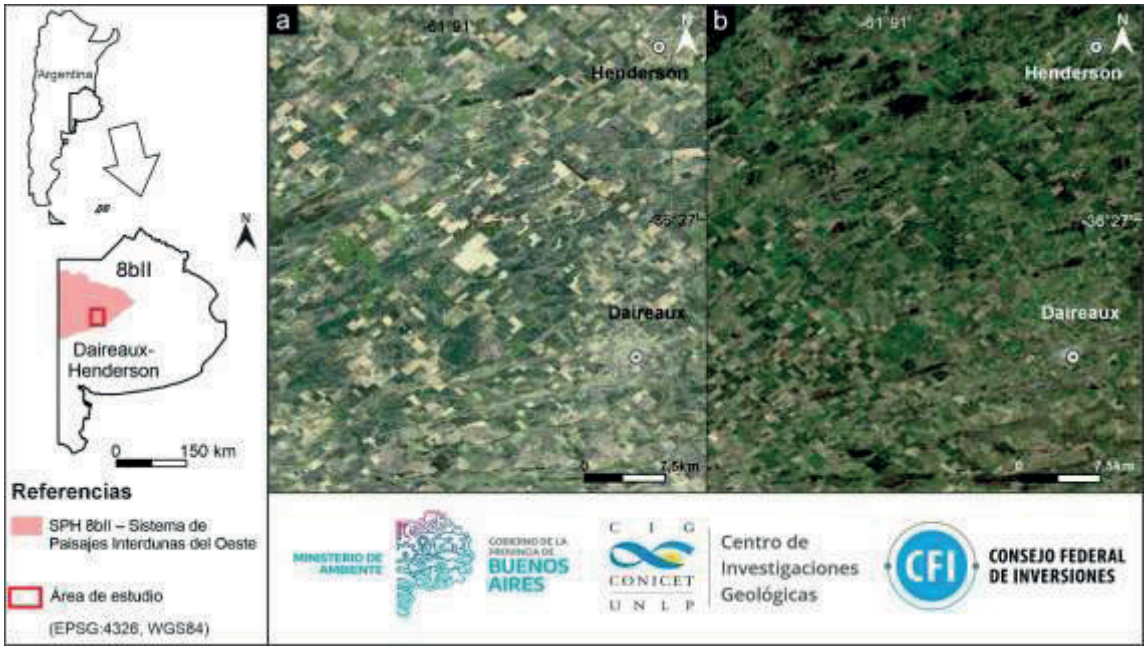


Figura 11.9: Imagen satelital del área de humedales próxima a las localidades de Daireaux y Henderson en (a) un periodo seco (15/01/2014) y (b) un periodo húmedo (19/01/2001).

En los periodos secos, las áreas anegadas son escasas (Fig. 11.8a y Fig. 11.9a), mientras que, en los periodos húmedos la presencia de excedentes hídricos se observa en las imágenes en forma de acumulación de agua en superficie en las zonas deprimidas de las interdunas (Fig. 11.8b y 11.9b).

Relieve y Geomorfología

Los dos sectores estudiados (sector aledaño a Carlos Casares y Pehuajó y sector aledaño a Daireaux y Henderson) si bien representan a ambientes de dunas e interdunas de génesis eólica, presentan diferentes características geomorfológicas (Contreras et al., 2018; Isla et al., 2010; Fucks et al., 2012). El sector ubicado en las cercanías a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó comprende un campo de dunas arenosas e interdunas con alturas topográficas que varían desde 130 m snm hasta valores cercanos a 50 m snm (Fig. 11.10). Las dunas constituyen geoformas positivas, reconociendo en el área de estudio principalmente las de tipo lineal (Fig. 11.10 y 11.11). Estas presentan una

orientación en dirección suroeste - noreste y se encuentran dispuestas de manera paralela a subparalela. Sus anchos son variables (alcanzando en algunos sectores los 5 km) y se encuentran separadas por zonas deprimidas (bajos interdunales) de morfologías alargadas que presentan la misma orientación.

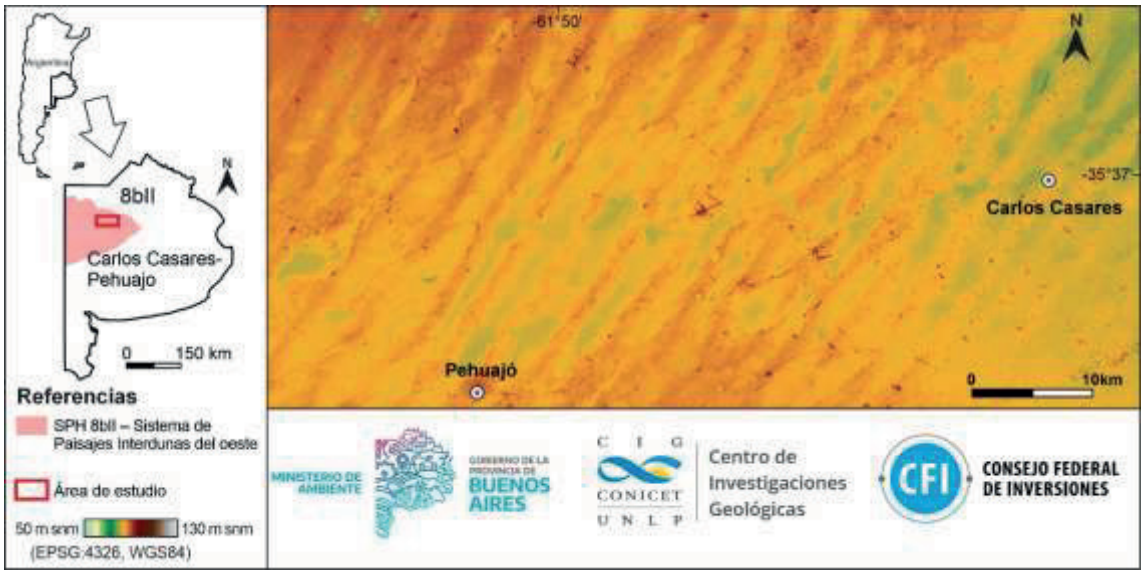


Figura 11.10: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

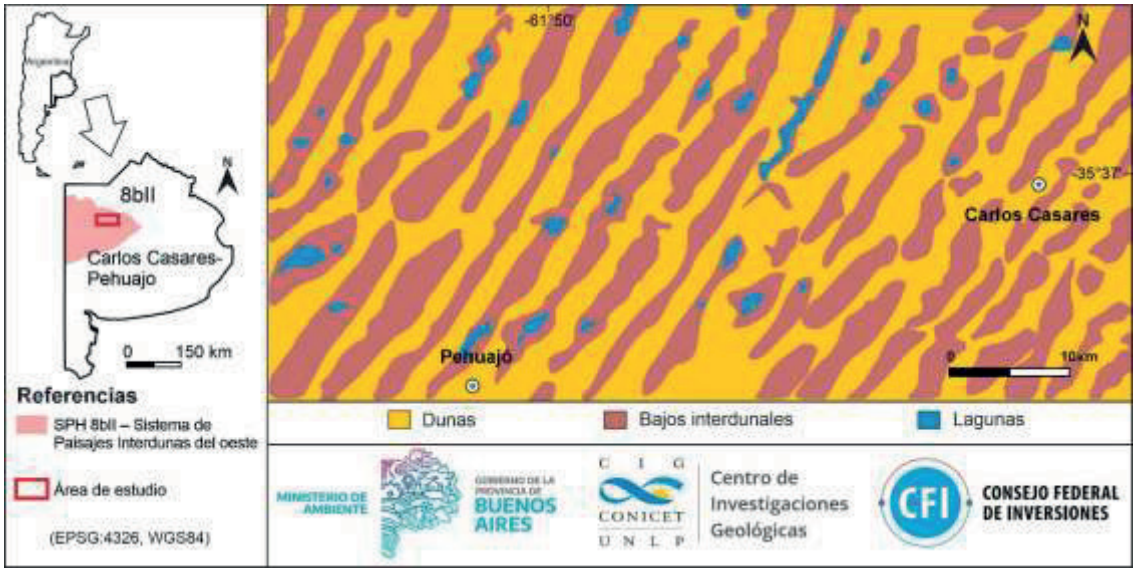


Figura 11.11: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

Dentro de los bajos interdunales suelen desarrollarse ambientes lagunares, generalmente de morfologías alargadas, los cuales pueden tener un carácter permanente

o transitorio. Asimismo, aunque en menor medida, se reconoce en este sector el desarrollo de dunas parabólicas las cuales presentan una morfología de medialuna en su vista en planta (Fig. 11.10).

El sector estudiado en las cercanías a las localidades de Daireaux y Henderson, comprende un campo de dunas arenosas e interdunas, dominando en esta zona las dunas de tipo parabólicas. Dentro de esta zona las alturas topográficas disminuyen hacia el norte y noreste, presentando cotas cercanas a 125 y 100 m snm (Fig. 11.12).

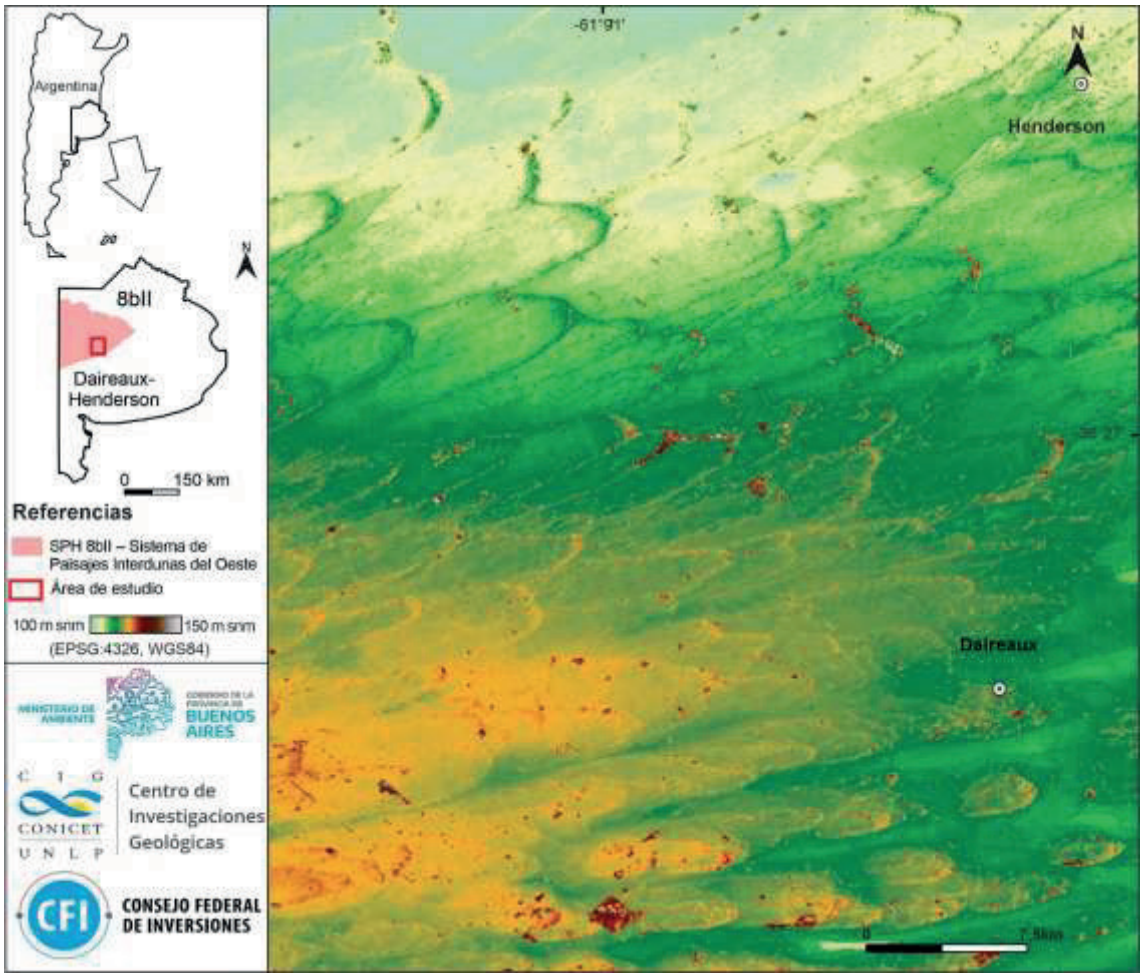


Figura 11.12: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a las localidades de Daireaux y Henderson.

