Inventario de Humedales de la
»Cuenca Matanza Riachuelo

CONICET
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Argentina
MINISTERIO DE AMBIENTE
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
Universidad Nacional de San Martín
IIIA CONICET UNSAM

PRÓLOGO ACUMAR

En 2019 asumimos la gestión de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo con el compromiso de abordar de modo integral las problemáticas socioambientales que atraviesan el territorio de la Cuenca. La puesta en valor de un organismo como ACUMAR, respecto de su capacidad de intervención territorial con perspectiva ambiental, su rol articulador e interjurisdiccional para la planificación de políticas públicas y su perfil tecno científico para nutrir las decisiones en torno al diseño de políticas integrales con visión de cuenca, motorizaron, entre otras tareas, el Inventario que hoy presentamos.

Hoy podemos decir que ingresamos en una nueva etapa del saneamiento y la recomposición ambiental de la Cuenca Matanza Riachuelo. En ese marco, el despliegue y consolidación de las políticas institucionales que venimos llevando adelante vinculadas a la producción de conocimiento científico en conjunto con instituciones especializadas, universidades y grupos de investigación nos permiten dar cuenta de un bagaje de saberes sistematizados, medidos y publicados en torno a la cuenca, sin precedentes.

Creemos que este esfuerzo mancomunado nos retribuye con el desarrollo de materiales y herramientas que son fundamentales para lograr un proceso de toma de decisiones con información certera, rigurosa y accesible que puede y debe impulsar, orientar nuevas y mejores políticas de estado: integrales, interjurisdiccionales y con participación social.

Este documento surge del trabajo de investigación y desarrollo realizado entre el 2019 y el 2023 a través de convenios entre ACUMAR y el CONICET, posee a su vez, un marco institucional aún más amplio, que involucra a los gobiernos de la Provincia de Buenos Aires y los municipios, de manera interjurisdiccional y mancomunada en materia de inventarios de humedales. Esa capacidad de articulación que este inventario expresa, pone también de manifiesto la voluntad que tenemos de fortalecer y transversalizar la política pública ambiental.

Esta publicación contribuye a difundir el estado actual de la distribución geográfica, tipificación y caracterización de los humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo. Nos invita a conocer aspectos novedosos de sus paisajes, adentrarnos en su compleja dinámica en relación al agua y a reconocer la importancia de la conservación y uso sostenible de los humedales en la recomposición ambiental y la calidad de vida de las y los habitantes.

Esperamos que este documento sea una herramienta de consulta para municipios, docentes, naturalistas, ambientalistas y público en general. Una publicación que contribuya a conocer nuestros ecosistemas y valorar los servicios ecosistémicos que proveen, reconociendo la importancia que reviste su cuidado para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones. Su contenido nos interpela e invita a repensarnos en el territorio que habitamos, nos invita a pensar y accionar con visión de cuenca.

Martín Sabbatella
Presidente de ACUMAR

PRÓLOGO CONICET

Los humedales constituyen ecosistemas de mucho valor, debido a la inmensa riqueza natural que albergan y el impacto positivo que implican para el ambiente. En el transcurso de los años, los humedales han sido afectados por la acción antrópica por diversas causas, tales como cambios en el uso del suelo, alteración de su régimen hidrológico, actividades extractivas de sus recursos y contaminación de diversas fuentes, además de los efectos del cambio climático. El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) destaca, atendiendo a esta problemática, la importancia de contar con un sistema científico tecnológico nacional que se ocupe de salvaguardar y cuidar el ambiente. Por ello, este libro, fruto de la vinculación tecnológica entre el Consejo y la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR), releva información acerca de los humedales de la cuenca Matanza-Riachuelo, cuenta las principales afectaciones a su funcionamiento y brinda un diagnóstico de su estado actual; a los fines de promover iniciativas de preservación y estrategias de manejo más sustentables.

Desde el 2019, estos organismos públicos trabajan juntos en la generación de herramientas técnicas que, a partir del relevamiento de los humedales de la Cuenca, permitan sustentar decisiones del manejo de estos ecosistemas y del ordenamiento ambiental de su territorio. El principal objetivo de la articulación es aportar al proceso de Inventario Nacional de Humedales (Nivel 4) liderado por el MAyDS en el marco de lo establecido por la Ley General del Ambiente (25675) y la Convención sobre los Humedales (Ley 23919 y modif.).

Este proyecto nos invita a reflexionar sobre el rol fundamental que juega el conocimiento científico y tecnológico en la protección y conservación de nuestro ambiente. El CONICET, como principal institución de ciencia y tecnología del país, se propone dar respuesta a las necesidades de la sociedad poniendo a disposición, para ello, el conocimiento y capacidad de sus investigadoras e investigadores. Es a través de la investigación, la innovación y la implementación de estrategias sostenibles que podremos garantizar un futuro próspero para las generaciones venideras. En ese sentido, la Gerencia de Vinculación Tecnológica del CONICET tiene como principal desafío y objetivo abordar la complejidad de estudios y proyectos como éste, que pongan a disposición de los organismos de gestión toda la información necesaria y relevante para abordar las problemáticas ambientales existentes y establecer objetivos de mejora con mayor claridad. Asimismo, la difusión y la comunicación de estas iniciativas es esencial para concientizar a la sociedad en su conjunto y para promover la colaboración y el diálogo entre científicos, comunidades locales y todos aquellos interesados en construir un futuro más sustentable, reconociendo y valorando el trabajo de aquellos que día a día se dedican a entender y cuidar nuestro legado natural.

Ana Franchi
Presidenta de CONICET

PRÓLOGO MAyDS

Los humedales desarrollan funciones ecosistémicas que contribuyen a la disponibilidad de agua, la provisión de recursos naturales y la protección frente a inundaciones, sequías y tormentas, siendo por lo tanto fundamentales para el bienestar de las personas, la conservación de la diversidad biológica y la adaptación al cambio climático. El reconocimiento de la importancia que tienen estos ecosistemas es un hecho relativamente reciente. Hasta no hace mucho eran considerados tierras marginales por su escaso interés para las actividades productivas tradicionales, siendo muchas veces transformados en ambientes terrestres, perdiéndose las funciones que desarrollan y los beneficios que brindan.

Desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS) se impulsan medidas y acciones para promover la conservación y el uso sostenible de los humedales en el marco de la aplicación de la Convención sobre los Humedales y la Ley General del Ambiente. En el año 2021 se creó el Programa de Humedales por Resolución ministerial Nº 80, el cual tiene entre sus elementos clave la construcción federal de políticas para la conservación de estos ecosistemas, la articulación y sinergia con otros actores involucrados y el fortalecimiento de las capacidades de las áreas vinculadas con la gestión ambiental.

Es importante destacar que disponer de información adecuada es fundamental para poder llevar adelante políticas públicas. Una de las principales herramientas en este sentido son los inventarios de humedales, en la medida que brindan información sobre la distribución espacial y tipos de humedales presentes en el territorio.

Para atender a estas necesidades, el MAyDS impulsa y coordina el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales en articulación con organismos de gestión, académicos y de conservación, con el fin de contar con información sobre la gran abundancia y diversidad de humedales que se distribuyen a lo largo y ancho de nuestro territorio.

El Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo, producto del trabajo articulado entre ACUMAR, CONICET, el Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires y el MAyDS, permitirá contar con mejores herramientas e información para la conservación de estos ecosistemas y el mantenimiento de los beneficios que brindan a las personas.

Beatriz Domingorena
Secretaria de Política Ambiental en Recursos Naturales
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PROLOGO MINISTERIO DE AMBIENTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La cuestión ambiental está en el centro de la agenda de los principales organismos internacionales, donde se vienen discutiendo estrategias globalizadas para afrontar la creciente crisis climática. En el marco de esa agenda global, desde la Provincia de Buenos Aires, gracias a la decisión histórica del gobernador Axel Kicillof de crear el primer Ministerio de Ambiente de la historia, venimos llevando adelante políticas públicas para abordar las problemáticas ambientales estructurales, pero también urgentes de nuestro territorio.

El cuidado de nuestros bienes comunes naturales y la gestión ambiental del territorio son dos ejes centrales para adaptarse y mitigar el cambio climático. Alrededor del 30% del territorio bonaerense está compuesto por humedales o paisajes donde los humedales son dominantes. Son ecosistemas fundamentales para la vida, por los servicios ecosistémicos que brindan y porque son el espacio donde muchas comunidades viven y producen. No están escindidos de la realidad social. Cuando desde el desconocimiento o el oportunismo extractivista se avanza sobre ellos, se pone en riesgo las reservas de agua, la biodiversidad y la vida de las comunidades. Aparecen problemáticas aún más difíciles de gestionar, como la crisis hídrica, las sequías que afectan la producción de alimentos, el aumento de las temperaturas o las inundaciones en los barrios.

Desde el Ministerio de Ambiente de la Provincia, partiendo de la filosofía del Ambientalismo Popular, entendemos que poner en riesgo los humedales, no solo afecta la calidad del ambiente, sino que atenta contra el artículo 41 de nuestra Constitución nacional y el artículo 28 de la Constitución provincial, a acceder y gozar de un ambiente sano, así como a tener garantizada la conservación del patrimonio natural. Avanzar sobre los humedales, no solo va a generar consecuencias ambientales graves, sino que pone en detrimento las condiciones de vida de las y los bonaerenses, principalmente de aquellos y aquellas que se encuentran en una mayor situación de vulnerabilidad social.

Por eso, creamos el Programa Ministerial de Humedales, la primera política integral de la Provincia de Buenos Aires para proteger y gestionar los humedales de manera sustentable. Está dividido en siete ejes para su abordaje, siendo el primero y más fundamental el del conocimiento del territorio. Para avanzar hacia el ordenamiento ambiental, resulta imprescindible contar con información científica y precisa, herramientas para identificar, caracterizar y clasificar los humedales, conocer el estado de conservación y también el modo en que las comunidades que viven en esos espacios interactúan con el entorno y qué actividades realizan. En ese marco, venimos trabajando en la elaboración del Inventario provincial de Humedales para incorporarlo a los esquemas de toma de decisión del Estado y aportar al proceso del Inventario Nacional de Humedales (Nivel 4) que está realizando el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación junto a las provincias.

Celebramos profundamente la publicación de este Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo, que desarrollamos en articulación con el CONICET y ACUMAR. Significa un enorme avance en el conocimiento de los aspectos cualitativos, el funcionamiento y las características del ecosistema, y sin dudas, será un insumo fundamental para el desarrollo de políticas públicas que resguarden el ambiente y los derechos de las y los bonaerenses.

Daniela Vilar
Ministra de Ambiente

Marco técnico e institucional

El Inventario Nacional de Humedales (INH) es un proceso que tiene un carácter innovador y complejo, tanto por sus aspectos técnicos, que incluyen enfoques específicos para abordar la configuración de los humedales, en varias escalas espaciales, para todo el territorio nacional y tipos de humedales; como por los institucionales, que involucran múltiples organismos y actores en su conocimiento y gestión ambiental.

El INH se lleva adelante con la coordinación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) y participación de las provincias a través de la suscripción de Convenios de Colaboración Técnica. Estos acuerdos establecen los mecanismos de cooperación para la realización de los inventarios de humedales en territorio de las respectivas provincias, en el marco del proceso para el desarrollo del INH. El MAyDS ha suscripto Convenios con la Autoridad de la Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) en el año 2021 y con la provincia de Buenos Aires en 2022 que lleva adelante el Inventario Provincial de Humedales, entre otros. En el mismo sentido la provincia de Buenos Aires ha firmado Convenio con ACUMAR en 2023.

La Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos del MAyDS elaboró el Documento Marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina (https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento_marco_inh_final.pdf) como parte de las acciones del Programa de Humedales (Resolución MAyDS 80/2021). Este documento, basado en la experiencia y avances consolidados a lo largo de años de trabajo e intercambios con especialistas, organismos de gestión, académicos y de conservación, establece la base conceptual y lineamientos metodológicos generales para el desarrollo de los proyectos de inventario de humedales que se integran en el proceso de INH.

La provincia de Buenos Aires es la primera jurisdicción de la República Argentina, hasta la fecha, que ha avanzado con recursos técnicos y profesionales propios en la realización del nivel 2 del INH de inventario de “Sistema de Paisajes de Humedales” que comprende la totalidad del territorio provincial publicado en el primer informe de avance del Inventario Provincial de Humedales de la Provincia de Buenos Aires (IPH PBA) (2019). El IPH PBA se concibe como un proceso continuo y dinámico y es abordado desde la Dirección Provincial de Ordenamiento Ambiental del Territorio y Bienes Comunes.

Con el objetivo de fortalecer las capacidades del poder ejecutivo provincial en materia de conservación y uso sostenible de los ecosistemas de humedales en la Provincia de Buenos Aires y dar un marco institucional al trabajo del Ministerio de Ambiente en la materia, en febrero de 2023 se creó el Programa Provincial de Humedales (Resolución 25/2023), que cuenta con seis ejes estratégicos, entre ellos el de Conocimiento. Desde este último se trabaja en la adecuación metodológica del INH a las particularidades del territorio bonaerense, en la generación y adecuación de información que permita avanzar en el inventario y caracterización de los humedales bonaerenses a nivel 3, como así también en articular las propuestas de inventario como la correspondiente a la Cuenca Matanza Riachuelo, para que contribuyan de manera positiva a la incorporación de estos ecosistemas a la gestión, la planificación y el ordenamiento del territorio desde una perspectiva ambiental.

La Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) desde el inicio de su gestión ha reconocido la relevancia de los humedales para la recomposición ambiental de la cuenca a partir de la visión integral del territorio. Esta visión se encuentra plasmada en el "Plan Integral de Saneamiento Ambiental" (PISA), en particular en la línea de acción 4 "Ordenamiento Ambiental del Territorio" que establece los lineamientos estratégicos para el ordenamiento ambiental de la Cuenca (PISA 2010) que fueron actualizados posteriormente (PISA 2016).

Con la creación del "Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Ambiental Territorial de la Cuenca Matanza Riachuelo" (SIOAT-cmr) mediante Resolución N° 359/2017, ACUMAR cuenta con una plataforma que vincula de manera sistemática las diferentes capas temáticas georreferenciadas generadas por las distintas áreas técnicas del organismo bajo un enfoque sistémico.

Con el objeto de fortalecer el SIOAT-cmr como herramienta para la toma de decisión y gestión ambiental así como de profundizar el conocimiento del medio biofísico de la Cuenca, ACUMAR decide encarar la elaboración del "Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo" (IH CMR) de nivel 3, Unidades de Paisaje de humedales y nivel 4, Unidades de humedal. Para el logro de este objetivo ha sido fundamental contar con los avances alcanzados por las jurisdicciones nacional y provincial en la elaboración de los inventarios de humedales de nivel 1, Regiones de Humedales (INH) y de nivel 2, Sistemas de Paisajes de Humedales de la provincia de Buenos Aires (IH PBA), respectivamente, así como la vasta información generada de manera sostenida en el propio ACUMAR desde su creación.

La transferencia de conocimiento científico para su aplicación a la gestión pública ha sido alcanzada a través de dos Convenios de Investigación y Desarrollo entre la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), contando con el respaldo académico de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) a través del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (IIIA) de doble pertenencia (UNSAM-CONICET).

Al interior de ACUMAR, el IH CMR se encuentra bajo la órbita de la Dirección de Ordenamiento Territorial y se concibe desde dos aristas complementarias. Por un lado, como un producto cuya base de datos integra el sistema de información georreferenciada como herramienta para el ordenamiento ambiental. Por otra parte, como un proceso vinculado a su actualización así como por las múltiples posibilidades que brinda su análisis en relación a las series periódicas de datos que genera ACUMAR, en particular la hidrológica y la de calidad ambiental, dado la relevancia que revisten para la gestión y recomposición ambiental de la Cuenca.

ALCANCES DE LOS PROYECTOS DE INVENTARIO DE HUMEDALES

Los productos del inventario de humedales como insumos de información técnica

El objetivo del INH es generar información sobre la distribución espacial de los humedales como insumo para el ordenamiento ambiental del territorio y la gestión ambiental de estos ecosistemas. Si bien la finalidad de los proyectos de inventario es contribuir a la toma de decisiones referidas a la gestión ambiental del territorio tomando en consideración a los humedales, es importante diferenciar los productos de los inventarios (mapas sobre paisajes

y unidades de humedales, fichas de caracterización, informes técnicos) de las decisiones e instrumentos de gestión en sí mismos (que generalmente se plasman en actos regulatorios sobre el ordenamiento territorial, la designación y manejo de áreas protegidas, las regulaciones sobre actividades productivas, la definición de procedimientos administrativos etc.). Las decisiones de gestión ambiental son tomadas por las autoridades competentes, mientras que las fuentes de información para poder tomar esas decisiones incluyen los resultados de los inventarios junto con otros datos, conocimientos e informaciones sobre las dimensiones físicas, biológicas y socioculturales del territorio, el contexto y los aportes de otros actores locales.

- **El proceso del Inventario Nacional de Humedales es progresivo**

La complejidad, diversidad y variabilidad de los humedales conllevan desafíos técnicos para el desarrollo del INH, que son abordados en la base conceptual y lineamientos metodológicos plasmados en el Documento Marco del INH. Estos lineamientos son susceptibles de ajustes a fin de incorporar los aprendizajes y experiencias logrados a partir de los proyectos de inventario ejecutados, avances respecto de la información de base necesaria para el inventario (identificación de plantas hidrófitas y suelos hídricos, por ejemplo), desarrollos tecnológicos vinculados a la teledetección y sistemas de información, y los acuerdos metodológicos entre especialistas y actores involucrados de diferentes organismos y regiones. Por lo anterior, el desarrollo de inventarios de humedales implica un proceso progresivo que se va profundizando a medida que se consolida su marco técnico. En este sentido, en caso de ser necesario los resultados de los proyectos podrán ser profundizados, revisados y actualizados.

- **Los resultados de los proyectos de inventario deben interpretarse a la luz de sus objetivos y características particulares**

Los proyectos de inventario de humedales se desarrollan en el marco de sus objetivos específicos, las escalas espaciales y temporales, la extensión del área de trabajo, así como información antecedente disponible. Es importante señalar que, si bien los resultados de estos trabajos constituyen un importante aporte para el conocimiento de los humedales, en muchos casos la gestión local necesitará datos e información más detallada para poder enfocar adecuadamente cuestiones específicas que no son abordadas por los proyectos.

RESULTADOS ALCANZADOS, AVANCES Y DESAFÍOS

La Cuenca Matanza Riachuelo se extiende en un territorio heterogéneo que se caracteriza por su fuerte antropización. En su cuenca alta comprende un paisaje eminentemente rural mientras que en la baja cuenca la cobertura dominante es netamente urbana. En las áreas periurbanas se da una transición paisajística donde se combinan tanto los usos residenciales y recreativos como industriales y productivos. En este contexto, resulta fundamental mejorar el conocimiento sobre los humedales de la cuenca, tanto su ubicación, funcionamiento e importancia socio-ambiental.

El IH CMR es el resultado de un proceso de investigación y desarrollo llevado a cabo en el territorio de la cuenca hidrográfica entre los años 2019 y 2023, mediados por la pandemia de 2020, que ha permitido realizar la identificación, delimitación, caracterización

y tipificación de los humedales de la Cuenca Matanza-Riachuelo en el marco del INH y del IH PBA a partir de la información existente y generada sobre la distribución y la presencia de humedales como herramienta para el ordenamiento ambiental del territorio y la gestión de este tipo de ecosistemas. El IH CMR ha alcanzado la identificación de las Unidades de Paisaje y Unidades de Humedal de la cuenca compatibles con los Niveles 3 y 4 del INH.

El IH CMR presenta avances importantes en el desarrollo de métodos para la delimitación de humedales, representación de su conectividad y vinculación con el paisaje en el que están insertos. Incorpora desarrollos tecnológicos novedosos para zonas con escasa pendiente a través de modelos digitales de terreno de alta resolución que pueden ser útiles para aplicar a inventarios en otras áreas llanas. En forma preliminar también se exponen enfoques para reflejar el nivel de antropización de la cuenca, que si bien deben profundizarse, permiten un análisis más integrado del territorio.

La evaluación realizada de los productos obtenidos a través de una matriz de confusión arroja resultados muy buenos, y permite asimismo apreciar en algunos casos la subestimación de las unidades de humedal identificadas, esperable por la escala utilizada y el hecho de que algunos tipos de humedales presentan gradientes que hacen difusos sus límites.

Gracias al esfuerzo mancomunado de los organismos y especialistas participantes en este trabajo, la Cuenca Matanza Riachuelo es la primera cuenca en contar con una base de datos geográficos de humedales integrada a los inventarios nacional y provincial. Se establece una nueva línea de referencia para proseguir estudios y monitoreos que permitan profundizar aspectos de su caracterización y dinámica de funcionamiento con miras a preservar la integridad ecológica del sistema de humedales de la Cuenca.

El desarrollo de este trabajo también ha permitido incrementar las capacidades de los equipos técnicos, fortalecer la articulación interinstitucional e interjurisdiccional, lograr la integración de conocimiento científico al seno de la gestión pública y consolidar la política pública de las jurisdicciones intervinientes.

Durante la realización de este trabajo se identificaron algunos desafíos sobre aspectos técnicos vinculados a la realización de proyectos de inventario de humedales que se han incorporado en el Anexo D de este Informe. Se destacan principalmente:

- **Indicadores de la presencia de humedales.** La profundización de los criterios y el desarrollo de información de base y acuerdos metodológicos para suelos de humedales, hidroperíodo, datos de campo, etc.

- **Inventarios de humedales en áreas transformadas por la acción antrópica, periurbano y zonas urbanas.** El desarrollo de criterios específicos para estas áreas, la descripción de la situación actual y la recuperac ión de la información sobre las condiciones naturales del paisaje previo a las modificaciones antrópicas.

- **Humedales artificiales.** Su identificación y caracterización a partir de enfoques que aborden sus características y complejidad.

Estos aspectos técnicos se deben seguir analizando y profundizando, tanto en el marco del desarrollo del Inventario Nacional de Humedales en general, como en su aplicación

concreta a la Cuenca Matanza Riachuelo. Como parte de este proceso progresivo de inventario de humedales, el presente trabajo constituye un importante paso adelante en su conocimiento y brinda herramientas valiosas para contribuir a su conservación en el marco del desarrollo sostenible.

Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos del **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.**

Dirección Provincial de Ordenamiento Ambiental del Territorio y Bienes Comunes del **Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires.**

Dirección de Ordenamiento Territorial de la **Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo.**

Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza-Riachuelo

Autores: Rafael Grimson1, Facundo Schivo[1], Lucía Migone[1], Soledad Nomdedeu[1] y Gabriela González Trilla[1,2]

[1.] Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (IIIA, 3iA), Universidad Nacionales de General San Martín (UNSAM) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

Colaboradores: Patricia Pastore[3], Pablo Ontivero[4] y Valeria Allison[2]

[2.] Dirección de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, Ministerio de Ambiente de la Nación (MAyDS).

[3.] Dirección de Ordenamiento Territorial, Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo (DOT, ACUMAR).

[4.] Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS), Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Octubre 2023

Resumen Ejecutivo

El presente informe resume la experiencia y los resultados alcanzados en el marco del Convenio de Investigación y Desarrollo entre la Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), para avanzar en la identificación, delimitación y caracterización de los humedales de la cuenca Matanza-Riachuelo (CMR). Las tareas se llevaron adelante entre el año 2019 y el año 2022 (con una pausa causada por la pandemia de Covid-19) en el marco del modelo conceptual propiciado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS) que impulsa el proceso de Inventario Nacional de Humedales de Argentina (INH).

El objetivo último del trabajo es aportar a un ordenamiento del territorio que, incorporando la dimensión ambiental, pueda preservar la integridad ecológica del sistema de humedales de la cuenca. Los objetivos específicos del trabajo son:

* Identificar y delimitar unidades de paisaje de la cuenca de manera compatible con el Nivel III del INH.

* Caracterizar las unidades de paisaje según sus atributos y características básicas.

* Identificar y delimitar las unidades de humedal de la cuenca de manera compatible con el Nivel IV del INH.

* Caracterizar los tipos de unidades de humedal según sus atributos y características básicas.

Abordamos este trabajo bajo un enfoque ecohidrogeomórfico. Según este enfoque, la ocurrencia de los humedales está determinada por la existencia de un ámbito geomorfológico propicio para el emplazamiento de un humedal, garantizando la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial, que es la característica distintiva de estos ambientes.

Se revisaron los antecedentes disponibles sobre las características naturales de la región, que resultaron aportes fundamentales para los objetivos propuestos. En particular se revisaron los diferentes estudios publicados sobre la historia y características geomorfológicas y los ejercicios de zonificación existentes. La metodología se diseñó tomando como guía el Documento Marco para el Desarrollo del INH (Benzaquen et al., 2020), los lineamientos metodológicos planteados en Kandus y Minotti (2018), así como las experiencias previas realizadas en la cuenca del río Luján (Minotti y Kandus, 2017) y en el Complejo Fluvio-Litoral del Bajo Paraná (Kandus et al., 2019). En particular, la caracterización de las unidades de paisaje y las unidades de humedal se basa fuertemente en las variables de caracterización sugeridas en el Documento Marco y las utilizadas en el Inventario de Humedales del Bajo Paraná.

En este contexto, en primera instancia se identificaron, delimitaron y caracterizaron las unidades de paisaje de humedales, correspondientes al Nivel III del INH. Luego, se desarrolló el mapeo de unidades de humedal, correspondiente al Nivel IV del INH. El trabajo a Nivel IV se restringió principalmente a la zona no urbanizada de la cuenca. La identificación y delimitación de unidades de humedal preexistentes a la urbanización escapa a los alcances del presente informe.

Se identificaron y delimitaron dos Unidades de Paisaje: El Paleoestuario y la Planicie Loéssica. Cada Unidad de Paisaje fue, a su vez, dividida en dos subunidades de paisaje. Cada una de las unidades y subunidades presenta diferencias respecto a la génesis del paisaje, las geoformas presentes y su dinámica hídrica y, por lo tanto, en los tipos de humedales que allí pueden encontrarse y su distribución espacial. Para cada Unidad de Paisaje se elaboró una ficha de caracterización.

En la unidad de paisaje de la Planicie Loéssica se caracterizaron 5 tipos de unidades de humedal, mientras que en el Paleoestuario se caracterizaron 2 tipos de unidades de humedal y un gran complejo de humedales. La identificación y delimitación de unidades de humedal, por su parte, fue implementada mediante la interpretación visual y digitalización en gabinete, luego de diversas salidas a campo que involucraron relevamientos de vegetación y análisis de suelos en algunos sitios seleccionados. Para esto se utilizaron como insumos imágenes multitemporales de alta resolución disponibles en Google Earth, productos obtenidos mediante clasificación supervisada a partir de imágenes Sentinel-1, Sentinel-2 y Landsat, y un modelo digital de elevación de alta resolución espacial derivado de datos LiDAR provisto por ACUMAR.

Citar este informe como: R. Grimson, F. Schivo, L. Migone, S. Nomdedeu y G. González Trilla, 2023. Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe final elaborado por solicitud de la ACUMAR en el marco del convenio ACUMAR-CONICET. IIIA-3iA, UNSAM-CONICET.

Agradecimientos

Este documento se elaboró como resultado del convenio de Investigación y Desarrollo para la realización del Inventario de los Humedales de la Cuenca Matanza-Riachuelo, financiado por la ACUMAR y dirigido por el grupo de Modelado, Análisis Geoespacial y Teledetección Ambiental (MAGENTA) del Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (IIIA) de doble dependencia UNSAM-CONICET.

Hemos contado con el invalorable aporte de diversos colaboradores. En particular Patricia Pastore, Pablo Ontivero y Valeria Allison han realizado aportes sustanciales al proyecto. El equipo técnico de la Coordinación de Áreas Protegidas y Ordenamiento Ambiental de ACUMAR que nos brindó apoyo en la coordinación logística de las salidas a campo, en el acceso a información y mapas de ACUMAR y nos asistió en numerosas salidas de campo: un agradecimiento especial para Federico Roldán, Emilse Guglielmetti, Felipe Ochsenius, Marcos Reiszer y Mariano Castro. También queremos agradecer especialmente a Eugenio Coconier de la Coordinación de Calidad Ambiental de ACUMAR con quien compartimos numerosas conversaciones, información y salidas a campo.

Los equipos técnicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación y del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires, e investigadores externos al proyecto, han realizado aportes sumamente valiosos en la revisión y lectura crítica de nuestros primeros manuscritos. En este sentido, queremos agradecer especialmente a Laura Benzaquen, Francisco Firco Lacoste, Tamara Sánchez, Mariano Perez Safontas, Paula Pratolongo, Pablo Pereira, Priscilla Minotti y Patricia Kandus.

Índice

Resumen Ejecutivo **2**
Agradecimientos **4**
Introducción **7**
Marco conceptual: definición, identificación y delimitación de humedales 7
Descripción del área de trabajo 11
Clima, geomorfología y paisajes de la CMR 15
Situación general en el INH 22
Metodología **25**
Productos obtenidos y sus alcances 25
Metodología para la confección de las unidades de paisaje de humedales y unidades de humedales 28
Unidades de Paisaje de Humedales (Nivel III) 29
Delimitación y caracterización de las unidades de Paisaje de Humedales 29
Unidades de Humedal (Nivel IV) 31
Delimitación de las Unidades de Humedal 32
Evaluación de la delimitación de UH 32
Caracterización de los tipos de Unidades de Humedal 33
Delimitación de otros elementos en la cuenca 34
Resultados **37**
Unidad de Paisaje de la Planicie Loéssica 43
Descripción general 43
Localización geográfica 44
Tipología de humedales 44
Fotografía aérea 46
Vista en planta y transecta 48
Localización y límites 52
Jurisdicciones administrativas 52
Descripción Ecológica 52
Paisaje 52
Geología y Geomorfología 52
Dinámica hídrica 53
Tipos de suelos dominantes 56
Vegetación 57

Funciones ecosistémicas 58
Demografía, usos del suelo y de los humedales 59
Conservación 61
Amenazas 63
Unidades de Humedal de la Planicie Loéssica 65
Unidad de Humedal: Cubeta 65
Fotografías 65
Vista en planta y transecta 68
Vegetación 69
Geomorfología 72
Dinámica hídrica 72
Tipos de suelos dominantes 75
Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas 75
Conservación 76
Unidad de Humedal: Bañado 77
Fotografías 77
Vista en planta y transecta 77
Vegetación 79
Geomorfología 80
Dinámica hídrica 81
Tipos de suelos dominantes 82
Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas 83
Conservación 84
Unidad de Humedal: Cañada 85
Fotografías 85
Vista en planta y transecta 85
Vegetación 87
Geomorfología 88
Dinámica hídrica 88
Tipos de suelos dominantes 89
Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas 91
Conservación 94

INTRODUCCIÓN

Este documento, y los archivos vectoriales que lo acompañan, contienen una delimitación y una caracterización de las Unidades de Paisaje (UP) y las Unidades de Humedal (UH) de la cuenca Matanza-Riachuelo (CMR), correspondientes a los Niveles III y IV del Inventario de Humedales según los lineamientos del Documento Marco (Benzaquen et al., 2020) para el Inventario Nacional de Humedales (INH). Las variables de caracterización se nutrieron también del Inventario de Humedales de la Región del Complejo Fluvio-Litoral del Bajo Paraná (Kandus et al., 2019).

La metodología de los relevamientos a campo y el procesamiento computacional de la información utilizados para esta caracterización se describen brevemente en la sección denominada Metodología. Para una descripción con mayor detalle de estos aspectos, consultar el Anexo C. La caracterización de las Unidades de Paisaje y de las Unidades de Humedal se desarrollan en la sección denominada Resultados.

Marco conceptual:

Definición, identificación y delimitación de humedales. Indicadores.

Los humedales son ecosistemas singulares y dinámicos. Su definición es compleja y no resulta evidente en lo inmediato. Se tomó como base para el presente trabajo la definición de humedal acordada para la elaboración del Inventario Nacional de Humedales en el Taller "Hacia un Inventario Nacional de Humedales", organizado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en septiembre de 2016. Según esta definición:

> "Un humedal es un ambiente en el cual la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los ambientes terrestres y acuáticos. Rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas, y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo."

Existen humedales de aspectos muy diversos y su expresión territorial varía en el tiempo. Los factores que determinan sus características estructurales son principalmente su régimen hidrológico y su emplazamiento geomorfológico. Estos aspectos influyen fuertemente en los procesos que tienen lugar en ellos y, en consecuencia, en sus funciones ecosistémicas.

Cuando se habla de régimen hidrológico se hace referencia al origen del agua (sea superficial o subterránea), a su hidroperíodo (duración, frecuencia, profundidad y estacionalidad de la inundación) y a su hidrodinámica (el modo en que se mueve el agua: si se escurre, evapora, infiltra, etc.). El emplazamiento geomorfológico está relacionado con los procesos geológicos que intervinieron y siguen interviniendo en la ubicación del humedal dentro del entorno del paisaje, y condiciona cómo circula y dónde se almacena el agua.

Dado que el régimen hidrológico no es algo observable instantáneamente a campo sino que requiere años de observaciones para poder ser determinado fehacientemente, en este trabajo se utilizaron tanto indicadores a campo que reflejan este régimen, como series de tiempo de imágenes satelitales que permitieron recopilar información histórica. Los indicadores más relevantes en este sentido, tal como indica la definición de humedal antes citada, son: la presencia de vegetación adaptada (plantas de humedal) y la presencia de suelos hídricos.

Las plantas de humedal **(Figura 1)** son aquellas que han desarrollado adaptaciones morfológicas, fisiológicas y/o reproductivas, que les permiten crecer en ambientes con presencia frecuente de agua superficial o subsuperficial. Estas adaptaciones tienen un costo energético que hace que las plantas de humedal no sean abundantes en ambientes terrestres, donde otras plantas pueden crecer con menores costos. Este hecho hace que la presencia de algunas plantas, en algunas regiones, sea un indicador valioso de humedales.

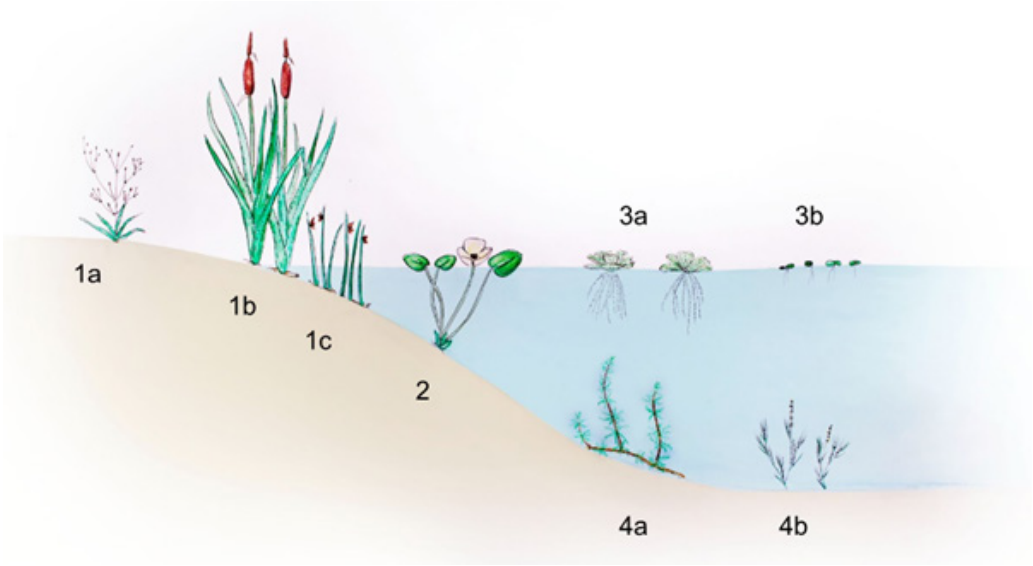


Figura 1. Ubicación esquemática de las plantas de humedal. 1. Emergentes: “cardo alambre” yngium ebracteatum Lam (1a), “totora” Typha latifolia (1b), “junquillo” Schoenoplectus americanus (1c). 2. Arraigadas con hojas flotantes: “camalotillo” Hydrocleys nymphoides. 3. Flotantes libres: “repollito de agua” Pistia stratiotes (3a), “lenteja de agua” Lemna minor (3b). 4. Sumergidas: “yerba del sapo” Myriophyllum aquaticum (4a), Potamogeton pusillus (4b). Ilustración: Catalina Fixman.

Es importante mencionar que la afinidad por sitios de humedal de una especie vegetal puede presentar variación espacial: una misma especie puede ser exclusiva de sitios de humedales en una región pero habitar en ambientes terrestres en otra región, cambiando de categoría en diferentes zonas. Es por esto que el uso de plantas como indicadoras de humedales debe ser ajustado a cada región de estudio.

En el marco del presente proyecto, se ha propuesto un listado de plantas indicadoras humedal para la cuenca Matanza-Riachuelo (Anexo A), junto con una breve descripción del

rol de las plantas de humedal en la identificación de humedales (Tiner, 2016).

Los suelos hídricos también juegan un rol central como indicadores de la presencia de humedales. Según el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1994) un suelo hídrico es "aquel que se formó bajo condiciones de saturación, inundación o anegamiento el tiempo suficiente durante la estación de crecimiento como para desarrollar condiciones anaeróbicas en su parte superior". Los indicadores morfológicos para reconocer suelos hídricos se agrupan de acuerdo con la textura y considerando el espesor de las capas de suelo, el color, el olor y/o la presencia de otros rasgos de óxido-reducción (rasgos hidromórficos) según la profundidad, cantidad y facilidad con que se distinguen **(Figura 2).**

Figura 2. Moteado generado por la oxidación de concentraciones de hierro en la rizósfera (a) y concreciones de manganeso (b).

Según el sistema de clasificación de suelos denominado Soil Taxonomy que fue desarrollado por la USDA, existen criterios dentro de la cartografía de suelos y de las unidades taxonómicas que la integran, que pueden dar una pauta de existencia de suelos hídricos. Entre estos elementos se destacan subórdenes, grandes grupos, y subgrupos que refieren al régimen de humedad ácuico, molisoles de suborden Albol, y algunos subórdenes de los Histosoles, entre otros, que son considerados suelos hídricos siempre y cuando se registren en ellos ciertos indicadores a campo propuestos por la USDA (USDA, 2018).

Es importante destacar que estos indicadores son variables, y se deben tener en cuenta condiciones climáticas, texturales y de composición del suelo para definir qué indicador considerar en cada sitio que se desea estudiar. Algunos indicadores definidos para un clima y una clase textural específica podrían incluso no ser efectivos aun siendo utilizados en

el suelo que cumpla con esas variables, en caso de que existan otros rasgos morfológicos dentro del perfil que enmascaren los indicadores propuestos. Un ejemplo de ello sucede en los suelos de la planicie loéssica, principalmente del orden de los molisoles, que son suelos con un horizonte A superficial oscuro, lo que dificulta la detección de presencia de rasgos de hidromorfismo que tienden a estar enmascarados por la materia orgánica hasta una profundidad considerable (Vepraskas y Craft, 2016).

En este sentido, se realizaron calicatas y se estudiaron los rasgos de hidromorfismo que aparecen en los diferentes suelos de la zona de estudio. Un resumen de los avances realizados en el establecimiento de indicadores de suelos hídricos para nuestra zona de estudio puede encontrarse en el Anexo B.

Descripción del área de trabajo.

La CMR **(Figura 3)** tiene una superficie[1] aproximada de 2.047 km2 y alberga una población de más de cuatro millones y medio de personas. Toda la cuenca se encuentra fuertemente antropizada y su historia está estrechamente ligada a la historia de la Ciudad de Buenos Aires, cuyo puerto principal se encontró durante mucho tiempo en la desembocadura del Riachuelo (Zabala y De Gandía, 1936). La cuenca baja está casi completamente urbanizada, la cuenca media tiene un alto grado de urbanización, presenta usos industriales y una transición hacia lo rural; la cuenca alta está casi totalmente intervenida para uso agropecuario, con algunos aglomerados urbanos y una gran infraestructura de transporte. **(Figura 4)**

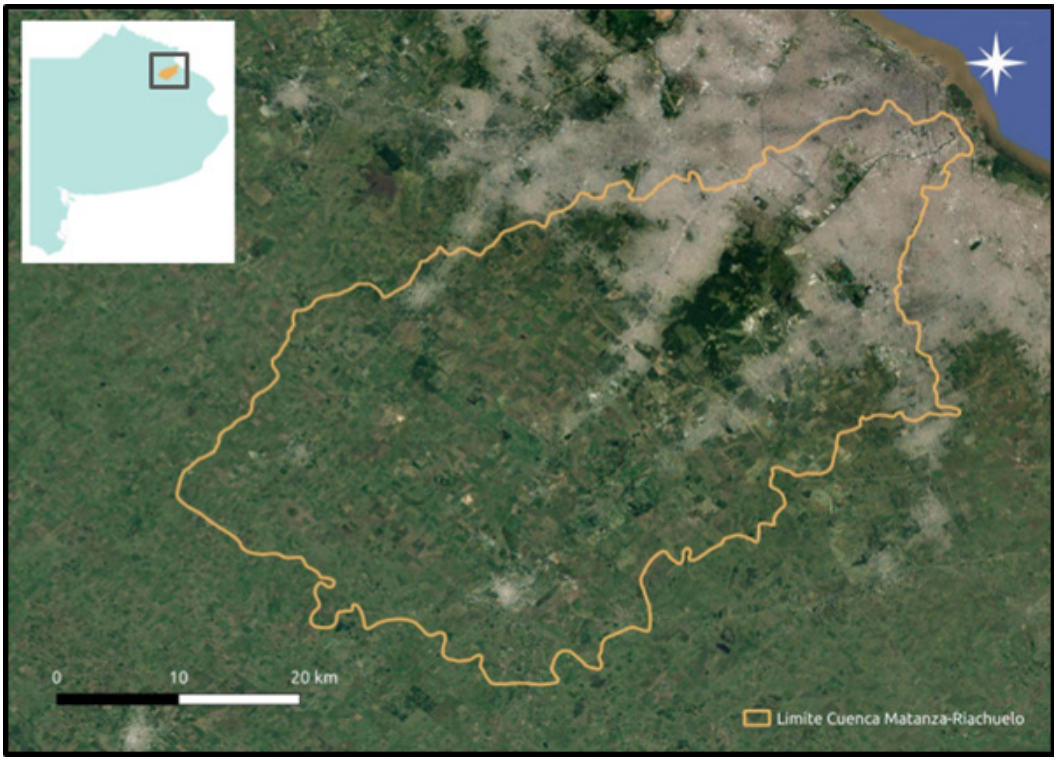


Figura 3. Imagen satelital donde se observa el Área Metropolitana de Buenos Aires y el límite hidrográfico de la cuenca Matanza-Riachuelo. En el recuadro superior izquierdo se muestra la ubicación de la cuenca respecto a la Provincia de Buenos Aires.

[1] Fuente: https://www.acumar.gob.ar/caracteristicas-cuenca-matanza-riachuelo/

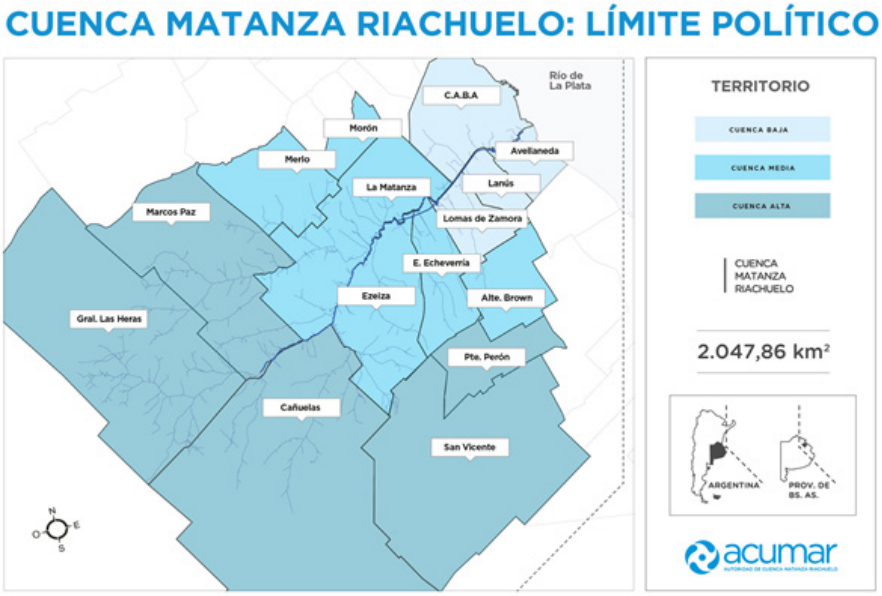


Figura 4. Municipios que componen la cuenca. Observar que la definición de cuenca alta, media y baja que ofrece ACUMAR se basa en estas unidades político-administrativas. Mapa tomado de la página web de ACUMAR.

La Región Metropolitana de Buenos Aires y sus humedales urbanos.

La Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) ha crecido aceleradamente y sin una planificación adecuada **(Figura 5)**, lo que ha llevado a una situación actual que presenta serias problemáticas urbano-ambientales. La degradación de los humedales y de sus funciones ecosistémicas, junto con la escasez de espacios verdes públicos son algunas de estas problemáticas, estrechamente vinculadas al tema del presente informe (Macagno et al., 2021).

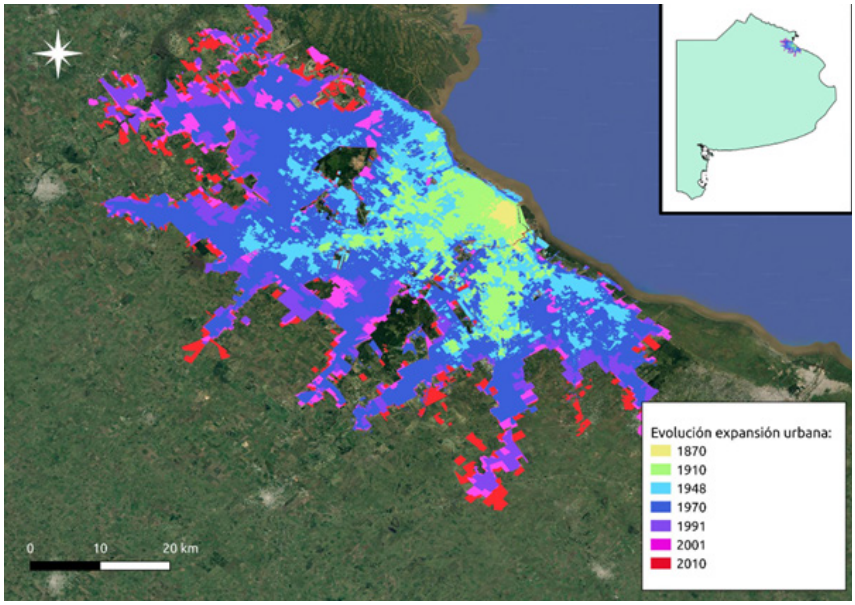


Figura 5. Secuencia temporal donde se destaca el crecimiento urbano experimentado durante el período 1870-2010. Fuente: Macagno et al. (2021), adaptado de Rodríguez Merkel y Kozak (2014). Es interesante observar cómo al ser inundable un sector del paleoestuario (que definiremos más adelante) permanece aún como un gran espacio verde en medio de la urbe, ofreciendo una gran posibilidad para la conservación.