Hacia el centro y norte de la localidad de Daireaux y en las proximidades de la localidad de Henderson, los campos de dunas son típicamente de morfología parabólica con

orientación y dirección suroeste-noreste. Estos campos de dunas parabólicas con forma en planta de medialuna, presentan brazos de extensión variable (Fig. 11.12), cuyas depresiones conforman bajos interdunales mayormente circulares a levemente alargados (Fig. 11.13). Sin embargo, hacia el sur de Daireaux la orientación de las dunas cambia a este – noreste y los bajos interdunales tienden a presentar morfologías alargadas (Fig. 11.12). En los bajos interdunales se forman cuerpos lagunares en donde el agua superficial se acumula de manera permanente o sólo en los periodos de excedentes hídricos (Fig. 11.13).

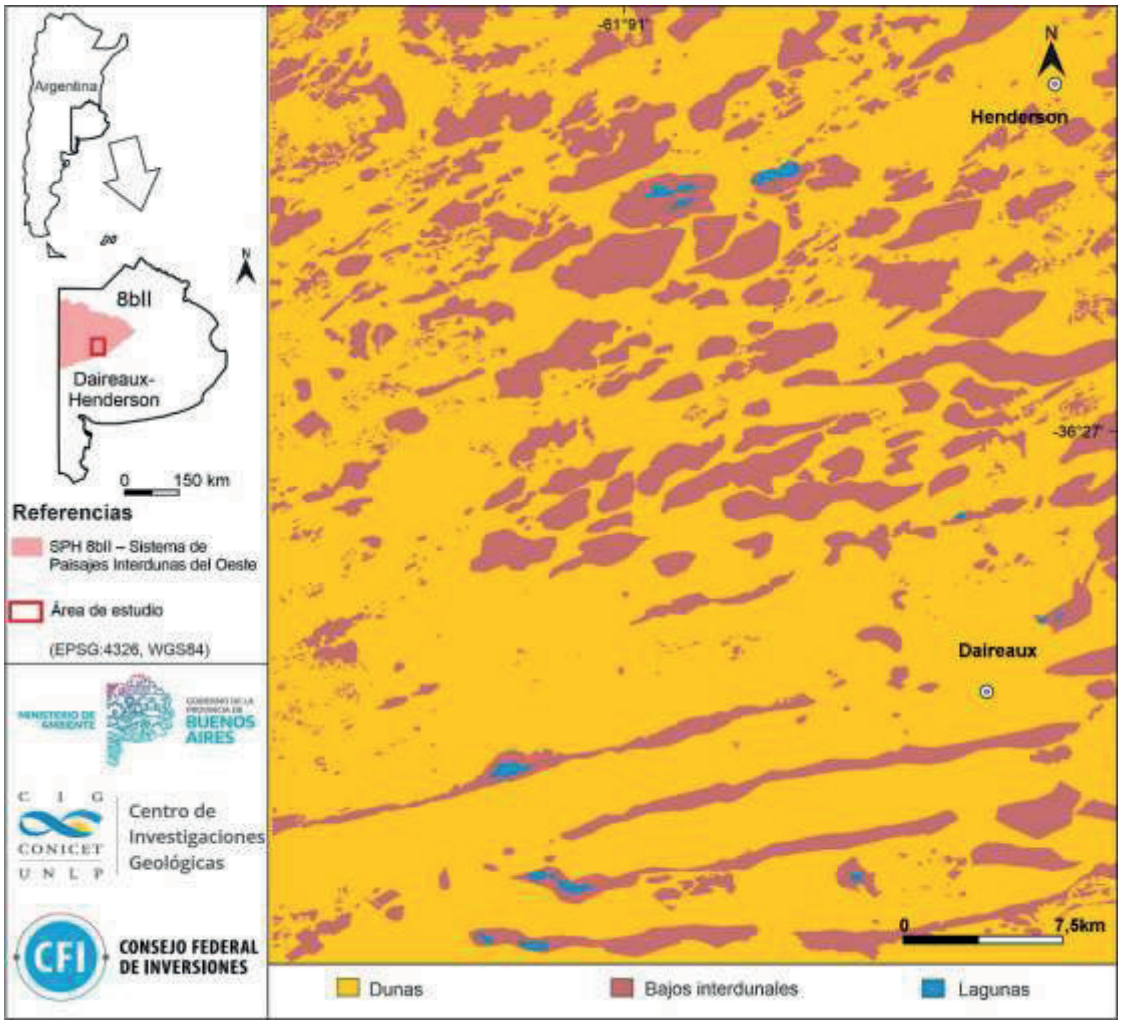


Figura 11.13: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a las localidades de Daireaux y Henderson.

Particularmente al oeste de Daireuax se observó dentro de los bajos interdunales de morfología alargada la presencia de numerosas lagunas circulares a subcirculares separadas entre sí por depósitos de arenas. Asimismo, muchas de estas lagunas alojadas en bajos interdunales se encuentran conectadas por canales artificiales los cuales drenan los excedentes hídricos.

Suelos

Dentro del Sistema de Paisajes de Interdunas del Oeste estudiado pueden reconocerse distintos tipos de suelos (Fig. 11.14 y 11.15). Los suelos desarrollados en las unidades geomorfológicas de relieve positivo como las dunas se caracterizan por ser principalmente Molisoles de tipo Hapludol éntico y Entisoles de tipo Udipsament típico (Fig. 11.14 y 11.15). Los Udipsament típicos se reconocen únicamente en el sector de Daireaux – Henderson y se asocian a las crestas de dunas (Fig. 11.15). Estos presentan perfiles profundos y oscuros, desarrollados a partir de sedimentos arenosos, son excesivamente drenados y de elevada permeabilidad, no sódicos y no salinos y con pastura natural para ganadería (*Taraxacum oficinalis*, gramilla). Hacia posiciones topográficamente más bajas de las crestas de dunas, se destaca el predominio de Hapludoles énticos en ambas áreas estudiadas (Fig. 11.14 y 11.15). Estos corresponden a los suelos típicos de las dunas los cuales presentan color pardo grisáceo oscuro, son profundos de poco desarrollo, algo excesivamente drenados, no alcalinos y no salinos. Presentan aptitud agrícola, reconociendo cultivos de soja, maíz, trigo y rastrojo de girasol. Sin embargo, se han reconocido variantes de dichos Hapludoles en los campos de dunas, particularmente en Carlos Casares y Pehuajó, de tipo Hapludol típico y thapto árgico (Fig. 11.14). Estos presentan un epipedón mólico y son poligenéticos, donde un

material arenoso sepulta un horizonte argílico de formación anterior. Son de aptitud agrícola (con labranza convencional, maíz), no alcalinos y no salinos.

En los sectores de bajos interdunales, en cambio, se reconocen suelos de tipo Hapludol thapto nátrico, ácuico, Natracuol típico y Complejos indiferenciados (Fig. 11.14 y 11.15), los que son afectados por anegamientos frecuentes. Los Hapludoles thapto nátricos se caracterizan por ser pardo grisáceo oscuros, presentan epipedón mólico, generalmente régimen de humedad ácuico, horizontes nátricos y con fuertes rasgos de hidromorfismo en profundidad, predominando la vegetación de juncos y vegetación hidrófita. Sin embargo, en algunos sectores, los bajos interdunales presentaron colores castaños claros en superficie atribuidos a pequeños depósitos de costras salinas a los que se asocian vegetación de *Salicornia sp*. y pelo de chancho (*Distichlis spicata*). Los suelos son de aptitud ganadera y agrícola, con implantación de pasturas, rye grass. Los Hapludoles ácuicos si bien presentan características similares, se diferencian de los anteriores en que se encuentran en una posición topográfica más baja y es frecuentemente inundada, generando rasgos hidromórficos desde superficie. Su aptitud también es ganadera, reconociendo implantación de pasturas, trébol (*Trifolium repens*), alfalfa (*Setaria sp*.) y juncos (*Scirpus lacustris*), entre otros.

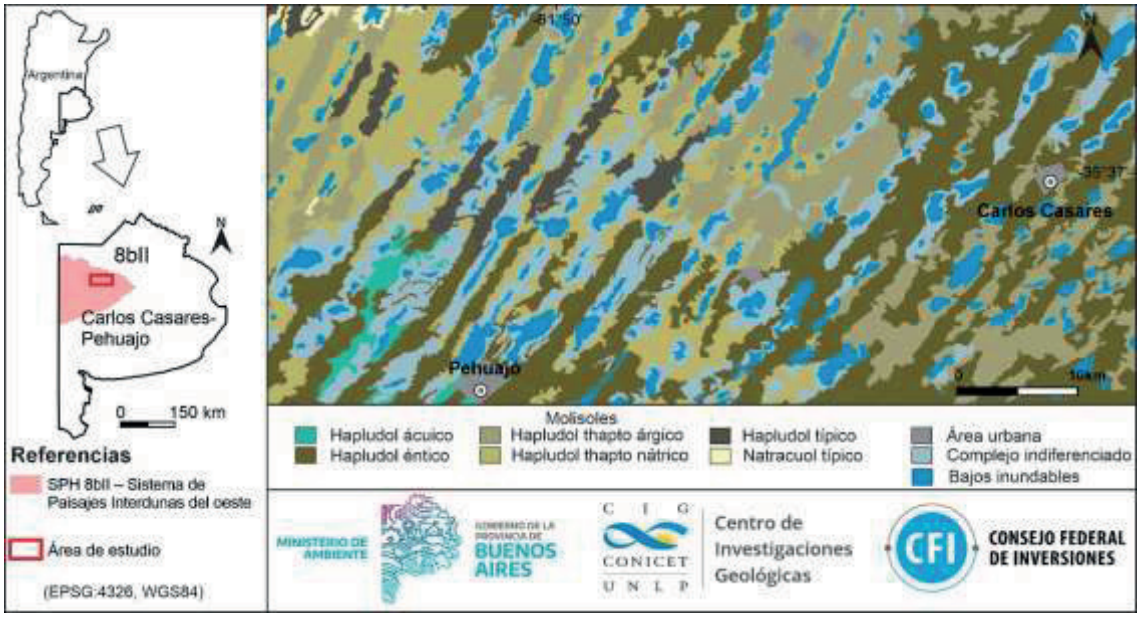


Figura 11.14: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

Por otro lado, en las proximidades de Daireaux, los bajos interdunales presentan principalmente suelos de tipo Natracuol típico y Complejos indiferenciados (Fig. 11.15), los cuales son suelos que presentan anegamientos frecuentes. Los Natracuoles son suelos profundos que se encuentran en una posición topográfica más elevada que el Complejo indiferenciado, desarrollados sobre sedimentos loessicos franco limosos. Son fuertemente alcalinos y pobremente drenados. Su aptitud es agrícola ganadera, con rye grass (*Lolium multiflorun*), *Stipa sp.*, cardo negro (*Cirsium vulgare*), abrepuño (*Silybum marianum*), pelo de chancho (*Distichlis spicata*). El Complejo indiferenciado se reconoce en los bordes de los bajos interdunales y su cobertura vegetal es escasa, limitados únicamente a la presencia de pelo de chancho (*Distichlis spicata*) y *Salicornia sp*. Son de colores muy claros, presentando generalmente costras salinas en superficie.

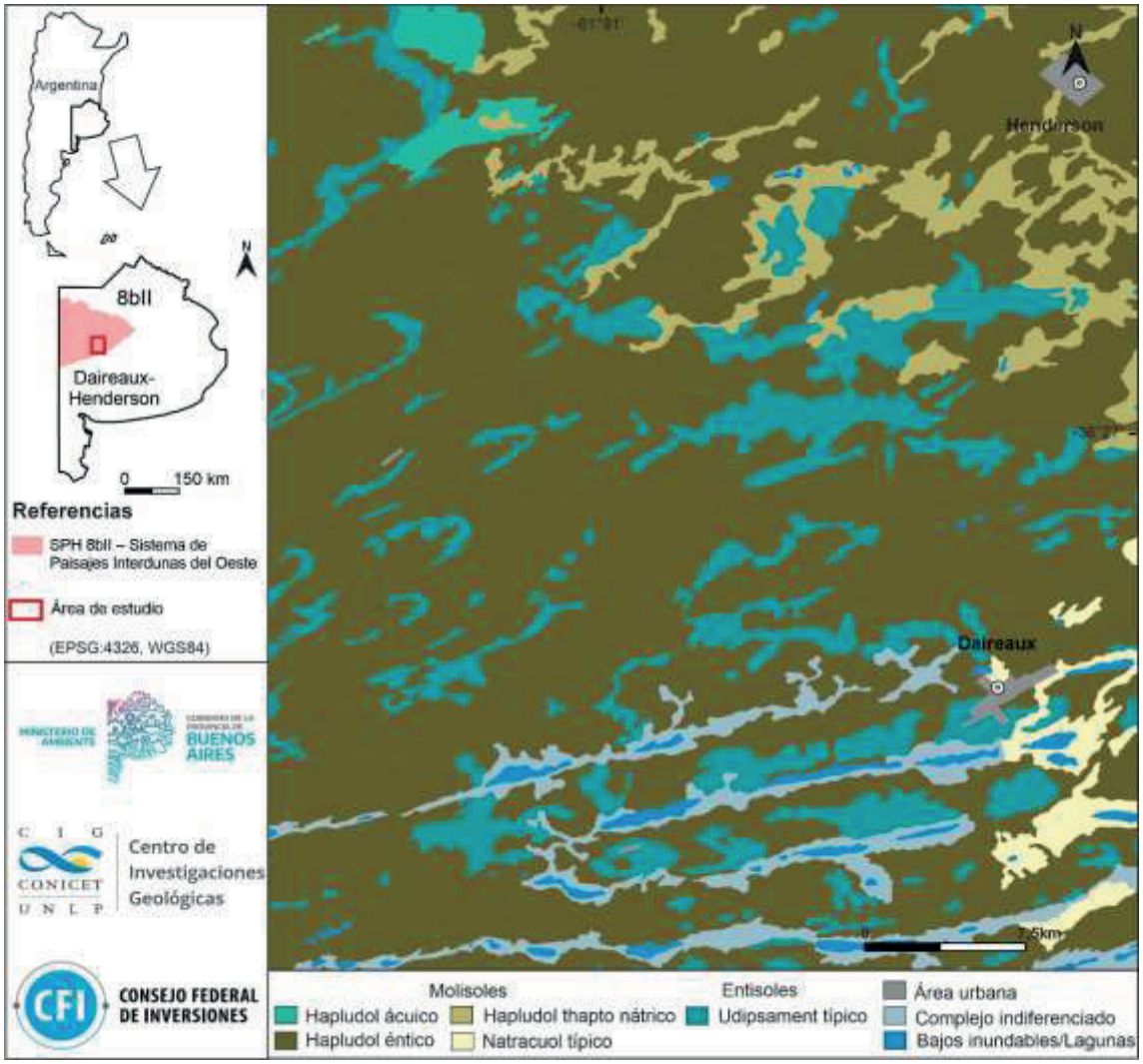


Figura 11.15: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a las localidades de Daireaux y Henderson.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

Las geoformas arenosas son unidades topográficamente positivas y de alta permeabilidad que facilitan la rápida infiltración del agua lluvia. Esto conduce a que exista una recarga del agua subterránea preferencialmente en periodos de excedentes hídricos. Localmente, el agua freática descarga hacia los bajos interdunales, los cuales, no sólo funcionan como zonas de descarga local, sino que también reciben agua de las precipitaciones la cual se acumula superficialmente formando áreas anegadas.

En Carlos Casares y Pehuajó los niveles freáticos relevados en las partes bajas de las dunas muestran que el nivel de agua subterránea se ubica cercano a 2,3 m de profundidad. Mientras que, los niveles del agua subterránea en los bordes próximos a los bajos interdunales se encuentran en posiciones someras registrándose profundidades de unos pocos centímetros hasta 0,82 m. Dentro del área de estudio se observan variaciones hidroquímicas entre los distintos ambientes relevados (Fig. 11.16).

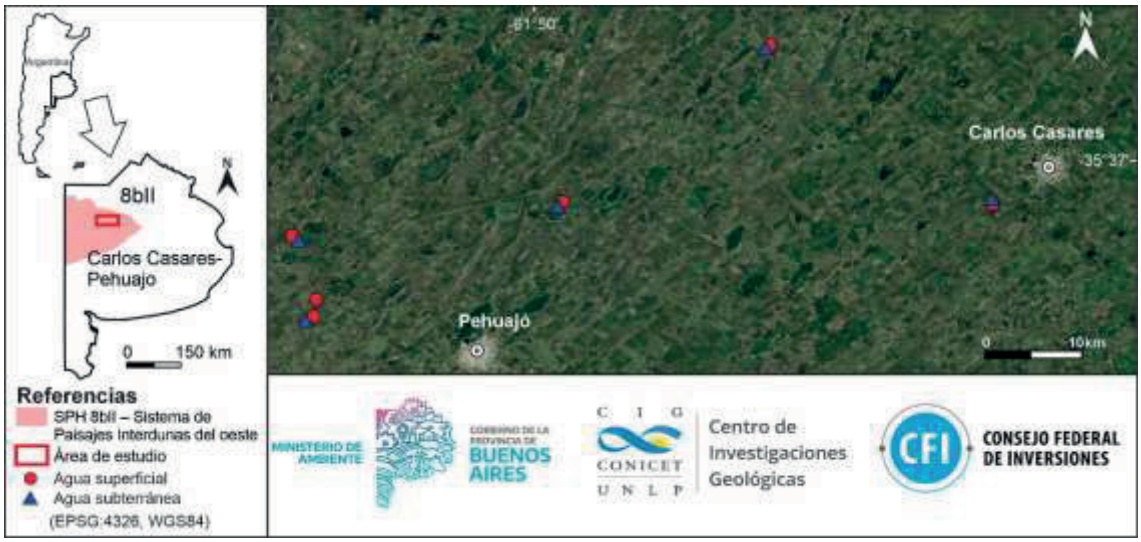


Figura 11.16: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

El agua subterránea de las dunas presenta valores de CE entre 4,80 y 9,60 mS/cm y pH promedio de 8,07 y en los bajos interdunales la CE varía entre 7,80 y 57,40 mS/cm y el pH promedio es de 7,7. Por otro lado, el agua superficial de los bajos interdunales mostró que la CE varía entre 2,30 y 49,90 mS/cm y el pH es alcalino con un valor promedio de 9,4.

En relación al porcentaje de iones mayoritarios, tanto el agua subterránea de las dunas y de los bajos interdunales, como el agua superficial de los bajos interdunales es de tipo clorurada sódica (Fig. 11.17).

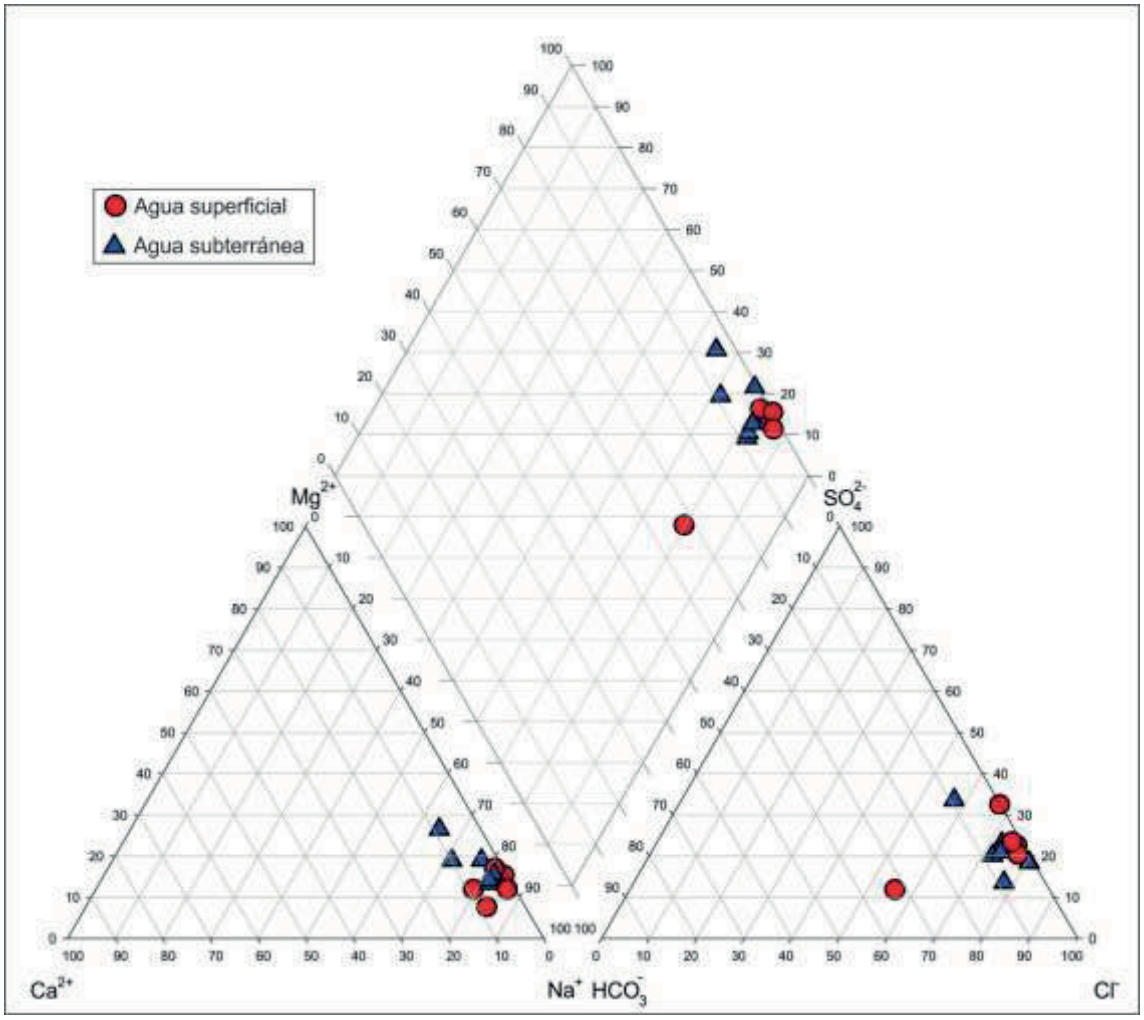


Figura 11.17: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a las localidades de Carlos Casares y Pehuajó.

El contenido promedio de nitratos en el agua subterránea de las dunas es de 8,60 mg/L, y el de los de fosfatos de 0,246 mg/L. Por su parte, el agua subterránea de los bajos interdunales presenta contenidos de nitratos entre 7,21 y 32,73 mg/L y los de fosfatos entre 0,016 y 10,975 mg/L. Mientras que en el agua superficial de los mismos varió entre 15,45 y 32,54 mg/L para nitratos y entre 0,191 y 3,746 mg/L para fosfatos.

Por otro lado, hacia el sector próximo a las localidades de Daireaux y Henderson, la profundidad de los niveles freáticos en los bajos interdunales varió entre 0,40 y 0,80 m. Asimismo, dentro del área de estudio se observan variaciones hidroquímicas entre los distintos ambientes relevados (Fig. 11.18).