La tradición paisajística europea que se impuso, con raras excepciones, hasta fines del siglo XX, vino acompañada de una escasa valoración de los paisajes originarios de nuestra región (Burgueño, 2014). La escasa valoración afectó y aún afecta enormemente la conservación de estos paisajes. La percepción por parte de la sociedad de los humedales urbanos está en transformación (Ramsar, 2018; Caruso y Ríos, 2021) pero es, aún hoy en día, poco valorativa (Hettiarachchi et al., 2015).

En línea con el enfoque del paisaje, que también contempla los usos sociales del territorio, es importante situar a los humedales en el actual contexto de disputas por usos de suelo urbano y periurbano[2]. En los últimos años, muchos humedales fueron ocupados y transformados de diversas maneras, casi siempre bajo una lógica de terrestrialización de los ambientes. Las ocupaciones en forma de barrios privados, predios industriales o deportivos involucraron enormes movimientos de suelos que afectaron la estructura y el funcionamiento de los humedales.

Los humedales de la cuenca media del río Matanza Riachuelo también son ocupados para ser utilizadas como hábitat informal. Por su condición de inundabilidad tienden a ser tierras fiscales o de poco valor inmobiliario y la necesidad de resolver el déficit habitacional por parte de la población hace que sean vistas como única alternativa y ocupados en forma de asentamientos informales en situaciones de extrema vulnerabilidad ambiental (Caruso y Ríos, 2021; Wertheimer y Pereira, 2020). Este trabajo contribuye a mostrar que, a pesar de estar seriamente amenazados, aún persisten humedales en un estado razonable de conservación, que pueden ser recuperados y protegidos e incorporados al paisaje urbano en forma de infraestructura azul y verde **(Figura 6)**, tanto en la cuenca media como en la cuenca alta, incrementando los espacios verdes públicos y preservando algunas de las funciones ecosistémicas de estos ambientes (Voskamp y Van de Ven, 2015; Ghofrani et al., 2016; Pochodyla et al., 2021).

Figura 6. Concepto de infraestructura, gris, verde, azul y azul y verde. Tomado de Pochodyla et al. (2021).

Clima, geomorfología y paisajes de la CMR

El clima en la zona es subtropical-templado. Según el Atlas Climático de Argentina del

[2] periurbano: zona de transición en cuyo espacio se desarrollan actividades propias tanto de territorios rurales como urbanos, con tensiones en modos de uso del suelo. (Feito,2018), por lo tanto es un territorio en permanente transformación.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2022d) para el período 1981-2010, la frecuencia de precipitaciones es de entre 80 y 100 días por año, sumando un total medio anual de entre 1000 y 1200 mm. La temperatura media anual oscila entre 16 y 18 °C con una máxima media de entre 22 y 24 °C y mínima media de entre 12 y 14 °C (SMN, 2022d).

Las precipitaciones no se distribuyen homogéneamente dentro de un mismo año ni entre años. Históricamente la provincia de Buenos Aires ha tenido períodos húmedos y períodos más secos (Moncaut, 2003; Scarpati y Capriolo, 2013). Esto se asocia al fenómeno denominado El Niño - Oscilación Sur (ENSO) el cual condiciona a períodos más húmedos (años Niño), períodos más secos (años Niña) y períodos neutros (años Neutros). En general ocurren varios años de un mismo tipo y luego varios años del otro tipo, intercalados por un año neutro. En años Niño se registran mayores excesos hídricos en el suelo que en años Niña (Scarpati et al., 2007). Esta alternancia de períodos secos y húmedos es un factor condicionante para la vegetación, que tiende a adaptarse al período actual.

La geología de la región ha sido ampliamente estudiada. Los primeros registros se remontan a 1884, realizados por Ameghino (1884), luego varios autores hicieron más aportes al respecto y la cartografía más reciente corresponde a Pereyra (2004) **(Figura 7).** Según él, en la cuenca Matanza-Riachuelo se encuentran aflorantes sedimentos del Pampeano y Postpampeano. Del Pampeano se encuentran la formación Ensenada y, por encima, la formación Buenos Aires. Ambas están compuestas por limos eólicos y presentan niveles edafizados. Pueden alcanzar la superficie o bien estar cubiertos por sedimentos postpampeanos. Estos sedimentos pueden corresponder a la formación La Postrera o a la formación Luján. Los sedimentos de La Postrera son eólicos arenosos y limosos, y casi siempre se encuentran completamente edafizados. Los de la formación Luján son fluviales y limo-arenosos. Por otro lado, en las zonas más bajas aparecen facies marinas, asociadas a las intrusiones marinas del Holoceno.

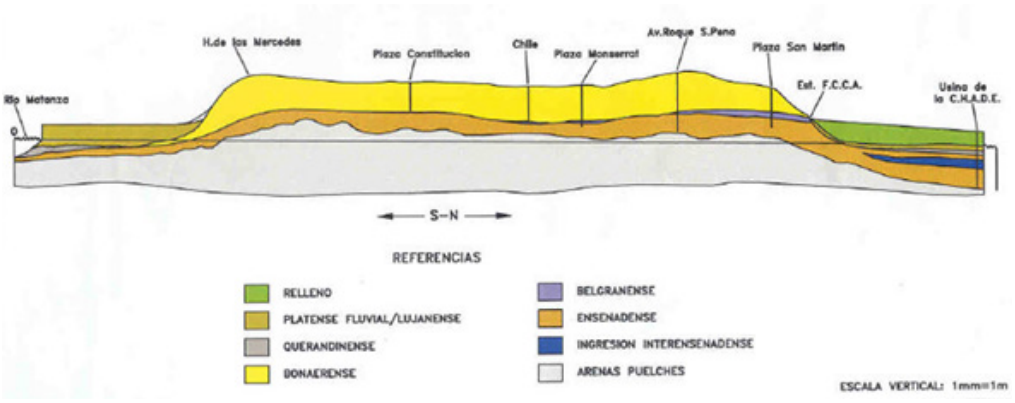


Figura 7. Corte geológico de la Ciudad de Buenos Aires. Fuente: Pereyra 2004.

Los sedimentos de la zona se caracterizan por tener gran variabilidad lateral debida a cambios de facies y también gran variabilidad vertical. La variabilidad vertical en general se debe a la presencia de horizontes edáficos argílicos y a niveles de tosca, lo cual dificulta la infiltración del agua a zonas profundas (Pereyra, 2004)

En la cuenca se encuentran unidades geomórficas de tres orígenes: eólicas (la planicie

loéssica), fluviales (valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales) y poligenéticas (planicie del río Matanza-Riachuelo). La planicie loéssica se separa de la planicie poligenética del Matanza-Riachuelo (el paleoestuario) por una barranca que marca el límite de la ingresión marina holocena (ocurrida hace unos diez mil años) hacia el interior de la región.

Algo característico de toda la cuenca son las bajas pendientes. La consecuencia de esto es un escurrimiento particularmente lento, generando grandes planicies de inundación y zonas de anegamiento temporario. El río Matanza en su tramo final y el Riachuelo presentan numerosos meandros. Estos cursos han sido modificados, generando rectificaciones y profundizado sus canales activos para incrementar la velocidad y capacidad de escurrimiento de agua.

La cuenca Matanza-Riachuelo presenta paisajes semejantes a los de sus cuencas aledañas que surcan la RMBA: la del Reconquista, Luján y de arroyos como el Maldonado y otros menores. La parte alta de los sistemas fluviales de la región conforma la planicie loéssica. Tiene un relieve suavemente ondulado, con escasas pendientes que apenas llegan al 2% y amplios sectores casi sin pendiente. En esta planicie pueden distinguirse dos paisajes diferentes: por un lado, el paisaje que se denominó Divisoria de aguas, y por otro lado, el que denominamos Planicie loéssica fluvializada.

La divisoria de aguas es un paisaje muy plano y de escasa pendiente en el que el agua no adquiere suficiente energía para modelar cauces, es decir, no forma ríos ni arroyos (Kruse y Zimmermann, 2002). Los humedales que se encuentran en este paisaje son principalmente cubetas aisladas, en algunos casos rodeadas de bañados o conectadas intermitentemente por medio de sutiles cañadas con otras cubetas **(Figura 8),** formando en algunos casos lo que denominamos rosarios de cubetas (grupos de cubetas conectadas por una cañada), pero sin llegar a modelar cursos fluviales. Los humedales de la divisoria de aguas se encuentran mayormente aislados superficialmente: salvo breves excepciones, no presentan una conectividad hídrica superficial con los arroyos cercanos a ellas.

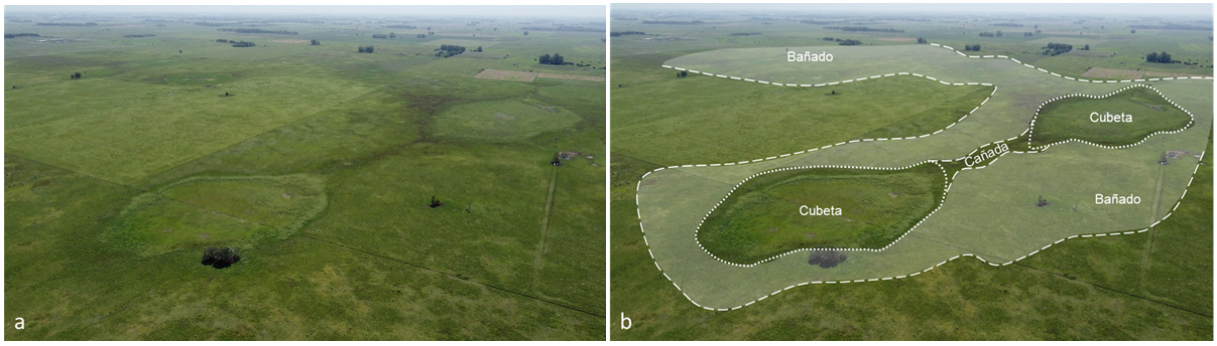


Figura 8. Cubetas en la divisoria de aguas conectadas por medio de una cañada junto con sus bañados asociados a los pulsos hidrológicos. Fecha: 03/03/2022

La planicie loéssica fluvializada, en cambio, tiene mayores pendientes lo que permite que el agua adquiera mayor energía cinética formando cañadas, planicies de inundación más profundas y arroyos bien definidos **(Figura 9).** En este otro paisaje de la planicie loéssica

se encuentra una mayor diversidad de humedales incluyendo, además de las cubetas, bañados y cañadas, planicies aluviales y cursos fluviales. Se trata de un paisaje fluvial en el sentido de Rotger (2021).

Figura 9. (a) Fotografía aérea e interpretación (b) de los tipos de humedal presentes en la Planicie loéssica fluvializada: cañada desembocando en la planicie aluvial de un arroyo. Fecha: 19/05/2022

La planicie loéssica se encuentra marginada, respecto al Río de la Plata, por una barranca (Pereyra, 2004). Esta barranca puede apreciarse en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, atravesando el Parque Lezama, Plaza Francia, y en las Barrancas de Belgrano. Generalmente se encuentra cerca del Río de la Plata pero en la zona del Río Matanza-Riachuelo se proyecta tierra adentro, bordeando los barrios de Flores y Mataderos, e internándose hasta las inmediaciones de Ezeiza. Lo mismo ocurre cerca de otros cursos de agua importantes, donde la barranca también se aleja de la costa. Como mencionamos anteriormente, esta barranca deriva de un paleoacantilado labrado por el mar durante las ingresiones marinas del holoceno, hace unos miles de años, y constituye un elemento geomorfológico regional. Como formación vegetal característica, el sistema presenta talares de barranca que aún son conservados en algunos escasos sectores.

Por debajo de esta barranca, en las desembocaduras de los principales ríos al mar, se desarrollaron hace miles de años estuarios. Por este motivo ahora se denomina en este informe paleoestuario a ese sistema, que conforma un paisaje completamente diferente de los dos descriptos anteriormente. Aquí los ríos, por desarrollarse en paisajes de escaso relieve, presentan numerosos meandros y terminan en bañados o canales (Fucks et al., 2017). Antes de la urbanización, este paisaje estaba compuesto por un mosaico de humedales conformado por antiguos cauces, bañados, planicies aluviales y lagunas poco profundas. Actualmente este paisaje se está fragmentando, pasando de ser un paisaje de humedales a un paisaje con humedales (Macagno et al., 2021).

En la CMR, desde el punto de vista fitogeográfico, se puede observar la influencia de tres Ecorregiones. La de más amplia influencia en la CMR es Ecorregión Pampa, que comprende una extensa planicie en el centro-este de la Argentina en la que se desarrolla la producción agrícola ganadera más antigua e importante **(Figura 10).** Dentro de esta ecorregión, la cuenca se ubica al este, en el Complejo de la Pampa Ondulada, perteneciente a la subregión de la Pampa Húmeda, caracterizada por sus condiciones climáticas, la disponibilidad de humedad, el relieve, la topografía y los tipos de suelos desarrollados (Morello et al., 2018). Presenta pocos cursos fluviales de cauce lento y ondulante como consecuencia de la escasa

pendiente. Las formaciones vegetales dominantes son los pastizales que se desarrollan sobre la planicie loéssica, y cuya composición está condicionada por las pequeñas variaciones en la topografía, el tipo de suelo y la dinámica hídrica asociada, junto a la historia de siglos de pastoreo. Entre las comunidades edáficas presentes se destacan en los ambientes relativamente más bajos: pajonales (Zizaniopsis bonariensis, Typha latifolia, Cyperus byssaceus o Paspalum quadrifarium) y juncales (Schoenoplectus californicus), varillares dominados por duraznillo (Solanum glaucophyllum), y vegas de ciperáceas (Schoenoplectus spp.). En suelos sódicos (alcalinos) e imperfectamente drenados son frecuentes de observar peladares, donde se desarrollan especies halófitas[3] como el pelo de chancho (Distichlis spicata). Desde hace unas décadas es frecuente encontrar especies exóticas y la desaparición de algunas nativas dominantes en los pastizales (León y Burkart, 1998).

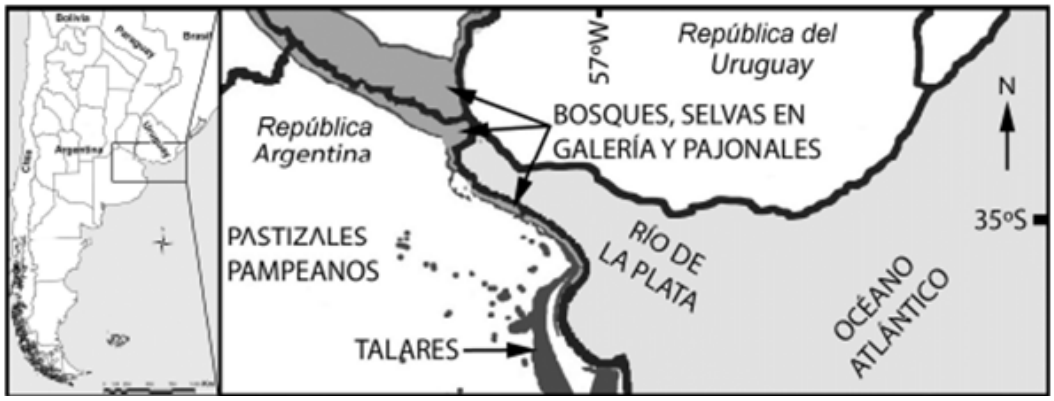


Figura 10. Confluencia de los pastizales pampeanos (Pampa deprimida) junto a las delgadas expresiones costeras de los talares (Espinal) y la selva marginal (Paranaense) en la CMR. Fuente: Guerrero et al., 2018.

Algunos autores identifican una delgada ingresión de la Ecorregión Espinal que se desarrolla al norte sobre la barranca del río Paraná y luego al sur, sobre el antiguo cordón de conchillas a lo largo de la franja costera (Cabrera, 1951; Burgueño y Nardini, 2009). Estas formaciones de bosques presentan especies con características xerófitas tales como un sistema radicular profundo que alcanza la humedad subterránea, área foliar de las hojas reducida que disminuye la pérdida de agua por evapotranspiración, y hasta la presencia de espinas. Se conoce a estos bosques nativos por el nombre de “talares”. Son dominados por tala (Celtis tala) y suelen estar acompañados por ejemplares de coronillo (Scutia buxifolia) y diversas especies del género Prosopis. Su expresión se encuentra amenazada por la expansión no planificada de zonas urbanas, los desmontes incentivados por la producción ganadera, la minería de los cordones de conchillas y la invasión de especies arbóreas exóticas entre las que se destaca el “ligustro” (Ligustrum lucidum) (Franco et al., 2018).

Finalmente, separada de la Ecorregión Pampa por la barranca se encuentra el paleoestuario, la zona más baja de la CMR. Presenta un alto grado de intervención antrópica, reemplazando las coberturas vegetales en gran parte de su extensión. Pese a esto, aún pueden encontrarse mosaicos conformados por diversos ambientes de humedal en cuyo pasado pudieron haber albergado expresiones de la Ecorregión Delta del Paraná.

[3] Especies de plantas que crecen en ambientes salinos.

En la actualidad pueden encontrarse los fragmentos más australes de esta formación en la Selva Marginal de Punta Lara 15 km al norte de la ciudad de La Plata (Cabrera y Dawson, 1944; Guerrero et al., 2018). Estas expresiones de la selva marginal son manifestaciones subclimáxicas debido a la latitud donde se desarrollan y se restringen a los albardones de los arroyos y cursos menores que desembocan en el Río de La Plata donde las condiciones microclimáticas junto a factores edáficos las mantienen estable (Cabrera y Dawson, 1944). Entre la vegetación se pueden encontrar ejemplares de laurel (Ocotea acutifolia) asociado a chalchal (Allophylus edulis), mataojos (Labatia salicifolia) y blanquillo (Sebastiania ramosissima) formando la Selva Marginal propiamente dicha. Este ambiente da lugar a un mosaico de ambientes de humedal que se van reemplazando desde el pie de la selva marginal con dirección al Río de La Plata. En este sentido, el matorral ribereño con sarandí (Phyllanthus sellowianus) y acacia mansa (Sesbania punicea) es reemplazado por pajonales de Zizaniopsis bonariensis junto a Cyperus byssaceus, praderas húmedas de Steinchisma decipiens, Leersia hexandra y Eleocharis bonariensis, entre otras, luego son sucedidos por vegas de ciperáceas y posteriormente en las zonas bajas aparecen los juncales de Schoenoplectus californicus que ocupan suelos casi continuamente inundados **(Figura 11).**

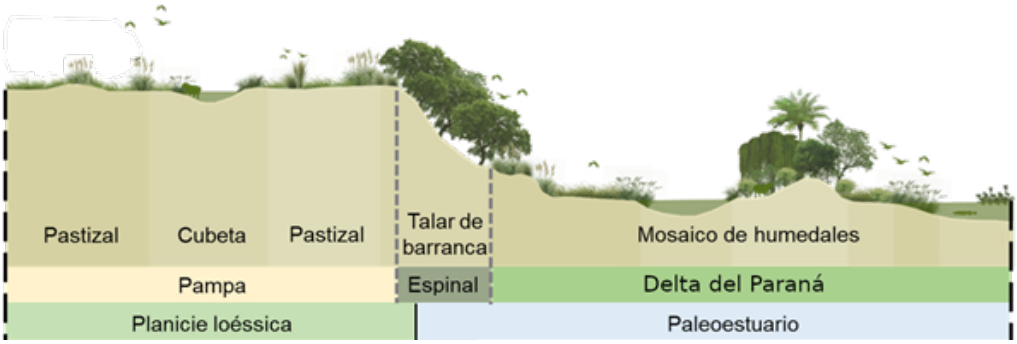


Figura 11. Marco biogeográfico y su relación conceptual con las unidades del paisaje de humedales sobre un perfil topográfico de la CMR (adaptado de Burgueño y Nardini, 2009; Perfiles de ecorregiones bonaerenses)

Antecedentes de inventario de humedales en la CMR

Según el Inventario de Regiones de Humedal de la Argentina (Benzaquén et al., 2017), casi toda la superficie de la CMR se encuentra incluida en la Región 8, de Humedales de la Pampa. Esta región corresponde a la extensa planicie emplazada en el centro-este del país, que abarca casi la totalidad de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe, este de Córdoba y norte de La Pampa, sin incluir al sector costero. Dentro de esta región, la cuenca abarca un sector de la Subregión 8a, de Lagunas de la Pampa Húmeda.

Por otra parte, un pequeño sector costero correspondiente a la desembocadura del Riachuelo en el Río de la Plata se ubica dentro de la Región 9, de Humedales Costeros que, por definición (Benzaquén et al., 2017) queda confinada entre la isobata de 5 metros en el mar y aproximadamente la altitud de 10 metros sobre el nivel del mar en el continente. Dentro de esta Región, nuestra zona de estudio se ubica en la Subregión 9a, de Playas y marismas de la costa bonaerense. La subregión 9a se extiende desde la Ciudad de Buenos

Aires hasta la desembocadura del Río Negro, abarcando diversas unidades ecológicas **(Figura 12).**

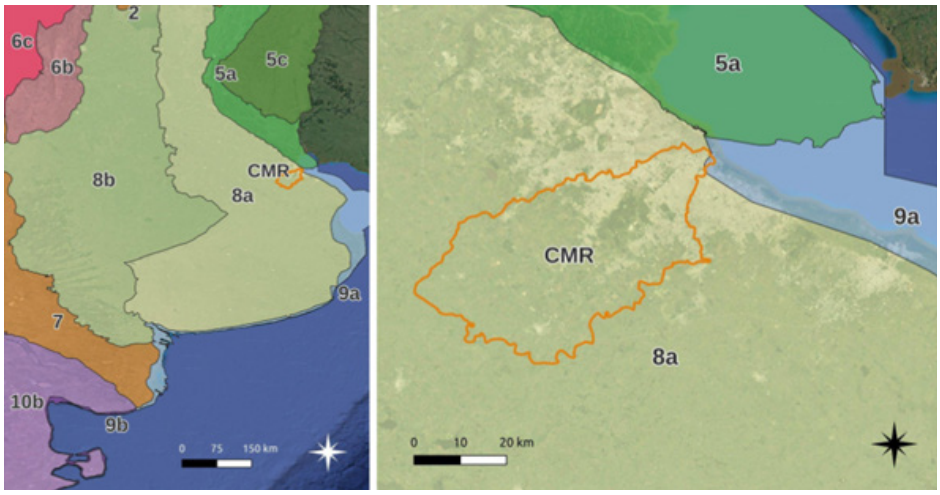


Figura 12. Nivel 1 del Inventario Nacional de Humedales: Regiones de Humedales de la Argentina. Se observa que la cuenca pertenece casi completamente a la subregión Lagunas de la Pampa Húmeda (8a), salvo su desembocadura que pertenece a la subregión Playas y marismas de la costa bonaerense (9a).

La Provincia de Buenos Aires (PBA) realizó el nivel 2 del inventario de humedales de la PBA definiendo los Sistemas de Paisajes de Humedales (Mulvany et al., 2019). Dentro de estos sistemas **(Figura 13),** la CMR se encuentra casi completamente contenida en el Sistema 8aI, de Paisajes de Tributarios Bonaerenses del Paraná Inferior y Río de la Plata, salvo la pequeña fracción costera mencionada anteriormente (correspondiente a la desembocadura del Riachuelo al Río de la Plata y que se ubica en la Región 9) que forma parte del Sistema 9aI, de Paisajes Costeros Fluviales del Río de la Plata.

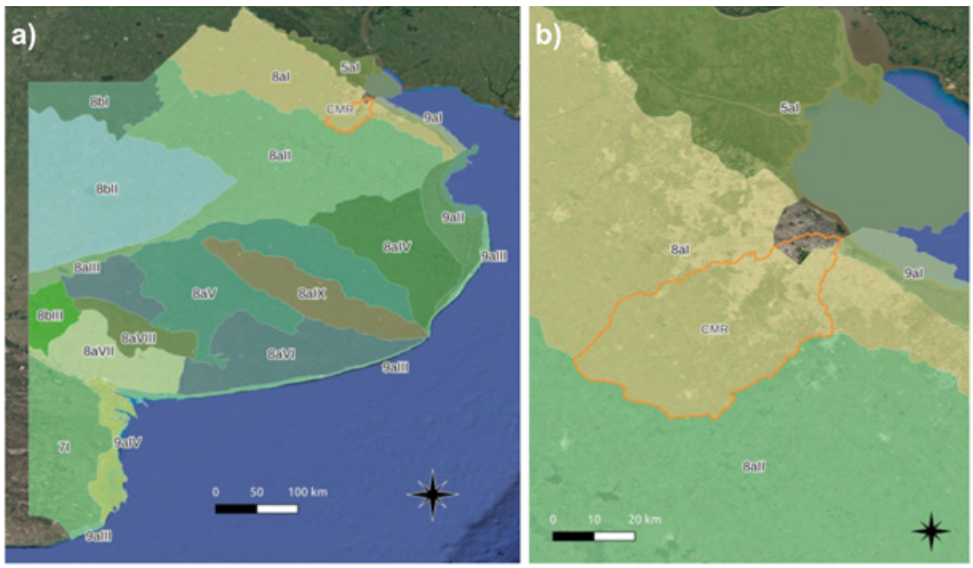


Figura 13. Nivel 2 del Inventario Provincial de Humedales: Sistemas de Paisajes de Humedales de la Provincia de Buenos Aires. a) Situación de la provincia de Buenos Aires. b) Detalle alrededor de la cuenca Matanza-Riachuelo. Se observa que la cuenca pertenece casi completamente al sistema Paisajes de Tributarios Bonaerenses del Paraná Inferior y Río de la Plata (8aI), salvo su desembocadura que pertenece al sistema Paisajes Costeros Fluviales del Río de la Plata (9aI). Observar que un sector de la cuenca, al no pertenecer a la provincia de Buenos Aires, no está incluido en ningún sistema.

El enfoque elegido para el INH pone de manifiesto la vinculación entre los humedales y su contexto de paisaje a fin de comprender y valorar sus funciones ecosistémicas, llevando a que las acciones de ordenamiento ambiental del territorio (OAT) eviten focalizarse sobre los ecosistemas en forma aislada (Kandus y Minotti, 2019). El concepto de paisaje aporta a que el OAT se realice desde una mirada integradora del territorio (Rotger, 2021).

METODOLOGÍA

Productos obtenidos y sus alcances

En el marco del presente proyecto se avanzó en la confección de los niveles III y IV del inventario de humedales de la cuenca Matanza-Riachuelo siguiendo los lineamientos del Documento Marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina (INH) por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Benzaquen et al., 2020).

El nivel III identifica, delimita y caracteriza las Unidades de Paisaje de Humedales, mientras que el nivel IV identifica, delimita y caracteriza las Unidades de Humedal. La caracterización de cada unidad de paisaje incluye su posición topográfica y génesis geomorfológica, su configuración espacial y conectividad, la fisonomía vegetal de la matriz del paisaje y los tipos de humedales presentes (es decir, una tipología de humedales para la unidad de paisaje). A nivel IV, la caracterización se realiza para cada tipo de humedal identificado e incluye una descripción del emplazamiento geomórfico de la unidad, de su dinámica hídrica, de las características del suelo y de la vegetación, así como un perfil topográfico indicando los tipos de cobertura del terreno más frecuentes, y fotografías.

Dado el alto nivel de transformación del paisaje que presentan las parcelas urbanizadas de la Región Metropolitana de Buenos Aires, hemos restringido la identificación y delimitación de las unidades de humedal a la zona no urbanizada de la cuenca. Para esto hemos creado una capa que delimita el sector urbanizado del Gran Buenos Aires y confeccionado la base de datos geográfica de unidades de humedal fuera de este sector completamente urbanizado.

En particular, la identificación y caracterización de humedales artificiales presenta una complejidad metodológica particular, dada su diversidad en relación a su origen, estructura y funcionamiento. A eso se suma la dificultad para acceder a ellos en el terreno en los casos en que se encuentran en áreas privadas. Por estos motivos, en este trabajo los humedales artificiales sólo han sido mapeados de forma preliminar para dar cuenta de su importante presencia en la CMR, pero no se ha realizado su inventario de forma exhaustiva.

Más aún, la identificación de unidades de humedal no fue realizada de manera exhaustiva tampoco fuera del área urbana: en el Paleoestuario se ha identificado un gran complejo de humedales que incluye la planicie de inundación del Río Matanza, los humedales del bajo de Ciudad Evita, del bajo de Laferrere, la Laguna de Rocha y de Santa Catalina, entre otros. Este complejo es un verdadero mosaico de humedales en el que los límites de las diferentes unidades son difíciles de establecer y, para poder ser establecidos, requieren acuerdos conceptuales y metodológicos que aún no han sido alcanzados. Es por esto que hemos optado por no delimitar diferentes unidades en este complejo y realizar la caracterización del mismo de forma integral.

Salidas a campo

Para la confección del presente Inventario se han realizado 20 jornadas de trabajo de campo que involucraron prospecciones, relevamientos de vegetación y análisis de suelos en algunos sitios seleccionados.

Los estudios de vegetación consistieron en relevamientos de especies a lo largo de transectas **(Figura 14b)** y en parcelas de 1 m_2 **(Figura 14a)** con la técnica Braun-Blanquet

(Braun-Blanquet, 1979).

Los estudios de suelo consistieron en la realización de sondeos en forma de calicata (ver Figura 14c, y los informes Grimson, 2020; Grimson 2022) y perforación con barreno sobre distintos tipos de humedal de la cuenca. En particular se identificó la presencia de rasgos de hidromorfismo, es decir, rasgos indicadores de drenaje insuficiente en el suelo. Para más información ver Anexo B.

Las salidas a campo asociadas al presente trabajo se realizaron en el contexto de una sequía histórica (Figura 15) en la zona (Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 2022a y 2022b), la cual está asociada a un estado del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS) en fase niña que comenzó en octubre de 2020 (SMN, 2020) y que al momento de culminar el convenio que dio lugar a este documento, continúa vigente (SMN, 2022c).

Esto no afecta a las características geomorfológicas[4] y pedológicas[5] de la cuenca, pero sí afecta su vegetación, en especial la de humedales, cuya presencia y abundancia está fuertemente asociada al contexto hídrico presente y su historia reciente. Las plantas de humedal suelen morir en contextos como el actual, pero mantienen bancos de semillas y rizomas en el suelo que posibilitan su rápida recuperación en condiciones húmedas favorables (USACE 2010; Sandi et al. 2020). En consecuencia, en años de sequía extrema las especies típicas de humedales son reemplazadas por especies de ambientes terrestres. Por esa razón, la descripción de la vegetación que se hace en este documento está basada en los relevamientos a campo realizados durante este período y complementada por los estudios de vegetación previos a este trabajo.

Figura 14. a) Relevamiento de vegetación según técnica de Braun-Blanquet. b) Relevamiento de una transecta de vegetación. c) Calicata para el estudio de los perfiles del suelo.

[4] La geomorfología es una rama de la geología que estudia las formas de la superficie terrestre intentando describirlas, entender su comportamiento actual y su origen.
[5] La pedología es la ciencia que estudia los suelos, intentando describir su estructura y comprender su orígen.

Trabajo de gabinete e insumos

A continuación se detallan las capas de información utilizadas en el procesamiento y la confección del Inventario de Humedales. Luego describimos la metodología utilizada para el inventario de las unidades de paisaje de humedales y unidades de humedales. Los detalles metodológicos del procesamiento y aprovechamiento de la información, pueden consultarse en el Anexo C.

Capa original	Productos derivados	Descripción	Fuente
Límite de cuenca	-	Polígono de los límites jurídicos de la cuenca	ACUMAR
Red hídrica	-	Traza de ríos, arroyos, canales, entubados, zanjas, zanjones y otros	ACUMAR
Áreas protegidas	-	Polígonos con las áreas protegidas	ACUMAR
Cartas de suelos	-	Digitalización de las cartas de suelos con escala 1:50.000 de la Provincia de Buenos Aires. Poseen polígonos con los complejos de suelos dominantes. Los cuales tienen asociados una descripción.	INTA
Cartas topográficas	-	Digitalización de capas topográficas realizadas a mitad de siglo XX a escala 1:50.000 que incluyen accidentes geográficos. Incluyen humedales, como "cañadas", "lagunas" o "bañados"	IGN
Mapa geomorfológico del AMBA	-	Mapa geomorfológico del AMBA, abarca la mayor parte de la CMR. Escala 1:100.000	SEGEMAR
Modelo digital de elevación (MDE)	MDE	Modelo de elevación del terreno a partir de vuelo LiDAR en 2015	ACUMAR
	Curvas de nivel	Líneas que unen puntos de igual elevación respecto al nivel del mar, útiles para delimitar elementos geomorfológicos	Elaboración Propia
	Pendientes	Pendiente puntual por pixel, utilizada para identificar límites entre zonas elevadas y deprimidas.	Elaboración Propia
	Índice de Posición Topográfica	Índice que calcula la posición topográfica (elevado o deprimido), respecto a un entorno de referencia. Cambiando la extensión del entorno de referencia, se pueden identificar distintos tipos de unidades de humedal o de paisaje (en relación a su tamaño promedio).	Elaboración Propia
	Profundidad de Valle	La profundidad del valle se calcula como la diferencia entre la elevación y un nivel de cresta interpolado. Permite detectar la profundidad de los valles relativa a su entorno.	Elaboración Propia
Imágenes ópticas de alta resolución	-	Imágenes de alta resolución de Google Earth en RGB.	Google Inc.
Imágenes Sentinel-2		Imágenes multiespectrales de 10m de resolución espacial y frecuencia regular. Permiten distinguir tipo de cobertura dominante y presencia de agua libre en superficie. Ofrece imágenes desde 2016 con un período de revisita de 16 días.	ESA
Imágenes Landsat		Imágenes multiespectrales de 30m de resolución espacial. Permiten distinguir tipo de cobertura dominante y presencia de agua libre en superficie. Utilizando las distitas misiones Landsat 5, 7, 8 y 9 se pueden obtener imágenes desde mediados de la década del 80'.	NASA

Las salidas a campo permitieron profundizar en el conocimiento de la cuenca y sus humedales. La identificación y delimitación de unidades de humedal se apoyó fuertemente en este conocimiento y en la interpretación visual de imágenes y digitalización en gabinete. Para esto, se utilizaron como insumos series multitemporal de imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth, productos derivados mediante clasificación supervisada a partir de imágenes Landsat y Sentinel-2, y un modelo digital de elevación LiDAR provisto por ACUMAR de alta resolución espacial del que se derivaron productos cuyo aporte resultó muy valioso. También se utilizaron cartas de suelos (INTA; 2015), cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM, actualmente, Instituto Geográfico Nacional, IGN), el mapa geomorfológico del AMBA de SEGEMAR. Se utilizaron también imágenes de radar (Sentinel-1, ALOS PALSAR y SAOCOM) pero las mismas no fueron incluídas en el procesamiento de manera sistemática, por lo que no las listamos en la tabla de productos en los que se basó el trabajo. Para más detalles sobre el procesamiento y aprovechamiento de la información, ver el Anexo C.

El hidroperíodo de las diferentes unidades aquí analizadas no se encuentra aún completamente determinado. Su estudio es complejo. La teledetección presenta aún limitaciones para determinar la presencia de agua en superficie en zonas vegetadas y, más aún, para determinar zonas anegadas donde el suelo está saturado de agua pero sin la presencia de agua libre. Queda pendiente, estudiar con mayor profundidad el hidroperíodo de las unidades de humedal de la CMR. El mismo es inferido aquí a partir del conocimiento del terreno, descripciones bibliográficas y la interpretación visual de imágenes satelitales. ACUMAR, en convenio con el INA, ha iniciado recientemente estudios para elaborar el Modelo conceptual de funcionamiento de humedales a escala de detalle.

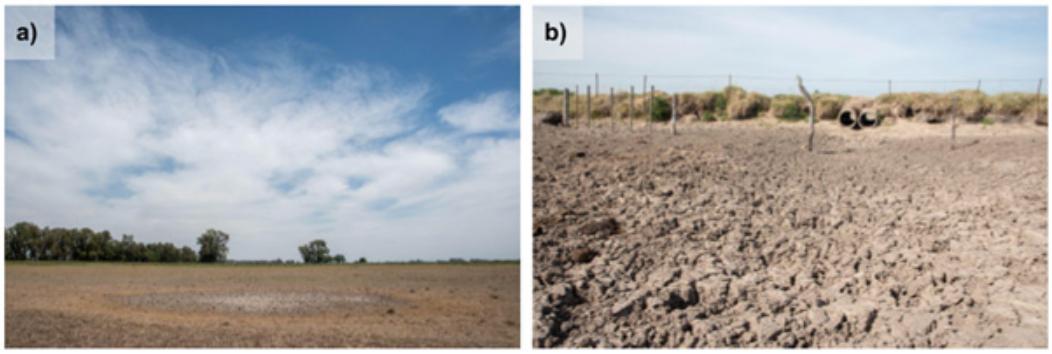


Figura 15. (a) Cubeta y (b) cañada secas en partido de Cañuelas. Fecha: 11/11/2022

Metodología utilizada para el inventario de las unidades de paisaje de humedales y unidades de humedales.

Las unidades de paisaje de humedales y unidades de humedales se describen en los niveles III y IV del inventario de humedales, respectivamente **(Figura 16a).** Para la ecología clásica, el paisaje es un nivel de organización en el cual el sistema de elementos que lo componen presenta características propias e interacciones mutuas (Turner et al., 2001).

En el paisaje se pueden distinguir principalmente cuatro tipos de elementos: matrices, mosaicos, parches y corredores **(Figura 16b).** La matriz es el elemento dominante del paisaje entre el cual se desarrollan los otros elementos. Se diferencia del mosaico en que la matriz es relativamente homogénea en sí misma, mientras que un mosaico existe cuando justamente no se distingue una matriz dominante conformada por un único elemento y, por el contrario, el paisaje está conformado por un ensamble de parches. Los parches son elementos con formas variadas que internamente tienen cierta homogeneidad en su composición y estructura florística, distinta a la del entorno. Los corredores, por su parte, son elementos lineales que pueden funcionar, por ejemplo, como vías de desplazamiento o barreras difíciles de atravesar para algunas especies, materia, energía, etc.

El Inventario Nacional de Humedales toma este concepto de la ecología de paisajes y lo usa para conceptualizar los paisajes de humedales, ubicando a las unidades de humedal en su contexto, acentuando una configuración espacial particular y una vinculación funcional específica con su entorno (Kandus y Minotti 2018). Según Kandus y Minotti (2019), se trata de paisajes ecohidrogeomórficos que se definen según patrones de relieve, redes de drenaje, características geológicas y geomorfológicas, y en relación con la dinámica hídrica. Este enfoque hace que los humedales sean pensados y estudiados en relación con el contexto en el que ocurren, y genera insumos precisos para el ordenamiento ambiental del territorio y su gestión.

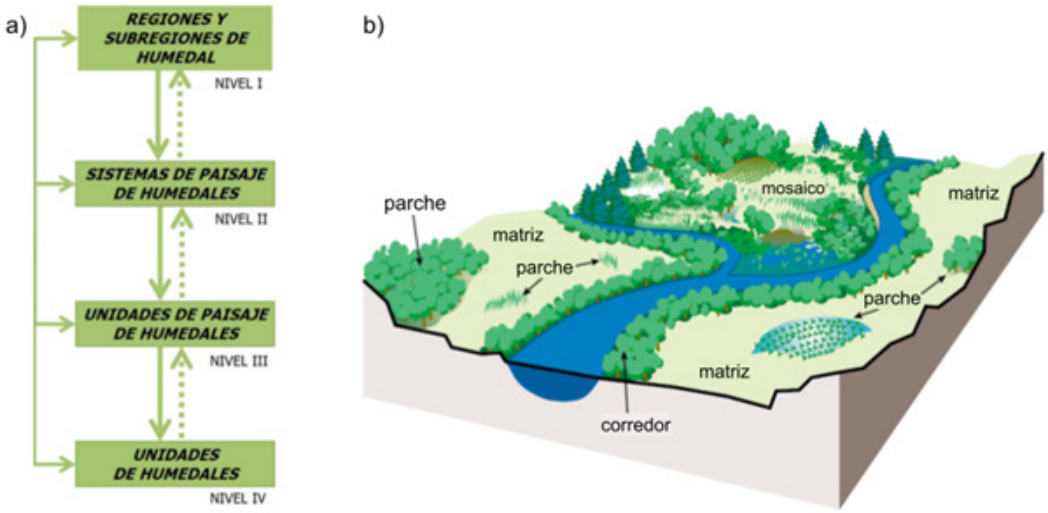


Figura 16. a) Niveles del Inventario Nacional de Humedales (Kandus y Minotti, 2018). b) Esquema simple de un patrón de paisaje. Se identifica la matriz, parches, corredor y áreas donde se expresa un mosaico de parches. Fuente: Gökyer, E. (2013).

UNIDADES DE PAISAJE DE HUMEDALES (NIVEL III)

Según la Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales (Kandus y Minotti, 2018), las Unidades de Paisaje de Humedales son áreas con humedales definidas a partir del relieve en términos de génesis,

posición topográfica general, dinámica hídrica superficial y subterránea. La interacción de estas características con la vegetación, los suelos y los usos del suelo, da lugar a una variedad de parches y mosaicos hidrogeomórficos con distinto funcionamiento ecológico. Cada una de estas unidades presenta homogeneidad en la oferta de emplazamientos geomórficos para humedales lo que posibilita el desarrollo de una tipología de humedales para la unidad.

Delimitación y caracterización de las unidades de Paisaje de Humedales

La **delimitación** de las Unidades de Paisaje de humedales se realizó teniendo en cuenta la geología, la geomorfología, la topografía. El límite fue trazado usando el MDE y productos derivados, con fuerte incidencia de las curvas de nivel, el índice de posición topográfica (TPI) y la pendiente del terreno.

Para cada Unidad de Paisaje se realizó una caracterización que incluye tanto una descripción general de las variables que definen su ubicación, su delimitación geográfica y político-administrativa, como una descripción ecológica y sus principales características socioculturales.

A continuación se detalla el contenido de caracterización de las fichas de Unidades de Paisaje (UP):

Descripción general

- Localización geográfica: Contiene un mapa que muestra la ubicación de la UP y sus subunidades (si las tuviera).

- Subunidades de paisaje: Enumera y describe brevemente las características de cada una de las subunidades en las que se divide la UP.

- Tipología de humedales: Resume los principales tipos de humedales que se encuentran en la UP.

- Fotografía aérea: Contiene una imagen aérea que ilustra la estructura del paisaje con algunos de sus elementos distintivos.

- Vista en planta y transecta: Representa el patrón de paisaje de la UP, y es complementada con un esquema que indica los polígonos correspondientes a diferentes tipos de humedales y un perfil topográfico que indica coberturas dominantes. Las transectas presentadas han sido elaboradas a partir del MDE LiDAR.

- Localización y límites: Breve descripción de su ubicación y unidades con las que limita.

- Jurisdicciones administrativas: Identifica los municipios cuyo territorio pertenece, al menos parcialmente, a la unidad de paisaje considerada.

Descripción Ecológica

- Paisaje: Define la estructura y fisonomía del paisaje, su matriz y elementos. Indica si los humedales presentes son elementos aislados, tienen conectividad o conforman mosaicos de humedales.

- Geología y Geomorfología: Origen geológico y geomorfológico, principales geoformas y su configuración espacial.

- Dinámica hídrica: Principales entradas y salidas de agua, hidroperíodo y conectividad hídrica de los humedales en el paisaje.

- Tipos de suelos dominantes: Se describen los suelos dominantes.

- Vegetación: Se describen las características estructurales de la vegetación dominante y las comunidades vegetales asociadas a la UP.

- Funciones ecosistémicas: Reconoce las funciones ecosistémicas específicas que cumplen los humedales de la UP.

- Demografía, usos del suelo y de los humedales: Describe los usos principales que se realizan en los diversos ambientes de la UP y la población de esta.

- Conservación: Indica si están incluidas áreas bajo alguna categoría de protección. Se señala el estado de conservación actual de los humedales del sistema y se indica si hay algún manejo orientado a la conservación.

- Amenazas: Identifica los factores y agentes que inducen a la fragmentación, degradación y pérdida de los humedales.

UNIDADES DE HUMEDAL (NIVEL IV)

Según la Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales (Kandus y Minotti, 2018), las Unidades de Humedal corresponden a los menores elementos del paisaje que pueden asociarse con la presencia de humedales. Son geoformas que permiten la acumulación de agua y que en general se encuentran localizadas en las posiciones más bajas del paisaje, aunque esta posición a nivel regional sea relativa.

Las Unidades de Humedal presentan rasgos distintivos asociados a los criterios diagnósticos (régimen hidrológico, biota, suelos) que ponen en evidencia su ocurrencia en un emplazamiento geomórfico particular. Estos criterios, a su vez, también definen los límites de las Unidades de Humedal con respecto a los sistemas terrestres y acuáticos adyacentes.

En el contexto particular de cada Unidad de Paisaje, la diversidad de Unidades de Humedal es sistematizada asignando un tipo a cada unidad de humedal, de acuerdo con su emplazamiento geomórfico y a sus características hidrológicas y ecológicas, obteniendo de esta forma una tipología de humedales para la unidad de paisaje.

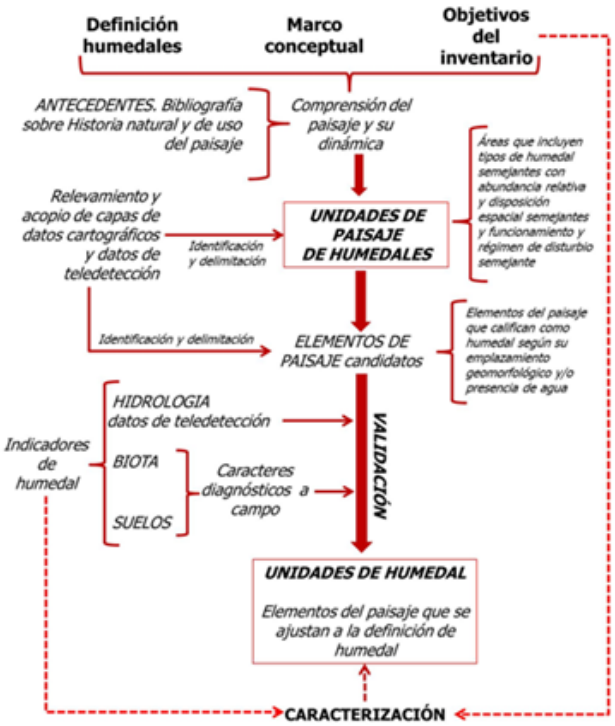


Figura 17. Unidades de Humedales, esquema metodológico. Fuente: Kandus y Minotti, 2018.