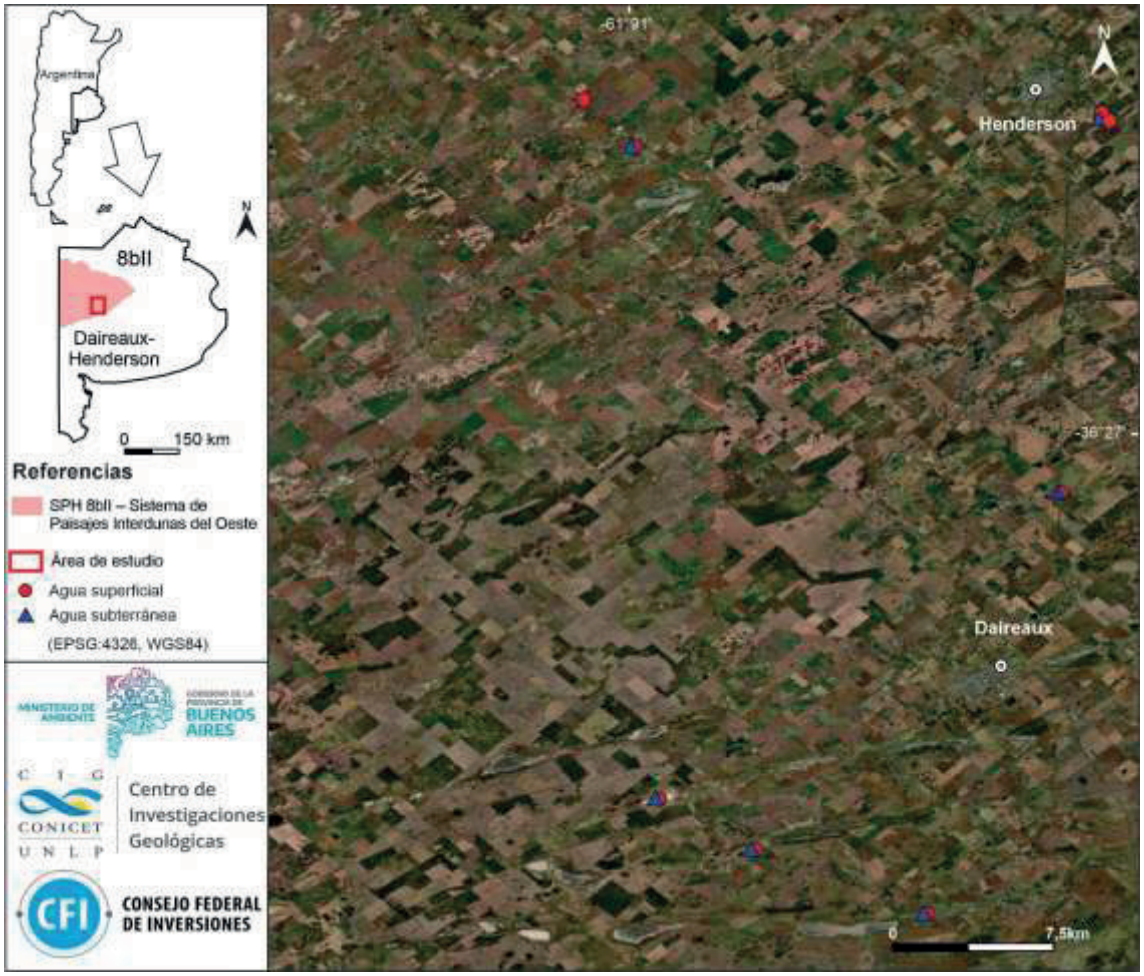


Figura 11.18: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de las localidades de Daireaux y Henderson.

Hacia el sur de Daireaux, el agua subterránea de las dunas presenta valores de CE entre 0,24 y 3,74 mS/cm y pH promedio de 8,6, mientras que, en el agua subterránea tomada de los bajos interdunales la CE varía entre 1,47 y 27,20 mS/cm y el pH promedio es 8,3. Por su parte, en el agua superficial tomada de los bajos interdunales la CE varía entre 0,74 y 57,60 mS/cm y el pH 9,7. Sin embargo, en periodos de déficit hídrico se determinaron valores de CE de hasta 63,50 mS/cm y pH alcalinos de 11. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, tanto el agua subterránea como el agua superficial de los bajos interdunales es de tipo clorurada sódica con tendencia a bicarbonatada sódica (Fig. 11.19). En los bajos interdunales, los contenidos de nitratos varían en el agua

subterránea entre 12,56 y 23,42 mg/L, y los de fosfatos entre 0,322 y 2,550 mg/L y en el agua superficial entre 13,72 y 54,87 mg/L, y entre 0,981 y 3,717 mg/L, respectivamente.

Por su parte, hacia el norte de la localidad de Daireaux, próximo a Henderson, el agua subterránea de las dunas presenta valores de CE de 0,96 mS/cm y pH promedio de 9,04; en el agua subterránea tomada de los bajos interdunales la CE varía entre 0,41 y 6,82 mS/cm y el pH promedio es 7,7. Por otro lado, en el agua superficial tomada de los bajos interdunales la CE varía entre 0,215 y 7,84 mS/cm y el pH promedio es de 9. En relación al porcentaje de iones mayoritarios, el agua subterránea es de tipo bicarbonatada cálcica en las dunas (Fig. 11.19) y el contenido de nitratos menor a 2 mg/L y el de fosfatos de 2,43 mg/L. Con respecto al agua subterránea y superficial de los bajos interdunales la misma es de tipo bicarbonatada sódica con tendencia a bicarbonatada cálcica (Fig. 11.19). El contenido de nitratos en el agua subterránea de los bajos varía entre 9,37 y 23,57 mg/L, y el de fosfatos entre 0,225 y 0,959 mg/L, mientras que, en el agua superficial varían entre 20,81 y 85,01 mg/L, y entre 0,225 y 5,356 mg/L, respectivamente.

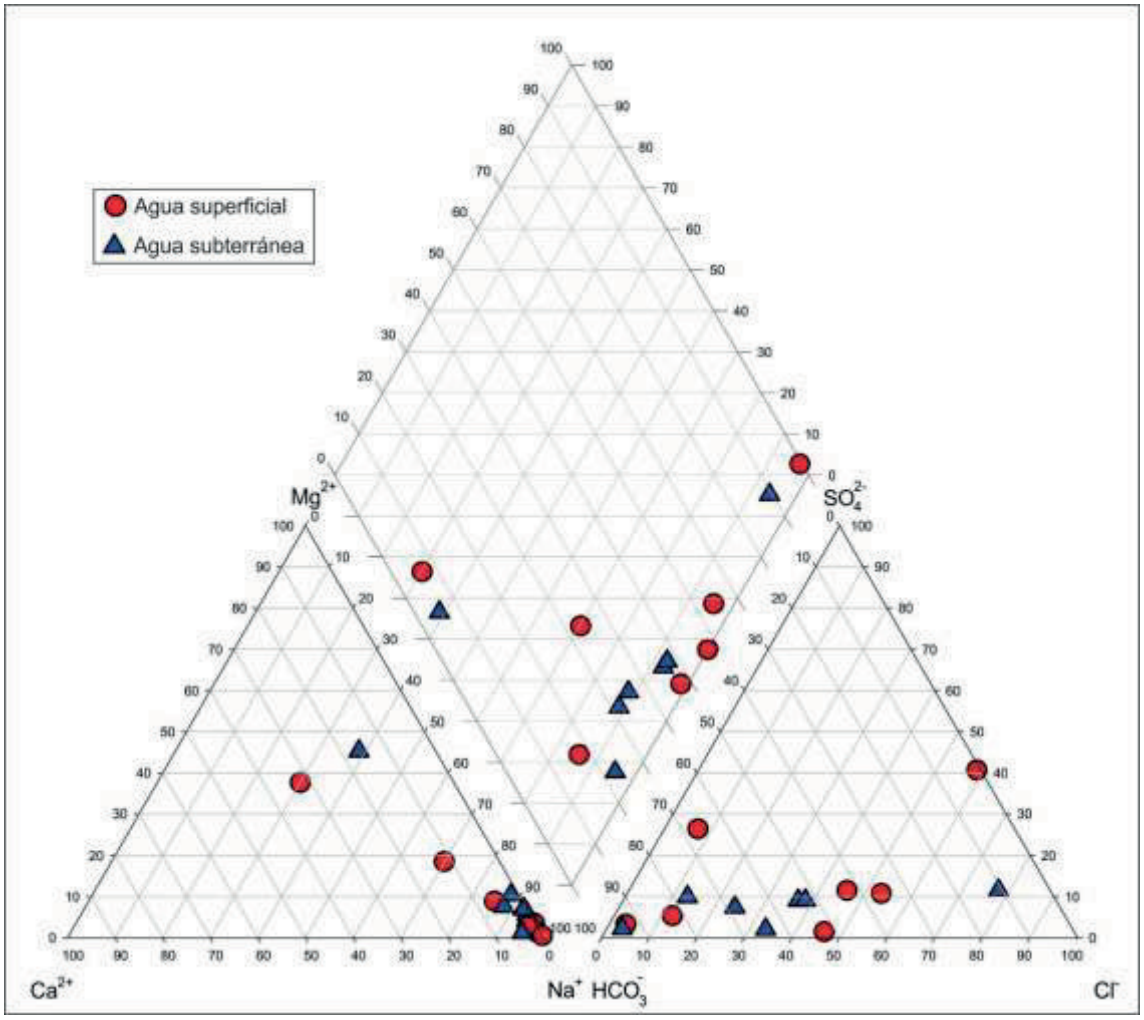


Figura 11.19: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a las localidades de Daireaux y Henderson.

Los siguientes esquemas conceptuales (Fig. 11.20) resumen el funcionamiento explicado previamente en los dos sectores del área estudiada, donde se desarrollan los humedales más característicos.

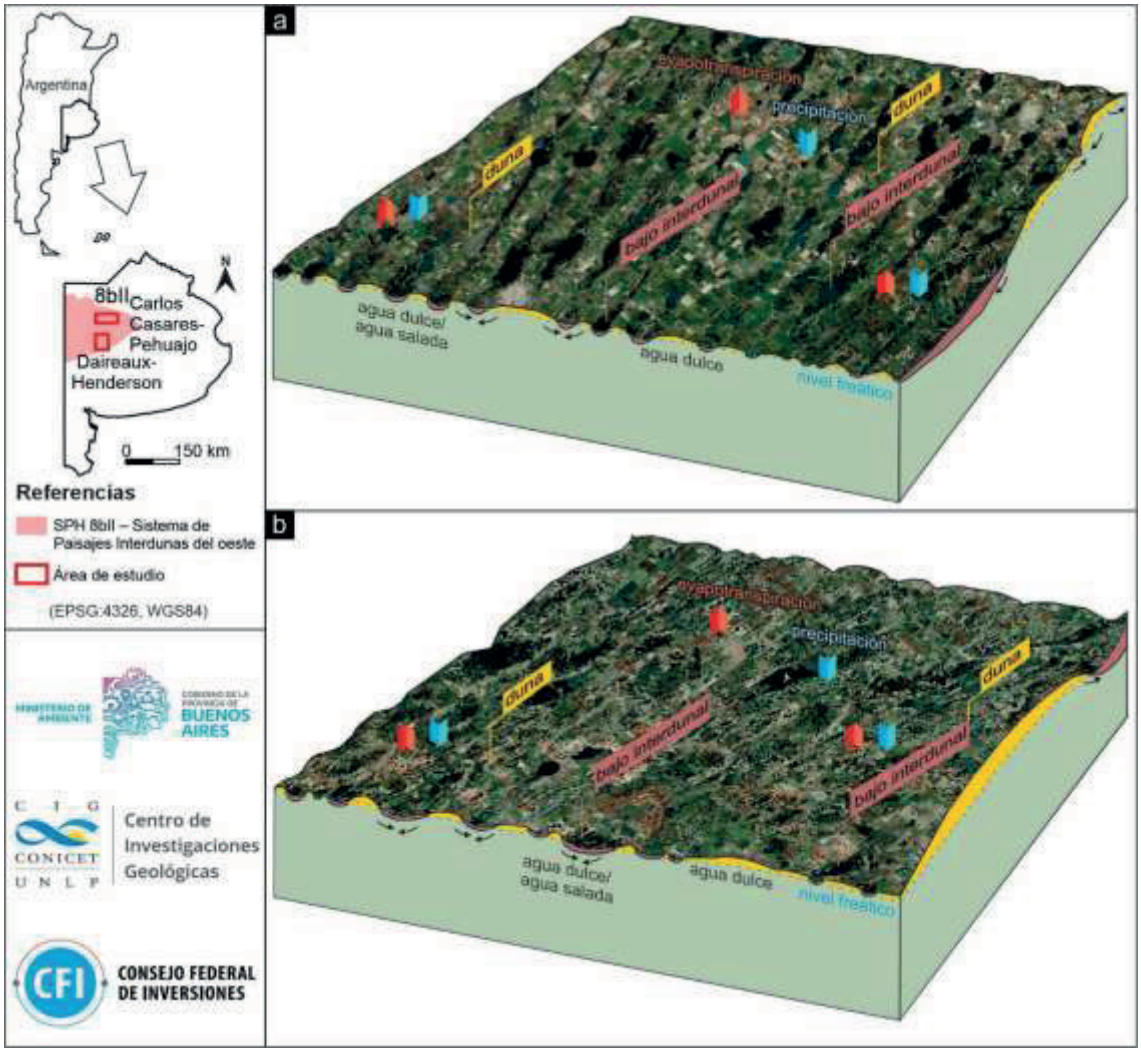


Figura 11.20: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes Interdunas del oeste (a) para el área de Carlos Casares – Pehuajó y (b) para el área de Daireaux – Henderson.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

En los sectores estudiados dentro del Sistema de Paisajes de Humedales de Interdunas del oeste pueden reconocerse dos ambientes hidrogeomorfólogicos principales, uno asociado a las dunas, y otro a las áreas deprimidas de bajos interdunales. Las dunas son geoformas positivas de alta permeabilidad característica que favorece la infiltración del agua de lluvia. Esto determina que hidrodinámicamente constituyan zonas de recarga preferencial del agua subterránea. La mayor topografía ocasiona que el nivel freático se encuentre a profundidades generalmente superiores a 2,3 m por lo que no constituye un

ambiente geomorfológico propicio para el desarrollo de zonas de humedales (Fig. 11.21a y b).

Por su parte, los bajos interdunales son geoformas deprimidas que presentan en superficie sedimentos de mediana a baja permeabilidad (Fig. 11.21c). En ellos el agua de las precipitaciones tiende a acumularse superficialmente, funcionando también como zonas de descarga del agua subterránea procedente de las dunas. El nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie o hasta puede aflorar en periodos húmedos, lo que determina el desarrollo de suelos con rasgos hidromórficos en donde se reconocen los ambientes de humedales. Las variaciones en la salinidad registradas en el agua superficial y subterránea de estos ambientes determinan que existan humedales de agua dulce a salinos (Fig. 11.21d–i). Particularmente en aquellos humedales más salinos, se forman eflorescencias salinas en los bordes de los bajos interdunales (principalmente en aquellos ubicados al sur de la localidad de Daireaux) (Fig. 11.21h -i). Estas responden a procesos de evaporación del agua superficial y subsuperficial somera en los momentos de déficit hídrico.



Figura 11.21. Fotografías mostrando (a) y (b) Dunas con sus bajos interdunales asociados con vegetación hidrófita asociada. (c) Sedimentos superficiales de baja permeabilidad en los bajos interdunales. (d), (e), (f) y (g) Bajos interdunales formando pequeñas lagunas y abundante vegetación hidrófita asociada. (h) e (i) Costras salinas en bordes de los bajos interdunales con parches de vegetación halófita asociada.

J. SPH 8bIII – SISTEMA DE PAISAJES DE DRENAJE INDEFINIDO OCCIDENTAL PAMPEANO

12. Unidades de humedales asociadas a ambientes de humedales próximos a la localidad de Puan

Ubicación

Los humedales asociados a ambientes lagunares que fueron estudiados comprenden a aquellos relacionados a la laguna de Puan y a los ubicados hacia el oeste y sudoeste de dicha laguna los cuales están asociados a depresiones de tipo cubetas y pequeños cursos fluviales que se desarrollan entre estas (Fig. 12.1). La selección de esta zona se debe a que corresponde a un área en donde los distintos ambientes de humedales que caracterizan al SPH se encuentran bien representados.



Figura 12.1: Ubicación de los ambientes relevados en las adyacencias de la localidad de Puan.

Características climáticas y balances hídricos

Las características climáticas y balances hídricos de las Unidades de humedales asociadas a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan se definieron a partir de los datos

registrados en la estación meteorológica del INTA Bordenave, ubicada a 20 km al sur del área de estudio.

La precipitación media anual del área para el periodo 1990-2022 es de 520,6 mm, registrándose máximos de 1184 mm en 1991 y mínimos de 403 mm en 2013 (Fig. 12.2). Las mayores precipitaciones medias mensuales para el mismo periodo ocurren entre diciembre y marzo con valores superiores a 80 mm, mientras que los meses menos lluviosos ocurren entre mayo y agosto (Fig. 12.3). El balance hídrico mensual para el periodo 1990-2022 muestra que la evapotranspiración real es mayor a la precipitación entre noviembre y enero, ocurriendo los excedentes hídricos entre julio y octubre (Fig. 12.4) cuando se saturan las reservas de agua del suelo.

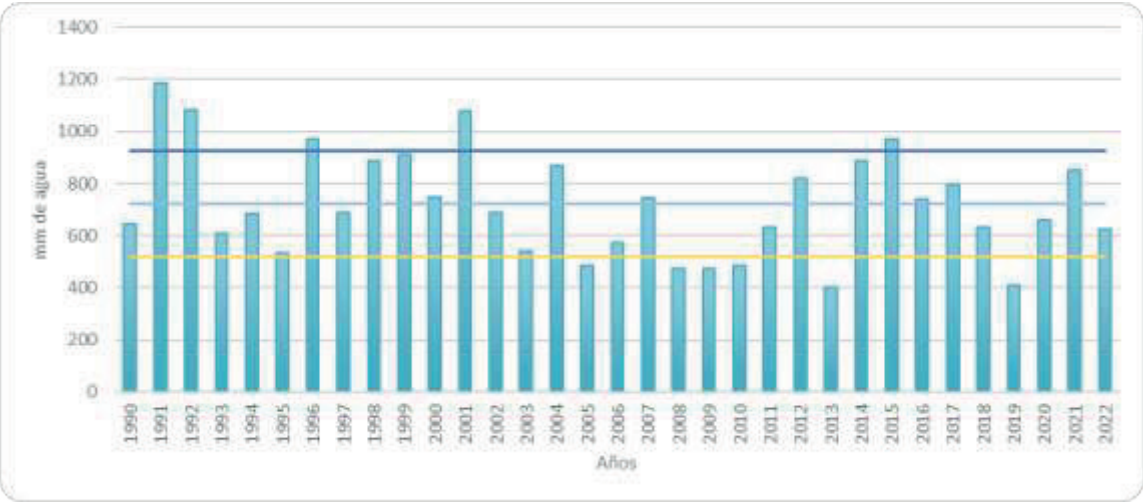


Figura 12.2: Precipitaciones anuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan. La línea celeste indica las precipitaciones medias, la línea azul el valor de la media + el desvío estándar, y la línea amarilla el valor de la media - el desvío estándar.

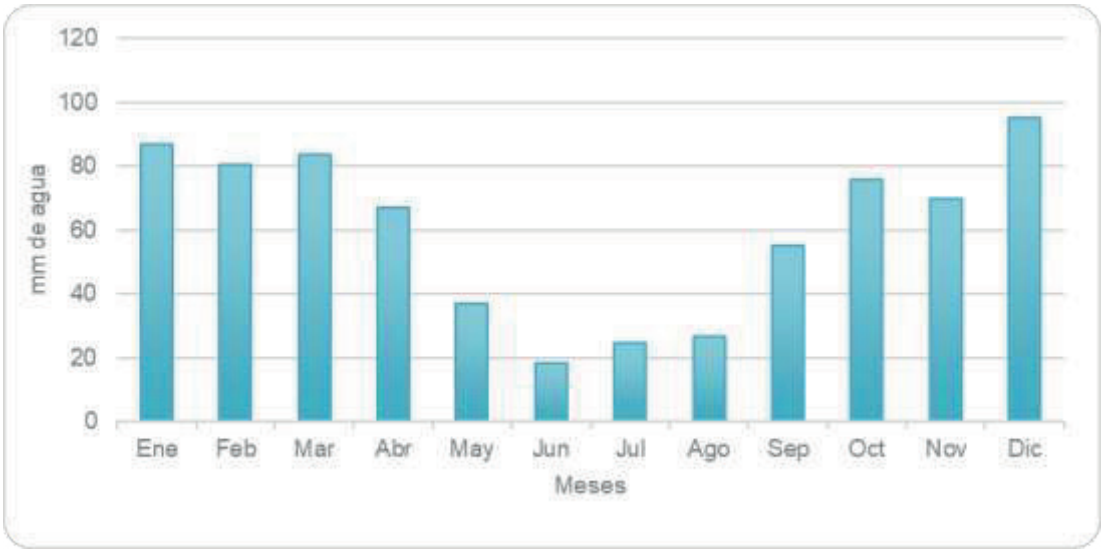


Figura 12.3: Precipitaciones medias mensuales para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.

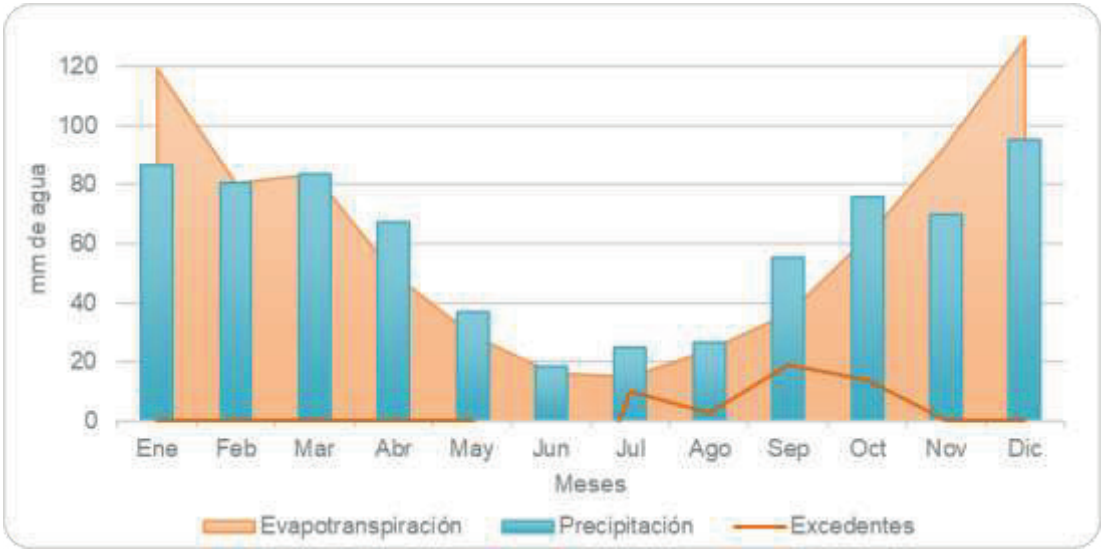


Figura 12.4: Balance hídrico mensual para el periodo 1990 – 2022 en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.

Este comportamiento promedio varía en los años secos y húmedos, observándose en los años secos que los excedentes hídricos son nulos (Fig. 12.5), mientras que en los años húmedos se registran excedentes hídricos en varios meses del año, principalmente en los de invierno (Fig. 12.6).