Dada la gran transformación sobre el paisaje realizado por el avance urbano en la CMR y considerando que la urbanización destruyó la mayoría de los humedales sobre los que se yergue, el presente trabajo no delimita ni caracteriza unidades de humedal de manera exhaustiva dentro del área urbana. Las unidades de humedal fueron identificadas y delimitadas sistemáticamente fuera del área urbana. A continuación se describe la metodología de delimitación de unidades de humedal y luego la metodología de delimitación de otros elementos de la cuenca que influyen sobre los humedales como la zona urbana y los humedales artificiales.

Delimitación de las Unidades de Humedal

Las unidades de humedal fueron delimitadas en gabinete utilizando una gran variedad de fuentes de información. Por un lado se utilizó el MDE y capas derivadas del mismo e imágenes ópticas de alta resolución; por otro se utilizaron datos relevados a campo. Este trabajo consiste en una primera aproximación a la delimitación de las unidades de humedal de la cuenca y no pretende ser completa.

Evaluación de la delimitación de UH

Según el Documento Marco para el desarrollo del INH (Benzaquen et al., 2020), las delimitaciones realizadas deben ser sometidas a un proceso de validación basado en la verificación de la asignación de etiquetas adecuadas de un conjunto de puntos seleccionado

a través de un muestreo estadístico estratificado por tipo de humedal. Siguiendo a Oreskes (1994) en este trabajo preferimos llamar a este proceso una evaluación de los resultados. La diferencia de términos puede parecer sutil pero resulta relevante a nivel epistemológico. Esta evaluación indica la precisión de los productos obtenidos, pero no da por cerrado (o validado) el problema de los límites de los humedales.

En este trabajo, la evaluación de los productos se realizó en gabinete a través de un muestreo estadístico estratificado por tipo de humedal. No fue posible realizar la evaluación a campo por la condición de sequía histórica referida y por la dificultad de acceso a los campos privados. La evaluación es presentada en los resultados correspondientes a cada unidad de paisaje de humedales. Para cada tipo de humedal cartografiado se generaron puntos aleatorios con una distribución de probabilidad uniforme en la superficie cubierta exclusivamente por esos polígonos, excluyendo los sectores urbanos y un borde de 5 m, y asignándole a cada punto la etiqueta correspondiente al tipo de humedal en cuestión; se generaron también puntos fuera de esos polígonos correspondientes a ambientes que no fueron cartografiados como humedales. Cada uno de esos puntos fue etiquetado a partir de una observación minuciosa de imágenes satelitales y los productos derivados del MDE descritos en el Anexo 3; las etiquetas asignadas de esta manera son consideradas como la verdad del terreno. Comparando estas etiquetas consideradas verdad del terreno con aquellas asignadas por la clasificación se generó una matriz de confusión, en la que las columnas representan etiquetas cartográficas y las filas las etiquetas consideradas verdad del terreno.

De la matriz de confusión se extrajeron métricas en base a la metodología propuesta por Congalton (1991 y 1996) y Banko (1998). Estas métricas dan cuenta de la exactitud global de los productos obtenidos, así como la exactitud de cada una de las clases obtenidas por la clasificación automática. En cada caso, se realizó una interpretación de la información que se obtiene de esta matriz y de sus métricas derivadas.

Caracterización de los tipos de Unidades de Humedal

Las Unidades de Humedal se encuentran contenidas dentro de las Unidades de Paisaje y pueden presentarse unidades de un mismo tipo en distintas Unidades de Paisaje. La caracterización de estas es principalmente ecológica.

A continuación se detalla el contenido de caracterización de las fichas de Unidades de Humedal (UH):

- **Fotografías:** Imágenes del sitio ilustrando una unidad de humedal típica para este tipo.

- **Vista en planta y transecta:** La vista en planta representa un ejemplo típico del elemento de paisaje en cuestión, complementada con un esquema indicando los polígonos correspondientes a los diferentes tipos de humedales con los que se relaciona comúnmente y un perfil topográfico indicando coberturas dominantes. Las transectas presentadas han sido elaboradas a partir del MDE LiDAR.

- **Vegetación:** Describe la fisonomía vegetal dominante de la unidad y su entorno, indicando zonificaciones típicas para el tipo de UH.

- Geomorfología: Emplazamiento geomórfico o geoforma asociada a la UH. Origen.

- Dinámica hídrica: principales entradas y salidas de agua, hidroperíodo y conectividad hídrica con otras unidades de humedal.

- Tipos de suelos dominantes: Se describen los suelos más frecuentes dentro de este tipo de unidad, de acuerdo con los documentos disponibles.

- Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas: Reconoce las funciones ecosistémicas específicas que cumplen los humedales de la unidad de paisaje y su aprovechamiento. Identifica los principales usos que se realizan sobre estos ecosistemas, así como los factores y agentes que inducen a la degradación y pérdida de los humedales.

- Conservación: Se señala el estado de conservación actual de las UH.

DELIMITACIÓN DE OTROS ELEMENTOS EN LA CUENCA.

Zona urbana.

La delimitación del área urbana de la CMR se realizó utilizando principalmente una imagen satelital de alta resolución del 11 de noviembre de 2021 (disponible en QGIS y en Google Earth de forma gratuita, propiedad de Maxar Technologies). Se trabajó a una escala 1:3.000: se procedió a delimitar el área urbana, incorporando a dicha categoría las manzanas formalmente edificadas e incluidas totalmente en la trama urbana. Las manzanas que no se encontraban completas al momento de realizar la delimitación, fueron categorizadas como "áreas de expansión urbana", tanto en humedales como en ambientes terrestres. Esta categoría incluye barrios cerrados que al crearse transformaron antiguos humedales y áreas donde la urbanización avanzó informalmente sobre humedales, como por ejemplo en el bajo de la localidad de Gregorio de Laferrere, cerca del río Matanza.

La delimitación se realizó principalmente en las zonas urbanas que resultan conexas a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y no fue exhaustiva en el sector alto de la cuenca, donde se evidencia la presencia de nuevos barrios que no han sido mapeados. En general, esta delimitación es provisoria y susceptible de mejoras. Se pueden ver la capa del urBAsig[6] y del ReNaBaP[7] para más información.

Aquellos sitios que, si bien no evidencian una función urbana, se encuentran inmersos en la matriz urbana del GBA fueron catalogados como áreas "confinadas en la matriz urbana fuertemente transformada". Esto ocurre, por ejemplo, con el sector de la Reserva Provincial de Santa Catalina que se encuentra en litigio. Esta misma categoría se utilizó para áreas que no se observan completamente urbanizadas a la fecha, pero que evidencian un avance urbano consistente. Los aeropuertos fueron catalogados como urbanos, salvo sus inmediaciones que aún se conservan naturales, que han sido catalogadas como "confinados en la matriz urbana fuertemente transformada".

[6] https://urbasig.gob.gba.gob.ar/urbasig/
[7] https://www.argentina.gob.ar/desarrollosocial/renabap/mapa

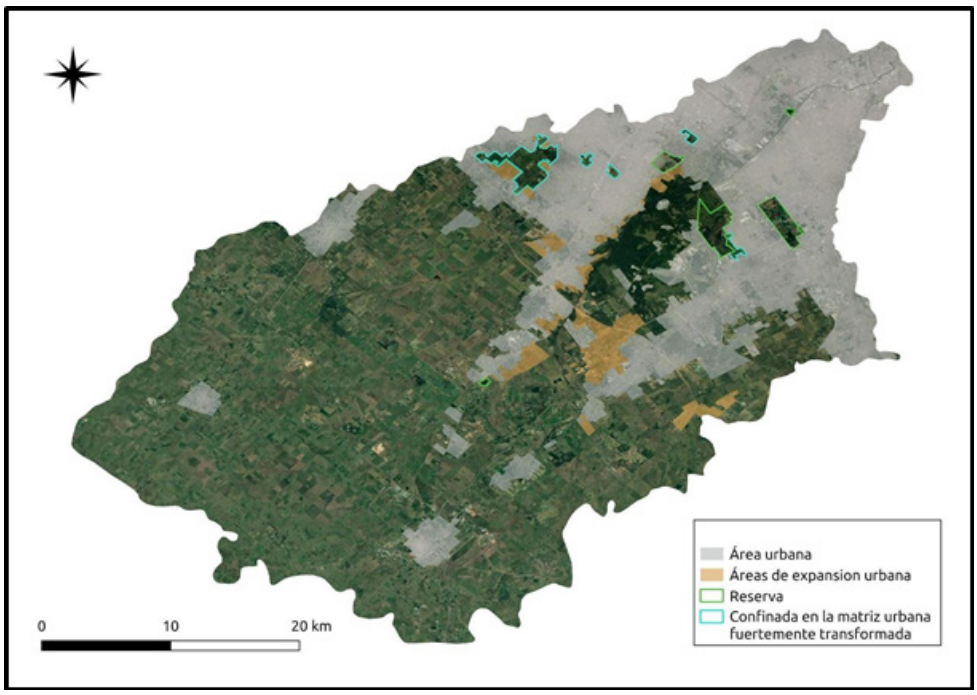


Figura 18. Zonas urbanas de la Cuenca Matanza-Riachuelo, reservas y zonas no urbanas confinadas en la matriz urbana. Elaboración propia en base a datos del SIFAP.

Delimitación de canales y de predios con excavaciones y grandes movimientos de suelos

Los predios en los que se identificaron excavaciones y grandes movimientos de suelo que conforman los principales humedales artificiales de la cuenca (cavas, lagunas artificiales, etc.) fueron delimitados. Para esto, se partió de la capa de "Cavas críticas" (generada por ACUMAR) y se completó con la identificación de cavas y lagunas artificiales no incluidas en esa capa, utilizando series de imágenes satelitales de Google Earth, el Modelo Digital de Elevación de la cuenca (MDE LiDAR) y productos derivados del MDE. En todos los casos se delimitó lo que se identifica como el predio más pequeño dentro del cual están hechas las excavaciones (Figura 19) ya que la forma de la excavación es en algunos casos sumamente tortuosa e irregular y en otros crece de manera dinámica dado que es explotada en la actualidad.

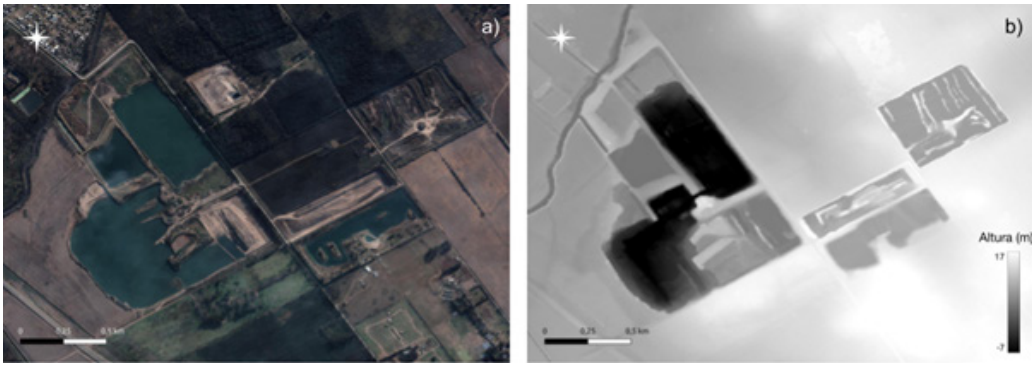


Figura 19. Modificación de la topografía generada por la excavación de cavas, visible mediante a) imagen óptica (google earth) y b) modelo de elevación del terreno (MDE-Lidar). Imágenes correspondientes al año 2015.

Estos humedales artificiales se ubican principalmente en terrenos privados a los que no se permite el acceso. Su estado de conservación, su relación con el agua superficial y subterránea y su impacto ambiental merecen ser estudiados detenidamente. Se trata de una categoría que abarca elementos muy diversos, cuya caracterización escapa a los objetivos del presente trabajo. Sin embargo, su delimitación ha sido incluida en la capa de humedales de la cuenca.

La delimitación de canales artificiales se hizo manualmente a partir de la interpretación de imágenes satelitales de Google Earth, con el apoyo del MDE LiDAR. Las imágenes de Google Earth tienen alta resolución, lo cual ayuda a interpretar elementos del paisaje y también posee imágenes para distintas fechas, con lo cual se pudo hacer el mapeo principalmente con imágenes de épocas húmedas (segundo semestre de 2018, principalmente) en las cuales los canales se encontraban con agua y más fáciles de detectar. En el MDE también se pueden distinguir los canales artificiales como elementos lineales más bajos respecto al entorno. Las características de los canales, que permiten detectarlos, son su rectitud, que suelen partir de cubetas y suelen llegar a otros canales, a bordes de rutas (que tienen siempre zanjas a los costados) y a cursos de agua.

Cabe destacar que los canales son creados continuamente, con lo cual podría haber canales recientemente creados que no hayan sido registrados ya que son más difíciles de detectar con imágenes satelitales cuando están secos y el MDE utilizado también tiene ya 8 años de antigüedad. A su vez, hay canales de distintas dimensiones y con distinto mantenimiento. Si bien la marca de la presencia de un canal es muy difícil que se vaya, la marca y el canal se van difuminando en el tiempo, principalmente por la acción de maquinaria agrícola y del ganado que atraviesan los canales. En otros casos, otros movimientos de tierra más grandes, en general asociados a la construcción de predios industriales y de barrios cerrados, directamente pueden tapar completamente un canal y cualquier otro elemento del terreno.

Si bien es muy frecuente que los caminos públicos tengan zanjas a sus costados, las mismas no han sido mapeadas.

RESULTADOS

Unidades de Paisaje de Humedales

Las Unidades de Paisaje de Humedales son unidades homogéneas en cuanto a la oferta de emplazamientos geomórficos para la ocurrencia de humedales (Kandus y Minotti, 2019). El concepto de paisaje de humedales es central en la concepción del inventario, complementa el enfoque tradicional de cuenca y posibilita el desarrollo de una tipología de humedales en cada unidad.

Para la Cuenca Matanza-Riachuelo se identificaron dos unidades de paisaje (UP): La

Planicie loéssica y el Paleoestuario **(Figura 20, Figura 21, y Tabla 1).**

La Planicie loéssica ocupa el 88% de la superficie de la CMR, se ubica en la cuenca alta y parte de la cuenca media, y contiene dos subunidades de paisaje: Planicie loéssica fluvializada (23%) y Divisoria de aguas (65%). La Planicie loéssica fluvializada contiene a los ríos y arroyos de esta unidad, junto con sus planicies de inundación. La Divisoria de aguas, por su parte, corresponde a los sectores más altos de la cuenca y un cuarto de su superficie se encuentra urbanizada. Posee pendiente casi nula y presenta gran cantidad de cubetas, cañadas y bañados.

La otra UP identificada, el Paleoestuario, ocupa el 12% de la superficie de la CMR y se encuentra en el sector más bajo de la cuenca. Se separa de la Planicie loéssica por una barranca. Esta unidad es un gran bajo regional que se inunda con las crecidas del río Matanza-Riachuelo y es afectada por las crecidas del Río de la Plata. Se distinguieron dos subunidades dentro del Paleoestuario: el Complejo de Barrancas y Zonas Urbanas (9%) y el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores (3%). La primera subunidad se encuentra casi completamente urbanizada (93%) mientras que la segunda presenta solo el 18% de su superficie urbanizada. Esta segunda subunidad es un mosaico de humedales de diverso tipo en el que no hemos identificado sistemáticamente las Unidades de Humedal.

Cuenca	Unidad de paisaje	Subunidad de paisaje	Superficie total ha (%)	Superficie no urbana ha (%)	Superficie urbana ha (%)
CMR			204700 (100)	138147 (67)	66553 (33)
	Planicie Loéssica		180856 (88)	132349 (65)	48507 (24)
		Divisoria de aguas	*133395 (65)*	*100015 (75)*	*33379 (25)*
		Planicie Loéssica Fluvializada	*47462 (23)*	*32334 (68)*	*15127 (32)*
	Paleoestuario		23931 (12)	5798 (3)	18134 (9)
		Complejo de Barrancas y Zonas Urbanas	*18356 (9)*	*1235 (7)*	*17121 (93)*
		Complejo de lagunas, bañados y cauces menores	*5576 (3)*	*4563 (82)*	*1013 (18)*

Tabla 1. Superficie ocupada por las unidades y subunidades de paisaje identificadas en la Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR). *El porcentaje urbano y no urbano en cada subunidad se expresa en términos de la superficie de la propia subunidad.

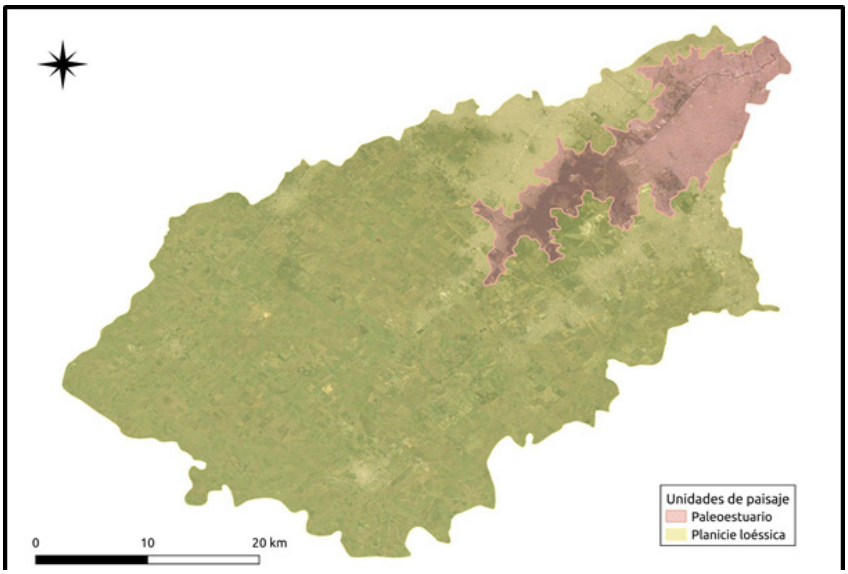


Figura 20. Unidades de Paisaje de la Cuenca Matanza-Riachuelo.

La separación entre el Paleoestuario y la Planicie Loéssica la conforma una barranca (Figura 22), más pronunciada en algunos sectores, más difusa en otros. Esta barranca podría considerarse una unidad de paisaje en sí misma, ya que tiene características únicas y distintivas (para más detalles ver "Clima, geomorfología y paisajes de la CMR"). Sin embargo, por la escala de trabajo y la metodología seleccionada para este inventario se ha optado por no considerarla una unidad de paisaje independiente e incluirla principalmente en el Paleoestuario, ya que su génesis está íntimamente ligada a la de aquel. Por este motivo, y por el gran proceso de urbanización que ha tenido lugar en el Paleoestuario es que la unidad de paisaje Paleoestuario excede en algunos sectores al mosaico de humedales del paleoestuario.

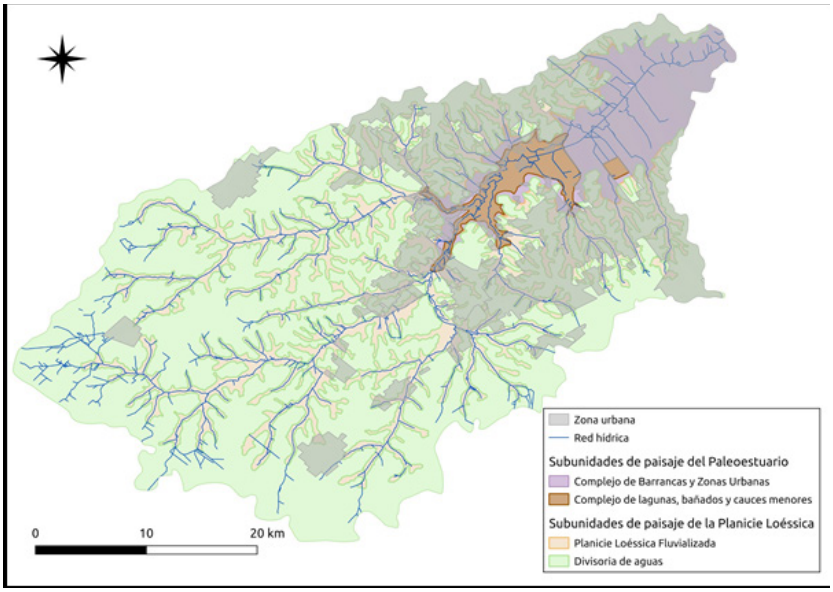


Figura 21. Unidades de paisaje y subunidades de paisaje de la Cuenca Matanza-Riachuelo.

UNIDADES DE HUMEDAL

Las Unidades de Humedal (UH) corresponden a los menores elementos del paisaje que pueden asociarse con la presencia de humedales. Generalmente son geoformas que permiten la acumulación de agua y suelen estar localizadas en bajos relativos del paisaje.

Las Unidades de Humedal fueron identificadas y delimitadas detalladamente en la Planicie Loéssica, mientras que en el Paleoestuario se identificaron algunas Unidades de Humedal y un gran Complejo de lagunas, bañados y cauces menores que es un mosaico de humedales cuyas unidades constitutivas no fueron delimitadas individualmente. Este mosaico está conformado por diferentes tipos de humedales incluyendo cursos fluviales activos y abandonados, planicies de inundación, bañados y cuerpos de agua cuyos límites son difíciles de precisar.

Los humedales de la Cuenca (considerando las Unidades de Humedal identificadas y el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores del Paleoestuario), cubren un 22% de la superficie de la CMR.

Dentro de la Planicie Loéssica, se identificaron y delimitaron 1774 UH, las cuales ocupan aproximadamente 38508 ha, las cuales equivalen al 21% de la superficie de dicha unidad de paisaje. Las UH se agrupan en cinco tipos diferentes. El tipo “Canales activos” corresponde a la subunidad de paisaje de la Planicie Loéssica Fluvializada y ocupa el 2% de la superficie de humedales de la UP. Los tipos “Bañados” (32%), “Cañadas” (34%), “Cubetas” (4%) y “Planicie aluvial” (27%) se identificaron en ambas subunidades dentro de la Planicie loéssica, **(Figura 21, Figura 22, Tabla 2, Tabla 3).**

El 62% de las unidades de “Bañados” y el 82% de las “Cubetas” se identificaron en la Divisoria de aguas y representan el 94% y el 81% de la superficie cubierta por los mismos en la Planicie Loéssica. Mientras que el 67% de las unidades de “Cañadas” identificadas junto con el 91% de las “Planicies aluviales” se hallaron asociadas a la Planicie Loéssica Fluvializada. En el caso de las “Cañadas” esas unidades representan el 80% de la superficie total de ese tipo de unidad de humedal, mientras que en el caso de las “Planicies aluviales” representa casi la totalidad de la superficie de ese tipo identificada en la Planicie Loéssica **(Tabla 2 y Tabla 3).**

Tipo de Unidad de Humedal	Planicie Loéssica		
	Divisoria de aguas	Planicie Loéssica Fluvializada	Total por UH
Bañados	133 (62) 8	0 (38)	213 (12)
Canales activos		24 (100) 2	4 (1)
Cañadas	182 (33)	369 (67)	551 (31)
Cubetas	641 (82)	140 (18)	781 (44)
Planicies aluviales		205 (100)	205 (12)
Total por SubUP	956 (55)	818 (45)	1774 (100)

Tabla 2. Cantidad de unidades de humedal y el porcentaje que representa en función de cada tipo en cada subunidad de paisaje identificadas en la Planicie Loéssica de la Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR).

Tipo de Unidad de Humedal	Planicie Loéssica		Total por UH
	Divisoria de aguas	Planicie Loéssica Fluvializada	
Bañados	11728 (94)	750 (6)	12478 (32)
Canales activos		578 (100)	578 (2)
Cañadas	2704 (20)	10492 (80)	13196 (34)
Cubetas	1401 (81)	329 (19)	1730 (4)
Planicies aluviales		10527 (100)	10527 (27)
Total por SubUP	15832 (41)	22676 (59)	38508 (100)

Tabla 3. Superficie ocupada por cada tipo de unidad de humedal y el porcentaje que representa en cada subunidad de paisaje de la Planicie Loéssica de la Cuenca Matanza-Riachuelo (CMR).

A continuación se describen detalladamente cada una de las unidades de paisaje, subunidades de paisaje y unidades de humedal identificadas en la CMR; mediante mapas se muestra su ubicación geográfica y utilizando transectas se ilustran los patrones de paisaje que conforman. Los archivos vectoriales que dan lugar a estos mapas pueden encontrarse adjuntos al presente informe.

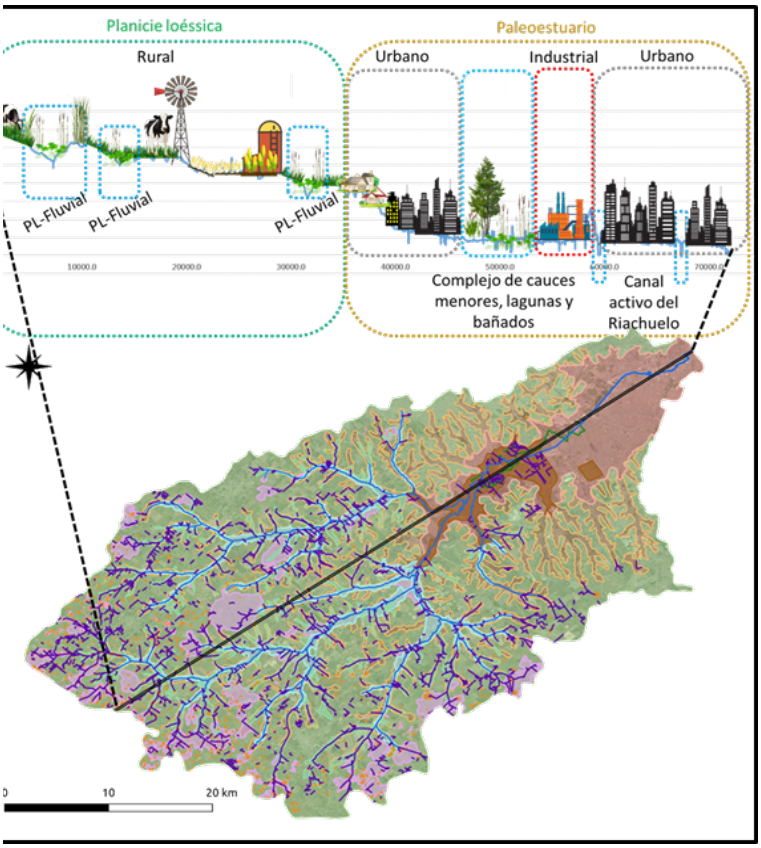


Figura 22. Perfil topográfico esquemático de 72 km de longitud en la cual se indica la ubicación de cada unidad de paisaje y las subunidades en el caso de la Planicie loéssica de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Además se ejemplifican los principales usos y coberturas del suelo.

UNIDAD DE PAISAJE DE LA PLANICIE LOÉSSICA

Descripción general

La Planicie loéssica está formada por depósitos de loess de origen eólico con un espesor promedio de unos 30 m. El paisaje de la unidad Planicie loéssica está compuesto por una matriz terrestre con abundantes parches y corredores de humedales.

La Planicie loéssica tiene sectores planos y otros con pendientes suaves. Estas ligeras diferencias de pendiente dan lugar a diferentes configuraciones funcionales de sus elementos. La topografía determina el recorrido del agua y el recorrido del agua, a su vez, modifica la topografía. En sectores con pendientes ligeras encontramos cañadas que luego dan lugar a arroyos donde el agua se encauza y circula de forma concentrada, con una dirección definida. En sectores planos o con pendientes casi nulas --generalmente ubicados en divisorias de aguas con otras cuencas o entre subcuencas de la CMR-- no se forman cañadas ni arroyos sino que el agua tiende a permanecer y escurrir de forma lenta y difusa. Para distinguir estas dos configuraciones funcionales es que identificamos dos subunidades de paisaje diferentes dentro de la planicie loéssica: la Planicie loéssica fluvializada y la Divisoria de aguas. Ambas subunidades se encuentran entreveradas dada su génesis y estrecha relación y conforman, desde nuestro punto de vista, una sola unidad de paisaje.

Podría pensarse que la Planicie loéssica fluvializada y la Divisoria de aguas son en realidad dos unidades de paisaje distintas y no simplemente subunidades. Esta discusión no está zanjada y, en todo caso, debe darse a otra escala, mirando todo el Sistema de paisajes de forma integral y no una sola cuenca. Ver Anexo D.

Localización geográfica

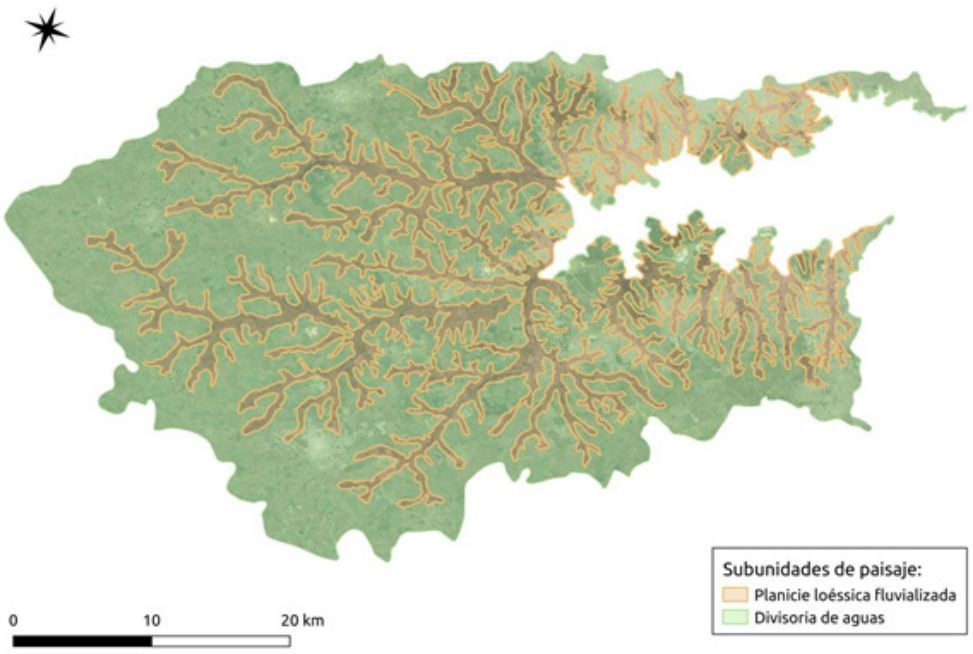


Figura 23. Unidad de paisaje Planicie loéssica y sus subunidades: Planicie loéssica fluvializada y Divisoria de aguas.

Tipología de humedales

En la divisoria de aguas se encuentran cubetas aisladas, en algunos casos rodeadas de bañados o conectadas intermitentemente por medio de sutiles cañadas con otras cubetas (formando en algunos casos lo que se denomina “rosarios de cubetas”) pero sin llegar a modelar cursos fluviales (Figura 24).

En la planicie loéssica fluvializada se encuentran algunas cubetas conectadas por cañadas que constituyen las nacientes de los cursos fluviales (Figura 25). Las fajas fluviales conformadas por los cursos y sus planicies aluviales son el principal tipo de humedal de esta subunidad.

En ambas subunidades también pueden encontrarse humedales artificiales, incluyendo lagunas creadas dentro de barrios cerrados (en general donde hubo antes otro tipo de humedales) y cavas. Las cavas son el resultado de la explotación minera en forma de cantera a cielo abierto de la que se obtienen áridos. Al finalizar la vida útil de una cantera, su abandono sin un plan adecuado de cierre puede generar serios problemas ambientales y de seguridad relacionados con la destrucción del paisaje, la acumulación de residuos, la contaminación de acuíferos y el riesgo de ahogamiento por parte de la población.

Si bien los humedales artificiales son considerados humedales por la convención Ramsar

y la definición operativa argentina, los mismos no fueron objeto de estudio de este trabajo. Esto se debe, por un lado, a la complejidad de su estudio, ya que pueden ser muy distintos entre sí y, por otro, a que es difícil acceder a ellos porque se encuentran en su totalidad en terrenos privados. En este trabajo sólo han sido mapeados para dar cuenta de su importante presencia en la CMR, pero su estudio detallado no es objeto del presente trabajo.

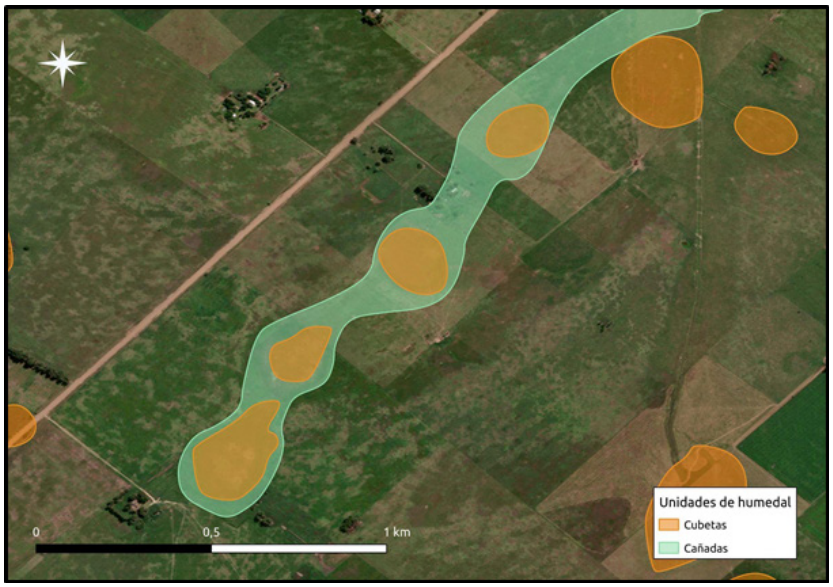


Figura 24. Rosario de cubetas (cubetas alineadas y conectadas por cañadas) en el Municipio de Cañuelas.

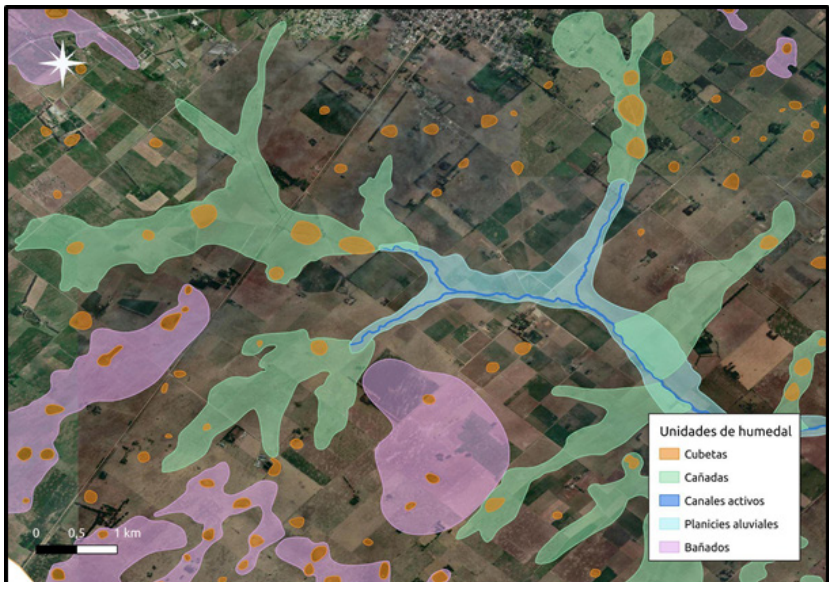


Figura 25. Nacientes del arroyo Rodríguez o de los pozos.

Fotografía aérea

Figura 26. Cubetas y bañados en el establecimiento La Galera partido de General Las Heras. Fecha: 03/03/2022

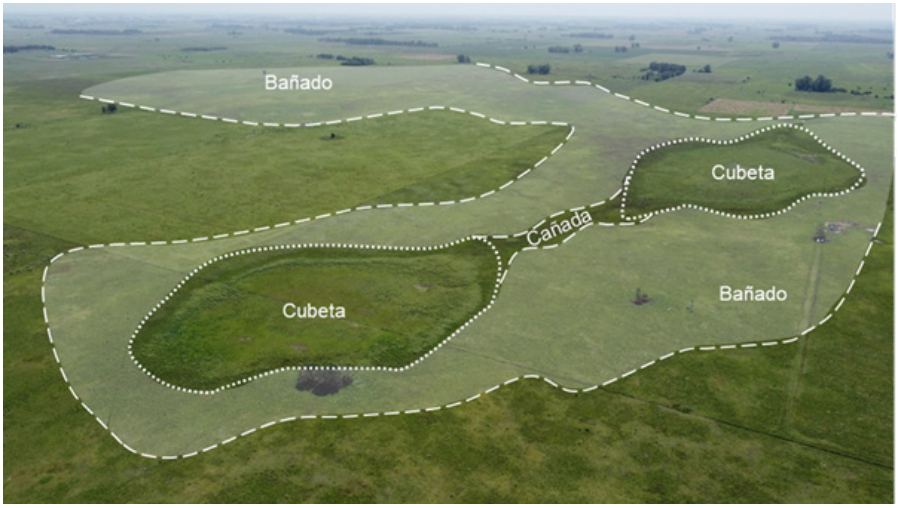


Figura 27. Sistema de cubetas, cañada y bañado en el establecimiento La Galera partido de General Las Heras. Fecha: 03/03/2022

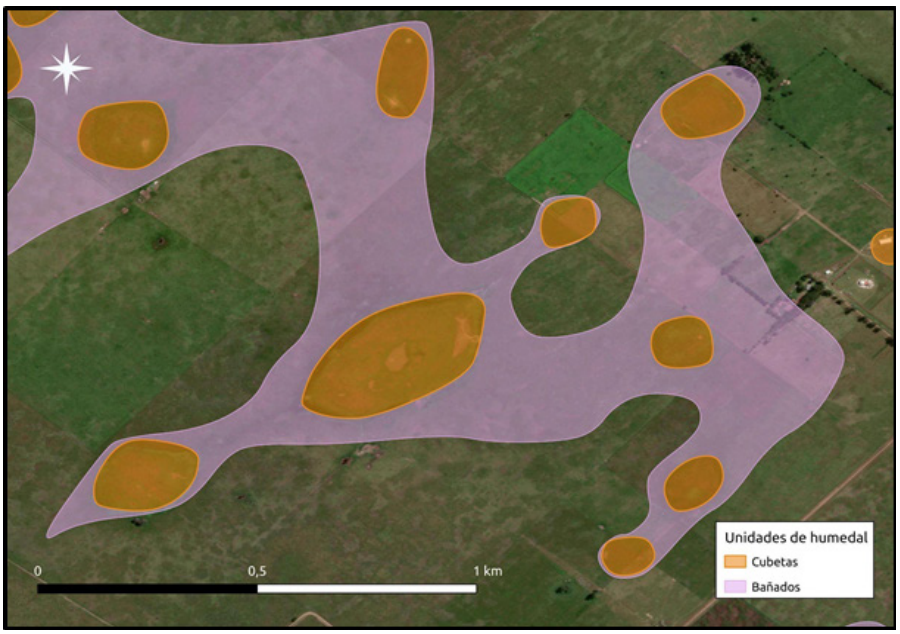


Figura 28. Cubetas conectadas por bañados en el establecimientoLa Galera partido de General Las Heras.

Figura 29. Cañada en Planicie loéssica fluvializada desembocando en faja fluvial y arroyo en partido de General las Heras. Fecha: 19/05/2022

Vista en planta y transecta

A continuación **(Figura 30)** se presenta una transecta de la Planicie loéssica que atraviesa a la subunidad Divisoria de aguas. La transecta se desarrolla entre los puntos 35.004 S,

58.960 O y 35.008 S, 58.952 O cubriendo 890 m de un paisaje ganadero representativo.

En el perfil topográfico se puede apreciar la falta de pendiente general (menor 2%), que es característica de esta unidad. En pequeñas depresiones de entre 30 y 50 centímetros respecto a su entorno se encuentran cubetas que con frecuencia presentan formas circulares a elípticas (naranja en la transecta de clasificación de la Figura 30). Estas poseen una vegetación hidrófita distintiva, y se encuentran generalmente anegadas. Alrededor de las cubetas y en zona aún levemente deprimida se aprecian extensos bañados de forma irregular (rosa en la transecta de clasificación de la Figura 30) que están frecuentemente saturados de agua. Alrededor de cubetas y bañados y un poco más elevado del resto, comienza la matriz terrestre. En estos ambientes generalmente se desarrolla la producción de ganado bovino de manera extensiva. Algunos campos ubicados en posiciones más elevadas en relación con el contexto, con mejor drenaje, son utilizados para cultivos.

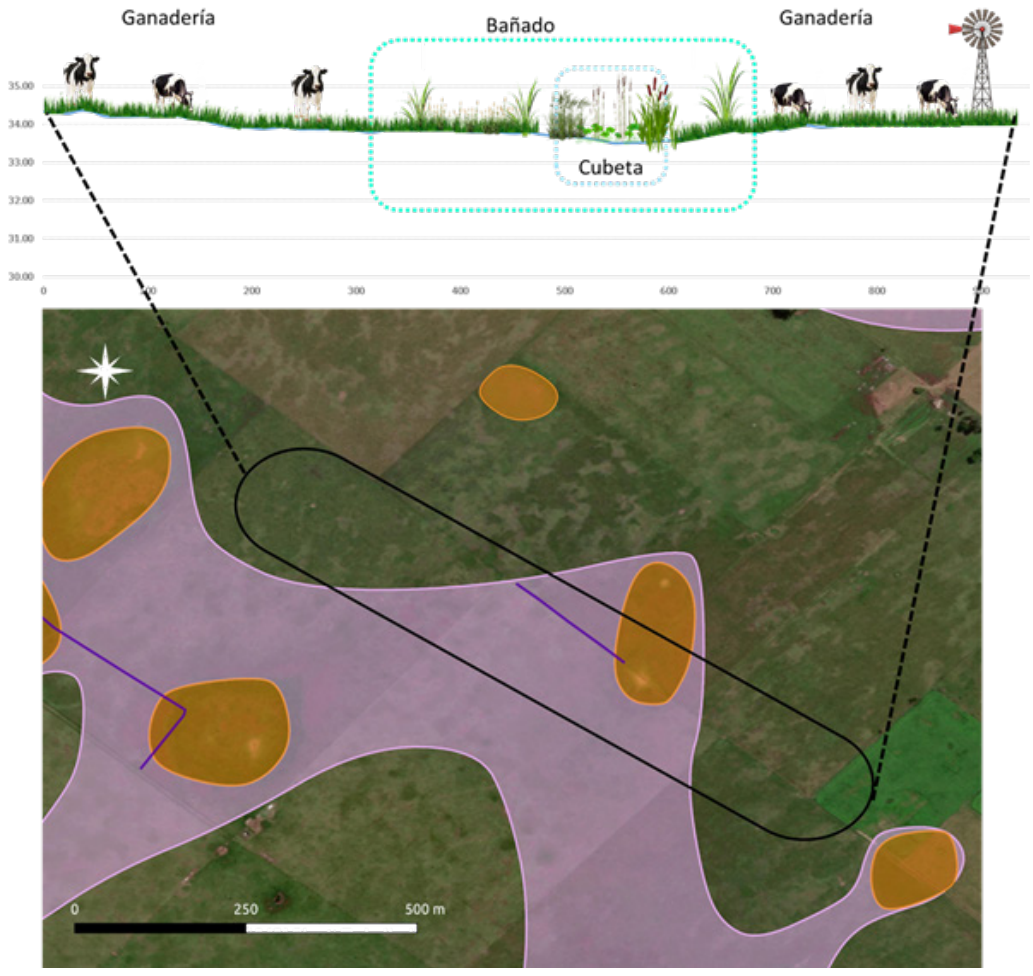


Figura 30. Transecta esquemática dentro de la subunidad Divisoria de aguas, de la unidad de paisaje Planicie loéssica en la que se observan las típicas cubetas de forma circular o elíptica y los extensos bañados que se desarrollan en la llanura.

A continuación **(Figura 31)** se presenta una transecta de la unidad Planicie loéssica, que atraviesa las dos subunidades: la Planicie loéssica fluvializada en posición central y la Divisoria de aguas en ambos costados. La transecta se desarrolla entre los puntos 34.999 S, 58.887 O y 34.998 S, 58.853 O cubriendo 3000 m de un paisaje ganadero representativo donde en áreas particulares de buen drenaje se puede desarrollar la agricultura y ocasionalmente emprendimientos forestales.

La subunidad Planicie loéssica fluvializada se ubica en la depresión del paisaje representada en el perfil esquemático de la transecta y está rodeada por la subunidad correspondiente a la Divisoria de aguas. Se destaca que la depresión en la que se ubica la misma es mucho más profunda que la depresión asociada a cubetas (Figura 31). Además, presenta un curso de agua en el centro, el cual puede ser permanente o temporario y su planicie de inundación asociada a las crecidas y desbordes del mismo. En las zonas planas y más elevadas se encuentra la matriz agrícola ganadera que es característica de la Planicie loéssica.