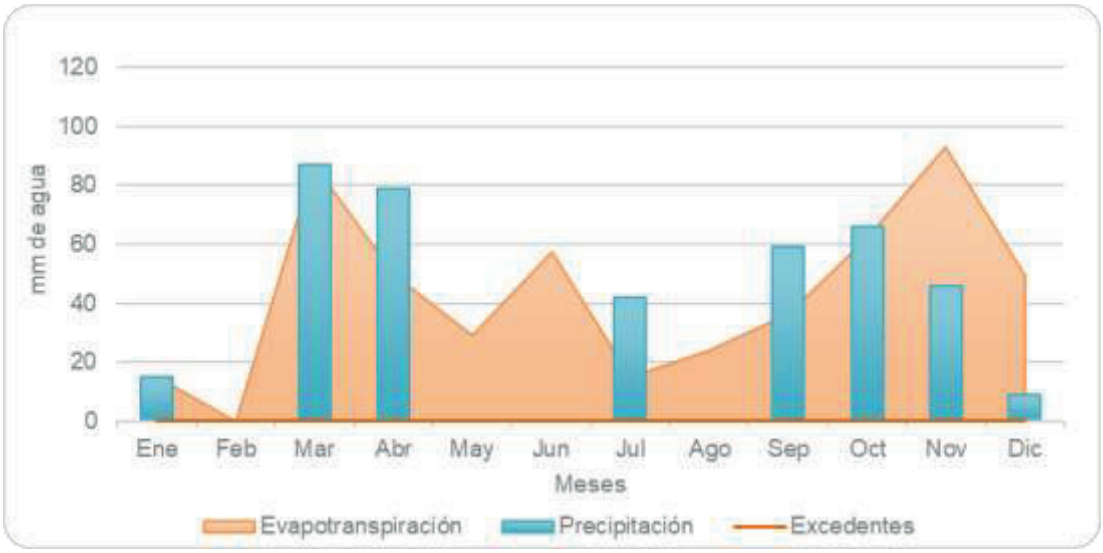


Figura 12.5: Balance hídrico mensual para el año 2013 (año seco con precipitaciones anuales por debajo de la media - desvío estándar) en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.

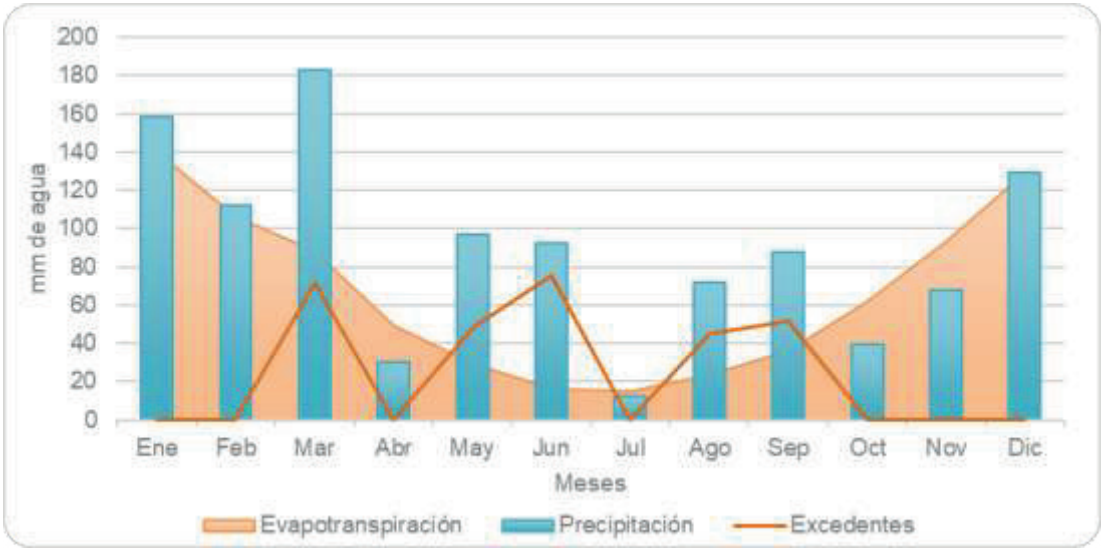


Figura 12.6: Balance hídrico mensual para el año 1992 (año húmedo con precipitaciones anuales cercana a la media + desvío estándar) en el área de humedales asociados a ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan.

Las variaciones en las precipitaciones, evapotranspiración real y excedentes hídricos se reflejan en cambios hidrológicos que se visualizan claramente al comparar imágenes satelitales de un año seco con un año húmedo (Fig. 12.7a y b respectivamente). En el año húmedo el excedente hídrico se traduce no solo en infiltración, sino también en la presencia de agua en superficie. Esto ocurre principalmente en las zonas de cubetas que alojan a las lagunas, observándose que muchas de ellas se conectan entre si. Nótese que,

en el periodo seco la laguna de Puan y la laguna de mayor tamaño situada al noroeste del área de estudio (laguna La Salada) permanecen con agua en superficie.

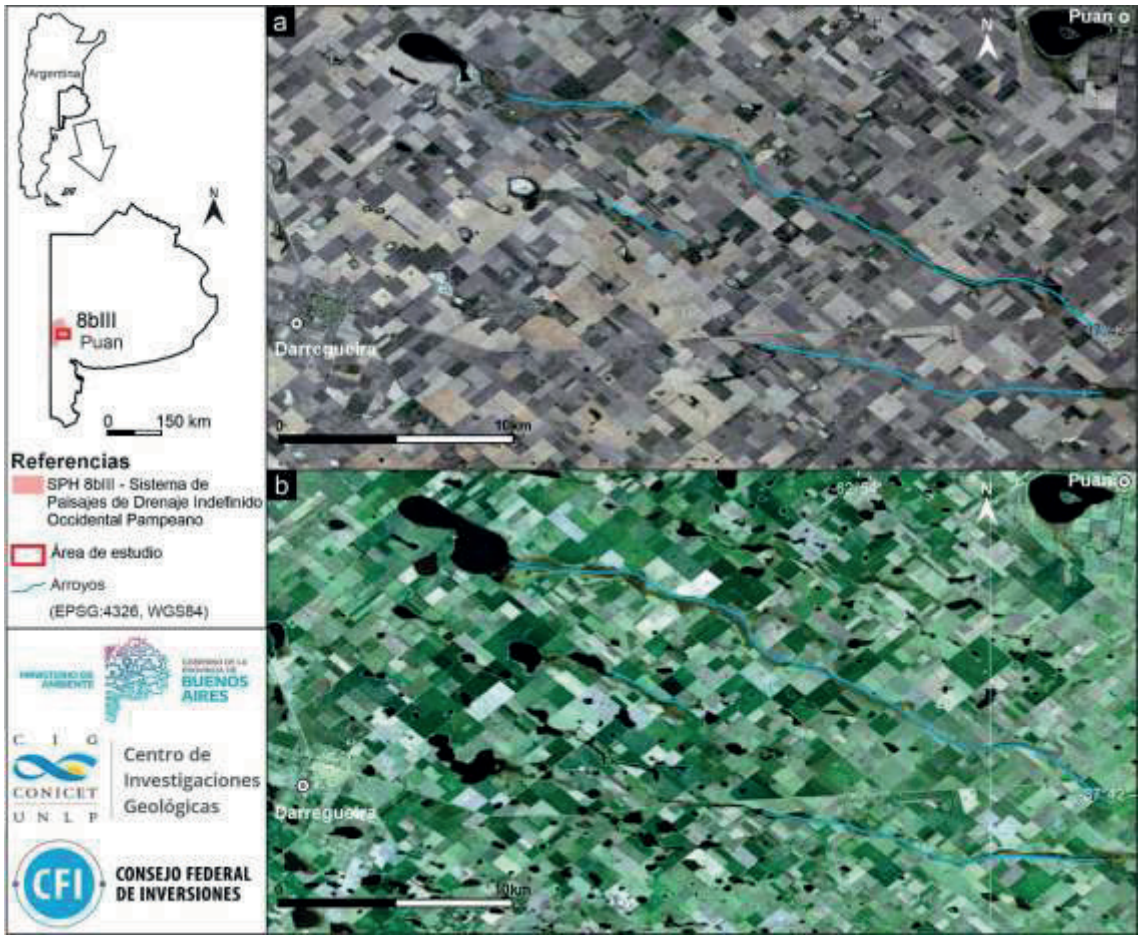


Figura 12.7: Imagen satelital del área de humedales próxima a la localidad de Puan en (a) un periodo seco (15/10/2014) y (b) un periodo húmedo (17/10/2015).

Relieve y Geomorfología

El área comprende una llanura loessica que presenta una suave pendiente hacia el noroeste, con alturas topográficas que disminuyen de valores cercanos a 260 m snm en el sector sudeste a valores cercanos a 170 m snm en el sector noroeste (Fig. 12.8). Esta llanura está compuesta principalmente por sedimentos limosos, reconociéndose a escala regional la presencia de mantos de tosca (calcretes). Sobre esta llanura se desarrollan numerosas depresiones o cubetas de deflación de morfología semi-circular, que alojan bajos inundables y cuerpos lagunares someros de distintas dimensiones (Fig. 12.9).

Asimismo, dentro de la llanura loessica y acompañando la pendiente regional del área se forman delgadas depresiones lineales que funcionan como estrechas planicies aluviales que alojan a pequeños arroyos y unen en ocasiones a sistemas lagunares (Fig. 12.8 y 12.9). Los cuerpos de lagunas que se encuentran dentro de estas planicies aluviales tienden a presentar morfologías alargadas paralelas a la pendiente del terreno.

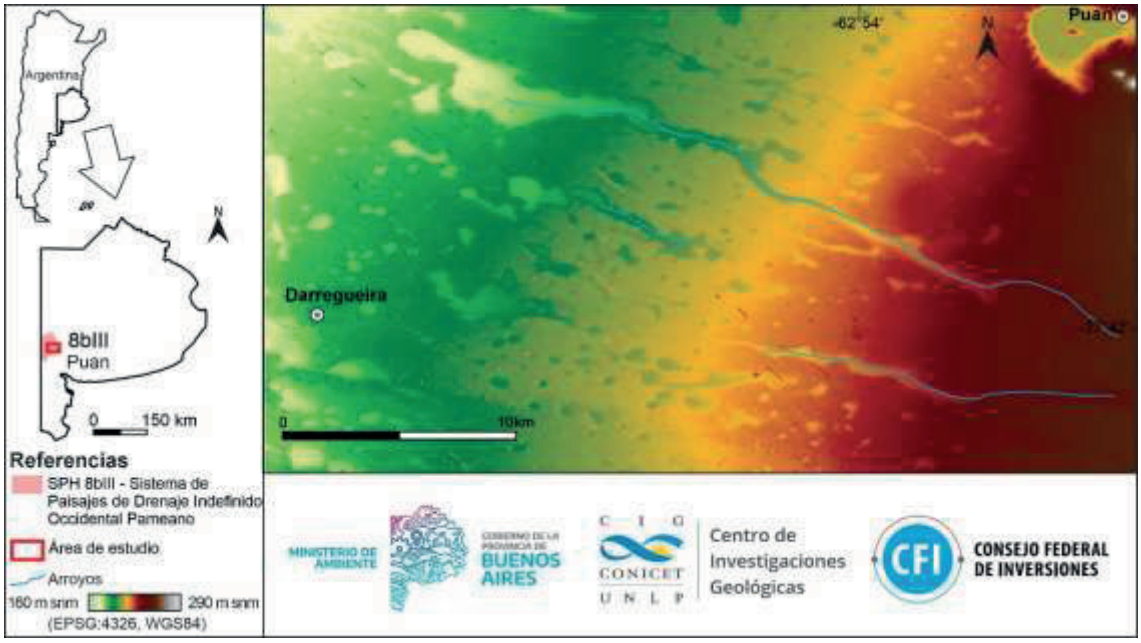


Figura 12.8: Modelo digital de elevación (MDE) para el área de humedales próxima a la localidad de Puan.