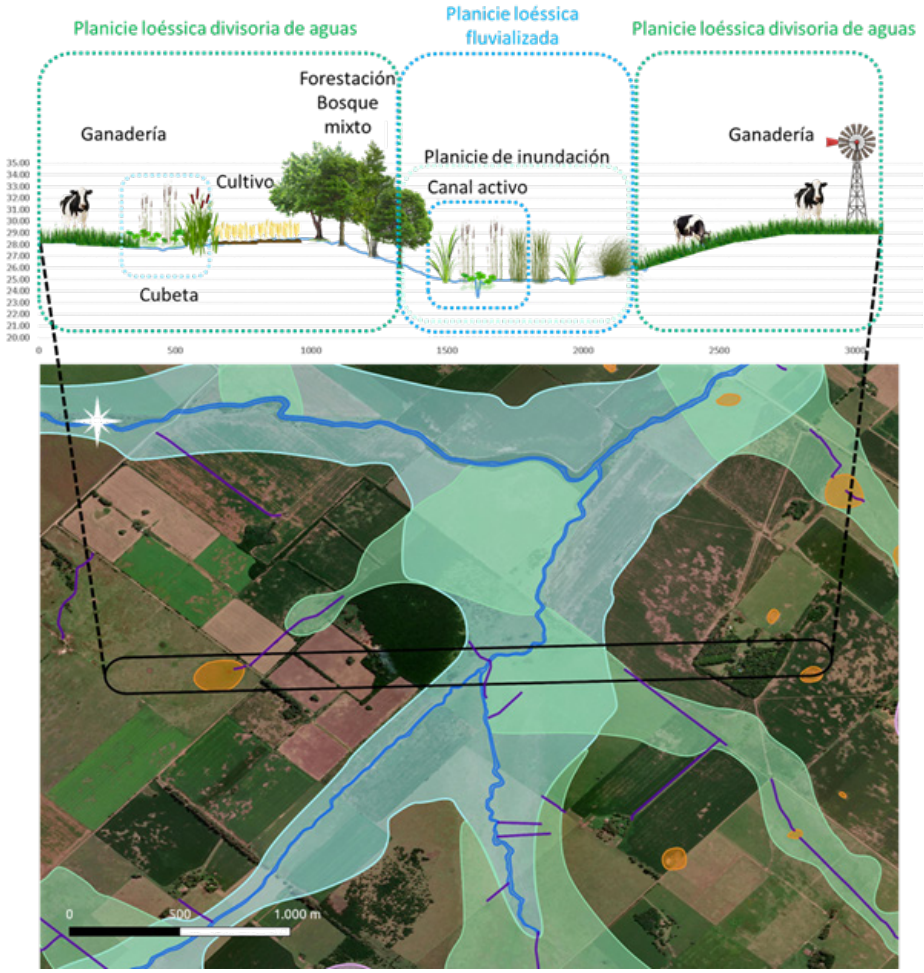


Figura 31. Transecta esquemática en la Planicie loéssica. En el centro se observa la subunidad Planicie loéssica fluvializada con su Canal activo y la Planicie de inundación asociada. En ambos extremos de la transecta se encuentra la subunidad Divisoria de aguas con las cubetas de forma circular o elíptica típica.

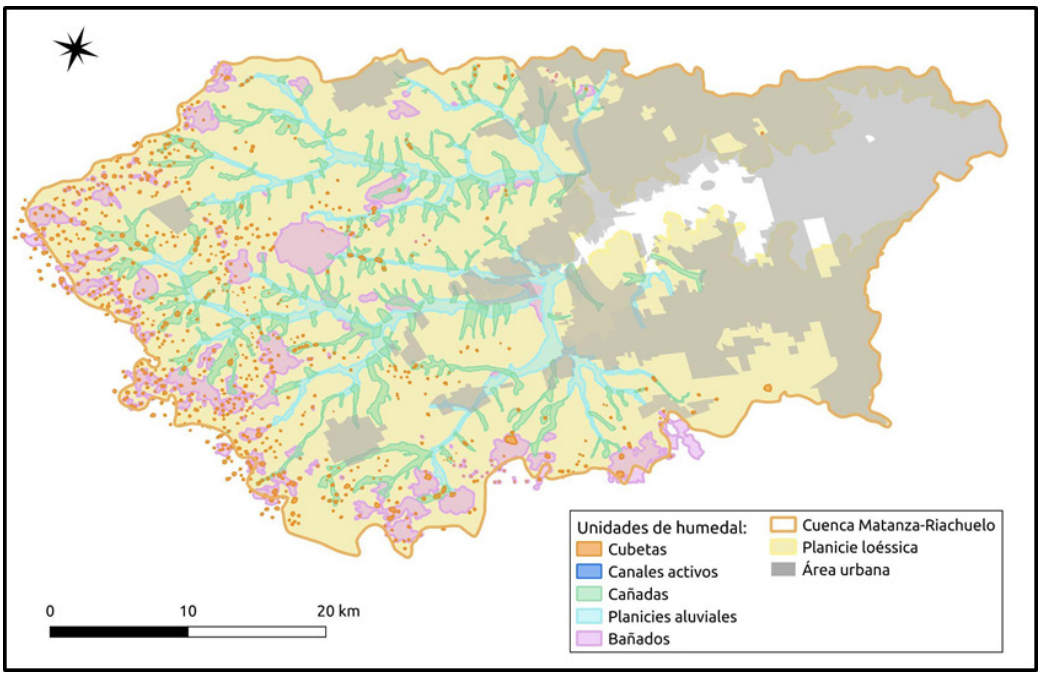


Figura 32. Unidades de humedal de la Planicie loéssica.

Localización y límites

La Planicie loéssica es una unidad de paisaje que se ubica en la parte alta de la CMR, por sobre la cota de 9 m.s.n.m. Como unidad geomorfológica, se extiende transversalmente a la pendiente regional, ocupando la parte alta de las cuencas de los ríos Salado, Reconquista, Luján, etc. El límite preciso de la Unidad de Paisaje no ha sido definido ya que excede al área de estudio de este trabajo. Aquí hemos delimitado y caracterizado la unidad de paisaje dentro de la cuenca Matanza-Riachuelo. Hacia el Río de la Plata, limita con la Unidad de Paisaje denominada Paleoestuario. Una gran parte de esta unidad ha sido urbanizada.

Jurisdicciones administrativas

La Planicie loéssica de la CMR se desarrolla sobre la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y casi todos los partidos de la cuenca, salvo el partido de Avellaneda y el partido de Lanús.

DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA

Paisaje

El paisaje de la unidad Planicie loéssica está compuesto por una matriz terrestre con abundantes parches y corredores de humedales. Estas unidades de humedal tienen diversos tamaños: en algunos casos abarcan más de una hectárea de superficie y han sido identificados y delimitados en este trabajo; en otros presentan una superficie menor a una hectárea y no han sido identificados ni delimitados en el presente trabajo por cuestiones

de escala. Los parches de humedales corresponden a cubetas y bañados; los corredores (que presentan un desarrollo longitudinal predominante) corresponden a cañadas, cursos y planicies aluviales. Estos tipos de humedales se describen más adelante en este documento.

El uso del territorio en esta unidad fue tradicionalmente agrícola-ganadero pero cada vez más se combinan usos residenciales de baja densidad, usos productivos intensivos, e industriales con otros usos especiales. Estos usos generan presiones sobre los humedales.

Geología y Geomorfología

La geología y geomorfología del Área Metropolitana de Buenos Aires, donde se ubica la Planicie loéssica, fue descrita por Pereyra (2004). A continuación se rescatan algunos aspectos de esa descripción.

La Planicie loéssica está formada por depósitos de loess que fueron arrastrados por el viento, por eso se dice que su origen es eólico. Estos depósitos tienen un espesor aproximado de 30 m. Sobre la planicie, por donde discurren o discurrieron cursos de agua, se encuentran depósitos fluviales. Estos depósitos tienen variabilidad lateral y vertical, es decir, cambian hacia los costados y según la profundidad. En algunos lugares existen a distintas profundidades horizontes edáficos muy poco permeables, que limitan la capacidad de infiltración del agua en el suelo y generan condiciones de anegamiento. Estos horizontes pueden ser argílicos (muy arcillosos) o, directamente, tosca.

La subunidad Divisoria de aguas tiene un relieve plano o suavemente ondulado y está plagada de pequeñas depresiones denominadas “cubetas”. El origen de las cubetas no es claro: algunos autores refieren a ellas como cubetas de deflación (ej., Pereyra (2004)) lo que sugiere un origen eólico; otros (ej., Tricart (1973)) proponen que estas cubetas tienen su origen en depresiones mínimas en las que se acumula el agua causando la compactación del material base (loess) a causa del hidromorfismo, retroalimentando de manera positiva el proceso de formación de la depresión.

La subunidad Planicie loéssica fluvializada, en cambio, ha sido modificada por acción fluvial. Su principal geoforma es la planicie aluvial, que incluye en muchos casos río o arroyos y que se formó mediante procesos de erosión fluvial que horadaron la Planicie loéssica. Esta geoforma está notoriamente transformada ya que la mayoría de los cursos que la discurren han sido profundizados artificialmente y en la mayoría de los casos han dejado a sus costados los materiales removidos.

Los laterales de valle son geoformas que, según sus procesos de formación, están estrechamente asociados a la planicie de inundación (principal componente de la subunidad Planicie loéssica fluvializada). A pesar de esto, en este trabajo los laterales de valle fueron incorporado a la subunidad de paisaje de la Divisoria de aguas ya que tanto el tipo de humedales que allí encontramos como su comportamiento ecológico resultan más semejantes a la Divisoria de aguas que en la Planicie loéssica fluvializada. Esto puede deberse a la realmente escasa pendiente de los laterales de valle. En todo caso, esta similitud ecológica se refleja también en los usos de las unidades geomorfológicas: los laterales de valle suelen tener el mismo uso que el de las zonas altas circundantes y diferir del uso de las planicies de inundación aledañas.

Dinámica hídrica

En cuanto al balance hidrológico, en la Planicie loéssica, el principal ingreso de agua del sistema son las precipitaciones. Una vez precipitada, el agua puede seguir cuatro caminos: infiltración, escurrimiento, evapotranspiración o almacenamiento (Kruse y Zimmermann, 2002; Scarpati y Capriolo, 2013). La infiltración se presume lenta ya que la permeabilidad de los suelos es generalmente baja. El escurrimiento superficial, de tipo laminar, tampoco es veloz debido a las bajas pendientes de la unidad de paisaje. El agua adquiere una mayor velocidad en la Planicie loéssica fluvializada que tiene mayores pendientes y una red de drenaje definida. Por su parte, la evapotranspiración es una importante salida del agua del sistema, como suele ser el caso de llanuras templadas (Kruse y Zimmermann, 2002). En cuanto al almacenamiento, este puede ser subterráneo y/o superficial. En períodos húmedos el suelo se satura de agua y el almacenamiento es superficial (inundación) mientras que en períodos secos el almacenamiento es subterráneo (Kruse y Zimmermann, 2002).

En relación con el agua subterránea, la Planicie loéssica se desarrolla sobre un complejo entramado hidrogeológico que determina la presencia de aguas subterráneas (Sala y Hernandez, 1993). En términos simplificados y comúnmente utilizados, se habla de un único sistema hídrico con dos acuíferos principales en esta zona: el acuífero Pampeano o freático (más superficial) y el acuífero Puelche (más profundo) (Amato y Silva Busso, 2006). El acuífero pampeano está dentro de la Formación Pampeana que está conformada por limos arenosos y limos arcillosos de origen eólico (loess) y fluvial (Perdomo et al., 2011) y con un espesor de entre 13 y 70 metros, que es máximo en la cabecera de la cuenca (Macino et al., 2013). Esta se encuentra entre la superficie y el techo de la Formación Puelche, excepto en el valle de inundación del Matanza-Riachuelo, donde está cubierta o reemplazada por sedimentos Postpampeanos (INA, 2010). El acuífero Pampeano es el principalmente explotado para consumo de ganado y suele estar muy cerca de la superficie, a alrededor de 1 metro de profundidad. El acuífero Puelche, está conformado por una secuencia sedimentaria de arenas medianas y finas, y con un espesor de algunas decenas de metros y se recarga en las áreas interfluviales de la región a través del acuífero Pampeano (Mateucci, 2012). Este acuífero es explotado principalmente en zonas urbanas para consumo humano ya que su calidad es superior a la del Pampeano.

La conectividad hidráulica entre ambos acuíferos es generalmente muy alta, por lo que sus niveles suelen estar altamente correlacionados (Santa Cruz y Silva Busso, 2002), aunque por zonas están separados por un acuitardo [8]. Su nivel es variable pero se correlaciona con la topografía del terreno donde no es bombeado intensamente (allí se generan conos de depresión local). Tiene una dirección de flujo general hacia el Río de la Planta, descarga sus aguas en zonas más bajas y en planicies de inundación (Santa Cruz y Silva Busso, 2002; Amato y Silva Busso, 2006) y se recargan en las zonas más altas (Divisoria de aguas) (Amato y Silva Busso, 2006). Estudios en zonas cercanas a la CMR indican que los niveles de los acuíferos se asocian a las precipitaciones (Laurencena et al., 2002).

Según un modelo del flujo subterráneo de aguas de la CMR (Vives et al., 2013) el agua de los acuíferos efectivamente descarga sobre los cursos fluviales en la CMR y, en menor magnitud, sobre el Río de la Plata. Además, este modelo indica que el proceso dominante en la cuenca es la recarga del acuífero. Asimismo, Pereyra (2016) coincide en que, dadas las características regionales, el acuífero descarga sus aguas en los cursos fluviales. Aun así, en general los análisis realizados específicamente sobre la Planicie loéssica de la cuenca Matanza-Riachuelo son escasos y requieren de profundización para hacer estimaciones

[8] Formación geológica semipermeable que transmite muy lentamente el agua.

más precisas (Vives et al., 2013).

En cuanto a la conectividad hídrica superficial, toda la subunidad Planicie loéssica fluvializada está fuertemente conectada por su propia forma y origen fluvial. En cambio, la conectividad hídrica de la Divisoria de aguas es intermitente y se encuentra condicionada por las precipitaciones: cuando llueve poco el agua se concentra en las cubetas; cuando las lluvias son abundantes, las cubetas desbordan y se conectan entre sí a través de bañados y/o cañadas.

En muchos casos, los propietarios de los campos han intentado, mediante la construcción de zanjas y canalizaciones, aumentar la conectividad hídrica superficial para favorecer el escurrimiento y drenar lo más rápido posible sus campos. Estos canales generalmente unen cubetas entre sí, atravesando muchas veces las cañadas existentes hasta eventualmente llegar a un arroyo o bien a un canal de costado de ruta **(Figura 33).** Cabe destacar que estas canalizaciones ya eran realizadas en el siglo XIX cuando Florentino Ameghino (1884) analizó las sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Con la misma intención de favorecer el drenaje, la mayoría de los arroyos se encuentran profundizados artificialmente (Pereyra, 2004).

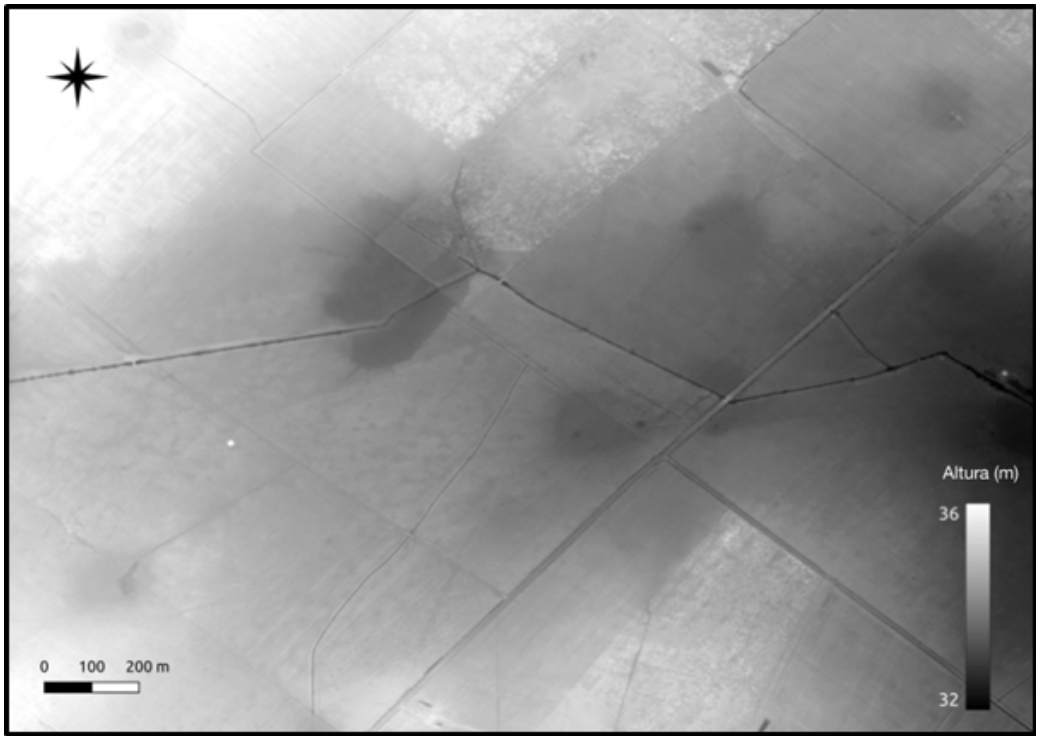


Figura 33. Canales artificiales en la Planicie loéssica.

Tipos de suelos dominantes

Todos los suelos de la Planicie loéssica, independientemente de su posición en el paisaje,

presentan signos de haber tenido su perfil saturado con agua (Moscatelli., 1991; Pereyra, 2004). Según las cartas de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2015), los suelos dominantes de la Planicie Loéssica de la CMR pueden tener alto contenido de materia orgánica (Argialboles típicos y Argiudoles abrúpticos), alto contenido de materia orgánica y sodio (Natracuoles y Natralboles) o bajo contenido de materia orgánica y altas concentraciones de sodio (Natracualfes típicos).

Los suelos de esta región presentan horizontes eluviales [9] superficiales, espesos y oscuros, dado por un enriquecimiento progresivo de materia orgánica en su masa mineral (molisoles), presentan por debajo horizontes de máxima eluviación (E), que en algunos casos pueden llegar a ser álbicos (Argialboles o Natralboles), mientras que en otras situaciones no se cumple tal condición (Argiudoles abrúbticos). Subsuperficialmente se pueden diferenciar horizontes argílicos iluviales, con una fuerte acumulación de arcillas (horizontes Bt o Btn), que restringe la velocidad de infiltración del agua a través el perfil. Esta situación colabora en la generación de rasgos de hidromorfismo (concreciones y moteados de hierro y/o manganeso en la parte superior del perfil), a partir de la saturación y desaturación hídrica del espacio poral del sector eluvial.

En conjunto, estos suelos se caracterizan por alcanzar profundidades de más de 1,6 m de profundidad. En cuanto a su capacidad de uso, suelen tener moderadas a severas limitaciones para la producción agrícola, pero son aptos para la producción ganadera.

Los suelos nátricos (con alta concentración de sodio) de la cuenca se consideran suelos hídricos ya que presentan en su perfil concreciones y moteados de hierro y/o manganeso, a partir de la ocurrencia de ciclos de inundación o anegamiento durante períodos de tiempo prolongados. Además, suelen tener abundantes concreciones de calcio. Los suelos nátricos son muy poco productivos debido a que el sodio restringe fuertemente el crecimiento de las plantas. Los natracualfes en particular, ni siquiera se consideran aptos para forraje (uso ganadero). Estos suelos, por su pobre contenido de materia orgánica y alto contenido de sodio son los que menor tasa de infiltración presentan y los más susceptibles a ser erosionados ante la ocurrencia de fuertes precipitaciones y potenciales de causar contaminación por arrastre de sedimentos a cursos de agua (Chagas et al., 2011)

Los distintos tipos de suelos se encuentran entremezclados y la cartografía disponible los presenta agrupados en unidades. Por ejemplo, cerca de Cañuelas los suelos se presentan como 70% argiudoles abrúpticos y 30% natracualfes típicos. La combinación de estos determina que aproximadamente un tercio del área tenga aptitud agrícola o agrícola-ganadera y dos tercios de aptitud ganadera (Moscatelli, 1991).

Vegetación

A continuación se hace una descripción de la vegetación natural potencial de la Planicie Loéssica. Se la caracteriza como “potencial” ya que la acción antrópica lo modifica, como puede observarse en buena parte de la CMR actualmente (Melignani, 2017). Según registros históricos, la vegetación característica de la pampa ondulada, zona a la que pertenece la CMR, eran pastizales perennes, pero la mayoría de las especies de estos se han perdido, a la

[9] Formación geológica semipermeable que transmite muy lentamente el agua.

vez que han aumentado las especies exóticas, por el cambio de uso del suelo (Ghersa y León, 1999; Faggi et al., 2008). Melignani (2017) hizo relevamientos de vegetación y encontró en la cuenca alta y media de la CMR un total de 155 especies vegetales, es las cuales fueron 32% herbáceas exóticas, 27% herbáceas nativas, 21% palustres y helófitas nativas, 10% leñosas exóticas, 7% leñosas nativas y 2% palustres y helófitas exóticas.

La vegetación natural de las partes más altas del paisaje, sobre los suelos mejor drenados, es la de pastizal, que permanece verde todo el año, y su composición específica varía según la topografía y los suelos (Cabrera, 1968; Mateucci, 2012). Dominan las poáceas Bothriochloa laguroides, Nassella neesiana, Piptochaetium montevidense, Aristida murina y Jarava plumosa. También se suelen encontrar: Paspalum dilatatum, Piptochaetium bicolor, Briza brizoides y Melica brasiliana. No suelen tener arbustos, pero se puede encontrar: Eupatorium buniifoliun, Baccharis articulata, Adesmia bicolor, Baccharis notosergila y Conyza bonariensis. Además se destacan ciertas especies estivales (de verano) como Micropsis spathulata, Facelis retusa, Chevreulia sarmentosa y Polygala australis. Las comunidades suelen cambiar en suelos levemente alcalinos (Natracualfes en esta unidad) y las especies frecuentes son: Sporobolus pyramidatus, Sporobolus indicus, Jarava plumosa, Bouteloua megapotamica y Solanum juvenale.

Las zonas bajas del paisaje, dispuestas en mosaicos condicionados por el microrrelieve, sujetas a la presencia de agua temporal, están dominadas por especies de los géneros Cyperus, Eleocharis, Carex y Juncus, varias especies de poáceas (como Polypogon elongatus, Leersia hexandra, Glyceria multiflora), y como especies acompañantes Eryngium echinatum, Centaurium pulchellum, Lotus corniculatus, Acmella decumbens, Agalinis communis, entre otras. Estas comunidades se mantienen verdes durante casi todo el año, excepto en años de sequía. La disposición en el paisaje y la composición de especies de estas comunidades se corresponden con las descriptas como “praderas húmedas” por Vervoorst (1967) para la “depresión del Salado”.

Las zonas bajas sódicas, se encuentran aisladas o bordeando otras unidades de humedal. Tienen una distribución muy irregular, son anegadizas y presentan desagües deficientes. Típicamente están dominadas por las especies del género Distichlis (D. spicata y D. scoparia). Entre las especies acompañantes, menos abundantes, se encuentran Hordeum stenostachys, Sporobolus indicus, Polypogon elongatus, Malvella leprosa, Spergula villosa, entre otras. Además, se pueden observar costras gelatinosas formadas por una Cianobacteria (Nostoc). Comunidades que por su composición de especies y su disposición en el paisaje se corresponde con la comunidad “praderas saladas” descriptas por Vervoorst (1967).

Se pudieron observar sitios dominados por Eryngium eburneum, especie que suele aparecer en suelos inundables, con largos períodos de sequía (Cabrera 1968).

En cuanto al pastizal natural la especie dominante registrada en las salidas a campo fue Bothriochloa laguroides. Sin embargo, se pudo observar la gran cobertura de la especie introducida Cynodon dactylon y de la invasora Festuca arundinacea (“festuca alta”). Esta última es una de las poáceas perennes forrajeras mejor adaptada a los suelos y las condiciones climáticas de la región pampeana, debido a que presenta gran rusticidad y plasticidad. Tolera una gran diversidad de ambientes, pH relativamente elevados, encharcamientos y sequías (Barbarossa et al., 2010). Otro estudio sobre la vegetación de pastizal de la CMR relevó

entre las especies herbáceas dominantes a la nativa Nassella hyalina, las exóticas Cynodon dactylon, Helminthotheca echioides y las invasoras Festuca arundinacea y Dipsacus sativus (Melignani, 2017).

En los suelos mejor drenados, aptos para la agricultura, la vegetación natural ha sido reemplazada por cultivos, principalmente soja, maíz y trigo. Además es frecuente encontrar parches de neoecosistemas compuestos por leñosas exóticas como la "acacia negra" (Gleditsia triacanthos).

Funciones ecosistémicas

Una de las principales funciones ecosistémicas de los humedales de la Planicie loéssica es la regulación hídrica. Esto se debe a que en los humedales, principalmente en las cubetas y los bañados, se puede almacenar temporalmente el agua que ingresa al sistema por precipitaciones (Kruse y Zimmermann, 2002), evitando que esta llegue a los arroyos rápidamente. Esto, por un lado, atenúa las crecidas de los ríos, que pueden tener un impacto negativo sobre la población, especialmente en el paleoestuario (Caruso, 2020). Por otro lado, la permanencia del agua en los humedales permite que parte del agua se infiltre, a pesar de la baja permeabilidad del suelo, y otra se evapotranspire (Amato y Silva Busso, 2006). Estos humedales podrían ser la principal fuente de recarga local del acuífero pampeano del cual la mayoría de los productores extraen agua para ganado.

Además, funcionan como hábitat de las plantas de humedal. Estas, cumplen la función de protección contra la erosión hídrica, ya que si la cobertura vegetal es lo suficientemente baja, se pueden activar procesos de erosión retrogradante (Amato y Silva Busso, 2006). La presencia de esas plantas y las condiciones fisicoquímicas del ambiente de humedal, determinan que el mismo sea hábitat y fuente de alimento y agua para diversos organismos.

Demografía, usos del suelo y de los humedales

Sobre la Planicie loéssica el principal uso es agropecuario. En las zonas donde la aptitud productiva lo permite, se cultiva maíz y/o soja. Mientras que en las zonas de menor aptitud, principalmente vinculada al anegamiento, el uso es ganadero.

Los campos suelen incluir humedales de distintos tipos: cubetas, cañadas, bañados y/o planicies aluviales. En los campos ganaderos no se observa un manejo diferencial de estas unidades. El ganado accede a ellas, especialmente a las cubetas para beber agua cuando esta está en superficie (Figura 34). En los campos agrícolas, por su parte, estas unidades no son cultivadas y simplemente son evitadas por las máquinas (Figura 35). Esto se debe a que no es rentable invertir semillas en esas zonas que no son propicias y, particularmente cuando el suelo está saturado de agua, el acceso con maquinaria se dificulta.

El uso residencial es secundario pero viene en aumento desde la década de 1990 (Figura 36) cuando comenzaron a expandirse en el país los barrios privados (Mateucci, 2012). La construcción de estos generalmente implica una alteración topográfica del terreno que puede ir desde la construcción de zanjas, calles y casas, hasta la creación de lagos artificiales. Otros usos no agropecuarios son la extracción de tosca, suelo seleccionado, arcillas plásticas, conglomerado calcáreo y sulfato de sodio (Mateucci, 2012).

Figura 34. Cubeta en la Planicie loéssica en un establecimiento ganadero. Fecha: 08/02/2022.

Figura 35. Cubetas en campo agrícola, no cultivadas.

Figura 36. Avance y densificación urbana desde 1984 hasta 2020 en La Matanza y alrededores.

Conservación

En la Planicie loéssica de la cuenca Matanza-Riachuelo incluye pocas áreas protegidas: está la Reserva Paleontológica "Francisco P. Moreno" un rico yacimiento de fósiles, en particular de megamamíferos actualmente extintos. También se destaca el sector más alto de la Reserva Municipal Bosques y Humedales Ciudad Evita. Cabe destacar que la Reserva Natural de Ciudad Evita (creada con la Ordenanza Municipal 24.247/2015) solo protege ciertas áreas del bosque asociado al conjunto urbanístico y no incluye las áreas de humedales ni los bosques inundables que conforman el mosaico característico presente en la planicie de inundación del río Matanza. Finalmente, el sector superior de las Reservas Municipal junto a la Natural Provincial Santa Catalina en Lomas de Zamora donde se encuentra una laguna de 43 hectáreas de superficie entre formaciones vegetales naturales exponentes del pastizal pampeano y relictos de talares.

Los humedales de la Planicie loéssica tienen un muy alto grado de transformación lo cual generó la alteración de funciones ecosistémicas clave como la regulación hídrica por la proliferación de canales y vías de desagüe, junto a cambios estructurales tanto en el suelo, por compactación y/o laboreo, como en la vegetación, por remoción completa y/o reducción por pastoreo en aquellas zonas con sobrecarga de ganado. Actualmente, especies vegetales que naturalmente dominaron estos ambientes (por ejemplo, los juncos

Schoenoplectus americanus y/o S. californicus) no están presentes o se encuentran fuertemente pastoreados.

Respecto a la fauna, no se encontraron registros bibliográficos de la misma en la CMR. Hay descripciones de fauna en zonas de la pampa ondulada (región a la que pertenece la CMR) y de la pampa deprimida (región adyacente a la CMR). En estas descripciones se resalta la relación entre los usos del suelo y la abundancia de ciertas especies. Se asocian a los pastizales especies de aves como el ñandú (Rhea americana) el espartillero pampeano (Asthenes hudsoni), el verdón (Embernagra platensis) y el pecho amarillo (Pseudoleistes virescens). Además, asociadas a bajos salinos se encuentra el espartillero enano (Spartonoica maluroides) y la ratona aperdizada (Cistothorus platensis), mientras que asociadas a pastos altos se pueden observar ejemplares de mistos (Sicalis luteola) (Bilenca et al., 2018). Otras especies posibles de hallar en la región son el peludo (Chaetophractus villosus) y la mulita (Dasypus hybridus), dos especies de armadillos (Bilenca et al., 2018). El zorro gris (Lycalopex gymnocercus), una especie oportunista que se adaptó bien a la presencia humana y a las modificaciones que este produce en el ambiente. Es común observar ejemplares en zonas periurbanas, rurales y agroecosistemas.

Los pastizales altos en general están asociados a altas riquezas de aves (Codesido y Bilenca, 2011). Sin embargo, en las visitas a campo realizadas en 2022 no se pudo dar cuenta de esa riqueza, debido a lo escaso que son ese tipo de ambientes junto a un bajo nivel de conservación de estos. En particular, se asocia una menor diversidad de aves a pastizales intensamente pastoreados (pastos cortos) que a pastizales moderadamente pastoreados (pastos altos). Esto se debe a la disminución de la oferta de alimento y sitios de nidificación que restringen el número de especies que puedan habitar esos ambientes alterados. Aun así, dichas observaciones no fueron sistemáticas y los horarios de trabajo no fueron coincidentes con los horarios de máxima actividad de las aves. Por este motivo se debería hacer un relevamiento diseñado específico para poder dar un diagnóstico informado al respecto.

Recientemente, ACUMAR ha comenzado a aplicar en los sitios de muestreo de las Campañas de Agua Superficial y Sedimentos, el Índice de Calidad de Hábitat de Arroyos Urbanos (USHI, ver Cochero et al., 2016) que permite monitorear el estado de conservación de cauces, márgenes y riberas de los arroyos muestreados.

Amenazas

Todos los humedales de esta región se encuentran amenazados por el uso productivo, ya sea ganadero o agrícola. Las canalizaciones y profundizaciones de los cursos de agua que realizan productores agropecuarios alteran el escurrimiento natural del agua y modifican el hidroperíodo (Quirós, 2005). En general, buscan que los humedales se “vacíen” más rápido y por ende tengan menor frecuencia y duración de anegamiento (Ameghino, 1884; Quirós, 2005). Las canalizaciones suelen ser poco efectivas en zonas de llanuras ya que, por las bajas pendientes, la velocidad de los cursos de agua no suele variar sustancialmente (Pereyra, 2016). Esto impacta sobre todas las comunidades vegetales y animales que dependen de la presencia del agua (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018). A su vez, las obras viales también modifican los patrones de drenaje ya que los caminos y rutas se elevan por sobre el

terreno circundante, alterando los flujos naturales del agua en superficie y probablemente también los flujos subsuperficiales por la compactación asociada con la construcción de estas obras de infraestructura. A sus costados suelen tener zanjas que retienen y conducen el agua, conectados con relativamente pocas alcantarillas que permiten que pase el agua por debajo de los caminos.

El uso agrícola genera, además, que los humedales queden expuestos a los efectos de los productos químicos y sus derivados de degradación, que pudieran aplicarse a las zonas cultivadas, ya sea por aplicación directa (por avionetas, por ejemplo) o por arrastre con la escorrentía o por viento (De Siervi, 2016; Caprile et al., 2017), lo cual afecta a las comunidades vegetales y animales expuestas a ellos (Bilenca et al., 2018). El uso ganadero implica, por un lado, el pisoteo y compactación de los suelos, y, por el otro, la contaminación química que puede ser orgánica (Ciapparelli, 2021), a partir de heces y orina que en muchos casos cae directamente sobre los humedales (Figura 37), o por antibióticos o antiparasitarios y/o sus derivados liberados también vía orina y/o heces. Además, hay contaminación biológica por patógenos que puede haber en las heces como Escherichia coli (Behrends Kraemer et al., 2011). De este modo, ambos usos son una fuente de contaminación difusa que impacta sobre todo el paisaje y tiende a concentrarse en los humedales como destino final por ubicarse en las zonas más bajas. Por último, la modificación de la estructura de la vegetación por aplicación de herbicidas o por consumo o pisoteo de ganado, afecta directamente a la vegetación e indirectamente a organismos que dependen de ella como anfibios (Bilenca et al., 2018) o aves (Weyland et al., 2014). Estos impactos suelen ser evidentes cuando existe una sobrecarga ganadera sobre estos ambientes.

El uso residencial también tiene un alto impacto por la transformación que genera específicamente donde se emplaza junto con la producción y acumulación de residuos urbanos en zonas que no presentan servicios de recolección organizada, y además, las urbanizaciones suelen ser focos de dispersión de especies exóticas (Mateucci, 2012). Entre estas especies se destaca el lirio amarillo (Iris pseudacorus), una planta ornamental que se ha vuelto invasora de muchos humedales (Gervazoni et al., 2020). También los animales domésticos tienen un impacto sobre las especies nativas que se ven a menudo desplazadas o son atacadas de manera directa.

Figura 37. Campo con alta carga ganadera en el partido de Cañuelas. Los montículos que se observan corresponden a heces de vaca (bosta). Fecha: 11/11/2022.

UNIDADES DE HUMEDAL DE LA PLANICIE LOÉSSICA

Unidad de Humedal: Cubeta

Son pequeñas depresiones circulares u ovales. Pueden encontrarse aisladas o bien asociadas a cañadas o bañados.

Fotografías

Figura 38. Cubeta con ganado bovino en el partido de General Las Heras. En la fotografía se observa la conexión mediante una cañada a otra cubeta en la parte inferior derecha de la imagen. Fecha: 27/08/2019.

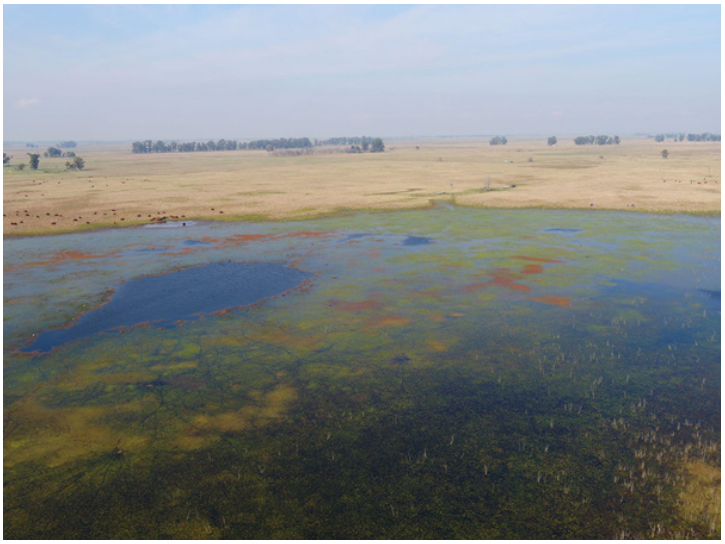


Figura 39. Cubeta La Galera rebosante de agua, con ganado al costado, en el Partido de General Las Heras. Fecha: 27/08/2019.

Figura 40. Equipo ACUMAR-CONICET-UNSAM realizando relevamientos de vegetación en la cubeta "La Galera". Fecha: 27/08/2019.

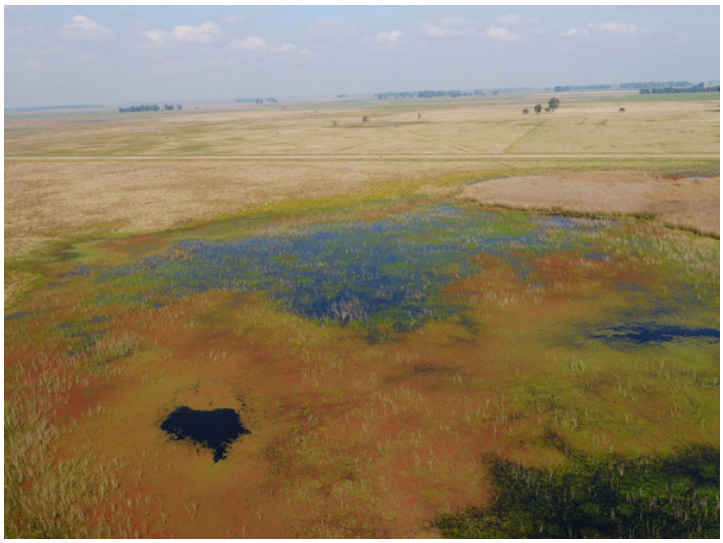


Figura 41. Cubeta con duraznillo blanco (Solanum glaucophyllum), pastito de agua (Luziola peruviana) y juncos (Schoenoplectus californicus). Fecha: 27/08/2019.

Figura 42. Secuencia de Cubetas unidas mediante zanjas. Fecha: 08/02/2022.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una imagen en planta (Figura 43) y una transecta de corte topográfico característico (Figura 44) de la unidad Planicie loéssica, subunidad Divisoria de aguas. Esta transecta atraviesa una serie de cubetas que se encuentran dentro de un extenso bañado. La transecta se desarrolla entre los puntos 35.050 S, 58.853 O y 35.046 S, 58.838 O cubriendo 1450 m de un paisaje ganadero representativo.

Figura 43. Vista en planta de Cubetas de la Planicie loéssica.

Como es característico en la Planicie loéssica se puede apreciar la falta de pendiente general (menor 2%) a lo largo de la transecta topográfica. En pequeñas depresiones de entre 30 y 50 centímetros respecto a su entorno se encuentran cubetas que con frecuencia presentan formas circulares a elípticas (naranja en la transecta de clasificación de la Figura 43 y Figura 44). Estas poseen una vegetación hidrófita distintiva, y se encuentran generalmente anegadas. Alrededor de las cubetas y en zona aún levemente deprimida se aprecian extensos bañados de forma irregular (rosa en la transecta de clasificación de la Figura 44) que están frecuentemente saturados de agua. Alrededor de cubetas y bañados y un poco más elevado del resto, comienza la matriz terrestre. En estos ambientes generalmente se desarrolla la producción de ganado bovino de manera extensiva. Algunos campos ubicados en posiciones más elevadas en relación con el contexto, con mejor drenaje, son utilizados para cultivos.

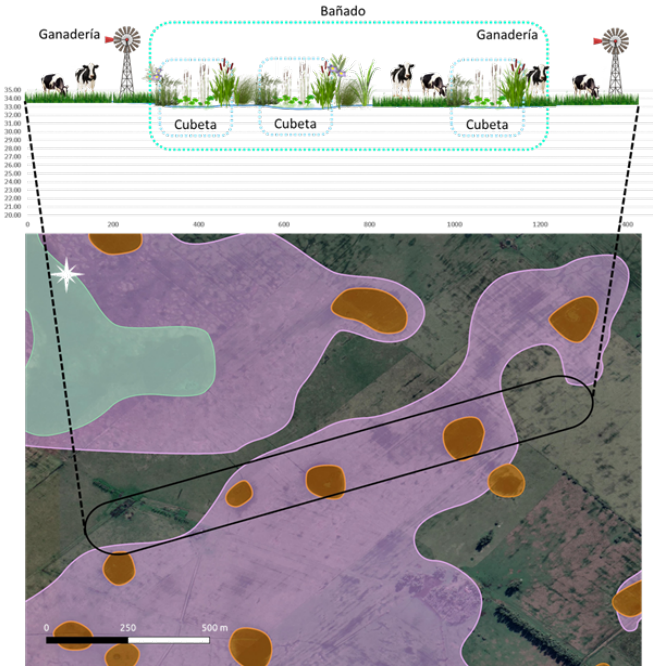


Figura 44. Vista en planta y perfil topográfico de cubetas con sus típicas formas circulares o elípticas y los extensos bañados de bordes irregulares presentes en la subunidad Divisoria de aguas de la Planicie loéssica. El paisaje se caracteriza por el desarrollo de la ganadería extensiva.

Vegetación

Como se describe en la bibliografía (Vervoorst, 1967) y evidenciado parcialmente en los relevamientos a campo, la vegetación de las cubetas suele tener un arreglo de comunidades de anillos concéntricos desde el centro de la cubeta hacia afuera. Esta zonificación responde a la topografía que determina el tiempo que suele permanecer inundada y/o anegada cada zona. En los años lluviosos se observa hacia el borde de la cubeta la presencia de varias especies como: Eleocharis viridans, Eryngium ebracteatum, Juncus microcephalus, Mentha pulegium, Agalinis communis, Marsilea concinna, Isolepis cernua, Rumex crispus, entre otras. Luego, hacia el interior, aparece una franja parcialmente inundada, donde se presentan las plantas flotantes libres como Azolla filiculoides, Lemna sp. y Ricciocarpus natans. Sigue luego una franja donde dominan: Alternanthera philoxeroides, Glyceria multiflora, Ludwigia peploides y Schoenoplectus americanus. Comienzan a verse en esta zona los primeros Solanum glaucophyllum, que dominan en la siguiente y alternan con Eleocharis macrostachya y Glyceria multiflora. Viene a continuación otra zona con Alternanthera philoxeroides, y, por último, en la porción central de la cubeta, agua libre **(Figuras 63 y 64).**

Cuando la cubeta no es tan extensa ni tan profunda, la zonación se reduce y se hace menos perceptible, faltando en algunos casos la porción central libre y mezclándose la zona de duraznillo (Solanum glaucophyllum) con las demás. Además, con el aumento de la sequía y del calor, se va reduciendo el nivel del agua y desaparece lentamente la zonación, hasta que finalmente se retira toda el agua, quedando sólo algunos ejemplares de Ludwigia,

Alternanthera, Glyceria multiflora, Eryngium eburneum, Bidens laevis, Echinochloa sp., Enydra anagallis, Gymnocoronis spilanthoides, Pluchea sagittalis, entre otras. Por último, en una condición de sequía extrema donde el suelo queda descubierto sólo aparecen algunas varas de duraznillo (Solanum glaucophyllum) formando poblaciones puras (Vervoorst 1967). En las salidas a campo también se pudo observar en algunas cubetas sin agua en superficie la gran cobertura de la especie Xanthium strumarium.

En ciertas cubetas profundas, en las zonas de agua (casi) permanente, aparecen comunidades de Schoenoplectus californicus (juncales) que en los relevamientos a campo se registraron muy ramoneados **(Figura 45)**, al igual que los varillares de duraznillo blanco (comunidad de Solanum glaucophyllum) dañados por pisoteo **(Figura 46)**.

Figura 45. Juncal ramoneado por ganado y seco en una cubeta de General Las Heras, Planicie Loéssica. Fecha: 30/06/2022.

Figura 46. Cubeta con poca agua donde se aprecia el anillo de duraznillo blanco (Solanum glaucophyllum) en primer plano. La zonación de vegetación es típica en los humedales (Keddy, 2010). Fecha: 14/05/2019.

Geomorfología

Las cubetas son bajos relativos, de hasta medio metro de profundidad, contorno circular o elipsoidal con diámetros entre 50 y 200 m. En cuanto a sus dimensiones, su profundidad máxima es muy similar a su profundidad media lo que le confiere un perfil suavemente cóncavo (Quirós, 2004). En términos prácticos, tiene forma de palangana. Se encuentran ubicadas en las cabeceras de los cursos fluviales y en las divisorias de aguas. Según Dangavs (2006) las cubetas de la región de la CMR son "microcubetas", en comparación con las del resto de la provincia de Buenos Aires.

El origen de estas aún está en discusión. Se destacan tres teorías principales. Por un lado, según Tricart (1973), se forman a partir de la compactación del loess causada por la permanencia prolongada del agua en un lugar, proceso sumamente lento que no puede competir con otros más activos. Es por esto por lo que sólo se observan en zonas muy planas donde el escurrimiento superficial no tiene casi energía cinética. De esta manera, la depresión topográfica favorecería la acumulación de agua, que generaría una compactación del loess que profundizará la depresión en lenta retroalimentación que lleva miles de años.

Por otro lado, según otros autores el origen de las cubetas pampeanas (especialmente de la pampa deprimida) es eólico, es decir, son cubetas de deflación (Pereyra, 2004; Dangavs, 2006). Finalmente, otros autores (Fucks, 2012) plantean la existencia de cubetas con una génesis policíclica: estas cubetas se formarían por deflación en momentos de aridez, y luego, bajo climas húmedos, con ascenso del nivel freático, se convertirían en humedales y la consecuente actividad biológica asociada contribuiría a preparar el material para ser deflacionado en otro ciclo de condiciones áridas. Quirós (2005) plantea, en un contexto más general, que distintas cubetas presentan distintas génesis, ya sean policíclicas, por deflación, por disolución kárstica y/o por endicamiento.

Las cubetas estudiadas, sin embargo, no presentan la luneta de acumulación de sedimentos a sotavento característica de las cubetas de origen eólico (Tricart, 1973). Tampoco sus suelos tienen características que permitan suponer disolución kárstica. Es por eso que si bien el debate respecto a su origen sigue abierto, los autores de este trabajo se inclinan a creer en la hipótesis propuesta por Tricart de la compactación del loess causada por el hidromorfismo.

Dinámica hídrica

Las cubetas son principalmente recargadas por las lluvias locales que caen directo sobre la cubeta o bien en sus alrededores y escurren superficialmente hacia las cubetas. Su forma favorece la acumulación de agua que es lentamente liberada por evapotranspiración y, potencialmente, infiltración. La relación de las cubetas de la CMR con los acuíferos no ha sido estudiada. Se ha registrado que cubetas de otras zonas de Buenos Aires recargan el acuífero libre (Varni et al., 2003), pero por la heterogeneidad de los sedimentos y suelos, sin estudios en la zona no se puede afirmar con certeza que las cubetas de la CMR se comporten de forma similar que las de otras zonas de Buenos Aires. En épocas de niveles freáticos elevados, las cubetas pueden funcionar como efluentes de la capa freática **(Figura 47).**

Las cubetas en las divisorias de aguas se encuentran típicamente desconectadas de la red hídrica superficial (aunque muchas han sido canalizadas para favorecer su drenaje).

Cuando abunda el agua, las cubetas aumentan su nivel de conexión (Entraigas et al., 2004) a través de los bañados y cañadas que las conectan con el resto de la red hídrica superficial. En las partes más altas de la cuenca, sobre la Divisoria de aguas, estas conexiones naturales son menos frecuentes que en las zonas más bajas y con mayor pendiente, en la Planicie loéssica fluvializada.

Su hidroperíodo está fuertemente asociado a las precipitaciones. En períodos húmedos se mantienen todo o casi todo el año inundadas o con el suelo saturado de agua. No todas las cubetas son iguales, algunas están inundadas casi permanentemente y otras más esporádicamente. Un caso casi permanente es el de la cubeta "La Galera" que por al menos 20 años se mantuvo con agua en superficie (testimonio de trabajador de ese campo) pero que en el presente (2022) se encuentra seca por la extrema sequía **(Figura 48).**

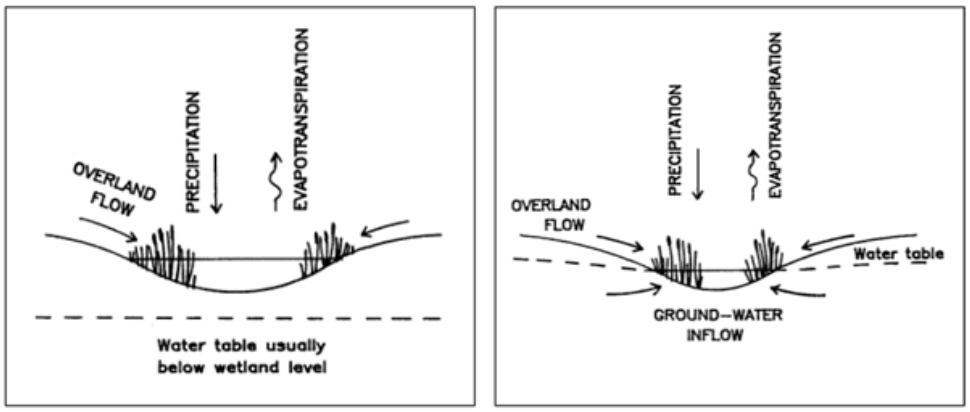


Figura 47. Dos posibles modelos de ingresos y egresos de agua en una cubeta tipo. Fuente: Brinson, 1993.

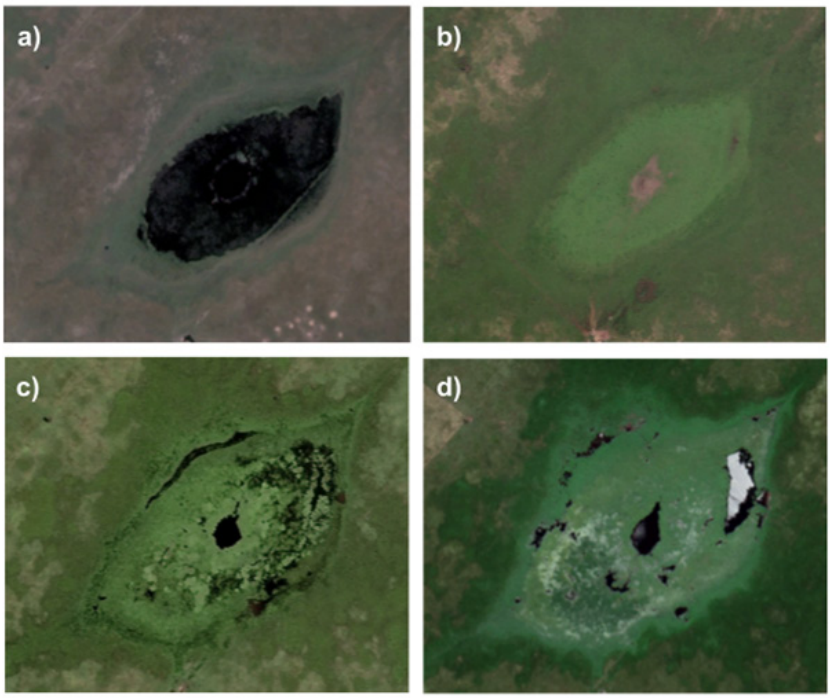


Figura 48. Cubeta La Galera en cuatro situaciones contrastantes. (a) Cubeta sólo parcialmente anegada, entorno seco (octubre 2004); (b) Cubeta y entorno completamente secos, con vacas pastando en el interior de la cubeta (enero 2010); (c) Cubeta llena, con bañados adyacentes saturados de agua (marzo 2014); (d) Cubeta desbordada de agua, con bañados adyacentes saturados y en parte con agua en superficie (enero 2019).

Tipos de suelos dominantes

En las cubetas se desarrollan suelos de los tipos Endoacuoles, Natracuoles, Argiudoles y Hapludoles ácuicos, Argiacuoles típicos y Natracualfes típicos (Pereyra, 2004). En todos los casos, son suelos hídricos, pobremente drenados, del orden de los molisoles (mayoritariamente) o alfisoles y en algunos casos suelos nátricos. En las cartas de suelo de INTA sólo se encuentran mapeadas unas pocas cubetas, de las cuales sólo algunas están identificadas como pertenecientes a la serie Tomás Jofré (Argiacuol típico), y el resto como complejos indiferenciados.

En el caso de la serie Tomás Jofré, la misma posee un perfil modal con una secuencia de horizontes A-Ec-Btc-Btk-BCck-Cckk, en una profundidad total de 160 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 17 cm, y los 110 cm (horizontes Ec-Btc-Btk), mientras que los moteados se encuentran en abundancia entre los 110 cm y los 160 cm (BCck-Cckk), con tamaño medio y contraste sobresaliente. A su vez, posee desarrollo de horizonte de máxima eluviación (horizonte E).

En el transcurso del mes de abril de 2022 se hizo el relevamiento en campo de una de las cubetas, en donde se realizaron dos descripciones del perfil de suelo: una en el borde y otra en el centro de la cubeta. La primera mostró una secuencia de horizontes A-Bt-Btss, en una profundidad total de 53 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de Fe-Mn, siendo las primeras abundantes a partir de los 38 cm (horizonte Btss), mientras que los moteados se encuentran en abundancia a partir de los 21 cm (horizontes Bt-Btss), con tamaños gruesos, coloraciones rojizas y contraste sobresaliente.

La calicata realizada en el centro de la cubeta mostró una secuencia de horizontes A-Css1-Css2-Cgss, en una profundidad total de 65 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de moteados de Fe-Mn y coloración gley oscura, siendo los primeros abundantes, gruesos, sobresalientes y de coloración rojiza entre los 30 cm y 40 cm (horizonte Css2), mientras que los colores gley oscuros se registraron a partir de los 44 cm (horizonte Cgss), con valores Munsell 2.5Y 2,5/1.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

Una de las principales funciones de las cubetas en la cuenca es la de almacenamiento de agua. Condicionado a ese almacenamiento está la función de provisión de hábitat para especies que necesitan la presencia de agua como un requerimiento de vida como así también cumplir parte o todo su ciclo de vida. En este sentido, son fuente de hidratación, alimento, regulación térmica y/o refugio de diversos animales, tanto vertebrados como

invertebrados. También, la permanencia del agua podría permitir la infiltración del agua hacia las napas freáticas, y funcionando así como zonas de recarga del acuífero. A su vez, regulan los flujos hídricos ya que, al almacenar parte del agua que ingresa a la cuenca por precipitaciones, se retarda la llegada del agua a los ríos y arroyos, regulando los flujos de salida y de esta forma, atenuar las crecidas.

El uso principal de las cubetas es ganadero. Las vacas ingresan a las cubetas para beber y refrescarse, y también se alimentan de muchas de las plantas de humedal que crecen en la misma. En algunos sitios cumplen un rol paisajístico y recreativo para el ser humano.

Las principales amenazas a la integridad de las cubetas están asociadas a la intensidad de usos que se desarrollan sobre y alrededor de ellas. El ganado compacta la tierra por pisoteo, también pastorea la vegetación, especialmente cuando hay escasez de forraje, y genera contaminación química derivada de los productos sanitarios que se les aplica, y biológica a través de las excretas (Behrends Kraemer et al., 2011; Bilenca et al., 2018; Ciapparelli, 2021). La intensidad de estos impactos está asociada a la carga ganadera, haciéndose más evidentes en los campos que presentan sobrecarga. También están expuestas a los agroquímicos que se aplican a su alrededor, especialmente aquellos compuestos afines al agua o que puedan ser retenidos en los sedimentos, ya que las cubetas funcionan como sumidero del escurrimiento superficial (Quirós et al., 2006; Caprile et al., 2017).

Por último, y no menos importante, están amenazadas por las canalizaciones realizadas para favorecer su drenaje por productores ganaderos que intentan incrementar la superficie de forraje para el ganado, o por productores agrícolas que las consideran terrenos no productivos. La mayoría de las cubetas de la divisoria de aguas se encuentran canalizadas, lo cual acelera el proceso de salida del agua. Esto modifica el hidroperíodo de la cubeta, alterando sus condiciones (Quirós, 2005) y reduciendo las funciones ecosistémicas previamente mencionadas.

Conservación

Las cubetas se encuentran altamente intervenidas. En la mayoría de los casos se encuentran canalizadas, lo cual afecta su hidroperíodo (Quirós, 2005). Su vegetación se encuentra altamente degradada por el pastoreo intenso del ganado sobre ella. A su vez, se encuentran contaminadas por los agroquímicos que se aplican sobre o alrededor de ellas (Quirós et al., 2006). En consecuencia, estos ambientes que solían ofrecer hábitat y funcionar como refugio para muchas especies (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018), se encuentran degradados y en un pobre estado de conservación.

Unidad de Humedal: Bañado

Son ambientes que se encuentran anegados o cuyo suelo se encuentra saturado de forma difusa temporariamente, con forma irregular. Suelen estar asociados a cañadas o cubetas.

Fotografías

Figura 49. Bañado en la Planicie loéssica. Fotografía de Mariano Pérez Safontas, 2016.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una imagen en planta (Figura 50) y una transecta de corte topográfico característico (Figura 51) de la unidad Planicie loéssica, subunidad Divisoria de aguas. Esta transecta atraviesa una serie de cubetas que se encuentran dentro de un extenso bañado. La transecta se desarrolla entre los puntos 35.050 S, 58.853 O y 35.046 S, 58.838 O cubriendo 1450 m de un paisaje ganadero representativo.

Figura 50. Vista en planta de Bañados en la Planicie loéssica, junto con cubetas.

Como es característico en la Planicie loéssica se puede apreciar la falta de pendiente general (menor 2%) a lo largo de la transecta topográfica que propiciando la acumulación de agua en grandes extensiones de forma irregular que dan lugar a los bañados. Dentro de ellos pueden distinguirse pequeñas depresiones de entre 30 y 50 centímetros respecto a su entorno se encuentran cubetas que con frecuencia presentan formas circulares a elípticas (naranja en la transecta de clasificación de la Figura 50 y 75). En estos bañados se desarrolla vegetación hidrófita típica que facilita su reconocimiento en el campo. Alrededor de cubetas y bañados y un poco más elevado del resto, comienza la matriz terrestre. En estos ambientes generalmente se desarrolla la producción de ganado bovino de manera extensiva. Algunos campos ubicados en posiciones más elevadas en relación con el contexto, con mejor drenaje, son utilizados para cultivos.

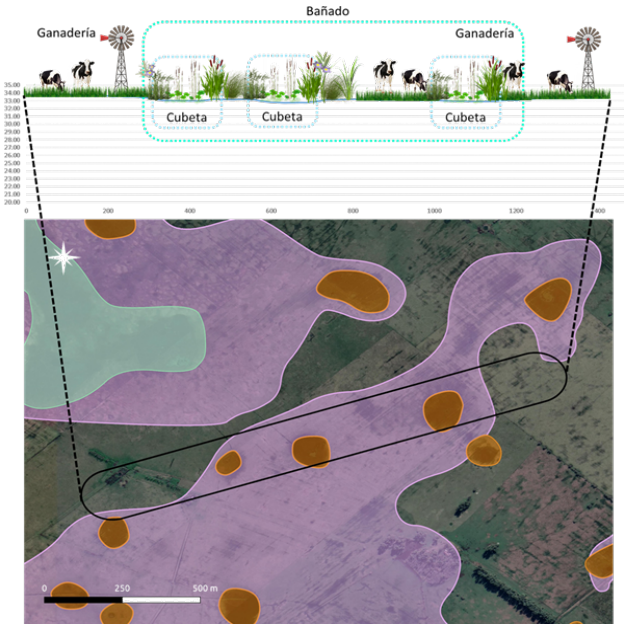


Figura 51. Vista en planta y perfil topográfico de cubetas con sus típicas formas circulares o elípticas y los extensos bañados de bordes irregulares presentes en la subunidad Divisoria de aguas de la Planicie loéssica. El paisaje se caracteriza por el desarrollo de la ganadería extensiva.

Vegetación

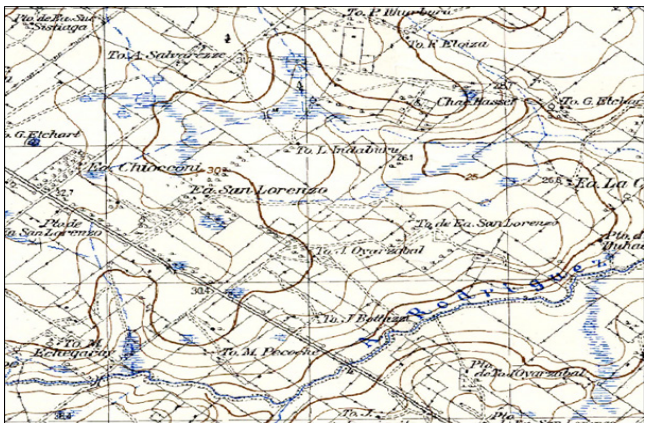
La vegetación de los bañados está principalmente condicionada por la humedad y la salinidad del suelo. En función de eso se pueden distinguir dos comunidades principales: praderas húmedas y praderas saladas.

Las praderas húmedas, sujetas a la presencia de agua temporal, están dominadas por especies de los géneros Cyperus, Eleocharis, Carex y Juncus, varias especies de Poáceas (como Polypogon elongatus, Leersia hexandra, Glyceria multiflora), y como especies acompañantes Eryngium echinatum, Centaurium pulchellum, Lotus corniculatus, Acmella decumbens, Agalinis communis, entre otras. Estas praderas se mantienen verdes durante casi todo el año, excepto en años de sequía (Vervoorst, 1967).

Las praderas saladas, se encuentran en zonas bajas y sódicas, aisladas o bordeando otras unidades de humedal y tienen una distribución muy irregular. Típicamente están dominadas por las especies del género Distichlis (D. spicata y D. scoparia). Entre las especies acompañantes, menos abundantes, se encuentran Hordeum stenostachys, Sporobolus indicus, Polypogon elongatus, Malvella leprosa, Spergula villosa, entre otras. Además, se pueden observar biofilms de aspecto gelatinoso formado por una cianobacteria filamentosa (Nostoc) (Vervoorst, 1967).

Geomorfología

Los bañados se extienden a lo largo de terrenos bajos y de pobre escurrimiento superficial debido a su escasa o nula pendiente, lo que causa que estén anegados temporariamente o de forma permanente. Según Dangavs (2006), el bañado es “un cuerpo de agua semi-permanente a temporario de drenaje centrípeto sin cubeta ni contorno bien definido”. La zona anegada de un bañado tiene una gran variabilidad espacial (elasticidad sensu Neiff, Neiff et al., 1994; Neiff, 1999), según el estado hídrico del humedal. Pereyra (2004) los considera “bajos anegables”. Muchos bañados han sido cartografiados por el IGN (Figura 52). A diferencia de las cubetas, su forma no es necesariamente circular ni ovalada, y a diferencia de las cañadas no tiene una dirección de escurrimiento preferencial definida.



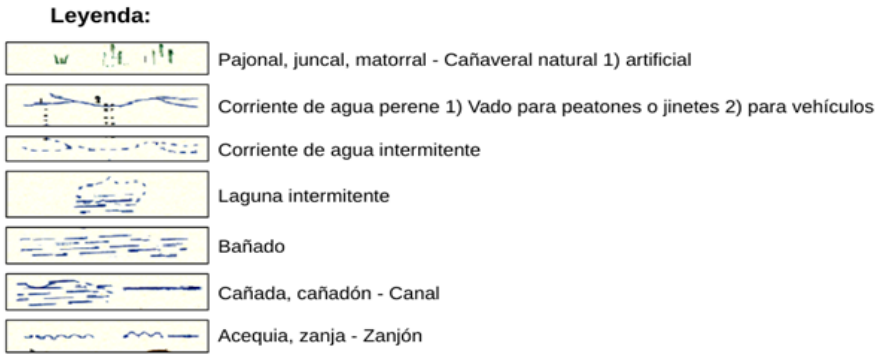


Figura 52. Detalle de la Carta Topográfica 3560-24-01 del IGN, editada en julio de 1958, indicando arroyos, cañadas, bañados y lagunas intermitentes en la Planicie loéssica.

Dinámica hídrica

Dangavs (2006) diferencia bañados de desborde de bañados pluviales, según el anegamiento sea causado por un desborde fluvial o por precipitaciones, respectivamente. En ese sentido, los bañados de la planicie loéssica son bañados pluviales. Si el bañado se asocia a una cubeta o a un curso de agua, también se puede cargar por desborde de estos, pero sigue siendo una forma indirecta de recarga pluvial. La vía de salida del agua de los bañados es principalmente la evapotranspiración y, secundariamente, la infiltración. Los bañados funcionan como lugares de almacenamiento temporario de agua superficial (Gaspari y Kruse, 2011)

En cuanto a su hidroperíodo, frecuentemente se encuentran saturados de agua y esporádicamente se encuentran inundados ya que se inundan cuando las cubetas saturan su capacidad de almacenamiento. Por lo tanto, su hidroperíodo es, en términos generales, menor que el de las cubetas y similar al de las cañadas.

Los bañados de esta unidad de paisaje se encuentran frecuentemente asociados a cubetas y no presentan conexión hídrica superficial con otras unidades de humedal.

Tipos de suelos dominantes

Según las cartas de suelos del INTA, los suelos dominantes en los bañados de la cuenca son Natracualfes típicos (series Gowland y Los Mochos) y mólicos (Zapiola). También se encuentran, en menor medida, argiudoles abrúpticos. Estos son suelos hídricos y nátricos, lo cual limita la capacidad de uso de estos. Cabe destacar que muchos de los bañados no se encuentran cartografiados en las cartas de suelo del INTA, lo cual es esperable por la escala de trabajo y su difícil delimitación.

La serie Gowland posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Apn1-Apn2-Btcn-Btkn-BC, en una profundidad total de 147 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 25 cm y los 62 cm (horizonte Btcn), mientras que

los moteados se encuentran en abundancia desde superficie hasta los 97 cm (Horizontes Apn1-Apn2-Btcn-Btkn), de tamaños finos a medios, contraste preciso a sobresaliente y coloraciones oscuras.

En el caso de la serie Los Mochos posee un perfil modal con una secuencia An-2Btn-2Btkn-3BCn-3Cknx, en una profundidad total de 175 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de moteados de hierro y manganeso, comunes en su aparición, de tamaño medio y contraste preciso entre la superficie y los 60 cm (horizontes An-2Btn-2Btkn).

Por último, la serie Zapiola posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Ap-Btn-Btkn-BCn-C, en una profundidad total de 125 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de moteados de hierro y manganeso, comunes a abundantes en su aparición, medios a gruesos en tamaño, y débiles a precisos en contraste, con coloración pardo-rojiza, entre los 16 cm y los 125 cm (horizontes Btn-Btkn-BCn-C).

En el transcurso del mes de abril de 2022 se hizo el relevamiento en campo de la cubeta La Galera antes mencionada (coord: 35,01317 S, 58,95431 W) y en un bañado adyacente a la misma (coord: -35,01046, -58,95250). Sobre este último sector se realizó una descripción del perfil de suelo, en la que se definió una secuencia de horizontes O-A-E-Bt-Btss, en una profundidad total de 50 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 19 cm y los 38 cm (horizonte Bt), mientras que los moteados son comunes, de tamaño fino y contraste débil desde los 15 cm hasta los 19 cm (horizonte E). A su vez, posee desarrollo de horizonte de máxima eluviación (horizonte E).

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

Una función de los bañados en la cuenca es la de almacenamiento de agua. Condicionado a ese almacenamiento está la función de provisión de hábitat para especies que necesitan la presencia de agua como un requerimiento de vida como así también cumplir parte o todo su ciclo de vida. También, la permanencia del agua podría permitir la infiltración del agua hacia la napa freática, y funcionar así como zonas de recarga del acuífero, aunque faltan estudios locales que permitan cuantificar la importancia de este fenómeno.

A su vez, los bañados regulan los flujos hídricos ya que, al almacenar parte del agua que ingresa a la cuenca por precipitaciones, retardan la llegada del agua a los cursos, atenuando las crecidas y desbordes que se dan especialmente en la cuenca baja. Por último, son fuente de hidratación, regulación térmica y/o refugio de diversos animales (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018).

El uso principal de los bañados es ganadero. Las vacas ingresan a los bañados para refrescarse, y alimentarse de muchas de las plantas de humedal que crecen en los mismos. También son utilizados para cultivo en años secos, a pesar de que el rinde de los cultivos sembrados en ellos sea menor por la calidad del suelo.

Las amenazas sobre la integridad de los bañados están asociadas con la intensidad de los usos y actividades humanas que se desarrollan sobre y alrededor de ellas. El ganado

compacta la tierra por pisoteo, también pastorea la vegetación, especialmente cuando hay escasez de forraje, y genera contaminación química derivada de los productos sanitarios que se les aplica, y biológica a través de las excretas (Behrends Kraemer et al., 2011; Bilenca et al., 2018; Ciapparelli, 2021). El grado de estos impactos está asociado con la carga ganadera, haciéndose más evidentes en los campos que presentan sobrecarga. También están expuestas a los agroquímicos que se aplican a su alrededor, especialmente aquellos compuestos afines al agua o que puedan ser retenidos en los sedimentos, ya que con el escurrimiento muy probablemente terminen en los bañados (Quirós et al., 2006; Caprile et al., 2017).

Por último, y no menos importante, están amenazados por las canalizaciones. Muchos bañados se encuentran canalizados, lo cual acelera el proceso de salida del agua (Quirós, 2005). Esto modifica el hidroperíodo del bañado, cambiando sus condiciones y reduciendo o directamente eliminando las funciones ecosistémicas previamente mencionadas.

Conservación

Los bañados se encuentran altamente intervenidos. En la mayoría de los casos se encuentran canalizadas, lo cual afecta su hidroperíodo (Quirós, 2005). Su vegetación se encuentra altamente degradada por el pastoreo intenso del ganado sobre ella. A su vez, se encuentran contaminadas con los agroquímicos que se aplican sobre o alrededor de ellas (Quirós et al., 2006). En consecuencia, estos ambientes que solían ofrecer hábitat y funcionar como refugio para muchas especies (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018), se encuentran degradados y en un pobre estado de conservación.

En muchos casos su vegetación se encuentra totalmente reemplazada por cultivos. La presencia de cultivos también suele implicar que haya compactación de la tierra por el peso de la maquinaria agrícola. Además, esa compactación es mayor cuando se da en suelos húmedos (no saturados).

UNIDAD DE HUMEDAL: CAÑADA

Son ambientes que se encuentran anegados o cuyo suelo se encuentra saturado de forma difusa en forma temporaria. Presentan una dirección de escurrimiento preferencial, por lo que su forma suele ser alargada. Frecuentemente están asociadas a cubetas y bañados, drenando el agua hacia cursos fluviales.

Fotografías

Figura 53. Cañada. Fotografía de Patricia Kandus. Fecha: 2016.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una imagen en planta (Figura 54) y una transecta de corte topográfico característico (Figura 55) de la unidad Planicie loéssica, subunidad Divisoria de aguas. En la vista en planta se puede apreciar la forma en que la cañada presenta un desarrollo preferentemente longitudinal que termina ingresando en la subunidad Planicie loéssica fluvializada. En la transecta con el perfil topográfico asociado se distingue una canalización central por zanjeo efectuada en el eje mayor de la cañada. La transecta se desarrolla entre los puntos 35.061 S, 58.713 O y 35.075 S, 58.697 O cubriendo 2150 m de un paisaje ganadero representativo.

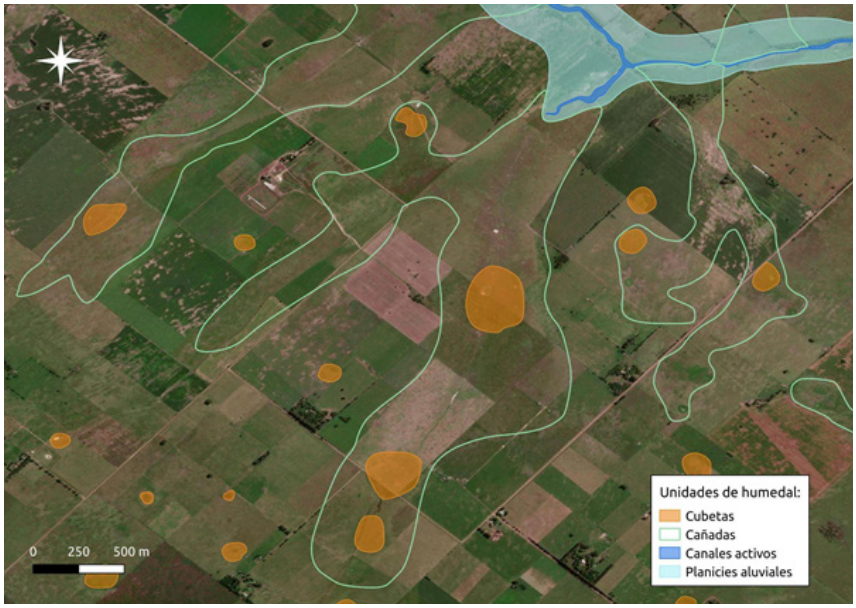


Figura 54. Vista en planta de cañadas en la Planicie loéssica, junto con cubetas, canales activos y planicies de inundación. El uso más extendido en este paisaje es la producción de ganado bovino y en suelos bien drenados se desarrolla la agricultura.

En la subunidad Divisoria de aguas de la Planicie loéssica, las cañadas se desarrollan en zonas con una mayor diferencia topográfica respecto al entorno. Esto le otorga una direccionalidad en el movimiento del agua en superficie que termina conectándose con la subunidad fluvializada. Dentro de las cañadas pueden hallarse cubetas formadas en pequeñas depresiones de entre 30 y 50 centímetros respecto a su entorno y con frecuencia presentan formas circulares a elípticas (Figura 54). Estas poseen una vegetación hidrófita distintiva (por ejemplo Eryngium ebracteatum o Solanum glaucophyllum), y se encuentran anegadas temporal o permanentemente a lo largo del año. Externamente a las cañadas y en terreno un poco más elevado, comienza la matriz terrestre. En estos ambientes generalmente se desarrolla la producción de ganado bovino de manera extensiva. Algunos campos ubicados en posiciones más elevadas en relación con el contexto, con mejor drenaje, son utilizados para cultivos.

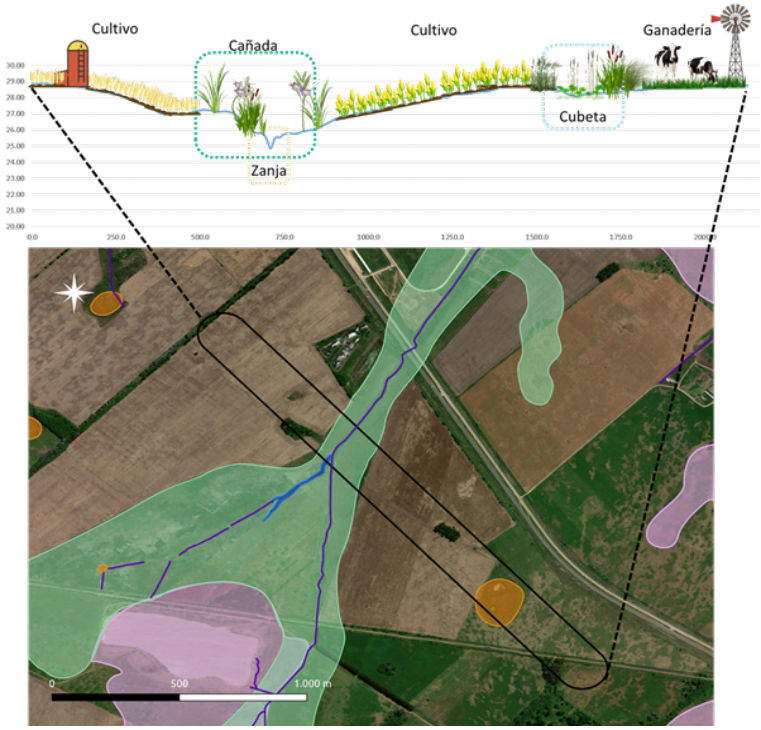


Figura 55. Vista en planta y perfil topográfico de cubetas y bañados de la Divisoria de aguas de la Planicie loéssica. El paisaje se caracteriza por el desarrollo de la ganadería extensiva y donde los suelos presentan mejor drenado se desarrolla la agricultura.

Vegetación

Entre la vegetación que es frecuente encontrar, se hallan ejemplares de las especies Ludwigia peploides, Solanum glaucophyllum, Senecio bonariensis, Hydrocotyle ranunculoides, Myriophyllum aquaticum, Sagittaria montevidensis, Alternanthera philoxeroides, Hydrocleys nymphoides, Schoenoplectus californicus y S. americanus, Thypa, entre otras. Otros géneros abundantes son: Cyperus, Eleocharis, Carex y Juncus.

Cuando hay presencia de agua suelen aparecer plantas flotantes como Lemna spp., Ricciocarpus natans, Pistia stratiotes y Azolla filiculoides.

Geomorfología

Las cañadas son leves depresiones alargadas, que suelen conectar cubetas entre sí u otros humedales con cursos de agua. Sobre ellas el agua escurre con una dirección definida, en momentos de excesos hídricos. El IGN (2010) define a una cañada como un “bañado de forma alargada teniendo como eje un río o arroyo cuyo curso puede estar o no bien definido” **(Figura 56).** En este trabajo se tomó esa definición, agregando que ese curso es de naturaleza intermitente. En el caso en que el curso sea permanente o semipermanente, se denominó a la geoforma planicie aluvial. El origen de las cañadas se funda en la retroalimentación entre

los caminos del agua y la topografía: el agua discurre por las depresiones topográficas profundizándolas y conectándolas por medio de estas geoformas.

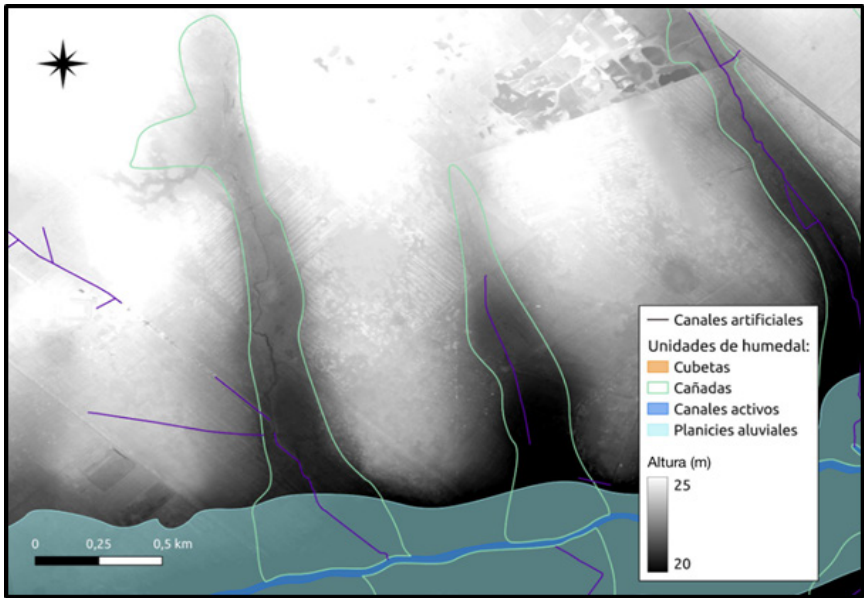


Figura 56. Cañadas en la Planicie loéssica. La cañada de la izquierda presenta un curso definido, mientras que la cañada central no lo tiene pero ha sido canalizada.

Dinámica hídrica

La principal entrada de agua a las cañadas son las precipitaciones (directas o por escurrimiento). Las principales salidas son el escurrimiento superficial y la evapotranspiración. La evapotranspiración es relevante ya que, si bien el agua circula con una direccionalidad dentro de la cañada, lo hace con velocidad muy lenta por la baja pendiente, lo cual facilita la evapotranspiración. De hecho, para acelerar ese escurrimiento es que muchas cañadas han sido canalizadas **(Figura 57).** Además, parte del agua podría infiltrarse en el suelo, recargando los acuíferos.

En cuanto a su hidroperíodo, frecuentemente se encuentran saturadas de agua y esporádicamente se encuentran inundadas. Por lo tanto, su hidroperíodo es, en términos generales, menor que el de las cubetas y similar al de los bañados.

Las cañadas en general se encuentran asociadas a cubetas y suelen desembocar en cursos de agua.

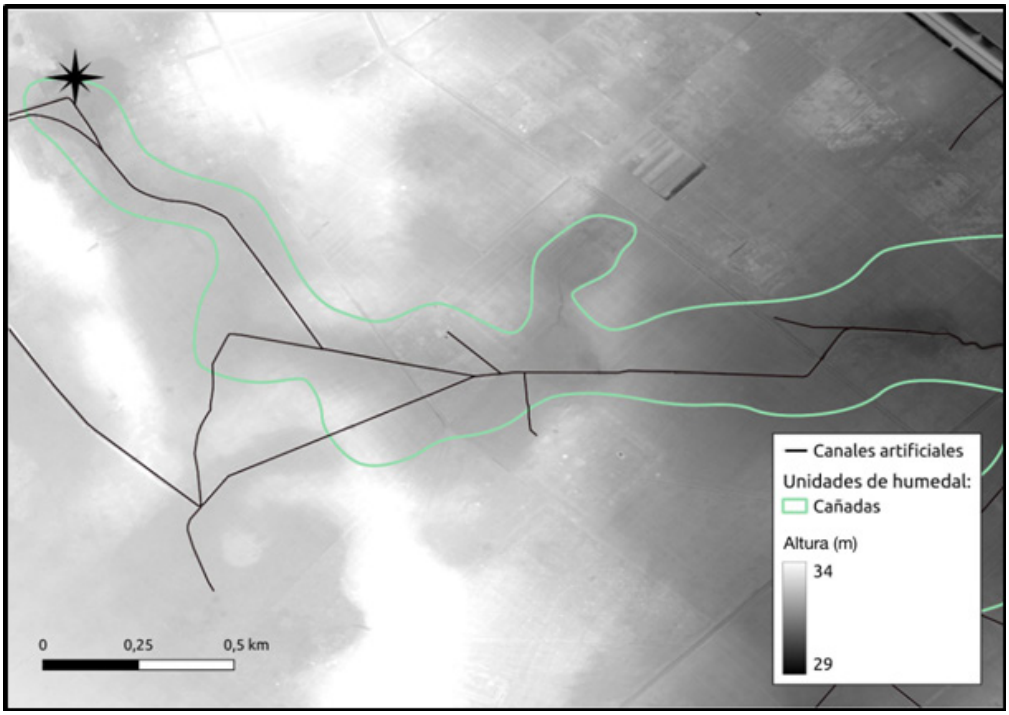


Figura 57. Cañada con canal central y canales transversales.

Tipos de suelos dominantes

Según las cartas de suelos de INTA, en las cañadas preponderan los natracualfes típicos (series Gowland y Los Mochos) y mólicos (serie Zapiola), y, secundariamente, los Argialboles que pueden ser típicos (series Navarro y San Vicente), vérticos (serie Alejandro Korn) o abrúpticos (serie Brandsen), y Natracuoles típicos (serie Tatay). Estos son suelos hídricos y nátricos, lo cual limita la capacidad de uso de estos. Los natracualfes en particular, por su pobre contenido de materia orgánica y alto contenido de sodio presentan una baja tasa de infiltración y son susceptibles a ser erosionados ante la ocurrencia de fuertes precipitaciones y pueden causar contaminación por arrastre de sedimentos a cursos de agua (Chagas et al., 2011)

La serie Gowland posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Apn1-Apn2-Btcn-Btkn-BC, en una profundidad total de 147 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 25 cm y los 62 cm (horizonte Btcn), mientras que los moteados se encuentran en abundancia desde superficie hasta los 97 cm (Horizontes Apn1- Apn2-Btcn-Btkn), de tamaños finos a medios, contraste preciso a sobresaliente y coloraciones oscuras.

En el caso de la serie Los Mochos, posee un perfil modal con una secuencia An-2Btn-2Btkn-3BCn-3Cknx, en una profundidad total de 175 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de moteados de hierro y manganeso, comunes en su aparición, de tamaño medio y contraste preciso entre la superficie y los 60 cm (horizontes

An-2Btn-2Btkn).

Por último, la serie Zapiola posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Ap-Btn-Btkn-BCn-C, en una profundidad total de 125 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de moteados de hierro y manganeso, comunes a abundantes en su aparición, medios a gruesos en tamaño, y débiles a precisos en contraste, con coloración pardo-rojiza, entre los 16 cm y los 125 cm (horizontes Btn-Btkn-BCn-C).

Como se mencionó anteriormente, de manera secundaria se podrían llegar a encontrar representadas las series Navarro, San Vicente, Alejandro Korn, Brandsen, correspondiente a Argialboles, y la serie Tatay correspondiente a Natracuoles. En este caso, la serie Navarro posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Ap-A-Ec-Btc-Bt-BCc, en una profundidad total de 74 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes y comunes entre los 23 cm y los 74 cm (horizontes Ec-Btc-Bt-BCc), mientras que los moteados se encuentran en abundancia desde los 32 cm hasta los 74 cm (horizontes Btc-Bt-BCc), de tamaños medios a gruesos y contraste preciso a sobresalientes. A su vez, posee desarrollo de horizonte de máxima eluviación (horizonte E).

La serie San Vicente posee un perfil modal con una secuencia de horizontes Ap-A-E-2Bt1-2Bt2-3BCt-3C, en una profundidad total de 215 cm. El perfil muestra en su totalidad, rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son comunes entre los 90 cm y los 180 cm (horizontes 2Bt2-3BCt), mientras que los moteados también son comunes en aparición, desde los 35 cm hasta los 180 cm (horizontes E-2Bt1-2Bt2-3BCt), de tamaños medios a gruesos y contraste preciso a sobresalientes. A su vez, posee desarrollo de horizonte de máxima eluviación (horizonte E).

Con respecto a la serie Alejandro Korn, presenta un perfil modal con horizontes Ap-Bt1-Bt2_BCckn-Ck, que llega hasta una profundidad de 140 cm. Muestra rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 21 cm y los 140 cm (horizontes Bt1-Bt2-BCckn), al igual que los moteados, que se encuentran de manera abundante en el mismo sector del perfil, con tamaños medios a gruesos, y contraste preciso a sobresaliente.

Por último, la serie Branden presenta un perfil modal con horizontes Ap-A-Ec-Bt-Btc-BCc-C, con una profundidad total de 160 cm. Muestra rasgos redoximórficos en forma de concreciones y moteados de hierro y manganeso. Las concreciones son abundantes entre los 18 cm y los 140 cm (horizontes Ec-Bt-Btc-BCc), al igual que los moteados, que se encuentran de manera abundante en el mismo sector del perfil, con tamaños finos a gruesos, y contraste preciso. Ya dentro de los Natracuoles, la serie Tatay muestra un perfil modal con una secuencia de horizontes An-Btn1-Btn2-BCn-Ck, con una profundidad de 236 cm, con rasgos redoximórficos en forma de concreciones de hierro y manganeso escasas entre los 20 cm y 79 cm de profundidad.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

Una función de las cañadas en la cuenca es la de evacuación del agua ya que a través de ellas discurre el agua precipitada hacia zonas más bajas, alcanzando típicamente los

arroyos. Como este escurrimiento es muy lento, también almacenan temporalmente el agua, mientras esta se mueve despacio. Por eso las cañadas mantienen por largos períodos su humedad, funcionando como hábitat de especies que necesitan la presencia de agua para cumplir parte o todo su ciclo de vida. También, la permanencia del agua podría permitir la infiltración del agua hacia las napas freáticas, y funcionar así como zonas de recarga de estas. A su vez, regulan los flujos hídricos ya que encauzan la circulación del agua, facilitando una evacuación lenta de la misma del sistema. Al presentar un flujo direccional y generalmente estar vinculadas aguas abajo con la red hídrica, las cañadas funcionan como vías de dispersión de propágulos vegetales como así también de animales, facilitando la dispersión de organismos a través del paisaje. Por último, son fuente de hidratación, termorregulación y/o refugio de diversos animales (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018).

Las cañadas tienen usos ganaderos y agrícolas. Las vacas ingresan a estos humedales para beber y refrescarse, y también se alimentan de muchas de las plantas de humedal que crecen en los mismos. El ganado compacta la tierra por pisoteo, también pastorea la vegetación, especialmente cuando hay escasez de forraje, y genera contaminación química y biológica a través de las excretas (Behrends Kraemer et al., 2011; Bilenca et al., 2018; Ciapparelli, 2021).

En muchos casos, cuando el uso es agrícola, las cañadas son evitadas por la maquinaria agrícola o bien son sembradas al igual que el resto del campo. Esto es una decisión del productor, pero también depende de si el período es seco o no (Figura 58). Esto evita el reemplazo completo de especies y la compactación. También están expuestas a los agroquímicos que se apliquen a su alrededor, especialmente los agroquímicos afines al agua o a sedimentos, ya que, por el escurrimiento superficial, muy probablemente estos agroquímicos o sus derivados transiten o se acumulen en las cañadas (Quirós et al., 2006; Caprile et al., 2017).

Por último, las cañadas se encuentran amenazadas por las canalizaciones **(Figura 59 y Figura 60).** Muchas cañadas se encuentran canalizadas, lo cual acelera el proceso de salida del agua. Esto modifica el hidroperíodo de la cañada, en consecuencia cambian sus condiciones y se modifican, reducen y/o eliminan las funciones ecosistémicas previamente mencionadas.

Figura 58. Uso de cañada (línea celeste) en períodos hídricos húmedos y secos. En los círculos naranjas se observa el efecto del agua de la cañada sobre el cultivo; este efecto es mayor en períodos húmedos que en períodos secos. Dentro de los círculos violetas se observa que el uso en un mismo campo difiere entre la zona dentro y fuera de la cañada.

Figura 59. Cañadas zanjadas con retroexcavadora en el partido de General Las Heras. Fecha: 15/02/2022.

Figura 60. Cañada zigzagueante canalizada en uno de los dos campos que atraviesa. Fecha: 02/06/2022.

Conservación

Las cañadas se encuentran altamente intervenidas. En la mayoría de los casos se encuentran canalizadas, lo cual afecta su hidroperíodo (Quirós, 2005). Su vegetación se encuentra altamente degradada por el pastoreo intenso del ganado sobre ellas. A su vez, se encuentran contaminadas por los agroquímicos que se aplican sobre o alrededor de

ellas (Quirós et al., 2006). En consecuencia, estos ambientes que solían ofrecer hábitat y funcionar como refugio para muchas especies (Weyland et al., 2014; Bilenca et al., 2018), se encuentran degradados y en un pobre estado de conservación.

En muchos casos su vegetación se encuentra totalmente reemplazada por cultivos. La presencia de cultivos también suele implicar que haya compactación de la tierra por el peso de la maquinaria agrícola. Además, esa compactación es mayor cuando se da en suelos húmedos (no saturados).

Unidades de Humedales: Fajas fluviales

(Canales activos y planicies aluviales del río Matanza y sus tributarios)

Esta ficha descriptiva comprende realmente dos unidades de humedal distintas: los canales activos y planicies aluviales de los cursos de agua de la planicie loéssica. Ambas unidades fueron cartografiadas por separado, pero se presentan juntas aquí ya que están indefectiblemente asociadas. Dentro de la Planicie loéssica, estos tipos de humedales se presentan mayoritariamente en la subunidad de paisaje Planicie loéssica fluvializada. De hecho, es la unidad de humedal que define a esta subunidad de paisaje. Entre estos cursos de agua se incluyen a los arroyos Rodríguez, Spegazzini, Santa Catalina, Morales, Medina, Las Ortegas, Sofía, La Paja, El Piojo, del Rey, del Gato, de Navarrete, de Castro, Chaves, Chacón, Cepita, Cebey, Cañuelas, Alegre y Aguirre, y al río Matanza.

Fotografías

Figura 61. Arroyo Rodríguez, en General Las Heras: canal activo y su planicie aluvial. Fecha: 19/05/2022.

Figura 62. Arroyos en la Planicie loéssica fluvializada.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una imagen en planta (Figura 63) y una transecta de corte topográfico característico (Figura 64) de la subunidad fluvializada con la Divisoria de agua a sus lados (unidad de paisaje Planicie loéssica). La transecta se desarrolla entre los puntos 34.999 S, 58.887 O y 34.998 S, 58.853 O cubriendo 3000 m de un paisaje ganadero representativo donde en áreas particulares de buen drenaje se puede desarrollar la agricultura y ocasionalmente emprendimientos forestales.

Figura 63. Vista en planta de Faja fluvial (Planicie de inundación y Canal activo). Unión de los arroyos Morales y El Piojo (izquierda) y unión del arroyo de la Cañada Pantanosa (derecha).

La subunidad Planicie loéssica fluvializada **(Figura 64)** se ubica en la depresión del paisaje representada en el perfil esquemático de la transecta y está rodeada por la subunidad correspondiente a la Divisoria de aguas. Se destaca que la depresión en la que se ubica la misma es mucho más profunda que la depresión asociada a cubetas que se observa en la subunidad Divisoria de aguas **(Figura 64)**. Además, presenta un curso de agua en el centro que se identifica como canal activo en el esquema, y que puede ser permanente o temporario. A sus lados se encuentra la planicie de inundación asociada a las crecidas y desbordes del curso de agua central. En las zonas planas y más elevadas se encuentra la matriz agrícola ganadera que es característica de la Planicie loéssica.