Particularmente la laguna de Puan ubicada en el noreste del área estudiada corresponde a otra génesis ya que se encuentra emplazada en un área deprimida asociada al extremo más occidental del Sistema Serrano de Ventania. El arroyo Pichincay, de carácter semipermanente, es su único afluente de importancia que descarga en la laguna el cual se origina a 8 km al sudeste en la base de los afloramientos del Sistema Serrano de Ventania. Esta laguna es más profunda que aquellas que se alojan en depresiones dentro de la llanura loessica, registrando en los estudios batimétricos una profundidad media cercana a 5 m (Zunino et al., 2018). Las costas son generalmente de barrancas bajas de tosca, reconociéndose también algunas costas planas de playa en donde hay juncales y

montes de tamariscos hundidos. Presenta en el centro una isla (relacionada genéticamente al Sistema Serrano de Ventania) la cual fue declarada Reserva Natural y Cultural de Usos Múltiples, y todo el entorno tiene un importante desarrollo turístico y pesquero, aunque este último ha disminuido notablemente en los últimos años.

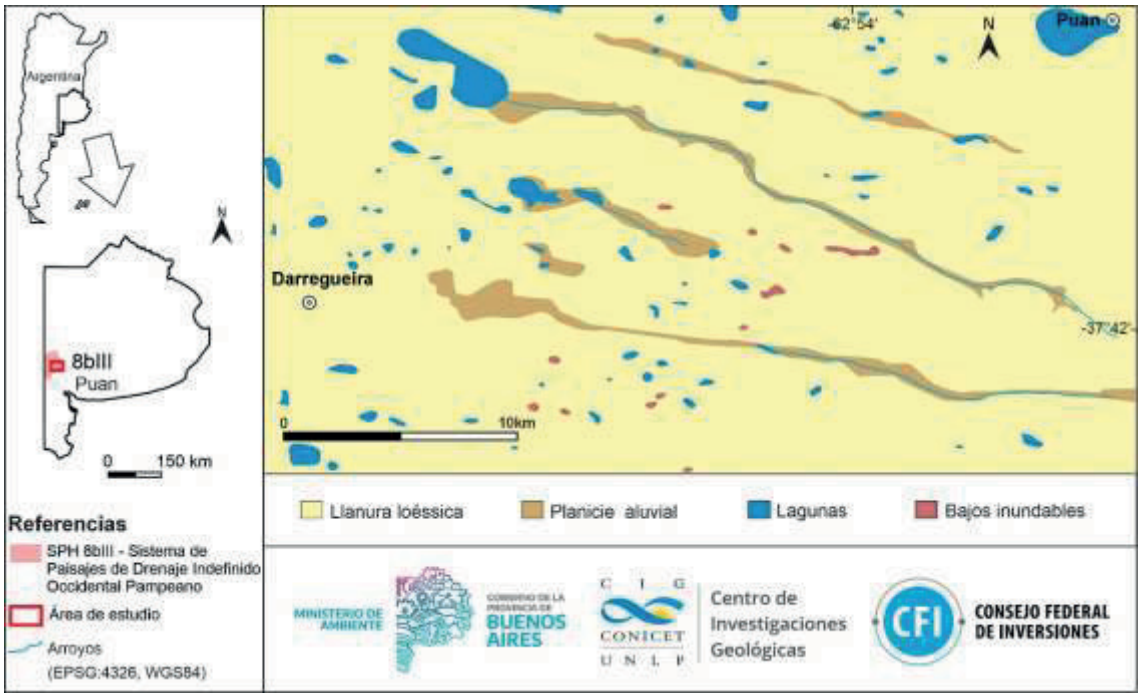


Figura 12.9: Mapa geomorfológico para el área de humedales próxima a la localidad de Puan.

Suelos

Los suelos del área corresponden al orden Molisol (Fig. 12.10), adquiriendo mayor desarrollo regional los de tipo Haplustol típico. Estos son suelos desarrollados sobre sedimentos loessicos que tienden a presentar capas calcáreas a partir de 1,5 m de profundidad, que tienen escurrimiento medio y permeabilidad moderada. Con un menor desarrollo areal se encuentran a los suelos Argiustol típico también desarrollados en sedimentos loessicos que se apoyan sobre una costra calcárea (tosca) de extensión regional. En ambos suelos domina la vegetación de pastizales pampeanos constituidos por cebadilla criolla (*Bromus unioloides*), paja voladora (*Panicum bergii*), flechilla negra

(*Piptochaetium napostaense*), romerillo blanco (*Baccharis artemisioides*), carqueja (*Baccharis trimera*), yerba de oveja (*Baccharis ulicina*), trébol (*Trifolium repens*), entre otros.

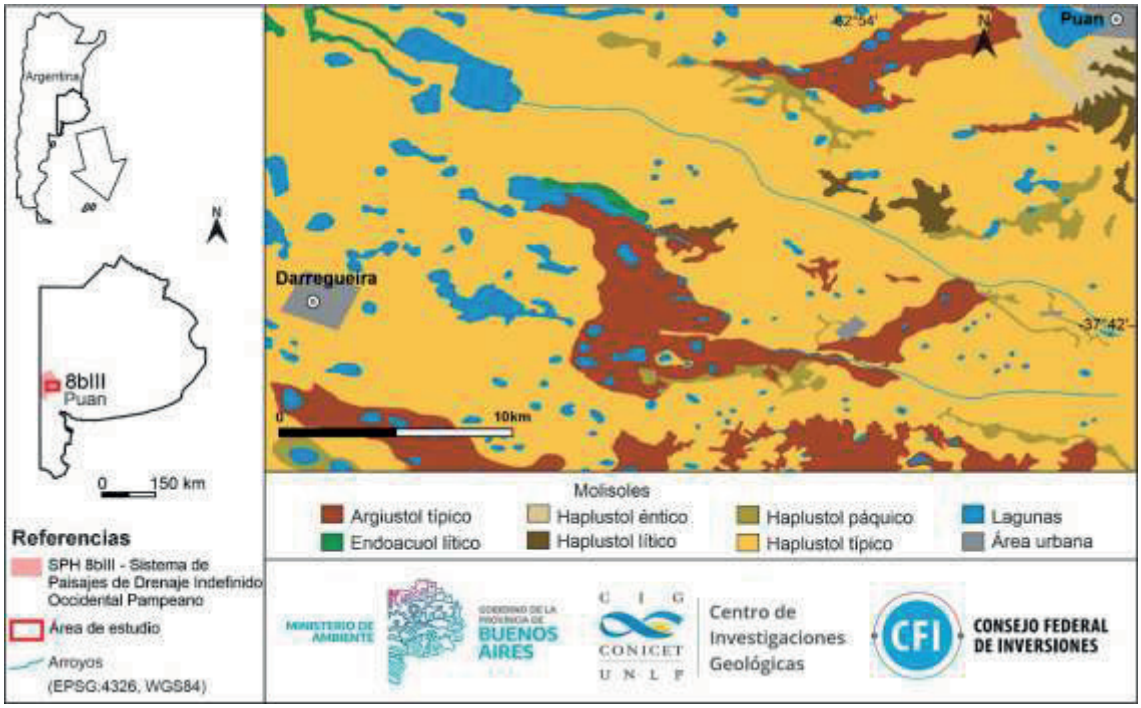


Figura 12.10: Mapa de suelos para el área de humedales próxima a la localidad de Puan.

En las planicies suavemente onduladas, con ligeras depresiones y ocupando los sitios de bajos se encuentran suelos de tipo Haplustol páquico, los cuales son suelos más arcillosos. En los relevamientos de campo pudo observarse que los suelos en los bordes de los cuerpos lagunares asociados a cubetas presentan rasgos hidromórficos tales como colores gley y moteados. Asociadas a suelos con escurrimientos intermitentes y aguas estancadas, se desarrollan comunidades vegetales dominadas por *Eleocharis macrostachya*, *Scyrpus californicus*, *Juncus acutus, Typha* sp. y *Cortaderia Selloana.*

En términos generales, la aptitud de los suelos ha sido definida como ganadera y agrícola en rotación (Campo et al., 2012). El sistema de producción actual es mixto, basado en una ganadería vacuna que se orienta desde la cría a invernada, según las diferentes

zonas. Por su parte en relación a los cultivos, el trigo y la cebada son los principales productos agrícolas del área, aunque también existen zonas cultivadas por ejemplo con maíz y soja.

Hidrodinámica e hidroquímica del agua superficial y subterránea

En este SPH se relevaron áreas en ambientes lagunares próximos a la localidad de Puan, en particular humedales asociados a depresiones (cubetas de deflación) en las que se alojan pequeños cuerpos lagunares y a pequeños cursos fluviales que se forman entre las cubetas (Fig. 12.11).



Figura 12.11: Ubicación de los sitios de muestreo en las adyacencias de la localidad de Puan.

Estas zonas deprimidas reciben los excedentes de las lluvias y la descarga de agua subterránea, registrándose niveles freáticos someros (entre 0,30 y 0,60 m de profundidad) en las márgenes de las lagunas y de los cursos superficiales. En las depresiones el agua se acumula superficialmente formando lagunas someras (menos de 1 m de profundidad) y/o esta drena por los cursos que las unen. La persistencia en el

tiempo y extensión de estas lagunas tiene una fuerte dependencia de las precipitaciones y del balance hídrico. En periodos de escasas precipitaciones la extensión de las lagunas se reduce llegando algunas a secarse, condición que pudo ser observada en las imágenes satelitales y en estudios antecedentes (González Uriarte et al., 2002; Zunino et al., 2018). No obstante, existen cubetas localizadas en sectores deprimidos que interceptan el nivel freático y permanecen, aunque reducidas, aun en los periodos de déficit hídrico, adquiriendo aquí importancia la descarga de agua subterránea. Estas zonas coinciden con los sectores de humedales en donde pudo observarse un nivel freático somero y la presencia de abundante vegetación acuática (p.e. junco y totora) dentro y en los bordes de las lagunas. La conductividad eléctrica del agua acumulada superficialmente en las cubetas relevadas en los trabajos de campo fue muy variable registrándose valores entre 1,17 y 48,50 mS/cm mientras que el pH fue en general levemente alcalino. Asimismo, la conductividad eléctrica del agua subterránea en las adyacencias de las lagunas fue también muy variable (entre 1,13 y 6,80 mS/cm) y el pH inferior al del agua superficial. En los ambientes de menor conductividad eléctrica el agua tiende a ser bicarbonatada sódica, y a medida que aumenta la conductividad eléctrica se observa una tendencia hacia facies cloruradas sódicas (Fig. 12.12). Los contenidos de nitratos varían entre 6,70 y 27,82 mg/L y los de fosfatos entre 0,187 y 2,526 mg/L, registrándose en una muestra de agua superficial de laguna valores de fosfato de 15,77 mg/L. Respecto de esto último, cabe aclarar que algunos cuerpos lagunares estaban cubiertos por plantas acuáticas de libre flotación tales como las lentejas de agua (*Lemma sp.*) o helechito de agua (*Azolla filiculoides*), lo que podría estar indicando junto con los altos contenidos de fosfatos procesos de eutrofización.