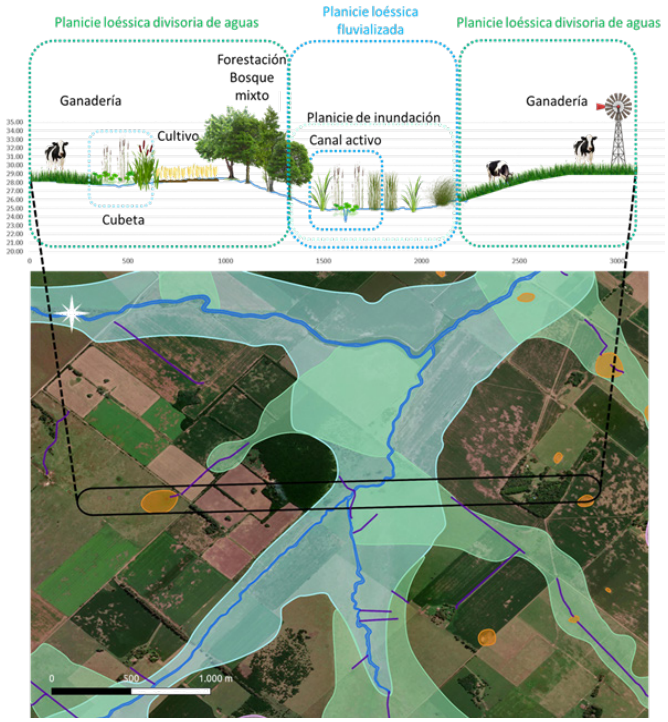


Figura 64. Vista en planta y perfil topográfico de una faja fluvial en la que se distingue en su interior el canal activo y la planicie de inundación asociada. El paisaje se caracteriza por el desarrollo de la ganadería extensiva y la agricultura en suelos bien drenados.

Vegetación

La vegetación de la faja fluvial está condicionada por el régimen hídrico del curso de agua y es particularmente rica en especies respecto del entorno (Nilsson y Svedmark, 2002). Si bien están intrínsecamente asociadas y tienen influencia entre sí, se diferencian las comunidades propias del curso de agua de las comunidades de la planicie aluvial.

En la planicie aluvial pueden encontrarse diversidad de formas de vida, las cuales varían según el régimen hídrico y el uso que se haga de la planicie (Nilsson y Svedmark, 2002; Feijoo et al., 2012). En particular, la abundancia de árboles determina la cantidad de luz que llega a los estratos inferiores, incluido el curso de agua, lo cual condiciona la abundancia de especies en estos estratos (Feijoo et al., 2012, Giorgi et al., 2014a).

En estudios de Gantes y colaboradores (2017) realizados en fajas fluviales de cuencas cercanas a la CMR, dentro de la pampa ondulada, en zonas no dominadas por árboles, se encontró un 27% de plantas de humedales. La baja proporción relativa de especies asociadas a humedales se atribuyó a un régimen de crecidas del arroyo poco frecuente y de poca duración. Los autores destacan que el 97% de las mismas son especies nativas. Las especies con mayor frecuencia (presentes en la mayoría de los sitios relevados) fueron Cynodon dactylon y Eleocharis spp. Esas dos especies también fueron observadas muy frecuentemente en los relevamientos a campo en la CMR. Respecto a las especies de árboles, en ese estudio se encontraron con predominancia los nativos Tala (Celtis tala) y Sauce criollo (Salix humboldtiana), y los exóticos Acacia negra (Gleditsia triacanthos) y Mora (Morus alba).

Las comunidades de fajas fluviales suelen presentar abundancia de exóticas y están particularmente invadidas por la acacia negra (Ghersa et al., 2002; Leggieri, 2010; Feijoo et al., 2012) la cual genera grandes impactos sobre toda la comunidad vegetal (Gantes et al., 2011; Feijoo et al., 2012; Giorgi et al., 2014a). Otra especie invasora frecuente en la región es el "lirio amarillo" (Iris pseudacorus), herbácea de difícil manejo por su alta capacidad de propagación, que avanza sobre los humedales causando impactos ambientales significativos (Feijoo et al., 2012; Gervasoni et al. 2020).

En los relevamientos a campo se encontraron sobre el curso de agua ejemplares de la planta flotante Lemna sp., las especies arraigadas con hojas flotantes Hydrocleys nymphoides, Limnobium laevigatum, Sagittaria montevidensis, Myriophyllum aquaticum, Ludwigia peploides, Alternanthera philoxeroides y Polygonum punctatum. Entre las especies emergentes se pudieron identificar individuos de Schoenoplectus californicus, S. americanus, Hydrocotyle bonariensis y Bacopa monnieri. En la planicie aluvial del arroyo Rodríguez, que se encontraba seca en superficie, dominaba la zona relevada Festuca arundinacea (especie forrajera invasora de gran plasticidad) y hacia los márgenes, al igual que en varios arroyos de la cuenca, se encontraron ejemplares de acacia negra, mora y tala **(Figura 65).**

Figura 65. Arroyo Rodríguez en el partido de Cañuelas. En verde oscuro, principalmente, acacia negra. Fecha: 11/11/2022.

Geomorfología

"Por definición, una planicie aluvial es la parte de un valle que puede experimentar ocasionales inundaciones" (Pereyra, 2016). Hay un sector acotado de la planicie aluvial que recibe las inundaciones más frecuentes, de baja magnitud, mientras que la planicie completa sólo se inunda en eventos de gran magnitud y baja frecuencia (Summerfield, 1991). La planicie es el resultado de un largo y complejo proceso de erosión, modulado por la intensidad y fuerza de la corriente y la naturaleza del material erosionado (Pereyra, 2016).

Los cursos de agua de la Planicie loéssica, tienen baja pendiente, son meandriformes y de canales simples (Pereyra, 2016), y en la mayoría de los casos se encuentran encajonados con una pendiente marcada dentro del primer metro adyacente a la costa (Gantes et al., 2017) y/o profundizados artificialmente hasta profundidades que rondan los 2 a 3 m (Pereyra, 2004). Esto determina que el canal activo sea relativamente angosto. Esta profundización de los cursos de agua implica una modificación de la planicie aluvial, en principio por la generación de albardones y/o montículos del material retirado del cauce **(Figura 66).**

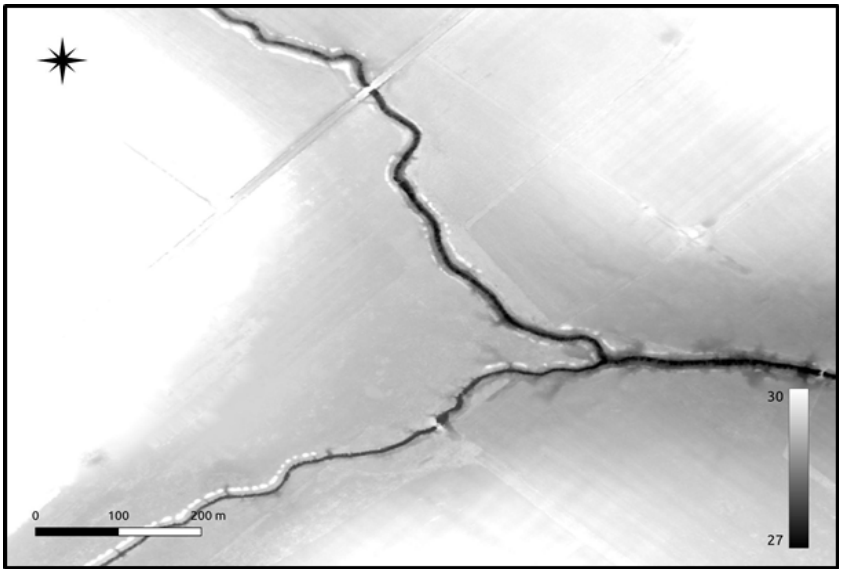


Figura 66. Canales activos profundizados y con montículos elevados a sus costados (puntos o líneas blancas bordeando cursos de agua). Unión de arroyo Rodríguez y un tributario en el Municipio de Las Heras.

Dinámica hídrica

Las principales entradas de agua a la faja fluvial son determinadas por las precipitaciones y la descarga freática (Pereyra 2004; Pereyra, 2016). Las precipitaciones llegan principalmente a través de la escorrentía superficial. A su vez, las planicies aluviales suelen inundarse por la crecida de los cursos de agua. La principal salida de agua es el escurrimiento a través de los cursos de agua. Sin embargo, al ser cursos de llanura de muy baja pendiente, la velocidad de escurrimiento es lenta (Giorgi et al., 2005) y, por lo tanto, la evapotranspiración también

es una salida de agua relevante. Los caudales de los arroyos de la planicie loéssica suelen ser menores a 1m3/s (ACUMAR, 2017) y varían en respuesta a las precipitaciones. Ver Figura 67.

La red de drenaje tiene un diseño rectangular a subdendrítico y en ciertos sectores, cuando hay grandes precipitaciones, une cubetas y bañados (Pereyra 2004). Los cursos de agua tienen una dirección dominante SO-NE (Pereyra, 2016). Suelen transportar sedimentos limosos o arcillosos (Pereyra, 2016), que durante las crecidas se depositan en la planicie de inundación, en particular sobre las plantas, reduciendo temporalmente la fotosíntesis y su crecimiento (Nilsson y Svedmark, 2002). Durante esas crecidas también se remueve materia orgánica (hojas secas, ramas, plantas poco arraigadas al suelo) y se transporta aguas abajo (Nilsson y Svedmark, 2002). De este modo, los materiales ingresan desde la planicie aluvial al curso de agua, circulan por el mismo, se depositan (aguas abajo) durante una crecida en la planicie aluvial (completando un ciclo), luego vuelven a ingresar al curso y así sucesivamente (Nilsson y Svedmark, 2002). Sin embargo, la profundización de los cursos de agua afecta, entre otras cosas, la frecuencia de inundación de la planicie y todos sus procesos asociados **(Figura 68).**

Los humedales de la faja fluvial tienen alta conectividad entre sí.

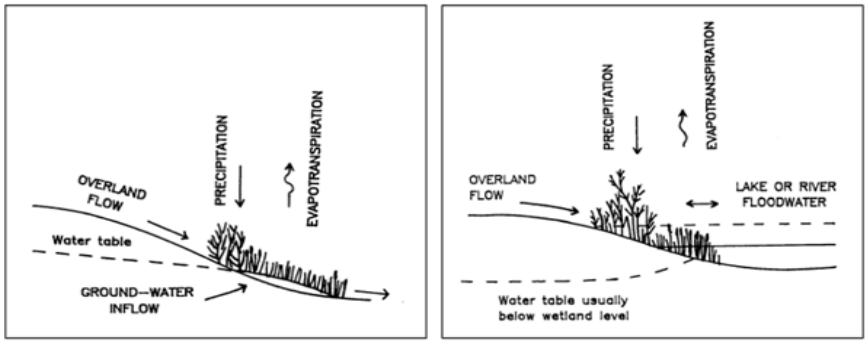


Figura 67. Dos situaciones de ingresos y egresos de agua en una faja fluvial. Fuente: Brinson, 1993.

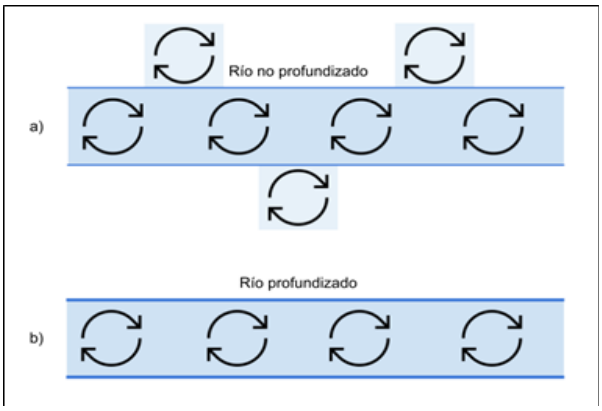


Figura 68. Dinámica hídrica de (a) faja fluvial no profundizada y (b) faja fluvial profundizada. Adaptado a partir de Nilsson y Svedmark, 2002.

TIPOS DE SUELOS DOMINANTES

Los suelos de las fajas fluviales no se encuentran descriptos por el INTA, pero se encuentran mapeados e identificados como "Complejos indiferenciados". En algunos casos se encuentran descritos los laterales de la planicie aluvial como Argialboles típicos o Natracualfes típicos. Según Pereyra (2004) los suelos de las planicies aluviales tienen un menor grado de desarrollo edáfico respecto a los suelos circundantes, tienen régimen ácuico y características hidromórficas. Son Endoaucoles típicos, Hapludoles énticos, Udifluventes típicos y Natracuoles típicos.

Respecto a los cursos de agua, los mismos se encuentran sobre sedimentos (no suelos), ya que los mismos no han sido edafizados. De haber edafización, sería mínima y los suelos serían de tipo fluvacuent. Los sedimentos fueron estudiados por Rendina (2015) y se destacan algunos aspectos de sus hallazgos a continuación. Respecto a su textura, en cuenca alta la textura resultó franca, en cuenca media, franco arcillosa y en cuenca baja, franco limosa. La mayoría de los sedimentos fueron anóxicos en toda la profundidad analizada (35 cm). Presentaron sulfuros en la parte superficial (por encima de los 8 cm de profundidad) y materia orgánica. En todos los casos, aumentó la concentración a medida que los cursos se adentraban en la cuenca baja, donde tienen mayor impacto de actividades urbanas e industriales. En cuenca alta y media, no presentaron altas concentraciones de metales pesados.

En el transcurso del mes de mayo de 2022 se hizo el relevamiento en campo sobre una cárcava lateral del arroyo Rodríguez, en la localidad de Las Heras (coords: 34,98780 S, 58,90770 O). Sobre este sector se realizó una descripción del perfil de suelo, en la que se definió una secuencia de horizontes A-AB-Btk1-Btk2-BCk-Ck, con una profundidad total de 133 cm. El perfil mostró rasgos redoximórficos en forma de concreciones de hierro y manganeso abundantes y comunes en la parte basal del perfil donde conecta lateralmente con el curso del agua, entre los 70 cm y los 133 cm (horizontes Btk2-BCk-Ck), las mismas son de tamaño grueso y de contraste preciso a sobresaliente. A su vez se evidenciaron moteados de forma más somera, entre los 35 cm y 70 cm (horizonte Btk1), aunque los mismos resultaron muy escasos, muy finos y débiles.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

La faja fluvial es un ecosistema complejo en cuanto a sus funciones, las cuales están íntimamente relacionadas con el régimen de inundaciones. La función más reconocida y tenida en cuenta es la de regulación hídrica: los cursos de agua transportan agua desde lo alto de la cuenca hasta el Río de la Plata. Si bien esta función es muy importante para, por ejemplo, regular inundaciones, no es la única función, y no contemplar las otras funciones suele ocasionar severos problemas. Esto sucede, por ejemplo, cuando se rectifican y profundizan los ríos con el fin de que evacúen el agua más rápido y se generan múltiples problemas ecológicos (Brooker, 1985; Bravard et al., 1997).

La vegetación de la planicie aluvial estabiliza las márgenes de los cursos de agua, las protege frente a las crecientes del curso de agua y controla los flujos de agua (Gantes et al., 2017). Estabilizan y protegen las márgenes porque las raíces constituyen un sostén para el suelo, evitando así que se desmoronen en los momentos de crecidas. En cuanto a la regulación de flujos, la parte aérea de las plantas es una obstrucción física a la circulación de

agua, lo cual le reduce la velocidad. Además, la vegetación consume agua, evapotranspirando parte de lo que de otra forma sería transportado por el curso.

La vegetación de la planicie aluvial también retiene sedimentos, nutrientes (principalmente el nitrógeno y fósforo asociados a la actividad agropecuaria) y plaguicidas (Osborne y Kovacic, 1993; Feijoó et al., 2012). Por un lado, la retención es física ya que la presencia de vegetación lo suficientemente alta y con suficiente biomasa (Clary y Webster, 1989) frena la circulación de agua y de aire, lo que permite que los sedimentos, que pueden tener nutrientes o plaguicidas adsorbidos, pierdan velocidad y queden retenidos entre la vegetación (Rowntree y Dollar, 1999). Por otro lado, las plantas pueden absorber nutrientes disueltos en el agua que llega por escorrentía (Osborne y Kovacic, 1993), lo cual disminuye la carga de nutrientes que llega al curso de agua. Cabe destacar que esta retención no es infinita ni permanente, sino que fluctúa: suele haber una época de retención y otra de liberación, asociada a los ciclos fenológicos. Es así como la planicie aluvial puede "modificar, incorporar, diluir o concentrar sustancias" antes de que estas ingresen al curso de agua (Osborne y Kovacic, 1993).

La faja fluvial también cumple la función de corredor ecológico. Esto se debe a que el flujo de agua transporta sedimentos, nutrientes, energía, contaminantes y propágulos de diversas especies (Gantes el al., 2017). El transporte de propágulos vegetales a través del agua se denomina "hidrocoria" y es una de las principales formas de dispersión de especies nativas de la faja fluvial, pero también se dispersan de este modo especies exóticas (Nilsson y Svedmark, 2002). La hidrocoria requiere que haya conexión entre los organismos y el agua, por lo que la alteración del régimen hídrico también impacta la composición vegetal ya que las comunidades que quedan aisladas dejan de liberar y recibir propágulos, con lo cual eventualmente pierden biodiversidad (Bravard et al., 1997). Asociado a la dinámica hídrica y las fluctuaciones en el nivel de inundación de la planicie aluvial se encuentran los ciclos reproductivos y de desarrollo de una gran variedad de peces (Abrial et al., 2019; Baigún y Minotti, 2021, , ILPLA, UNLP, 2023 (Convenio ACUMAR-ILPLA) En esta dinámica, los adultos desarrollan gran parte de su vida en los cursos de agua mientras que para el momento de reproducción, puesta de huevos y crecimiento de los juveniles acuden a las áreas laterales conectadas durante los picos de crecida del cauce, para luego quedar aisladas de potenciales depredadores y protegidas por la vegetación palustre durante la época de aguas bajas.

Otro aspecto funcional de la faja fluvial es que genera una heterogeneidad de ambientes, que funcionan como hábitat para distintas especies (Pereyra et al., 2016; Gantes et al., 2017). Estos están generados por variaciones en la topografía, suelos y disponibilidad de agua subterránea, que a su vez interactúan con los procesos de inundaciones (Nilsson y Svedmark, 2002). Es por esto por lo que suelen tener una muy alta biodiversidad respecto de las áreas adyacentes (Young-Mathews et al., 2010; Gantes et al., 2017). La alteración del ciclo hidrológico puede cambiar las condiciones ambientales y favorecer la invasión de exóticas (Nilsson y Svedmark, 2002). Las fajas fluviales también son sitios valiosos para la dispersión de animales. Estos ambientes en condiciones naturales presentan una cobertura vegetal continua a lo largo de largas extensiones que le permite a los individuos dispersarse a largas distancias sin tener que quedar expuestos en una matriz hostil como resultan los agroecosistemas y las urbanizaciones.

En cuanto a los usos que se hacen de la faja fluvial, el principal es el agropecuario. Donde

se hace uso agrícola, se deja un margen bordeando el canal activo por donde no pasa la maquinaria (Figura 69). Sin embargo se cultiva en parte de la planicie aluvial que es mucho más grande que el canal activo. Esto implica la remoción total de la vegetación y la alteración física del suelo por la maquinaria agrícola. Además, estos humedales quedan expuestos a agroquímicos, ya sea por aplicación directa (por avionetas, por ejemplo) o por arrastre con la escorrentía (De Siervi, 2016; Caprile et al., 2017), afectando tanto a las comunidades vegetales como a los animales que allí habitan (Feijoó et al., 2012; Bilenca et al., 2018).

Donde se hace uso ganadero, generalmente se incluye toda la faja fluvial ya que se utilizan los cursos de agua como abrevaderos. Esto sucede en los cursos menores donde el acceso al curso de agua es más fácil para el ganado. El ingreso del ganado al cauce suele causar el desmoronamiento de las márgenes, generando un mayor ingreso de sedimentos a los cursos de agua y su consecuente taponamiento (Feijoó et al., 2012; Giorgi et al., 2014a). También genera un impacto químico por la contaminación proveniente de heces y orina (Feijoó et al., 2012; Ciapparelli, 2021), que incluye nutrientes (principalmente nitrógeno), antibióticos, antiparasitarios y hasta patógenos (como Escherichia coli). Esto impacta en la química del agua, en particular en la concentración de oxígeno disuelto que disminuye en zonas con uso ganadero (Giorgi et al., 2014a). Además, genera efectos sobre la comunidad vegetal. El pastoreo y pisoteo reduce la altura y cobertura de las plantas y genera un cambio en la composición específica (Feijoó et al., 2012; Giorgi et al., 2014a; Gantes et al., 2014). En un estudio realizado sobre la cuenca del río Reconquista, vecina a la CMR, se observó que en fajas fluviales a las que el ganado no accedía, dominaban las especies Eleocharis bonariensis (19%), Paspalum distichum (17%) y Cynodon dactylon (15%), mientras que en fajas a las que el ganado accedía, dominaba Cynodon dactylon (63%) (Giorgi et al., 2014a). En ese mismo estudio, también se observó una mayor diversidad de macrófitas y una menor riqueza de peces en fajas con uso ganadero respecto a fajas excluidas al ganado. De modo similar, en otros estudios se observó una mayor riqueza (por mayor abundancia de especies raras) (Gantes et al., 2017) pero mayor dominancia y menor índice de diversidad (Gantes et al., 2014) de especies vegetales en fajas con uso ganadero respecto a fajas excluidas al ganado (Gantes et al., 2017). Cabe destacar que en los relevamientos de vegetación en la CMR se observó dominancia de Cynodon dactylon en la mayoría de los campos ganaderos relevados.

Otros usos que se hacen de la faja fluvial es el doméstico y el industrial. Este uso es más frecuente sobre la cuenca media que en la cuenca alta. En un estudio sobre sedimentos de cursos de agua de la CMR, se encontraron altas concentraciones de materia orgánica sobre el río Matanza en la cuenca media, asociadas a basurales a cielo abierto, frigoríficos y cloacas (Rendina, 2015). A su vez, sobre el arroyo Chacón (afluente del río Matanza) se descargan efluentes de industria automotriz y un establecimiento que genera productos derivados de carne (Rendina, 2015). Además se hace uso recreativo de las fajas fluviales, y se ha encontrado que cuanto mayores son las vías de acceso a una faja fluvial, peor es el estado de la vegetación de esta (Melignani, 2017).

Una de las amenazas principales para los humedales de la faja fluvial es la invasión de Acacia negra (Gleditsia triacanthos) (Giorgi et al; 2014b; Gantes et al., 2017). Las fajas fluviales pampeanas (y la llanura pampeana en general) se solían caracterizar, entre otras cosas, por tener una muy poca abundancia de árboles (Ghersa et al., 2002; Feijoó y Lombardo, 2007). Sin embargo, desde la colonización europea, entre las tantas especies exóticas que se han

introducido, los árboles más invasores de fajas fluviales y caminos son la Acacia negra, la Mora (Morus alba) y el Paraíso (Melia azedarach) (Ghersa et al., 2002). Pero la Acacia negra es la que ha tenido mayor avance en las últimas décadas (Gantes et al., 2011), y este avance se asocia a la producción ganadera (Leggieri, 2010). Esto se debe a que el ganado consume el fruto de la Acacia (una chaucha dulce), dispersando sus semillas a través de sus heces y favoreciendo su germinación (Leggieri, 2010). Las semillas también se dispersan a través del agua (Leggieri, 2010). En los relevamientos a campo se observó una gran abundancia de Acacias de distintos tamaños en campos ganaderos, caminos y cauces de agua.

Las Acacias forman pequeños bosques que desplazan a otras especies de fauna y flora. Respecto a la fauna, las Acacias están cubiertas de espinas (inclusive el tallo), con lo cual sus bosques son ambientes hostiles para vertebrados; además, el desplazamiento de otras especies vegetales implica una reducción de alimento disponible para herbívoros (Leggieri, 2010). En cuanto a la flora, el principal efecto de la Acacia es la reducción de la luz que llega a los estratos inferiores (efecto es propio de especies arbóreas en general). En un arroyo de una cuenca cercana a la CMR se encontró que los bosques de Acacia podían reducir la irradiación un 95% en verano y 85% en invierno (Giorgi et al., 2014b). Esto genera una reducción en la biomasa y producción primaria de los estratos inferiores (Giorgi et al., 2014b; Vilches et al., 2014) y un cambio en la composición de las comunidades herbáceas (Gantes et al., 2017). Este efecto es particularmente negativo para las macrófitas, ya que se observó que estas prácticamente desaparecen en cursos rodeados de Acacias (Feijoó et al., 2012; Giorgi et al., 2014b). Esto impacta, en consecuencia, sobre las comunidades de macroinvertebrados asociados a las macrófitas (Ferreiro et al., 2011).

Las Acacias también generan impactos negativos sobre los cursos de agua que rodean. Por un lado, la sombra que generan impacta sobre la temperatura, reduciendo la amplitud térmica diaria (Gantes et al., 2014b). Por otro lado, hay cambios químicos porque cambian los aportes. La presencia de leñosas genera un aumento del aporte de materia orgánica alóctona (externa al curso de agua), lo cual aumenta la cantidad de materia orgánica disuelta y aumenta la respiración bacteriana (Vilches et al., 2014). Esto se acentúa en otoño, cuando la acacia pierde sus hojas (Feijoó et al., 2012).

Otra amenaza para los humedales de la faja fluvial y su integridad ecológica son las profundizaciones y rectificaciones de los cursos de agua (Figura 70). Estas alteran la morfología del canal activo, lo cual modifica el flujo de agua y el régimen de inundaciones. El flujo se puede caracterizar por su magnitud, frecuencia, temporalidad, duración y tasa de cambio; y cualquier modificación a alguna de estas características afecta a la comunidad vegetal de la faja fluvial (Nilsson y Svedmark, 2002). Además, cuando la frecuencia de las inundaciones se reduce, también se reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica de la planicie aluvial (Ellis et al., 1999).

Las profundizaciones también suelen originar una sucesión hacia sistemas leñosos y suele favorecer la invasión de exóticas (Nilsson y Svedmark, 2002). En concordancia con esto, se asocia mayor abundancia de Acacias (especie leñosa y exótica) en arroyos con cursos más anchos, barrancas más pronunciadas (pendiente casi perpendicular) y con alturas mayores (Leggieri, 2010). Es decir, la profundización de los cursos de agua favorece la invasión de Acacias.

Las profundizaciones no son el único factor que modifica la dinámica hídrica. También,

se construyen albardones (generalmente asociados a profundizaciones), se elevan terrenos (generalmente desarrollos inmobiliarios privados) y se construyen caminos elevados, que constituyen una barrera a la circulación del agua, con aberturas escasas y pequeñas para que pase el agua (Pereyra, 2016) **(Figura 71)**. En general, todo este tipo de obras que buscan evitar la inundación en zonas naturalmente inundables (principalmente fajas fluviales), trasladan las inundaciones aguas arriba (Pereyra, 2016).

Figura 69. Arroyo en Las Heras. Se observa en la margen derecha los montículos resultantes de la profundización del cauce y cerca de la margen izquierda el límite de un campo sembrado con maíz. Fecha: 19/05/2022 (izquierda)

Figura 70. Arroyo en la planicie loéssica profundizado artificialmente y erosionado. Fecha: 02/06/2022 (derecha)

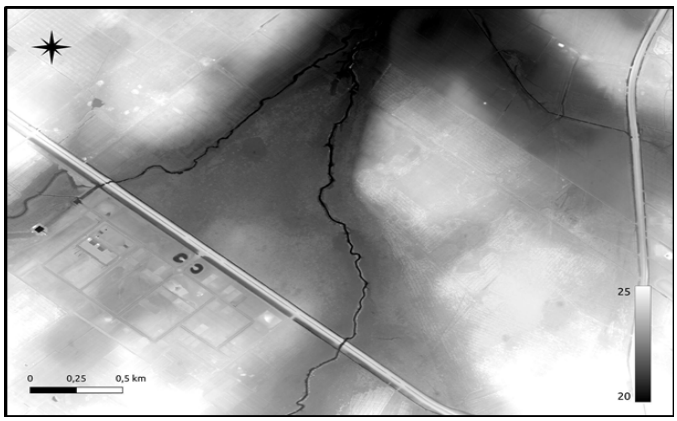


Figura 71. Arroyos de la Planicie loéssica profundizados y atravesados por autopistas.

Conservación

La faja fluvial de la Planicie loéssica se encuentra muy intervenida. Gran parte de la planicie aluvial ha perdido toda su cobertura vegetal original a expensas de cultivos,

plantas forrajeras exóticas, o urbanizaciones. Sectores de la planicie aluvial donde no se hace uso agrícola o ganadero se encuentran invadidos por Acacia negra (Figura 72). A su vez, la mayoría de los cursos de agua han sido profundizados, modificando su dinámica hídrica natural. Además, reciben de forma indirecta o directa la contaminación originada en la actividad antrópica.

Los humedales de la faja fluvial, o parte de ellos, tienen un gran potencial para ser restaurados. Esto se debe a que en la mayoría de los casos no se hace un uso directo de los humedales más próximos al curso de agua, ofreciendo una gran oportunidad para la gestión. Aspectos cruciales para la restauración de estos humedales son el restablecimiento, al menos parcial, del régimen hidrológico previo a las profundizaciones; y, mitigar el avance de la Acacia negra. Ambos objetivos, desde el punto de vista técnico, son difíciles, pero tal vez posibles de alcanzar. Restaurar la vegetación de la faja fluvial podría aumentar la capacidad de amortiguación respecto al ingreso de contaminantes mientras que se avanza en un cambio en los modos de producción por unos que generen menor contaminación e impactos ambientales. Estos humedales presentan un gran potencial para uso recreativo, incluyendo el ciclismo en sus caminos de sirga y los picnics grupales al costado de los cursos de agua y bajo la sombra de sus árboles.

Figura 72. Arroyo Rodríguez en el partido de Cañuelas. Fotografía P. Saibene. Fecha: 11/11/2022

Evaluación de la delimitación de las UH de la Planicie Loéssica

Para la evaluación de los productos cartográficos generados, se realizó un muestreo estadístico estratificado. Para cada tipo de humedal cartografiado (Bañado, Canal Activo, Cañada, Cubeta, y Planicie) se generaron 20 puntos aleatorios dentro de los polígonos correspondientes al tipo de humedal, excluyendo los sectores urbanos, y asignándole a cada punto la etiqueta correspondiente al tipo de humedal en cuestión; se generaron también 20 puntos fuera de esos polígonos correspondientes a ambientes que no fueron cartografiados como humedales (aunque por lo explicado al inicio, consideramos que puede haber parches de humedal en estos ambientes, que no han sido cartografiados). De esta manera se obtuvieron 120 puntos con etiquetas basadas en la clasificación cartográfica. Estos puntos fueron etiquetados a partir de una observación minuciosa de imágenes satelitales y los productos derivados del MDE descriptos al inicio del documento; las etiquetas asignadas de esta manera son consideradas como la verdad del terreno.

Comparando estas etiquetas consideradas verdad del terreno con aquellas asignadas por la clasificación se generó la siguiente matriz de confusión:

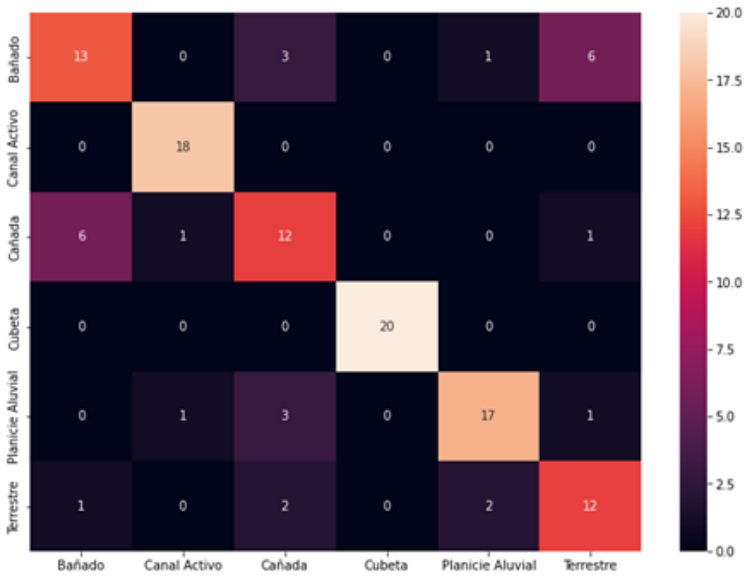


Figura 73. Matriz de confusión de unidades de humedal y ambientes terrestres de la Planicie loéssica. En las columnas figuran las etiquetas cartográficas y en las filas las etiquetas consideradas verdad del terreno.

La exactitud global de la clasificación es del 76,67%. Para una clasificación con seis clases este es un muy buen resultado. Es instructivo observar y discutir los aciertos y los errores obtenidos. Se observa por ejemplo que los 20 puntos cartografiados como cubetas han sido considerados también cubetas en la asignación de etiquetas de verdad del terreno; esto indica que la identificación de las cubetas de la planicie loéssica no se presta a muchas confusiones. En cambio, se observa cierta confusión entre bañados y cañadas (6 puntos cartografiados como bañados fueron considerados cañadas y 3 puntos cartografiados como cañadas fueron considerados pertenecientes a cañadas). Estos dos tipos de humedal tienen definiciones similares. Se puede interpretar de la matriz de confusión que los límites entre bañados y cañadas se presentan como ligeramente difusos. De los 20 puntos cartografiados como canales activos, 18 fueron considerados canales activos, uno fue considerado como perteneciente a una cañada y otro a una planicie aluvial. Lo más llamativo sin embargo de esta matriz de confusión es que de los 20 puntos no cartografiados como humedales, solo 12 fueron identificados como terrestres, uno como planicie, uno como cañada y 6 como bañados. Esto muestra que es probable que hayan quedado sin cartografiar humedales que escapan a la escala de trabajo, en particular los bañados, cuyos límites más difusos y su sutil diferencia topográfica con los sistemas terrestres dificulta su diferenciación.

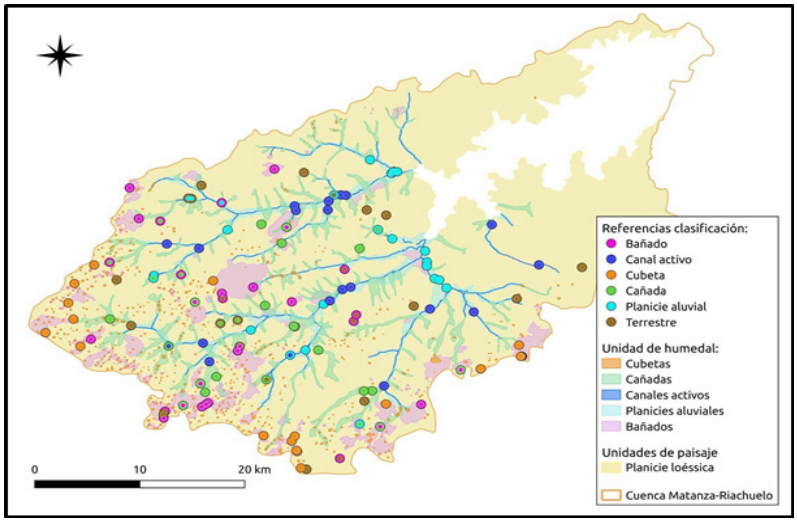


Figura 74. Evaluación de los resultados obtenidos en la Planicie loéssica. Los círculos tienen dos colores, el de afuera indica la clase de verdad del terreno, el de adentro indica la etiqueta de la clasificación según la cartografía obtenida. Por ejemplo, el punto de la Figura 75 es considerado como bañado según la verdad del terreno (color fucsia exterior) pero está cartografiado como terrestre (círculo interno de marrón).

Figura 75. Detalle de evaluación de los resultados obtenidos en la Planicie loéssica.

UNIDAD DE PAISAJE DEL PALEOESTUARIO

Descripción general

La unidad de paisaje del Paleoestuario corresponde principalmente a un antiguo estuario que fue labrado por ingresiones marinas que ocurrieron hace miles de años. Está delimitado por un paleoacantilado (desdibujado en algunos sectores) que separa al Paleoestuario de la Planicie loéssica. Esta unidad de paisaje podría extenderse más allá de los límites de la Cuenca Matanza Riachuelo incorporando las desembocaduras de otros arroyos bonaerenses que presentan homogeneidad en cuanto a su génesis, dinámica hídrica y oferta de emplazamientos geomórficos para humedales.

A los fines de este inventario, el paleoacantilado fue incluído principalmente dentro del Paleoestuario. Desde una mirada regional, podría considerarse que este paleoacantilado constituye una unidad de paisaje en sí misma, con su homogeneidad en la oferta de emplazamientos geomórficos para humedales y su tipología de humedales propia. Incluso la vegetación del paleoacantilado es distintiva, ubicándose allí los talares de barranca, una de las formaciones de bosques nativos bonaerenses. La discusión sobre la definición de las unidades y subunidades de paisaje no está zanjada y, en todo caso, debe darse a otra escala, considerando todo el Sistema de Paisajes de forma integral y no una sola cuenca. En el Anexo D damos algunos elementos para esta discusión.

Dentro de la unidad de paisaje del Paleoestuario, identificamos dos subunidades. Por un lado el Complejo de barrancas y zonas urbanas que forma un paisaje con humedales que refleja la influencia de la expansión urbana y la modificación de los rasgos geomorfológicos del relieve original. El tratamiento de esta interacción excede los objetivos del presente trabajo. Por otro lado, el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores, que forma un verdadero mosaico de humedales incluyendo a los humedales de Ciudad Evita, a la Laguna de Rocha, y a humedales relictuales como la laguna de Santa Catalina.

Localización geográfica

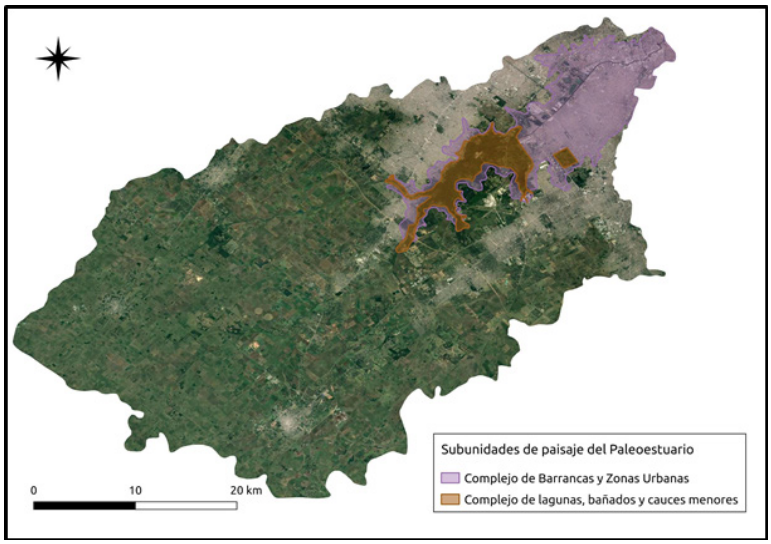


Figura 76. Subunidades de paisaje Paleoestuario.

Tipología de humedales

La unidad de paisaje Paleoestuario fue probablemente en el pasado un solo gran mosaico de humedales. Hoy en día, más de la mitad de su superficie ha sido urbanizada. Queda, sin embargo, un importante mosaico de humedales de unos 300 kilómetros cuadrados de superficie, ubicado en el sector suroeste de esta unidad de paisaje. Este mosaico está conformado diferentes tipos de humedales incluyendo cursos fluviales activos y abandonados, planicies de inundación, bañados y cuerpos de agua cuyos límites son difíciles de precisar. En este inventario se distinguieron los Canales activos, los Antiguos cauces fluviales y un Complejo de lagunas, bañados y cauces menores dentro del cual no delimitamos las diferentes unidades. Los Canales activos corresponden a los canales por donde discurren los ríos y arroyos del Paleoestuario; estos son el Riachuelo, el río Matanza, y sus tributarios. Los antiguos cauces fluviales corresponden a zonas bajas emplazadas en lo que en el pasado fueron canales activos pero que luego fueron abandonados por el curso de agua, sea en su natural migración lateral o por las rectificaciones antrópicas.

En el paleoestuario pueden encontrarse también numerosos humedales artificiales, incluyendo zanjas, canales, lagunas creadas dentro de barrios cerrados (en general donde hubo antes otro tipo de humedales) y cavas. Si bien los humedales artificiales son considerados humedales por la convención Ramsar y la definición operativa argentina, los mismos no fueron objeto de estudio de este trabajo. Esto se debe, por un lado, a la complejidad de su estudio, ya que pueden ser muy distintos entre sí y, por otro, a que es difícil acceder a ellos porque se encuentran en su totalidad en terrenos privados de difícil acceso.

Fotografía aérea

Figura 77. Bañado que incluye un Antiguo Cauce del río Matanza, Ciudad Evita. Fecha: 05/05/2022

Figura 78. Antiguo cauce del río Matanza en la parcela 1264A, propiedad del Instituto de la Vivienda de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (IVC-CABA) en Ciudad Evita. Fecha: 05/05/2022

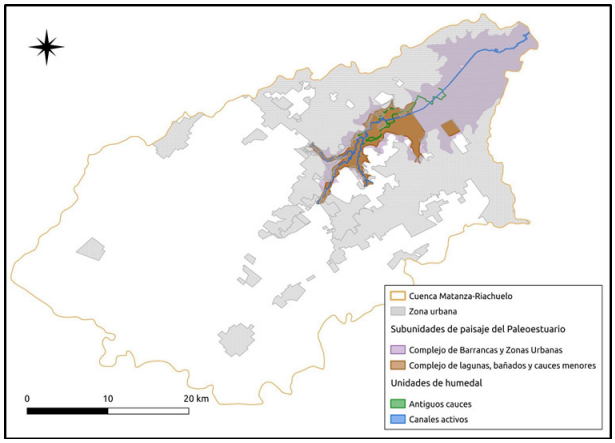
Figura 79. Antiguo cauce del río Matanza en el Camping 17 de Octubre del Sindicato Gran Buenos Aires de Trabajadores de Obras Sanitarias (SGBATOS) en Ciudad Evita. Fecha: 05/05/2022

Vista en planta y transecta

A continuación se muestran la vista en planta de los humedales del Paleoestuario en el contexto de toda la cuenca (Figura 80) y el detalle de la zona no urbanizada **(Figura 81).** Luego se presentan dos perfiles topográficos esquemáticos del Antiguo cauce **(Figura 82 y Figura 83).** En los mismos se aprecia su desarrollo en zonas más bajas y separadas de la Planicie loéssica por una barranca. La primera transecta (Figura 82) se desarrolla entre los puntos 34.774 S, 58.644 O y 34.833 S, 58.572 O cubriendo 16000 m de un paisaje urbano

representativo. Mientras que la segunda transecta **(Figura 83)** se extiende a lo largo de 4400 m entre los puntos 34.764 S, 58.852 O y 34.784 S, 58.558 O donde se aprecia la presión del crecimiento urbano, en sus modalidades formales e informales, sobre la extensión formada por el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores.

En el perfil topográfico se puede distinguir claramente los límites con la Planicie loéssica dados por la presencia de la barranca. En las zonas más elevadas se ha dado el proceso de urbanización con una expansión hacia las zonas periféricas, en este caso ocupadas por extensos complejos de humedales. En estos complejos pueden identificarse tanto los canales activos de los cursos de agua de la CMR como así también aquellos antiguos cauces abandonados tanto por la deriva natural de los ríos de llanura como también por canalizaciones y rectificaciones antrópicas **(Figura 82 y Figura 83).** Además, se pueden encontrar extensos bañados y lagunas **(Figura 83).**



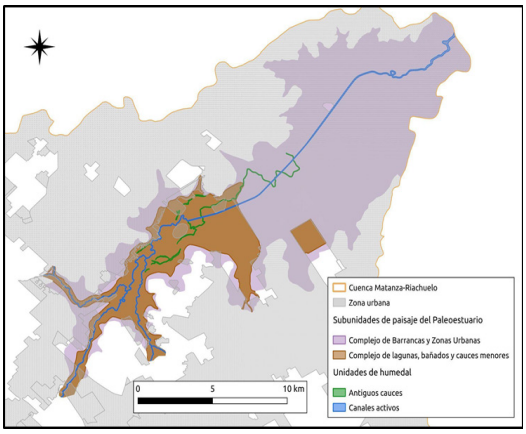


Figura 80. Subunidades de paisaje y Unidades de humedal del Paleoestuario.

Figura 81. Detalle de Subunidades de paisaje y Unidades de humedal del Paleoestuario.

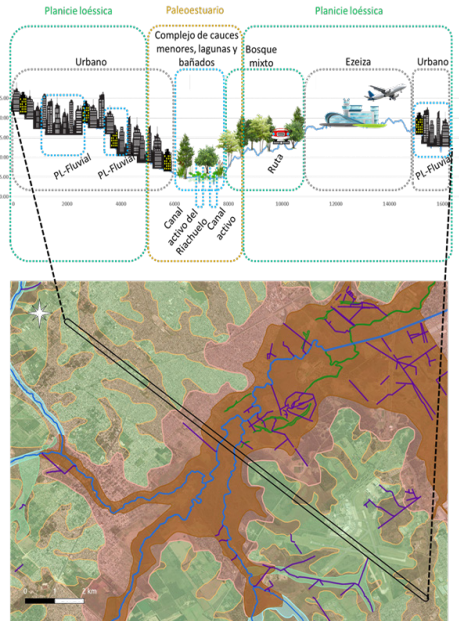


Figura 82. Transecta esquemática que cruza las unidades de paisaje Planicie loéssica, Paleoestuario y nuevamente la Planicie loéssica en la cual el desarrollo urbano y las obras de infraestructura han reemplazado las coberturas naturales.

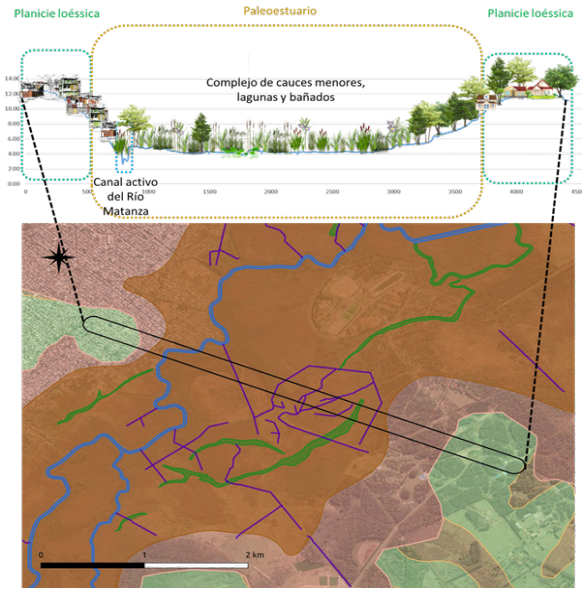


Figura 83. Transecta esquemática que cruza las unidades de paisaje Planicie loéssica, Paleoestuario y nuevamente la Planicie loéssica. Se observan las presiones de urbanización como una de las principales amenazas sobre los humedales de esta unidad de paisaje.

Localización y límites

Esta unidad se separa de la Planicie loéssica por medio de una barranca y desciende casi imperceptiblemente hasta la desembocadura del Riachuelo en el Río de la Plata. El paleoestuario ha sido fuertemente transformado por la urbanización, la infraestructura de transporte y las obras hidráulicas tendientes a drenar la zona.

Jurisdicciones administrativas

Ocupa parte del territorio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (totalidad de la Comuna 8 y parte de las Comunas 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 y 10) y de 6 municipios de Buenos Aires: Avellaneda, Esteban Echeverría, Ezeiza, La Matanza, Lanús y Lomas de Zamora.

DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA

Paisaje

El paisaje de la subunidad denominada Complejo de lagunas, bañados y cauces menores es un mosaico de humedales. Es decir, es un entramado de elementos lineales (cursos de agua antiguos y activos) y parches de distintas formas y tamaños (bañados y lagunas). Por fuera de este mosaico se encuentra el Complejo de barrancas y zonas urbanas que lo separa de la Planicie loéssica y desciende hasta el Río de la Plata. La barranca marcaba el límite del antiguo estuario que se generó con la ingresión marina del Holoceno. Luego, estas geoformas fueron transformadas por la acción fluvial. Así se conformó una amplia planicie de inundación en la que se emplaza el mosaico de humedales, y sus laterales de

valle: la barranca.

Geología y Geomorfología

La geología y geomorfología del Paleoestuario fue descrita por Pereyra (2004) como parte de un trabajo más amplio sobre el Área Metropolitana de Buenos Aires. A continuación se rescatan algunos aspectos de esa descripción.

En cuanto a su geología, los depósitos superficiales corresponden a la formación Luján, la cual corresponde a fajas fluviales. Está compuesta por limos y arenas fluviales, y presenta intercalaciones de arcillas finas laminadas con capas de materiales orgánicos (facies de back swamps). El espesor de esta formación oscila alrededor de los 3 m. Cerca del puente La Noria, Bajo Flores, Lugano y Mataderos, se superponen e interdigitan a la formación Luján, depósitos marinos. Por encima de todos estos, se encuentran depósitos fluviales más modernos y "depósitos heterogéneos", esencialmente orgánicos, asociados a residuos domiciliarios.

En cuanto a su geomorfología, la unidad de paisaje Paleoestuario corresponde a un antiguo estuario que fue labrado por ingresiones marinas que ocurrieron hace miles de años. Estas ingresiones también labraron un acantilado (actualmente, paleoacantilado) que se aprecia como una barranca, más o menos pronunciada según el lugar. Esta barranca generalmente se encuentra bordeando el Río de la Plata, pero se proyecta tierra adentro en la desembocadura de algunos ríos, y en particular en la del río Matanza-Riachuelo. Se puede apreciar actualmente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, atravesando el Parque Lezama, Plaza Francia, y en las Barrancas de Belgrano. El paleoacantilado es la geoforma que delimita al Paleoestuario, respecto de la Planicie loéssica.

Esta unidad de paisaje se extiende más allá de los límites de la Cuenca Matanza Riachuelo y presenta homogeneidad en cuanto a su génesis, dinámica hídrica y oferta de emplazamientos geomórficos para humedales.

Ambas geoformas de origen marino, el paleoacantilado y el paleoestuario, luego fueron retrabajadas por la acción fluvial. Esta labró cursos de hábito meandriforme muy sinuosos pero con poca migración lateral, por la naturaleza cohesiva de los materiales y la poca pendiente. Este patrón fue modificado por las profundizaciones y rectificaciones. A su vez, la acción fluvial generó fajas de meandros y meandros abandonados que actualmente son lagunas.

Dinámica hídrica

Las principales entradas de agua corresponden al aporte de los cursos de agua que desembocan en los ríos Matanza y Riachuelo, a los aportes subterráneos (el nivel freático está muy cerca de la superficie), y las precipitaciones locales (Pereyra, 2016). La principal salida es por escurrimiento a través del río Matanza-Riachuelo y, secundariamente, por evapotranspiración. Esta última es la principal salida en las zonas bajas (ej.: Laguna de Rocha) cuando estas están aisladas del curso principal. Esto sucede cuando las aguas del río Matanza-Riachuelo están bajas.

En cuanto a la dinámica hídrica, esta responde principalmente a las crecidas del río Matanza-Riachuelo. Estas crecidas responden a precipitaciones en la cuenca que escurren y se concentran en el Matanza-Riachuelo y/o por el efecto de las "Sudestadas" que impiden la circulación del agua en la desembocadura al Río de la Plata. Con las crecidas, la planicie de inundación es cubierta por agua, en mayor o menor medida según la magnitud de la crecida **(Figura 84).** Estas inundaciones llegan a conectar hídricamente a todos los humedales del paleoestuario y son una de las fuentes de agua de los cauces abandonados, bañados y lagunas. Pero para todos ellos también es importante el aporte de las precipitaciones y, probablemente, el de aguas subterráneas. En relevamientos en el Paleoestuario en 2022, se registró muy baja conductividad eléctrica del agua de las lagunas tanto en Ciudad Evita como en Laferrere, lo cual sugiere que en ese momento estaban cargadas con agua de precipitación (que casi no contiene sales).

Los lechos de los cursos de agua del Paleoestuario se encuentran profundizados (2 a 3 m) y sus márgenes se encuentran sobreelevadas e impermeabilizadas (Pereyra, 2016). Estas obras permiten que las crecidas menores sean contenidas por los albardones del curso principal, alterando el hidroperíodo y la conectividad hídrica de los humedales del Paleoestuario. Las crecidas más grandes, sin embargo, superan los albardones y desbordan del cauce, generando inundaciones que luego son evacuadas muy lentamente ya que los albardones constituyen una barrera a su paso (Pereyra, 2016).

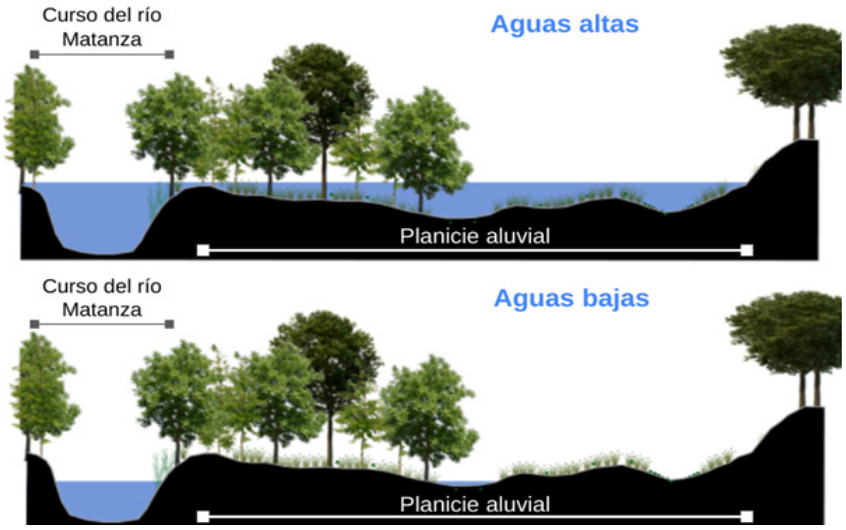


Figura 84. Esquema del paleoestuario inundado y no inundado.

Tipos de suelos dominantes

Se describen los tipos de acuerdo con los documentos disponibles.

Las cartas de suelos de INTA no describen la zona del AMBA donde está emplazado el paleoestuario de la CMR. Pereyra (2004) hizo una descripción de los suelos de valles

fluviales de la RMBA, la cual se resume a continuación.

Los suelos del Paleoestuario tienen, en general, menor desarrollo edáfico y mayor expresión de rasgos hidromórficos que los suelos de la Planicie loéssica. Los suelos de valles fluviales son Endoacuoles típicos, de texturas limosas y franco-limosas, con alto contenido de materia orgánica. Tienen rasgos hidromórficos, como moteados y colores gley, que suelen aparecer por debajo del horizonte mólico superficial. Cerca de los cursos de agua se encuentran Entisoles, principalmente Fluventes y Acuentes de poco desarrollo. También se encuentran suelos salinos y sódicos (Natracuoles y Natracualfes típicos) y suelos con arcillas expansibles (Hapludertes típicos). Los encoacuoles de las zonas bajas gradan a Hapludoles ácuicos, típicos y énticos pendiente arriba.

En un estudio posterior, Pereyra (2016) agregó que las características de estos suelos permiten inferir la presencia frecuente de agua, asociada a un nivel alto de la napa freática la mayor parte del año. A su vez, la presencia de horizontes argílicos determina una permeabilidad moderada a baja y una velocidad de infiltración baja. Se destaca que la baja permeabilidad no corresponde al horizonte superior (mólico) sino a los inferiores (argílicos), lo cual es un aspecto muy relevante de considerar para la generación de modelos hidrológicos.

Vegetación

La unidad de Paisaje del Paleoestuario se caracteriza por extensos bañados y lagunas temporarias y está surcada por cursos antiguos y activos. El mismo paisaje puede encontrarse en la cuenca vecina del río Luján, donde se observaron (Minotti y Kandus, 2017) praderas de herbáceas que cubrían la mayor parte del valle (Alternanthera philoxeroides, Polygonum sp., Ludwigia sp. y varias especies de poáceas) y arbustos aislados (Sesbania punicea, Aeschynomene montevidensis, entre otras). También se observaron ambientes de aguas más profundas en general de carácter permanente (alimentadas en épocas secas por el aporte de la napa freática), con aguas abiertas o cubiertas por vegetación arraigada emergente (juncales, totorales, etc.), flotantes y sumergidas. Además, bosques que se extendían en fajas adyacentes a los cauces y estaban principalmente dominados por acacias negras (Gleditsia triacanthos, especie invasora). También se encontraron matorrales de Baccharis salicifolia (chilcales).

En los sitios relevados en la CMR se pudieron observar mosaicos de comunidades de plantas de humedales. En lagunas poco profundas se registraron comunidades de Eleocharis macrostachya (praderas húmedas), Solanum glaucophyllum (varillares), Schoenoplectus americanus y S. californicus (juncales), Canna glauca (guajosales) y Ludwigia peploides (verdolagales) asociadas a especies de menor cobertura como Polygonum, Pluchea sagittalis, Eclipta prostrata, Bacopa monnieri, Alternanthera philoxeroides, Myriophyllum aquaticum y Lilaeopsis carolinensis. Las plantas flotantes Lemna sp. y Azolla filiculoides cubren grandes superficies. Bordeando estas comunidades aparecen especies como Paspalum vaginatum, Cynodon dactylon, Hydrocotyle bonariensis, Symphyotrichum squamatum, Ambrosia sp. y Xanthium sp. Hacia los márgenes se hace presente la especie Cortaderia selloana y la invasora Gleditsia triacanthos (acacia negra). Actualmente, gran parte de lo que fueron las praderas y pastizales del paleoestuario se encuentran transformadas en bosques de acacia

negra y otras invasoras exóticas (Faggi et al., 2008).

Funciones ecosistémicas

El paleoestuario es un ecosistema complejo en cuanto a sus funciones, las cuales están íntimamente relacionadas con el régimen de inundaciones. La función más reconocida y tenida en cuenta es la de regulación hídrica: los cursos de agua transportan agua desde lo alto de la cuenca hasta el Río de la Plata y el paleoestuario en su totalidad recibe los excedentes hídricos de las crecidas. Si bien esta función es muy importante - por ejemplo, regular inundaciones -, no es la única función, y no contemplar las otras funciones suele ocasionar severos problemas. Esto sucede, por ejemplo, cuando se rectifican y profundizan los ríos con el fin de que evacúen el agua más rápido y se generan múltiples problemas ecológicos (Brooker, 1985; Bravard et al., 1997).

La vegetación estabiliza las márgenes de los cursos de agua, las protege frente a las crecientes del curso de agua y controla los flujos de agua (Gantes et al., 2017). Estabilizan y protegen las márgenes porque las raíces constituyen un sostén para el suelo, evitando así que se desmoronen en los momentos de crecidas. En cuanto a la regulación de flujos, la parte aérea de las plantas es una obstrucción física a la circulación de agua, lo cual le reduce la velocidad. Además, la vegetación consume agua, lo cual ayuda a su salida del sistema dadas las bajas pendientes y las barreras a la circulación del agua.

La vegetación también retiene sedimentos, nutrientes (principalmente el nitrógeno y fósforo asociados a residuos domésticos) y metales. Por un lado, la retención es física ya que la presencia de vegetación lo suficientemente alta y con suficiente biomasa (Clary y Webster, 1989) frena la circulación de agua y de aire, lo que permite que los sedimentos, que pueden tener nutrientes y/o metales adsorbidos, pierdan velocidad y queden retenidos entre la vegetación (Rowntree y Dollar, 1999). Por otro lado, las plantas pueden absorber nutrientes (Osborne y Kovacic, 1993) o remover metales pesados por http://www.bdh.acumar.gov.ar/bdh3/index_contenido.php y almacenarlos en el parénquima vegetal (Valles-Aragón y Alarcón-Herrera, 2014; Mendoza et al., 2015) que llegan disueltos en el agua por escorrentía. De esta forma, estos ambientes logran disminuir la carga de nutrientes y otros elementos transportados por el agua antes que esta llegue a los cursos. Cabe destacar que esta retención no es infinita ni permanente, sino que fluctúa: suele tener una época de retención y otra de liberación, asociada a los ciclos fenológicos. Es así como la vegetación del Paleoestuario puede “modificar, incorporar, diluir o concentrar sustancias” antes de que estas ingresen a los cursos de agua (Osborne y Kovacic, 1993).

Otro aspecto funcional del Paleoestuario es que genera una heterogeneidad de ambientes, que funcionan como hábitat para distintas especies (Pereyra et al., 2016; Gantes et al., 2017). Estos están generados por variaciones en la topografía, suelos y disponibilidad de agua subterránea, que a su vez interactúan con los procesos de inundaciones (Nilsson y Svedmark, 2002). Es por esto por lo que suelen tener una muy alta biodiversidad respecto de las áreas adyacentes (Young-Mathews et al., 2010; Gantes et al., 2017), incluso si esas áreas no estuvieran modificadas por la acción humana. La alteración del ciclo hidrológico puede cambiar las condiciones ambientales y favorecer la invasión de exóticas (Nilsson y Svedmark, 2002).

Además, los humedales del Paleoestuario son hábitat para diversas especies. Y este hábitat es crucial ya que es un relicto en medio de una matriz urbana y rural. En relevamientos de biodiversidad que realizó FARN (2020) en la Reserva Natural Ciudad Evita, encontraron un total de 270 especies diferentes, de las cuales fueron 128 de aves, 57 de plantas, 60 de insectos, 7 de hongos, 5 de anfibios, 5 de peces, 4 de arácnidos, 2 de mamíferos, 1 de reptiles y 1 de "otros".

Por último, los humedales del Paleoestuario presentan una conectividad funcional con las fajas fluviales de la Planicie Loéssica lo que le permite recibir propágulos y organismos dispersantes desde las nacientes de los tributarios que aportan al sistema Matanza-Riachuelo.

Demografía, usos del suelo y de los humedales

En la parte urbana e intensamente intervenida del Paleoestuario viven más de un millón y medio de personas (censo INDEC 2010). En las últimas décadas la urbanización avanza sobre los humedales (Wertheimer y Pereira, 2020; Macagno et al., 2021), en algunos casos con ocupaciones informales, extrema vulnerabilidad sanitaria y total exposición a las inundaciones; en otros casos, se construyen rápidamente barrios que involucran grandes movimientos de suelos para evitar la exposición a la inundación, con la construcción de endicamientos de hasta 7 m respecto del río Matanza.

Los usos que se hacen del paleoestuario son variados. La mayoría parte de las zonas cercanas a la margen Este del río Matanza no presenta un uso definido. Pueden encontrarse emplazadas rutas importantes, clubes deportivos, campos de la Policía Federal y la Gendarmería Nacional, el Centro Recreativo Nacional Bosques de Ezeiza y antenas de la Presidencia de la Nación. Para la construcción de la mayoría de estos elementos se transformó la topografía del Paleoestuario para evitar o reducir la exposición a inundaciones **(Figura 85).**

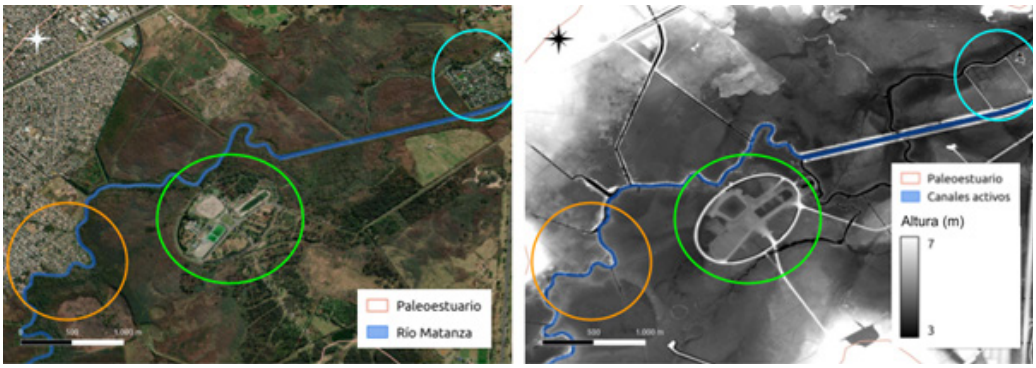


Figura 85. Usos del Paleoestuario: ocupaciones informales (dentro del círculo naranja), Centro Recreativo Nacional Bosques de Ezeiza (dentro del círculo verde) y barrio cerrado (dentro del círculo celeste). A la izquierda con imagen óptica y a la derecha con un modelo de elevación del terreno de fondo.

Conservación

Como se señaló, los humedales del paleoestuario están inmersos en la matriz urbana. La mayor parte de estos ecosistemas preexistentes a la urbanización (Figura 86) han sido transformados mediante distintas obras de infraestructura. Las zonas de reserva son escasas dentro del Paleoestuario **(Figura 87)** y se encuentran fuertemente intervenidas. Es un desafío para la gestión del territorio lograr la conservación de los humedales remanentes, cuya integridad ecológica se encuentra seriamente amenazada.

La tradición paisajística europea fue hegemónica en el diseño y expansión de la ciudad de Buenos Aires. La valoración del paisaje originario de la zona de estudio de este trabajo fue marginal hasta hace pocos años. Históricamente, los sectores bajos de la cuenca tenían una gran extensión de humedales que fueron drenados principalmente para permitir el avance de la urbanización. La visión positivista del mundo avanzaba sobre los humedales, transformándolos en ambientes terrestres productivos en un sentido no acorde a su funcionamiento ecosistémico. En el mapa de 1871 (Figura 88) se puede apreciar el proyecto para drenar por bombeo los bañados del Bajo Flores. A su vez, cuadros de Antonio Berni de 1950 y 1960 retratan, entre otras cosas, la contaminación ya existente en el Bajo Flores para esa época **(Figura 89).**

Figura 86. El bañado del San José de Flores dibujado por Francisco Latzina en 1889, ocupando lo que hoy denominamos Paleoestuario. Detalle de un plano reproducido de Difrieri, 1981.

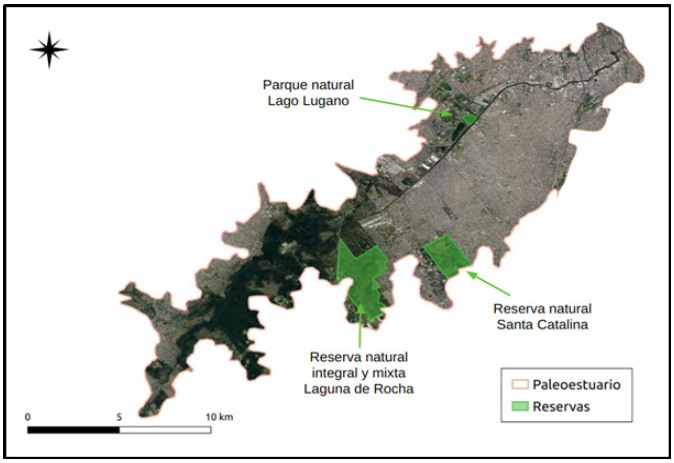


Figura 87. Mapa con reservas naturales y ecológicas en el Paleoestuario.

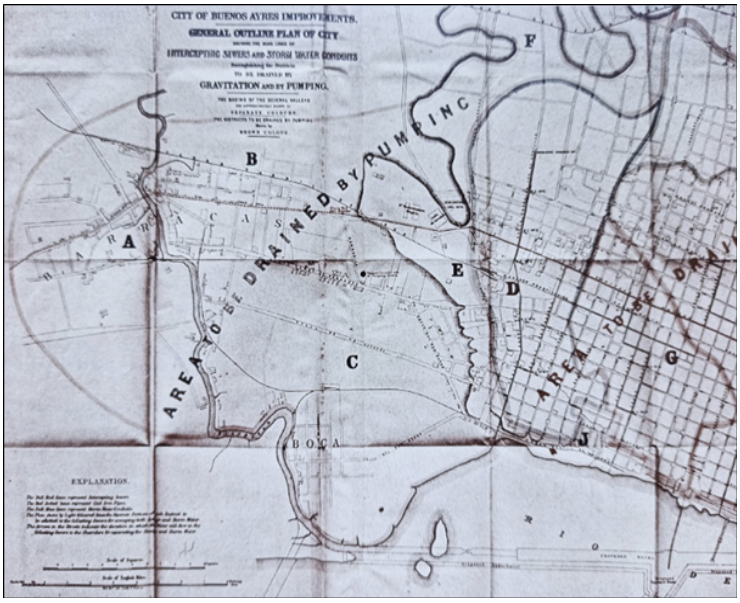


Figura 88. Proyectos de drenaje graficados en una carta elaborada por el ingeniero John Bateman, en 1871. Bateman fue autor de importantes obras de desagüe de la época. Reproducido de Difrieri, 1981.

Figura 89. La serie de Juanito Laguna, creada por Antonio Berni en las décadas de 1950 y 1960, ilustra la vida de un niño pobre que vive en la periferia de la Ciudad de Buenos Aires, probablemente en el bañado de Flores, y que pasa el tiempo jugando libremente en la calle. Las imágenes muestran la degradación ambiental de la zona de estudio de este trabajo. Como aclara el propio Berni: "Juanito es un chico pobre pero no un pobre chico. No es un vencido por las circunstancias sino un ser lleno de vida y esperanza, que supera su miseria circunstancial porque intuye vivir en un mundo cargado de porvenir".

Considerados como humedales urbanos, estos tienen un rol central en el contexto actual de crisis ambiental por las funciones ecosistémicas que cumplen (Ramsar, 2018).

Figura 90. Complejo de humedales del bajo de Laferrere. Fecha: 22/02/2022.

Figura 91. Los humedales del bajo de Laferrere conforman ambientes de interés para su estudio. En la fotografía tomada con un dron donde se observa el avance urbano sobre los humedales. Fecha: 22/02/2022.

Figura 92. Humedales del bajo de Laferrere. Ambientes ocupados informalmente con una de las más altas vulnerabilidades sanitarias de todo el país (Rosati et al., 2020). Fecha: 22/02/2022.

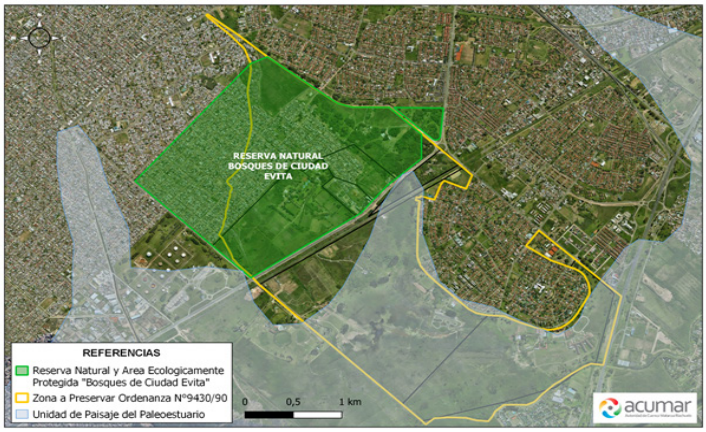


Figura 93. Ciudad Evita y sus alrededores, en la Matanza. Se destacan el Sector de Reserva Natural y Áreas Ecológicamente Protegidas "Bosques de Ciudad Evita", la Zona a preservar según la Ordenanza municipal 9430/90 y la UP del Paleoestuario. Mapa de ACUMAR, 2023.

Amenazas

La principal amenaza a la conservación la constituye hoy en día el avance urbano no planificado o irresponsablemente planificado, tanto en forma de asentamientos informales con rellenos como de emprendimientos inmobiliarios "formales" (barrios cerrados, clubes, etc., con endicamientos y/o rellenos). Estas obras implican la pérdida de superficie de humedal, y con ello la menor capacidad de amortiguación de excedentes hídricos de estos ambientes. Este es un proceso histórico en la CMR y la RMBA en general (Figura 94) También se construyen autopistas y caminos elevados, que constituyen una barrera que interrumpe y altera la circulación del agua, con pequeñas y escasas aberturas o alcantarillas que permitan el paso del agua a través de las interrupciones (Pereyra, 2016) (Figura 95). En general, todo este tipo de obras que buscan evitar la inundación en zonas naturalmente inundables, principalmente en las fajas fluviales, trasladan los efectos de las inundaciones aguas arriba (Pereyra, 2016).

Otro factor que amenaza seriamente la integridad ecológica de los humedales del Paleoestuario es la contaminación, en gran medida debida a la falta de una red cloacal adecuada. Según Merlinsky (2018), estudios recientes muestran que de la población en situación de alta vulnerabilidad sanitaria de la CMR (lo que representa a más de la mitad de la población) solo el 10% cuenta con desagües cloacales adecuados y solo el 40% cuenta con cobertura de agua potable. Los humedales de la CMR reciben y transportan los desagües cloacales del resto de la población.

Otra de las principales amenazas para los humedales del Paleoestuario es la invasión de Acacia negra (Gleditsia triacanthos) (Giorgi et al; 2014b; Gantes et al., 2017). Las fajas fluviales pampeanas (y la llanura pampeana en general) se solían caracterizar, entre otras cosas, por tener una muy poca abundancia de árboles (Ghersa et al., 2002; Feijoó y Lombardo, 2007). Sin embargo, desde la colonización europea, entre las tantas especies exóticas que se han introducido, los árboles más invasores de fajas fluviales y caminos son la Acacia negra, la Mora (Morus alba) y el Paraíso (Melia azedarach) (Ghersa et al., 2002). Pero la Acacia negra

es la que ha tenido mayor avance en las últimas décadas (Gantes et al., 2011).

Las Acacias forman pequeños bosques que desplazan a otras especies de fauna y flora. Respecto a la fauna, las Acacias están cubiertas de espinas (inclusive el tallo), con lo cual sus bosques son ambientes hostiles para vertebrados; además, el desplazamiento de otras especies vegetales implica una reducción de alimento disponible para herbívoros (Leggieri, 2010). Paradójicamente, son los mismos animales los principales dispersores de las semillas de las Acacias ya que su fruto es dulce y palatable (Ghersa y León, 1999)

En cuanto a la flora, el principal efecto de la Acacia es la reducción de la luz que llega a los estratos inferiores. Este efecto es propio de especies arbóreas en general, no de la Acacia en particular. En un arroyo de una cuenca cercana a la CMR se encontró que la cobertura de Acacias podía reducir la radiación un 95% en verano y 85% en invierno (Giorgi et al., 2014b). Esto genera una reducción en la biomasa y producción primaria de los estratos inferiores (Giorgi et al., 2014b; Vilches et al., 2014) y un cambio en la composición de las comunidades herbáceas (Gantes et al., 2017). Este efecto es particularmente negativo para las macrófitas, ya que se observó que estas prácticamente desaparecen en cursos rodeados de Acacias (Feijoó et al., 2012; Giorgi et al., 2014b). Esto impacta, en consecuencia, sobre las comunidades de macroinvertebrados asociados a las macrófitas (Ferreiro et al., 2011).

Las Acacias también generan impactos negativos sobre los cursos de agua que rodean. Por un lado, la sombra que generan impacta sobre la temperatura, reduciendo la amplitud térmica diaria (Gantes et al., 2014b). Por otro lado, hay cambios químicos porque cambian los aportes. La presencia de leñosas genera un aumento del aporte de materia orgánica alóctona (externa al curso de agua), lo cual aumenta la cantidad de materia orgánica disuelta y esto induce la proliferación de microorganismos heterótrofos (Vilches et al., 2014). Esto se acentúa en otoño, cuando la acacia pierde sus hojas (Feijoó et al., 2012).

Otra amenaza particular para las fajas fluviales del Paleoestuario y su integridad ecológica son las profundizaciones y rectificaciones de los cursos de agua (Figura 96). Estas alteran la morfología del canal activo, lo cual modifica el flujo de agua y el régimen de inundaciones. El flujo se puede caracterizar por su magnitud, frecuencia, temporalidad, duración y tasa de cambio; y cualquier modificación a alguna de estas características afecta a la comunidad vegetal de la faja fluvial (Nilsson y Svedmark, 2002). Además, cuando la frecuencia de las inundaciones se reduce, también se reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica sobre el Paleoestuario en general (Ellis et al., 1999).

Las profundizaciones también suelen originar una sucesión hacia sistemas leñosos y suele favorecer la invasión de exóticas (Nilsson y Svedmark, 2002). En concordancia con esto, se asocia mayor abundancia de Acacias en arroyos con cursos más anchos, barrancas más pronunciadas (pendiente casi perpendicular) y con alturas mayores (Leggieri, 2010). Es decir, la profundización de los cursos de agua favorece la invasión de Acacias.

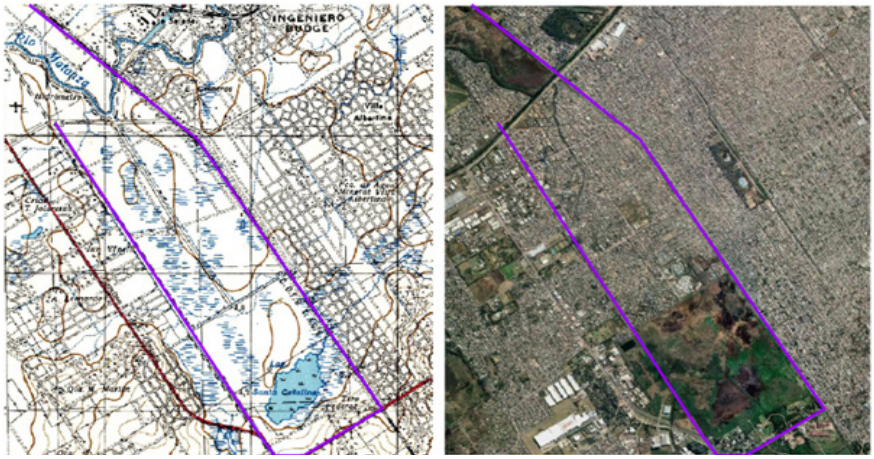


Figura 94. Desconexión de la Laguna de Santa Catalina del mosaico de humedales del paleoestuario por urbanización. A la izquierda se muestra un fragmento de la actualización de 1956 de la Carta Topográfica 3557-13-01 (escala 1:50.000) confeccionada por el IGM (actual IGN). A la derecha se muestra una imagen satelital óptica, actual. Se destacan por contraste la rectificación del Matanza, la completa urbanización de los humedales que conectaban la laguna de Santa Catalina con el curso del río.

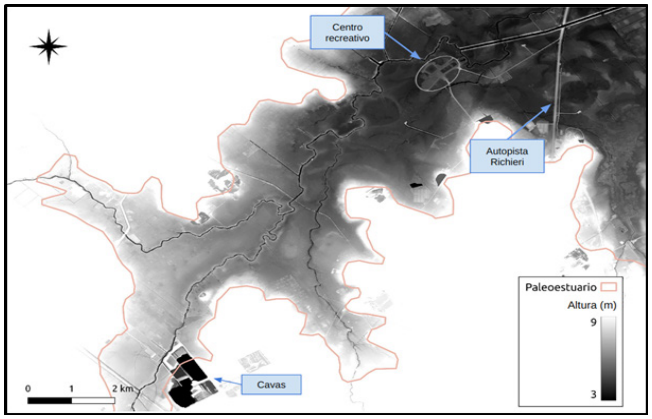


Figura 95. Algunas alteraciones topográficas en el Paleoestuario que modifican la dinámica del agua: cavas, autopistas y rellenos.

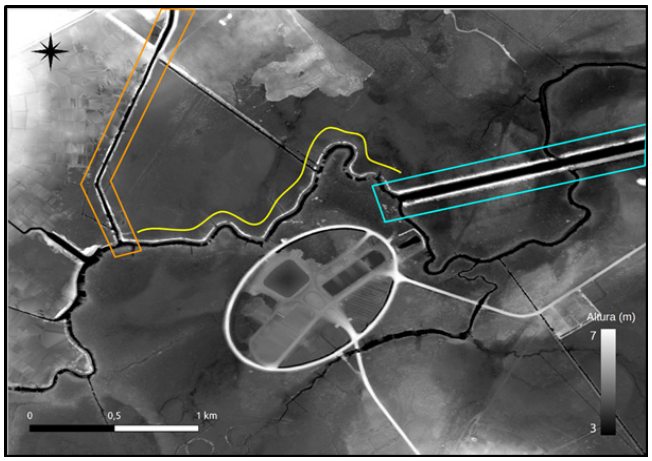


Figura 96. Alteraciones de los cursos de agua del paleoestuario. El recuadro naranja señala el canal Don Mario. La línea amarilla bordea el albardón realizado al costado del canal activo del río Matanza. El recuadro celeste señala la rectificación del río Matanza.

UNIDADES DE HUMEDAL DEL PALEOESTUARIO

Unidad de Humedal: Canal activo

Son los canales activos de los cursos de agua del paleoestuario, es decir, la traza por la que actualmente los cursos de agua circulan principalmente. Incluye a los canales del río Matanza, del Riachuelo y de los arroyos las Víboras, el Morales, Aguirre, del Rey, Santa Catalina, las Ortegas, el Triángulo, Finocchieto, Dupy, Susana, Don Mario, etc.

Fotografías

Figura 97. Cauce del río Matanza desbordado luego de intensas lluvias. Fecha: 14/11/2018.

Figura 98. Cauce del río Matanza desbordado luego de intensas lluvias. Fecha: 14/11/2018.

Figura 99. Cauce del río Matanza desbordado luego de intensas lluvias. Fecha: 14/11/2018.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una vista en planta **(Figura 100)** y un perfil topográfico esquemático del Paleocauce **(Figura 101)** en el que se muestra un cauce activo típico de esta unidad de paisaje. Se distingue el canal activo meandroso típico de los cursos de llanura y el desarrollo de un bosque mixto en las zonas más elevadas dentro del Paleoestuario. La transecta se desarrolla entre los puntos 34.77 S, 58.587 O y 34.777 S, 58.581 O cubriendo 870 m de un paisaje urbano representativo, donde se aprecia la presión del crecimiento urbano informal, sobre la extensión formada por el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores **(Figura 101).**

En el perfil topográfico se pueden distinguir claramente las márgenes elevadas del canal activo donde se desarrolla un bosque mixto actualmente invadido por acacia negra **(Figura 101).** Estos albardones han sido sobreelevados a partir de los depósitos de material extraído del cauce durante los procesos de profundización y eventualmente rectificación, del cauce.

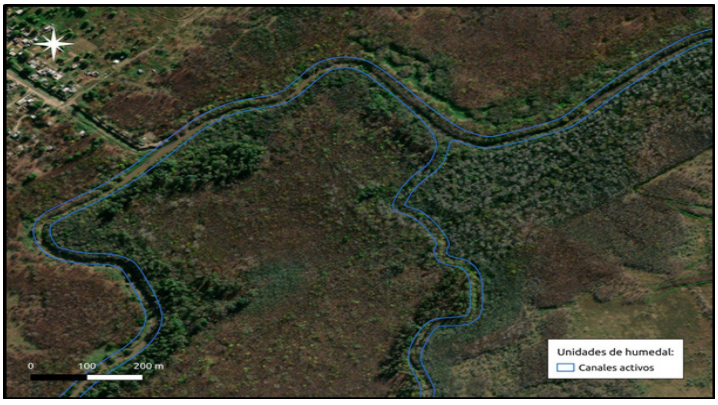


Figura 100. Vista en planta de Canales activos del Paleoestuario.

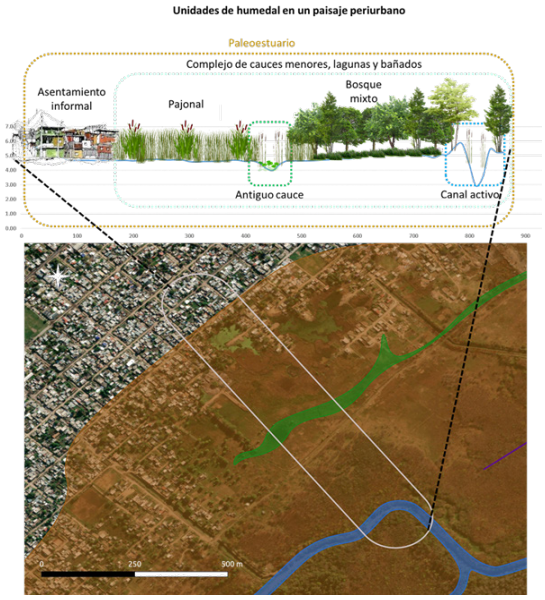


Figura 101. Transecta topográfica esquemática en la unidad de paisaje del Paleoestuario. Se observan las presiones de la urbanización, en este caso a partir del crecimiento informal, como una de las principales amenazas sobre esta unidad de paisaje.

Vegetación

No se han realizado relevamientos de vegetación dentro de los canales activos.

Geomorfología

Los canales activos del río Matanza-Riachuelo y de sus principales afluentes, tienen hábito meandriforme, muy sinuoso pero con poca migración lateral. Esto se debe a la naturaleza cohesiva de los materiales y a la poca pendiente (Pereyra, 2004), lo cual limita la capacidad de erosión del agua. A su vez, el cauce se encuentra encajonado gracias a una importante incisión vertical, la cual probablemente esté vinculada a un descenso rápido del nivel de base, y también se asocia a la escasa migración lateral (Pereyra, 2004). Además, el canal activo se encuentra profundizado 2 a 3 m (Pereyra, 2016), y rectificado a partir de la zona de los bosques de Ezeiza, poco antes de cruzar la autopista Ricchieri. El origen de esta geoforma es la erosión fluvial, asociada al control estructural del Cratón del Río de la Plata (Pereyra, 2004).

Dinámica hídrica

En cuanto a las entradas de agua, recibe el aporte directo de las lluvias locales así como de las lluvias en la cuenca media y alta, que llegan a través de los tributarios del Matanza. Esto implica que toda la cuenca alta y media drenan a través del río Matanza. Durante las mareas del Río de la Plata se registran incrementos en la altura de las aguas por el impedimento

a la circulación en la desembocadura. Además, recibe el aporte de la napa freática que en esta unidad se encuentra cercana a la superficie (Pereyra, 2016). En cuanto a las salidas, la principal es por circulación a través del río. Pero dado que la velocidad de este es baja, también cobra importancia el proceso de evaporación. Dado que es un río permanente, al menos una parte del canal activo siempre se encuentra inundada.

El río Matanza tiene un caudal medio anual de 7,02 m_3/seg, pero puede alcanzar los 1325 m_3/seg; y la cota de agua varía entre 1,43 m y 6,16 m (mediciones de ACUMAR en estación Autopista), lo cual implica que durante las crecidas se inundan extensas áreas (todo el Paleoestuario, ver Figura 31) (Pereyra, 2004). Este río tiene hábito meandriforme y alta sinuosidad, pero se encuentra profundizado y albardonado artificialmente y su último tramo ha sido rectificado (Pereyra, 2004; Pereyra, 2016).

Tipos de suelos dominantes

Los canales activos se encuentran sobre sedimentos (no suelos), ya que los mismos no han sido edafizados. De haber edafización, sería mínima y los suelos serían de tipo fluvacuent. No se encontraron descripciones de los suelos ni de los sedimentos de los canales activos en el Paleoestuario. Es natural que no haya estudios de suelos al tratarse de cursos de agua permanentes. En cuanto a los estudios de sedimentos, hay estudios de estas aguas arriba (sobre el arroyo Morales, cerca de la desembocadura al río Matanza y aguas abajo, sobre el Riachuelo, cerca del viejo puente Pueyrredón (Rendina, 2015). Los mismos indicaron altos contenidos de materia orgánica, pero mucho mayores en el Riachuelo (5,3%, 6,3% y 10%, respectivamente). Todos los sitios presentaron alta capacidad de intercambio catiónico, alta alcalinidad, condiciones anóxicas y altas concentraciones de metales pesados. Esta última fue, nuevamente, mucho mayor en el Riachuelo.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

La función más reconocida y tenida en cuenta es la de regulación hídrica: los cursos de agua transportan agua desde lo alto de la cuenca hasta el Río de la Plata. Si bien esta función es muy importante para, por ejemplo, regular inundaciones, no es la única función, y no contemplar las otras funciones suele ocasionar severos problemas. Esto sucede, por ejemplo, cuando se rectifican y profundizan los ríos con el fin de que evacúen el agua más rápido y se generan múltiples problemas ecológicos (Brooker, 1985; Bravard et al., 1997). En particular la rectificación suele estar asociada a un ensanchamiento del canal. Esto genera, entre otras cosas, que disminuya la velocidad del agua, por un aumento en la sección del canal, cambien propiedades físicas y químicas del agua, aumenten los procesos de sedimentación y el cauce disminuya su profundidad. Es así como el Riachuelo perdía en 2004 unos 8 cm anuales de profundidad (Pereyra, 2004). También evacúan desechos cloacales e industriales que aún son vertidos en los cursos de agua, a pesar del avance de las obras de saneamiento.

La vegetación de las márgenes las estabiliza: las protege frente a las crecientes del curso de agua y controla los flujos de agua (Gantes et al., 2017). Estabilizan y protegen las márgenes porque las raíces constituyen un sostén para el suelo, evitando así que se desmoronen en

los momentos de crecidas. En cuanto a la regulación de flujos, la parte aérea de las plantas es una obstrucción física a la circulación de agua, lo cual le reduce la velocidad.

La vegetación también retiene sedimentos, nutrientes (Feijoó et al., 2012) y otros contaminantes (Rendina, 2015). Por un lado, la retención es física ya que la presencia de vegetación lo suficientemente alta y con suficiente biomasa (Clary y Webster, 1989) frena la circulación de agua y de aire, lo que permite que los sedimentos, que pueden tener nutrientes u otros contaminantes adsorbidos, pierdan velocidad y queden retenidos entre la vegetación (Rowntree y Dollar, 1999). Por otro lado, las plantas pueden absorber nutrientes disueltos en el agua que llega por escorrentía (Osborne y Kovacic, 1993), lo cual disminuye la carga de nutrientes que llega al curso de agua o bien, en el caso de las plantas que están directamente en el agua, reducen la carga de nutrientes y metales pesados al absorberlos mediante el proceso de rizofiltración y almacenarlos en el parénquima (Valles-Aragón y Alarcón-Herrera, 2014; Mendoza et al., 2015). Cabe destacar que esta retención no es infinita ni permanente, sino que fluctúa: suele tener una época de retención y otra de liberación, asociada a los ciclos fenológicos. Es así como la planicie aluvial puede "modificar, incorporar, diluir o concentrar sustancias" antes de que estas ingresen al curso de agua (Osborne y Kovacic, 1993).

Por último, los canales activos son hábitat de diversas especies, las cuales requieren de las condiciones propias del canal activo para sobrevivir. Estas condiciones varían según la especie pero pueden incluir cierta velocidad del agua (modificada si hay rectificación), cierta oxigenación del agua, concentraciones por debajo de algún umbral de nutrientes y contaminantes, entre otras. Es decir, la calidad del hábitat es modificada por la actividad humana. La degradación de este se evidencia en que, por ejemplo, en la zona de la Reserva Natural Ciudad Evita se hayan registrado solamente 2 especies de mamíferos y 2 de peces (FARN, 2020).

El principal uso que se hace del canal activo es como sistema de evacuación de aguas y residuos. Hacia él llegan desde fuentes difusas y puntuales todo tipo de efluentes y residuos, incluyendo efluentes cloacales e industriales. Además, se hace un moderado uso recreativo de los canales activos. Vecinos de Laferrere contaron cómo van a pescar o bien a cazar ranas al río, además destacaron la constante presencia de basura en el mismo.

Las principales amenazas hacia los humedales de los canales activos son la contaminación y la transformación. Los contaminantes llegan a los canales activos del Paleoestuario desde las zonas urbanas e industriales que lo rodean pero también desde la cuenca media y alta que descarga sus aguas, y sus contaminantes principalmente de origen rural, en el río Matanza. La transformación está ligada, principalmente, al uso residencial. En algunos casos los humedales del canal activo son transformados por la urbanización que llega hasta la margen de este. Por otro lado, todos los canales activos del Paleoestuario se encuentran profundizados y rodeados por albardones. Esta modificación está hecha para evitar inundaciones. Esto es efectivo ante crecidas moderadas. Sin embargo, cuando las crecidas superan los albardones, inundan toda la planicie de inundación del río Matanza, es decir, el paleoestuario y luego el agua tarda en evacuar ya que los albardones impiden el regreso del agua a sus cursos (Pereyra, 2016).

Por último, la rectificación del río Matanza en su tramo último ha transformado la dinámica física y química del río. Esto se debe a que la rectificación transforma la morfología

del cauce y la hidrodinámica del agua, reduciendo los procesos de oxigenación del agua. Cualquier rectificación transforma severamente las condiciones y funciones de un curso de agua (Brooker, 1985; Bravard et al., 1997).

Conservación

Los humedales asociados a los canales activos del Paleoestuario están altamente transformados. Dado que históricamente se han utilizado como sistema de disposición de residuos, en el paleoestuario las aguas del río Matanza ya cargan con altas concentraciones de materia orgánica, condiciones de anoxia y mediana carga de metales pesados; condición que empeora hacia la desembocadura del Riachuelo (Rendina, 2015). Esta contaminación no responde sólo al uso correspondiente al Paleoestuario, sino al uso que se hace en toda la CMR, ya que todos los cursos de la cuenca media y alta desembocan en el río Matanza. Con lo cual, recibe contaminación de tipo urbana, rural e industrial. A su vez, las profundizaciones y rectificaciones alteraron la dinámica hídrica del canal activo, reduciendo su conexión con los humedales contiguos al canal activo.