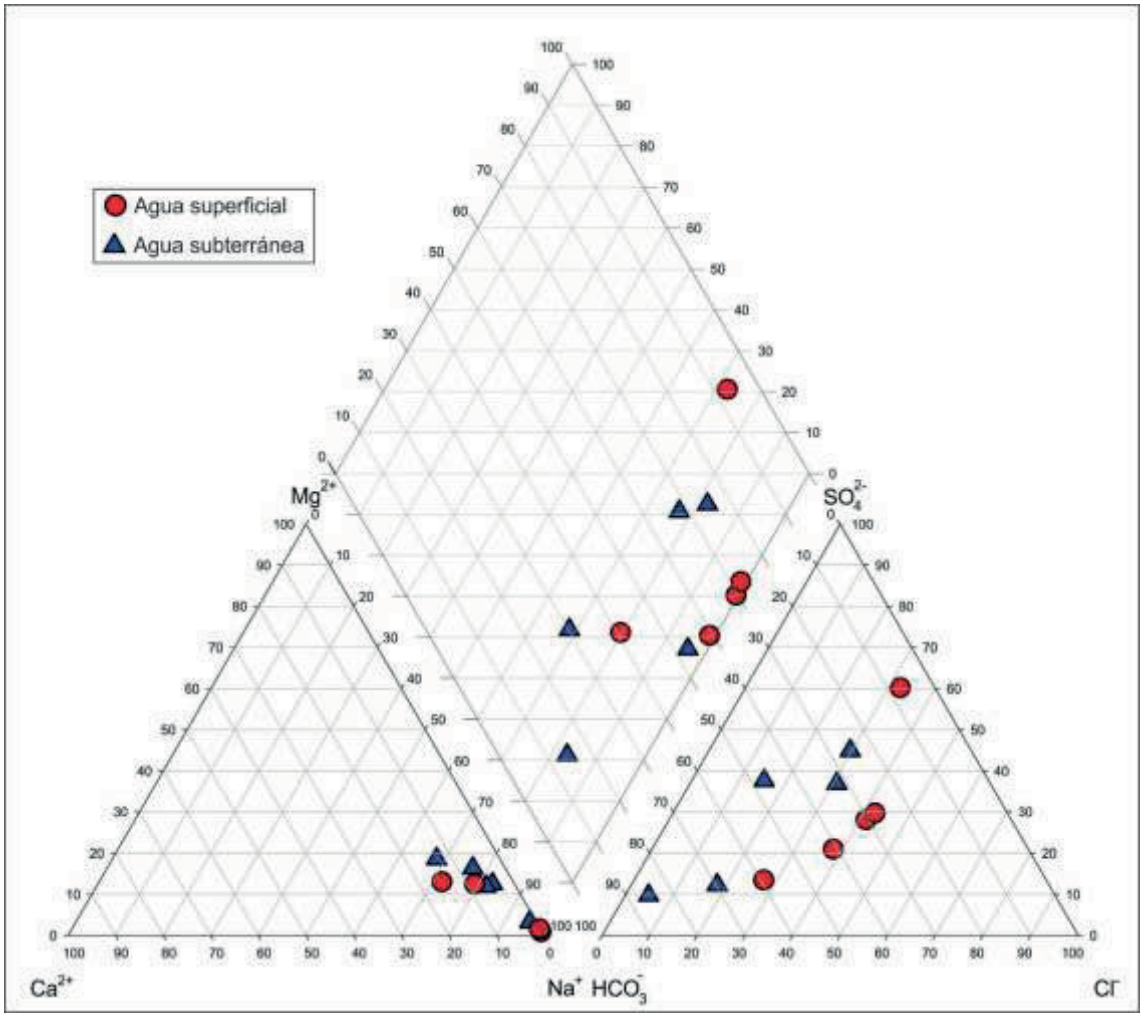


Figura 12.12: Diagrama de Piper mostrando la composición porcentual de iones mayoritarios y facies hidroquímicas para muestras de agua superficial y subterránea en el área próxima a la localidad de Puan.

Por su parte, la laguna de Puan constituye un ambiente antropizado que recibe agua desde un arroyo y desde canales de drenaje, y en la cual el nivel de agua es regulado por sistemas hidráulicos. La conductividad eléctrica medida en varios puntos presentó valores cercanos a 10 mS/cm y el pH fue alcalino (próximo a 10). El agua subterránea somera registró conductividades eléctricas entre 1,45 y 4,28 mS/cm y pH ligeramente inferiores (cercano a 8) a los de la laguna. La muestra de la laguna analizada químicamente presenta composiciones bicarbonatadas-cloruradas sódicas (Fig. 12.12) con contenidos de nitratos de 20,67 mg/L y de fosfatos de 4,742 mg/L. Por su parte, en las muestras de agua subterránea extraídas de las márgenes la composición mayoritaria

es bicarbonatada sódica (Fig. 12.12), los nitratos varían entre 16,46 y 27,05 mg/L y los de fosfatos entre 0,897 y 1,971 mg/L.

El siguiente esquema conceptual (Fig. 12.13) resume el funcionamiento hidrogeomorfológico descripto previamente para los ambientes de lagunas alojados en cubetas (depresiones) que caracterizan a este SPH.

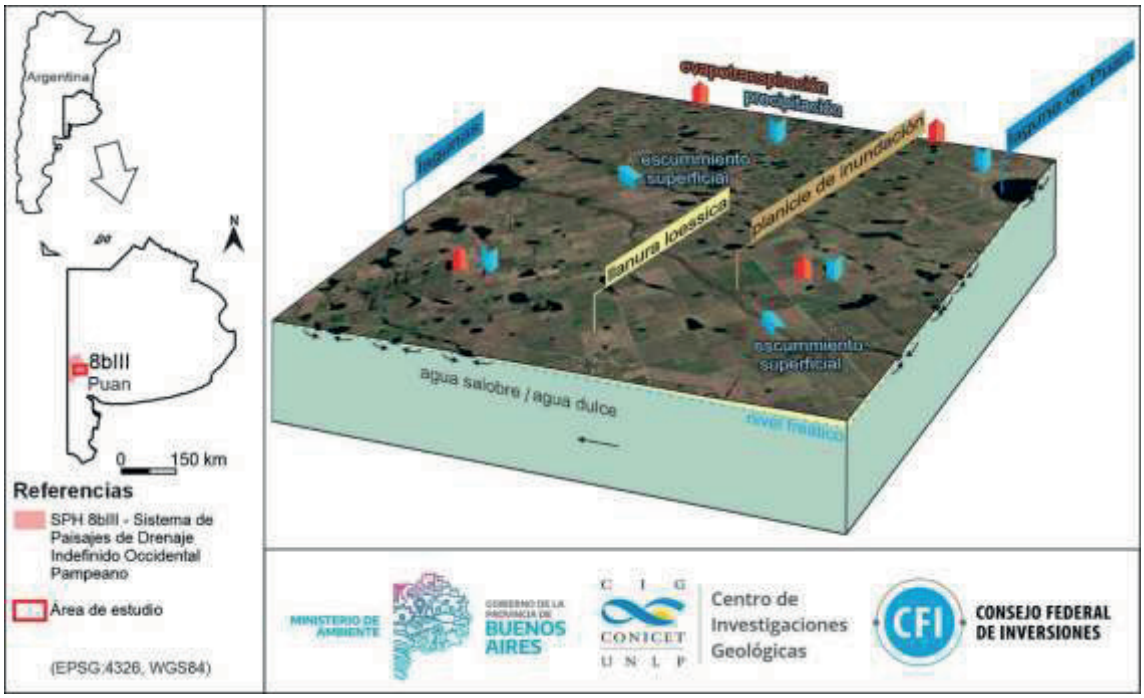


Figura 12.13: Esquema conceptual de funcionamiento hidrogeomorfológico para el Sistema de Paisajes de Humedales correspondiente a Sistema de Paisajes de Drenaje Indefinido Occidental Pampeano para el área de la localidad de Puan.

Ambientes hidrogeomorfológicos y zonas de humedales

Dentro del Sistema de Paisajes de Drenaje Indefinido Occidental Pampeano los principales ambientes hidrogeomorfológicos lo constituyen la llanura loessica, las depresiones (o cubetas) y las áreas de planicie de inundación. La llanura loessica constituye un ambiente hidrogeomorfológico en donde ocurre tanto el escurrimiento superficial no encauzado como la infiltración de las precipitaciones. La moderada a baja permeabilidad de los sedimentos que la componen y la pendiente del área hace que el

agua de las lluvias escurra lentamente hacia zonas deprimidas y arroyos, así como también que pueda infiltrar en los suelos, recargando al agua subterránea freática cuando se saturan las reservas de agua del suelo. En las zonas de depresiones circulares a subcirculares se acumula el agua de lluvia en forma de una lámina de agua superficial somera, dando lugar a la formación de pequeñas lagunas y zonas de humedales. Asimismo, algunas depresiones interceptan al nivel freático que se encuentra a escasa profundidad y reciben también la descarga de agua subterránea. Estas depresiones dependen fuertemente de las precipitaciones y de la existencia de excedentes en el balance hídrico. Esto se debe a que en periodos de déficit hídrico no sólo los aportes del escurrimiento superficial del agua de lluvia son escasos, sino a que también existe una profundización del nivel freático. La profundización del nivel freático determina que en periodos de déficit hídrico solo las depresiones más profundas puedan interceptarlo y permanezcan sustentadas con agua de la descarga subterránea cuando las precipitaciones son escasas.

Por su parte, los ambientes hidrogeomorfológicos asociados a las planicies de inundación desempeñan un rol de relevancia en lo que refiere a la conectividad hidrodinámica de las lagunas. Los cursos de los arroyos interceptan a las lagunas y generan vías de conexión hidrológica entre ellas las cuales se activan principalmente en los periodos de mayores precipitaciones y presencia de excedentes hídricos en los que las planicies de inundación se encuentran con agua en superficie. Estas líneas de drenaje constituyen ambientes de humedales fluviales que también son sustentados por aportes desde la descarga del agua subterránea. Tanto en las lagunas como en los arroyos se observó durante los relevamientos de campo abundante vegetación acuática e hidrófila,

así como la presencia de aves, principalmente patos, cisnes y flamencos. En la figura 12.14 se muestran fotografías de los distintos ambientes relevados dentro del Sistema de Paisajes de Humedales estudiado.



Figura 12.14: Fotografías mostrando (a) Laguna de Puan en donde puede observarse la isla central. (b), (c) y (d) Presencia de aves en humedales lagunares asociados a cubetas de deflación. (e) Arroyos entre cubetas de deflación con uso del suelo ganadero. (f) y (g) Lagunas someras y nivel freáticos en bordes de lagunas.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio efectuado permitió la identificación y caracterización hidrogeomorfológica de diferentes tipologías de unidades de humedales presentes en distintos Sistemas de Paisajes de Humedales de la provincia de Buenos Aires. En cada Sistema de Paisajes estudiado se seleccionaron zonas representativas de las características ambientales aspirando a que la información generada aporte insumos hidrogeomorfológicos para avanzar con el Inventario de Humedales de la provincia a Nivel 3.

Los resultados obtenidos se apoyaron en información antecedente y en nueva información generada mediante el análisis de datos hidrológicos, geomorfológicos, de suelos y climáticos, así como también en relevamientos de campo. Respecto a estos últimos, cabe aclarar que los mismos se efectuaron en la mayoría de las áreas sólo en un momento del año hidrológico, lo cual puede sesgar de alguna manera la información generada. No obstante, a modo de minimizar este posible sesgo, se efectuaron en aquellas zonas de mayor contraste hidrológico estacional relevamientos en dos momentos (uno que frecuentemente presenta excedentes hídricos y otro de déficit hídrico). En las zonas en que esto no fue realizado se buscó minimizar este sesgo a partir del análisis de imágenes satelitales en distintos periodos o información antecedente.

La información generada para cada área relevada se sintetizó en esquemas del funcionamiento hidrogeomorfológico en donde se muestran las principales geoformas y su relación con los flujos de agua. Asimismo, se generaron fichas de reconocimiento de campo donde se resumen las características ambientales de las principales geoformas reconocidas. Dichos esquemas y fichas, si bien son propios de las áreas relevadas, son también representativos de los ambientes dominantes dentro del Sistema de Paisajes de

Humedales en que se encuadran. No obstante, es importante indicar que pueden existir particularidades hidrogeomorfológicas que no han podido ser abordadas en este estudio.

En base a los expuesto, la información base generada aporta insumos hidrogeomorfológicos de utilidad para delimitar y caracterizar no sólo a los humedales sino también los ambientes asociados a estos. En consecuencia, esta información permite avanzar en el Inventario de Humedales de la provincia a escalas de mayor detalle, como aquellas definidas para el Nivel 3.

BIBLIOGRAFÍA

General

APHA (American Public Health Association). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Cartas de suelos de la República Argentina. http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/

Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. 2019. Inventario de Humedales de la Provincia de Buenos Aires. Nivel 2: Sistemas de Paisajes de Humedales. Susana Mulvany, Marcos Canciani, Mariano Pérez Safontas, Mariana Tangorra, Elena Sahade y Tamara Sanchez Actis. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

Piper, A. M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. American Geophysical Union Transactions, 25, 914–928.

Thornthwaite, C., Mather, J. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publ. Climatol., 10 185–311.

Específica de cada SPH

Ver anexo II.