UNIDAD DE HUMEDAL:

Antiguos cauces fluviales (meandros abandonados)

Son antiguos cauces fluviales que fueron abandonados por la migración lateral de los cursos de agua del Paleoestuario y actualmente constituyen lagunas. Un caso particular de estos tipos de humedal es el último tramo del río Matanza que fue separado del resto del río en el proceso de rectificación y, si bien tiene conexión con el río, tiene un comportamiento de cuerpo léntico, típico de meandros abandonados.

Fotografías

Figura 102. Con un verde más intenso y uniendo dos espejos de agua se aprecia un antiguo cauce del río Matanza en el bajo Laferrere. A la derecha se puede observar el avance de los loteos informales. Fecha: 22/2/2022

Figura 103. En el bosque se observa un antiguo cauce del río Matanza (en Isidro Casanova) abandonado de forma natural. Al fondo se ve la conexión de este cauce con la Laguna de Ciudad Evita. A la izquierda se ve el Camping 17 de Octubre de SGBATOS en Ciudad Evita, partido de la Matanza. Fecha: 5/5/2022.

Figura 104. Vista en planta del meandro abandonado de Isidro Casanova referenciado en la imagen anterior. Fecha: 5/5/2022.

Figura 105. Cauce abandonado luego de la rectificación del río Matanza-Riachuelo. Bajo el Camping 17 de Octubre de SGBATOS. Fecha: 05/05/2022.

Figura 106. Se observa un importante cuerpo de agua (denominado la Laguna de Ciudad Evita) que se ubica sobre un antiguo cauce del río Matanza-Riachuelo (Parcela 1264a). Fecha: 05/05/2022.

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una vista en planta **(Figura 107)** y un perfil topográfico esquemático del Paleocauce **(Figura 108)** en el que se muestra un cauce activo típico de esta unidad de paisaje. Se distingue el antiguo cauce fluvial que ha abandonado el cauce activo, ya sea por deriva natural como así también, producto de la rectificación del curso (Figura 107). La transecta se desarrolla entre los puntos 34.77 S, 58.587 O y 34.777 S, 58.581 O cubriendo 870 m de un paisaje urbano representativo, donde se aprecia la presión del crecimiento urbano informal, sobre la extensión formada por el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores sobre el que se halla un Antiguo cauce fluvial entre otros elementos del paisaje **(Figura 108).**

En el perfil topográfico se puede distinguir claramente el Antiguo cauce fluvial que se diferencia del Canal activo tanto por su menor profundidad como así también por sus márgenes menos elevados **(Figura 108).** Estos Antiguos cauces fluviales presentan a menudo una cobertura de vegetación flotante formando extensas carpetas que dificultan ver la superficie del agua.

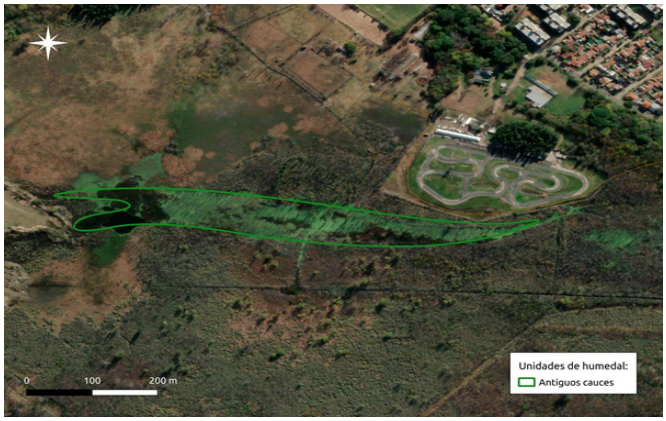


Figura 107. Vista en planta de un antiguo cauce en Ciudad Evita. Comparar con la esquina superior derecha de la Figura 23.[k]

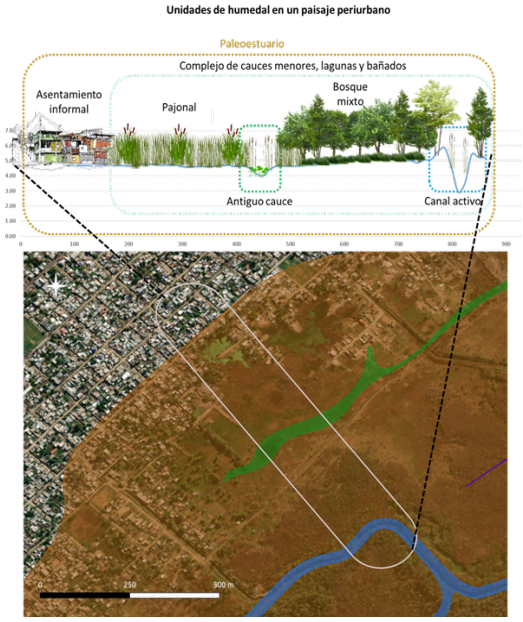


Figura 108. Transecta topográfica esquemática en la unidad de paisaje del Paleoestuario. Se observan las presiones de la urbanización, en este caso a partir del crecimiento informal, como una de las principales amenazas sobre esta unidad de paisaje.

Vegetación

Se destaca de estos cursos que, por la abundancia de nutrientes y por el estancamiento de sus aguas, suelen estar totalmente colonizados por plantas flotantes (Figura 109 y Figura 110). En los relevamientos a campo realizados se identificaron las especies flotantes Azolla filiculoides y Lemna gibba cubriendo el centro, hacia los bordes domina Schoenoplectus americanus, acompañada de especies como Bacopa monnieri y otras ciperáceas.

Figura 109. Vegetación del cauce del río Matanza abandonado artificialmente por rectificación. Fecha: 10/02/2022

Figura 110. Vegetación del cauce del río Matanza abandonado artificialmente por rectificación. Fecha: 10/02/2022

Figura 111. Redondita de agua (Hydrocotyle bonariensis) ocupando el espacio de un antiguo cauce del río Matanza, cerca de Ciudad Evita. Foto: Claudia Llanos, 2011.

Geomorfología

Los antiguos cauces se emplazan en lo que otrora fueron canales activos. Los mismos fueron típicamente abandonados por la migración lateral del río Matanza y quedaron desconectados del mismo, excepto por los momentos de grandes crecidas. La forma de estos es alargada, sinuosa, y con bordes más suaves que los de los canales activos.

Un caso particular de este tipo de humedal lo conforman los antiguos cauces del último tramo del río Matanza que fue separado del resto del río en el proceso de rectificación. Si bien estos antiguos cauces tienen conexión con el río, la misma es acotada, otorgándoles

un comportamiento de cuerpo léntico, típico de meandros abandonados.

Dinámica hídrica

Las principales entradas de agua a estos humedales son las precipitaciones, la escorrentía local y los desbordes del río Matanza. También es probable que en algunos momentos ingrese agua subterránea, ya que la napa freática suele estar muy cerca de la superficie (Pereyra, 2016). En los momentos de crecidas de gran magnitud, cuando se inunda por completo el paleoestuario, se conectan superficialmente todos los humedales. Las salidas de agua más significativas son la evapotranspiración y la escorrentía por canalizaciones realizadas para drenarlos. Estas últimas evacúan grandes cantidades de agua especialmente cuando el nivel es elevado.

En cuanto a su hidroperíodo, los cauces abandonados se encuentran casi permanentemente inundados ya que almacenan cualquier exceso hídrico local. Se destaca que incluso en el contexto de sequía en el que se hicieron los relevamientos para este informe, los cauces abandonados visitados presentaron agua que, en algunos sectores y por su baja conductividad eléctrica, se presume de origen pluvial.

Tipos de suelos dominantes

Los suelos y sustratos de los antiguos cauces del Paleoestuario no se encuentran descritos en literatura. Sin embargo, dado que hace relativamente poco tiempo (escala temporal geológica) fueron abandonados por el curso de agua y en la actualidad continúan estando inundados frecuentemente, se espera que los suelos y sustratos resulten similares a los de los canales activos.

En el transcurso del mes de mayo de 2022 se hizo el relevamiento en campo sobre la planicie de inundación de un antiguo cauce abandonado luego de la rectificación del río Matanza-Riachuelo (34,74608 S, 58,53756 O). El perfil mostró una secuencia de horizontes característica de la actividad fluvial, con una alternancia de materiales de diferente granulometría, constituyendo un perfil de suelo con sucesivas discontinuidades de tipo C-2C2-3C3-4Cg-5Cg, en una profundidad total de 64 cm. El rasgo hidromórfico más conspicuo del perfil fueron los colores gley intensos que se presentaron desde los 37 cm hasta los 64 cm (horizontes 4Cg-5Cg), con una notación Munsell 5Y 5/2.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

Los antiguos cauces funcionan actualmente como lagunas. Una de sus funciones principales es el almacenamiento de agua. Al ser geoformas cóncavas pueden retener el agua que llega por escorrentía y evitar o retardar su ingreso a los cursos de agua. La vegetación de estos humedales retiene sedimentos, nutrientes (Feijoó et al., 2012) y otros contaminantes (Rendina, 2015). Por un lado, la retención es física ya que la presencia de vegetación lo suficientemente alta y con suficiente biomasa (Clary y Webster, 1989) frena la circulación de agua y de aire, lo que permite que los sedimentos, que pueden tener

nutrientes u otros contaminantes adsorbidos, pierdan velocidad y queden retenidos entre la vegetación (Rowntree y Dollar, 1999). Por otro lado, las plantas pueden absorber nutrientes disueltos en el agua que llega por escorrentía (Osborne y Kovacic, 1993), lo cual disminuye la carga de nutrientes que llega al curso de agua o bien, en el caso de las plantas que están directamente en el agua, reducen la carga de nutrientes y metales pesados por rizofiltración, los cuales son almacenados en el parénquima vegetal (Valles-Aragón y Alarcón-Herrera, 2014; Mendoza et al., 2015). Cabe destacar que esta retención no es infinita ni permanente, sino que fluctúa: suele tener una época de retención y otra de liberación, asociada a los ciclos fenológicos.

Otra función que cumplen es la de proveer hábitat a diversas especies, que en estos humedales pueden encontrar refugio y/o alimento, siempre y cuando se encuentren relativamente bien conservados.

En cuanto a los usos, se reconocen dos principales: el residencial y el recreativo. La forma de uso principal de los mismos es mediante su relleno: ya sea para complejos recreativos (como el Camping Sindical 17 de Octubre) o para uso residencial (como en la zona de Laferrere), se rellenan con mayor o menor "éxito" sectores del paleoestuario con la intención de hacer un uso terrestre de los mismos. En otros casos el uso es menos intervencionista, y se hace uso para esparcimiento y, por ejemplo, observación de aves, como se hace en la Reserva Natural Ciudad Evita y parcelas aledañas.

Las amenazas hacia estos humedales están asociadas a los usos que de ellos se hacen. Por un lado están amenazados por la contaminación, ya que el agua de escorrentía arrastra contaminantes residenciales e industriales locales y, cuando el río Matanza desborda, traslada toda su carga de contaminantes hacia los humedales que inunda. En cuanto a los usos recreativos y residenciales, los rellenos tapan o interrumpen los antiguos cauces, eliminándolos o fragmentándolos. Este último es el caso del bajo de Laferrere donde con rellenos se interrumpió el drenaje por un viejo cauce y, consecuentemente, se favoreció que se inundara la zona **(Figura 92).**

Conservación

Los antiguos cauces están altamente transformados. Los rellenos los han fragmentado, modificando su dinámica hídrica. Están sometidos a una alta carga de contaminantes, los cuales se disponen directamente sobre ellos, o bien llegan arrastrados por la escorrentía o bien transportados por las aguas del río Matanza que inunda estos humedales durante sus crecidas

Estos humedales ofrecen grandes oportunidades para la conservación y la creación de reservas ya que en muchos aún no han sido ocupados para otros usos, principalmente por la frecuencia con la que se inundan.

UNIDADES DE HUMEDAL DEL COMPLEJO DE LAGUNAS, BAÑADOS Y CAUCES MENORES:

En este apartado se incluyen otras unidades de humedal correspondientes a lagunas, bañados y cauces menores que se ubican en el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores del Paleoesturaio. Estas unidades no han sido delimitadas y la caracterización que se ofrece a continuación nos describe de manera colectiva, y no para cada unidad de humedal.

Fotografías

Figura 112a. Vegetación en la Laguna de Santa Catalina. Fecha: 01/11/2018.

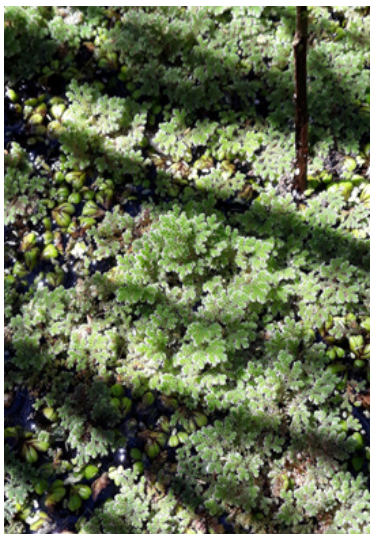


Figura 112b. Vegetación de tipo flotante en la Laguna de Santa Catalina. Fecha: 01/11/2018.

Figura 113. Vegetación de tipo emergente en la Laguna de Rocha. Fecha: 16/10/2018

Figura 114. Vegetación de tipo emergente y flotante libre en la Laguna de Ciudad Evita. Fecha: 05/05/2022.

Figura 115. Laguna de Ciudad Evita y bañado aledaño invadido por ejemplares de acacia negra (Gleditsia triacanthos) Fecha: 05/05/2022.

Figura 116. Bosque Inundable de especies exóticas. Fecha 14/11/2018

Figura 117. Bosque inundable cerca de las piletas de Ezeiza. Fecha 14/11/2018

Vista en planta y transecta

A continuación se muestra una imagen en planta (Figura 118) y una transecta de corte topográfico característico (Figura 119) de la unidad de paisaje del Paleoestuario. Esta atraviesa la extensa depresión central compuesta por un Complejo de lagunas, bañados y cauces menores. La transecta se desarrolla entre los puntos 34.785 S, 58.521 O y 34.798 S, 58.489 O cubriendo 3250 m de un paisaje ganadero representativo.

En la vista en planta se pueden distinguir cauces menores, parcialmente cubiertos por vegetación flotante y algunos sectores con el espejo de agua libre. Estos pequeños cauces se encuentran inmersos en un paisaje complejo donde se expresan diferentes tipos de ambientes de humedal tales como bañados con sus pajonales y algunas lagunas pequeñas (Figura 118). En el perfil topográfico se distinguen claramente los límites del Paleoestuario dados por la presencia de la barranca en la que puede desarrollarse una formación boscosa, antiguamente ocupada por el Espinal. En las zonas más elevadas se ha dado el proceso de urbanización con una expansión desde las áreas más elevadas hacia las zonas periféricas más bajas, en este caso ocupadas por extensos complejos de humedales. En estos complejos se alternan en el espacio algunos cauces menores junto con lagunas en áreas deprimidas y extensos bañados **(Figura 119).**

Figura 118. Vista en planta del Complejo de Lagunas, bañados y cauces menores.

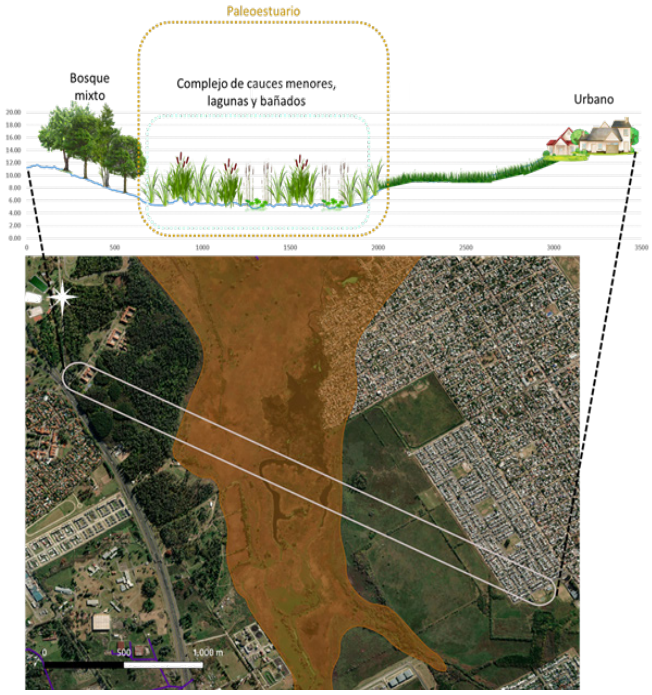


Figura 119. Transecta esquemática que cruza el Paleoestuario, en particular, un área compuesta por el Complejo de Lagunas, bañados y cauces menores. Se observa la presión de urbanización como una de las principales amenazas sobre esta unidad de paisaje avanzando desde las zonas más elevadas.

Vegetación

El complejo está conformado por un mosaico de humedales con parches de diferentes comunidades. Se registraron comunidades de Eleocharis macrostachya (praderas húmedas), Solanum glaucophyllum (varillares), Schoenoplectus americanus y S. californicus

(juncales), Canna glauca (guajosales) y Ludwigia peploides (verdolagales), Alternanthera philoxeroides, Hydrocotyle ranunculoides y Polygonum sp., acompañadas de especies de menor cobertura como Leersia hexandra, Bacopa monnieri, Myriophyllum aquaticum y Lilaeopsis carolinensis. Las plantas flotantes Lemna sp. y Azolla filiculoides cubren grandes superficies.

Además, el complejo está plagado de parches de bosques de Gleditsia triacanthos (Acacia negra), que se concentran sobre los albardones que bordean los cursos de agua.

Figura 120. Gleditsia triacanthos (Acacia negra) en los bañados aledaños a la Laguna de Ciudad Evita. Fecha: 22/02/2022

Geomorfología

Este complejo se emplaza en el paleoestuario, que es una llanura de mareas estuarial relictuales, y actual llanura de inundación del Río Matanza Riachuelo y sus tributarios. Su superficie es de fondo plano, con baja inclinación en su perfil longitudinal y presenta una micromorfología de depresiones que permanecen inundadas permanentemente. En su formación intervinieron múltiples procesos (es poligenética) ya que fue labrado por la acción marina y luego retrabajado por la acción fluvial. Si bien se considera que el río Matanza tiene poca migración lateral, tuvo migraciones en el tiempo (geológico) reciente. Esas migraciones no sólo dejaron meandros abandonados, sino también un complejo de bañados y lagunas que probablemente han sido labrados por los mismos procesos.

En este complejo pueden observarse las marcas superpuestas de una compleja sucesión de procesos naturales (como los descritos anteriormente) y antrópicos (rellenos, redes viales, rectificación y profundización de cursos fluviales, etc.) (Figura 121). Delimitar las unidades de humedal aquí dentro se hace imposible en algunos casos, y optamos por describir solo algunos tipos que pueden ser delimitados con precisión y considerar al resto de este mosaico como un complejo de lagunas, bañados y cauces menores.

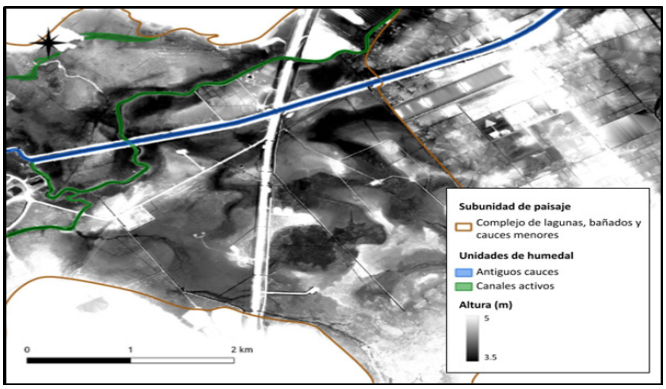


Figura 121. Visualización en tonos de gris del modelo digital de elevación del mosaico de humedales del paleoestuario. Observar que la amplitud de la escala (de negro a blanco) es de solamente un metro y medio. Se pueden apreciar las depresiones por las que discurren antiguos cauces, lagunas y bañados.

Dinámica hídrica

Las principales entradas de agua a estos humedales son las precipitaciones, la escorrentía local y los desbordes del río Matanza. También es probable que en algunos momentos ingrese agua subterránea, ya que la napa freática suele estar muy cerca de la superficie (Pereyra, 2016). En los momentos de crecidas de gran magnitud, cuando se inunda por completo el paleoestuario, se conectan superficialmente todos los humedales. Las salidas de agua más significativas son la evapotranspiración y la escorrentía por canalizaciones artificiales realizadas para drenarlos. Estas últimas evacúan grandes cantidades de agua especialmente cuando el nivel del agua es elevado.

En cuanto a su hidroperíodo, las lagunas y bañados se encuentran casi permanentemente inundados ya que almacenan cualquier exceso hídrico local. Se destaca que incluso en el contexto de sequía en el que se hicieron los relevamientos para este informe, las lagunas y bañados visitados presentaron agua que, según su baja conductividad eléctrica, se presume de origen pluvial. Las zonas menos deprimidas del resto del complejo presentan un hidroperíodo menor que las lagunas y bañados ya que sólo se inundan en los momentos de desborde de los ríos.

Tipos de suelos dominantes

Las pequeñas variaciones topográficas de este complejo condicionan distinto tiempo de permanencia del agua generando una heterogeneidad de condiciones ambientales que se reflejan en suelos una gran variabilidad espacial. Es así como se observa una mayor edafización en suelos menos frecuentemente inundados, y menor edafización, en aquellos más bajos y frecuentemente inundados. Según Pereyra (2004) los suelos de esta zona tienen texturas finas, generalmente arcillosas; y las arcillas suelen ser expansivas (Esmectitas e interestratificados) que determinan la presencia de caras de deslizamiento (“slickensides”) entre agregados del suelo. En función de estas características, Pereyra (2004) los reconoce como Vertisoles, del gran grupo de los Hapludertes. Sin embargo, se espera que por la

permanencia casi constante del agua, los suelos sean más bien epi o endoacuertes.

En el transcurso del mes de mayo de 2022, se realizó el relevamiento a campo en dos sitios correspondientes a este complejo. El primero de ellos se llevó a cabo sobre la planicie de inundación del cauce abandonado por rectificación del río Matanza (coord: 34,74621 S, 58,53761 O), cuya superficie se encontraba más de un metro por encima del cuerpo de agua. Allí se describió un perfil que mostró una secuencia de horizontes característica de la actividad fluvial, con una alternancia de materiales de diferente granulometría, constituyendo un perfil de suelo con sucesivas discontinuidades de tipo A-Css-2C2-3C3-4Cg-5Cg, en una profundidad total de 112 cm. El perfil mostró rasgos hidromórficos de tipo moteados de hierro comunes a abundantes, de tamaño fino y contraste preciso entre los 33 cm y los 100 cm (horizontes 2C2-3C3), mientras que el rasgo hidromórfico más conspicuo del perfil resultaron los colores gley intensos que se presentan desde los 100 cm hasta los 112 cm (horizontes 4Cg-5Cg).

El segundo muestreo se realizó en un punto ubicado en las cercanías de la laguna de Ciudad Evita (coord: 34,73216 S, 58,53976 O), en donde se pudo apreciar un perfil con una secuencia de horizontes característica de la actividad fluvial, con alternancia de materiales de diversa granulometría, dando como resultado un perfil A-C-2Cg-3Cg-4Cg-4Ck1-4Ck2, de 120 cm de profundidad. Este perfil muestra rasgos hidromórficos en forma de moteados de hierro y manganeso, concreciones de hierro y manganeso y coloraciones gley. Los moteados se encuentran de manera abundante entre los 36 cm y 60 cm (horizonte 2Cg) y entre los 102 cm y los 120 (horizontes 4Ck1-4Ck2), siendo de tamaño grueso y contraste sobresaliente. En el caso de las concreciones, las mismas se encuentran de manera abundante en la parte más somera del perfil, entre los 4 cm y los 60 cm (horizontes C-2Cg), de tamaño grueso y contraste preciso. Por último, se observaron colores gley en el sector medio del perfil, a profundidades entre 36 cm y 102 cm (horizontes 2Cg-3Cg-4Cg), mientras que en la parte basal del perfil junto a los moteados, los colores gley aparecen subordinados a raíces y espacios porales.

Funciones ecosistémicas, Usos y Amenazas

Una de las funciones principales de los bañados y lagunas de este complejo es el almacenamiento de agua. Al ser geoformas cóncavas pueden retener el agua que llega por escorrentía y evitar o retardar su ingreso a los cursos de agua. A su vez, el complejo en su totalidad cumple la función de amortiguar las inundaciones ya que almacena temporariamente el agua que desborda del Matanza y sus tributarios y luego la libera lentamente. Se puede observar mediante imágenes satelitales cómo las inundaciones se circunscriben al complejo (Figura 122). Además, estos ecosistemas se destacan entre los mayores reservorios de carbono del mundo (Nahlik y Fennessy, 2016). La acumulación de materia orgánica, sumada a las bajas tasas de degradación en situaciones de anoxia permiten el almacenamiento de carbono orgánico, una función clave dentro del contexto del cambio climático global impulsado por las acciones antrópicas.

La vegetación de estos humedales retiene sedimentos, nutrientes (Feijoó et al., 2012) y otros contaminantes (Rendina, 2015). Por un lado, la retención es física ya que la presencia de vegetación lo suficientemente alta y con suficiente biomasa (Clary y Webster, 1989)

frena la circulación de agua y de aire, lo que permite que los sedimentos, que pueden tener nutrientes u otros contaminantes adsorbidos, pierdan velocidad y queden retenidos entre la vegetación (Rowntree y Dollar, 1999). Por otro lado, las plantas pueden absorber nutrientes (Osborne y Kovacic, 1993) o remover metales pesados por rizofiltración y almacenarlos en el parénquima vegetal (Valles-Aragón y Alarcón-Herrera, 2014; Mendoza et al., 2015) que llegan disueltos en el agua por escorrentía. Cabe destacar que esta retención no es infinita ni permanente, sino que fluctúa: suele tener una época de retención y otra de liberación, asociada a los ciclos fenológicos.

Otra función que cumplen es la de hábitat de diversas especies, que en estos humedales pueden encontrar refugio y/o alimento, siempre y cuando se encuentren relativamente conservados.

En cuanto a los usos, se reconocen dos principales: el residencial y el recreativo. La forma de uso principal de los mismos es mediante su relleno. Sin embargo, los rellenos hechos en contextos de vulnerabilidad (Figura 123) no quedan por encima de la cota que alcanza el agua en las grandes crecidas (no necesariamente extraordinarias) del río Matanza por lo que muchas viviendas quedan inundadas y deben ser evacuadas en estas situaciones (Figura 122). En otros casos el uso es menos intervencionista, y se hace uso para esparcimiento y, por ejemplo, observación de aves.

Las amenazas hacia estos humedales están asociadas a los usos que se hacen. Por un lado están amenazados por la contaminación, ya que el agua de escorrentía arrastra contaminantes y, cuando el río Matanza desborda, traslada su carga de contaminantes hacia los humedales que inunda. Además, al no tener una conexión cloacal adecuada, muchas viviendas descargan aguas servidas directamente en este complejo de humedales. En cuanto a los usos recreativos y residenciales, los rellenos tapan o interrumpen los flujos de agua de los humedales, fragmentándolos o directamente eliminándolos. Además, estos ambientes han sido lugar para caza de fauna y extracción de recursos como la paja de techar, y la elaboración de productos de cestería.

Figura 122. Complejo de Lagunas, bañados y cauces menores inundado (a) y no inundado (b) en Laferrere, partido de La Matanza.

Figura 123. Avance urbano sobre los humedales del paleoestuario. Fecha: 22/02/2022

Conservación

Los humedales de este complejo están altamente transformados. Los rellenos para caminos, diques o elevaciones de predios enteros, los canales artificiales y las profundizaciones de los cauces han fragmentado el paisaje y han modificado su dinámica hídrica. Están sometidos a una alta carga de contaminantes los cuales se disponen directamente sobre ellos o llegan arrastrados por la escorrentía desde la ciudad adyacente o transportados por las aguas del río Matanza que inunda estos humedales durante sus crecidas.

Estos humedales ofrecen grandes oportunidades para la conservación y la creación de reservas urbanas ya que en muchos aún no han sido ocupados para otros usos, principalmente por la frecuencia con la que se inundan.

Evaluación de la delimitación de UH en el Paleoestuario

Para la evaluación de los productos cartográficos generados, se realizó un muestreo estadístico estratificado. Para cada tipo de humedal cartografiado se generaron 10 puntos aleatorios dentro de los polígonos correspondientes al tipo de humedal, excluyendo los sectores urbanos, y asignándole la etiqueta correspondiente a la clasificación propuesta; se generaron también 10 puntos fuera de esos polígonos, correspondientes a ambientes terrestres. De esta manera se obtuvieron 40 puntos clasificados, ya que el Complejo de lagunas, bañados y cauces menores (referido en esta evaluación como Complejo) fue tratado como un tipo de humedal para esta evaluación (Complejo, Canal Activo, y Antiguo Cauce, no-humedal). Estos puntos fueron etiquetados en Google Earth a partir de una observación minuciosa de imágenes satelitales de diferentes fechas y del MDE; las etiquetas asignadas de esta manera son consideradas como la verdad del terreno. Comparando esta verdad del terreno con las etiquetas asignadas por la clasificación extraída de la cartografía, se generó la siguiente matriz de confusión, en la que las columnas representan etiquetas cartográficas y las filas las etiquetas consideradas verdad del terreno:

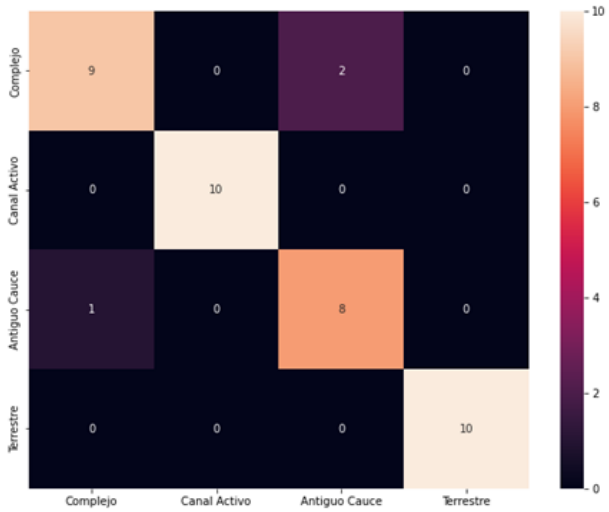


Figura 124. Matriz de confusión de unidades de humedal y ambientes terrestres del Paleoestuario. En las columnas figuran las etiquetas cartográficas y en las filas las etiquetas consideradas verdad del terreno.

Se trata de una clasificación sencilla ya que tiene pocas clases. La exactitud global de la clasificación es del 92,5%, un muy buen resultado para una clasificación con cuatro clases. Más aún, esta resulta una clasificación sin errores si la restringimos a la clasificación binaria humedal vs. no-humedal Es instructivo observar los errores obtenidos. Hay dos puntos clasificados como antiguo cauce que fueron identificados como pertenecientes al complejo de humedales y un punto clasificado como complejo que fue identificado como antiguo cauce. Esta confusión entre ambos tipos parece deberse a que los límites entre estas unidades de humedal no son del todo claras.

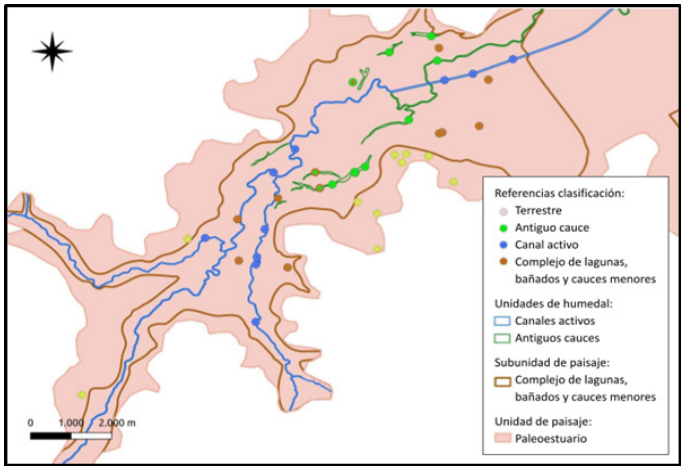


Figura 125. Evaluación de los resultados obtenidos en el Paleoestuario. Los círculos tienen dos colores, el de afuera indica la clase de verdad del terreno, el de adentro indica la etiqueta de la clasificación según la cartografía obtenida. Por ejemplo, los puntos A y B de las Figura 126 y Figura 127 son considerados como pertenecientes al Complejo de lagunas, bañados y cauces menores según la verdad del terreno (color marrón exterior) pero están cartografiados como Antiguos cauces (círculo interno de color verde); mientras que el punto C fue considerado Antiguo cauce según la verdad de terreno y cartografiado con la misma tipología.

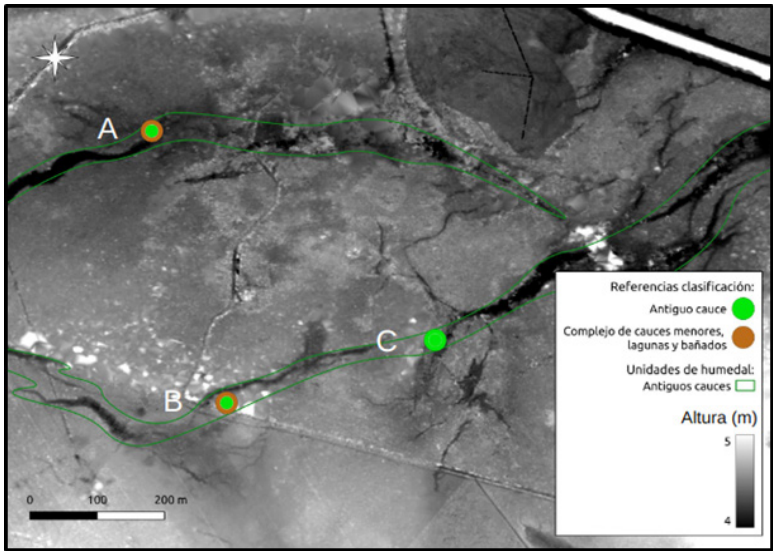


Figura 126. Detalle de evaluación de los resultados obtenidos en el Paleoestuario con modelo de elevación del terreno de fondo donde se identifican los antiguos cauces.

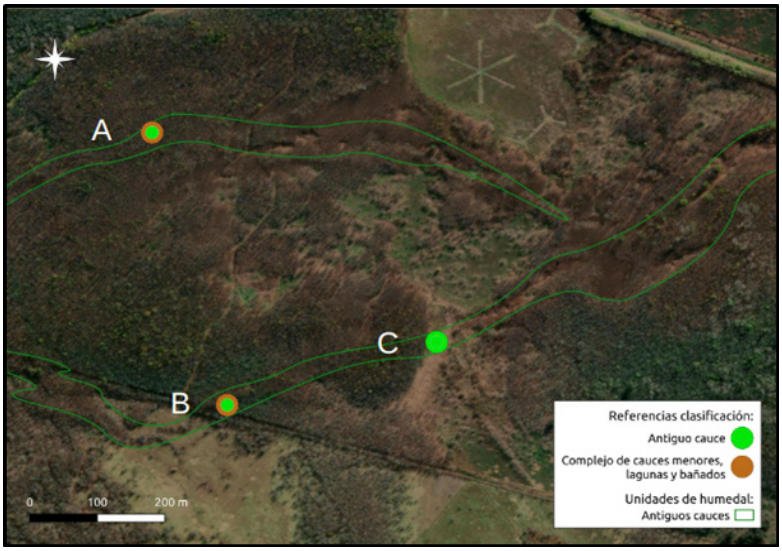


Figura 127. Detalle de evaluación de los resultados obtenidos en el Paleoestuario con imagen satelital de fondo donde árboles cubren parcialmente los antiguos cauces.

CAPAS VECTORIALES ADJUNTAS

El presente informe viene acompañado de diversas capas vectoriales de información **(Figura 128).** Estas capas son entregadas en coordenadas geográficas (sistema WGS84 EPSG:4326) y en formato shapefile. Adjuntamos también las mismas capas contenidas en un archivo en formato GeoPackage (gpkg) que es un formato abierto, no propietario, independiente de la plataforma, basado en estándares y compacto, diseñado para transmitir información geoespacial. Este último archivo se denomina IH-CMR.gpkg. Se adjunta también un proyecto de QGIS (IH-CMR.qgz), involucrando todas estas capas, que permite una rápida visualización de la información.

La metodología utilizada para delimitar o delinear los elementos constituyentes de estas capas está explicada en el capítulo de Metodología del presente informe. A continuación describimos brevemente cada una de las capas entregadas:

1. UPs_CMR: esta capa delimita las Unidades de Paisaje de Humedales de la cuenca.

2. SUPs_CMR: esta capa delimita las Subunidades de Paisaje de Humedales de la cuenca.

3. UHs_CMR: esta capa delimita las Unidades de Humedal de la cuenca.

4. Urbano_CMR: esta capa delimita los sectores urbanos y de expansión urbana de la cuenca.

5. Reservas_y_Zonas_naturales_confinadas_CMR: esta capa delimita las reservas y las areas naturales confinadas en la matriz urbana de la cuenca.

6. Predios_Excavaciones_CMR: esta capa delimita los predios en los que se han detectado grandes movimientos de suelos como pueden ser cavas o lagunas artificiales.

7. Canales_y_zanjas_CMR: esta capa delinea las zanjas y los canales artificiales detectados en la cuenca.

.

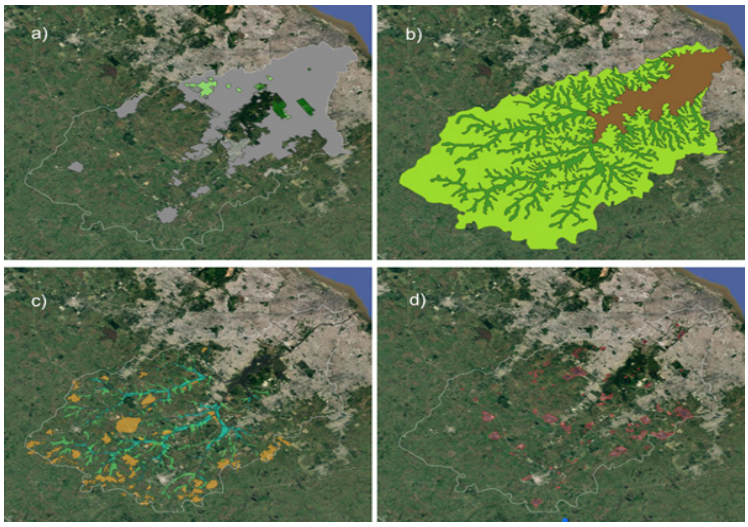


Figura 128. Visualizaciones de algunas de las capas de información entregadas en el marco del inventario de humedales de la cuenca Matanza-Riachuelo. En todas se observa de fondo una imagen satelital óptica. a) límite de la cuenca y sector urbano y las reservas; b) unidades de paisaje, diferenciando las dos subunidades de la planicie loéssica; c) unidades de humedal; d) predios con excavaciones.

Bibliografía

- Abrial, E., Espínola, L. A., Amsler, M. L., Rabuffetti, A. P., Latosinski, F. G., Szupiany, R. N., ... & Blettler, M. C. M. (2019). Fish structure in channel networks of a large anabranching floodplain: Effect of isolation/connection processes. Water Resources Research, 55(12), 10993-11006.
- ACUMAR (2010). Plan Integral de Saneamiento Ambiental. ACUMAR, Buenos Aires, 636pp.
- ACUMAR (2017). Cuenca Matanza-Riachuelo. Medición del estado de agua superficial y subterránea. Recuperado de la web de ACUMAR.
- ACUMAR (2016). Plan Integral de Saneamiento Ambiental. Actualización. Buenos Aires. 772pp.
- ACUMAR-ILPLA (2023). Monitoreo de la ictiofauna en cursos de agua superficial de la cuenca hidrográfica Matanza-Riachuelo. Recuperado de la web de ACUMAR.
- Amato, S., & Busso, A. S. (2006). Relaciones estratigráficas e hidroquímicas de los acuíferos Pampeano y Puelches en el noreste de la provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie, 8(1), 9-26.
- Ameghino, F. (1884). Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires.
- Baigún, C. R. M., & Minotti, P. G. (2021). Conserving the Paraguay-Paraná Fluvial Corridor in the XXI century: conflicts, threats, and challenges. Sustainability, 13(9), 5198.
- Banko G. (1998). A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory. INTERIM REPORT IR–98–081.
- Barbarossa, R. A., Gallego, J. J., Murray, F. E., & Miñon, D. P. (2010). Producción bajo riego de cultivares de festuca alta [Festuca arundinacea] en Patagonia Norte. En Congreso Argentino de Producción Animal. 33. 2010 10 13-15, 13-15 de octubre de 2010. Comarca Viedma-Patagones. AR.
- Benzaquen, L., Lingua, G., Firpo Lacoste, F. y Gonzalez Trilla, G. (2020). Documento Marco para el desarrollo del Inventario Nacional de Humedales de Argentina
- Behrends Kraemer, F., Chagas, C. I., Cosentino, D. J., Paz, M., & Moretton, J. A. (2011). La textura del suelo como factor regulador de la adsorción de Escherichia coli en una cuenca de la Pampa Ondulada (Argentina). Revista argentina de microbiología, 43(2), 87-93.
- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. Hydrological sciences journal, 24(1), 43-69.
- Bilenca, D. N., Codesido, M., Abba, A. M., et al. (2018). Conservación de la biodiversidad en sistemas pastoriles: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal. Kit de extensión para las pampas y campos.

- Braun-Blanquet, J., & Lalucat Jo, J. (1979). Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales/Pflanzensoziologie.
- Bravard, J. P., Amoros, C., Pautou, G., Bornette, G., Bournaud, M., Creuzé des Châtelliers, M., ... & Tachet, H. (1997). River incision in south-east France: morphological phenomena and ecological effects. Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management, 13(1), 75-90.
- Brinson, M. M. (1993). A hydrogeomorphic classification for wetlands. Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4. USACE.
- Brooker, M. P. (1985). The ecological effects of channelization. The Geographical Journal, 151(1), 63-69.
- Buol, S.W., 2006. Pedogenic processes and pathways of horizon differentiation. En: Soils: basic concepts and future challenges. Certini, G., Scalenghe, R. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 11-21.
- Burgueño, G., & Nardini, C. (2009). Introducción al paisaje natural: diseño de espacios con plantas nativas rioplatenses (No. 712). Orientación Gráfica.
- Burgueño, G., & Nardini, C. (2018). Elementos de diseño y planificación con plantas nativas: Introducción al paisaje natural. Orientación Gráfica.
- Cabrera, A. L., y G. Dawson. 1944. La selva marginal de Punta Lara en la ribera argentina del Río de La Plata. Revista Mus. La Plata, n. s., Bot., 5(22): 267-382.
- Cabrera Á.L. 1951. Territorios fitogeográficos de la República Argentina. Boletín Sociedad de la Sociedad Argentina de Botánica 4: 21–65.
- Cabrera, A. L. (1968). Flora de la Provincia de Buenos Aires. Colección científica del INTA, Buenos Aires.Vol.1: Pterifófitas, gimnospermas y monocotiledóneas. Colección Científica. INTA. Buenos Aires.
- Caprile, A. C., Aparicio, V. C., Portela, S. I., Sasal, M. C., & Andriulo, A. E. (2017). Drenaje y transporte vertical de herbicidas en dos molisoles de la pampa ondulada Argentina. Ciencia del suelo, 35(1), 147-159.
- Caruso, S. A. (2020). Producción de riesgo de desastre por inundación, técnicas hidráulicas y urbanización de áreas inundables en la localidad de 9 de Abril, Municipio de Esteban Echeverría. Quid 16: Revista del Área de Estudios Urbanos, (13), 162-190.
- Caruso, S., & Ríos, D. (2021). Urbanización, conservación de humedales y conflictos ambientales: el caso de la Laguna de Rocha. Boletín de Estudios Geográficos, (114), 77-100.
- Chadde, Steve W. 2013. A Field Guide to the National Wetland Plant List: Wetland Ratings for Plants of the United States. United States of America.
- Chagas, C. I., Kraemer, F. B., Utin, S., Irurtia, C., & Santanatoglia, O. J. (2011). Influencia de las propiedades edáficas y la posición en el paisaje sobre la respuesta hidrológica de suelos pertenecientes a una cuenca de la Pampa Ondulada.

- Ciapparelli, I. C. (2021). Estudio de la capacidad de retención de fósforo de suelos representativos de la región Pampa Ondulada (Buenos Aires), frente al agregado de altas cargas de estiércol bovino.
- Clary, W. P., & Webster, B. F. (1989). Managing grazing of riparian areas in the intermountain region. Gen. Tech. Rep. INT-263. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 11p, 263.
- Cochero, J., Cortelezzi, A., Tarda, A. S., & Gómez, N. (2016). An index to evaluate the fluvial habitat degradation in lowland urban streams. Ecological indicators, 71, 134-144.
- Codesido, M., & Bilenca, D. N. (2011). Los pastizales y el servicio de soporte de la biodiversidad: Respuesta de la riqueza de aves terrestres a los usos de la tierra en la provincia de Buenos Aires. Valoración de servicios ecosistémicos: Conceptos, Herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial, 511-526.
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sens Environ 37: 35–46.
- Congalton, R. G. (1996). Accuracy Assessment: A Critical Component of Land Cover Mapping. Gap Analysis. ISBN-1-57083-03603 Am Soc Photogramm Remote Sens 119–131.
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)
- Cronk, J. & Fennessy, M. S. 2001. Wetland plants: biology and ecology. Lewis Publishers, New York, N.Y., USA.
- De Siervi, M. S. (2016). Dinámica de nutrientes y metales en aguas de escorrentía de una subcuenca agropecuaria (Cuenca Matanza-Riachuelo-Argentina) Tesis doctoral defendida en la Universidad de Vigo, España.
- Difrieri, H. A. (1981). Atlas de Buenos Aires. Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Secretaría de Cultura.
- Ellis, L. M., Molles Jr, M. C., & Crawford, C. S. (1999). Influence of experimental flooding on litter dynamics in a Rio Grande riparian forest, New Mexico. Restoration Ecology, 7(2), 193-204.
- Entraigas, I., Varni, M., Gandini, M., Usunoff, E., & Vázquez, P. (2004). Inundación y Anegamiento. Peligrosidad Geológica en Argentina. Metodologías de Análisis y mapeo. Estudio de casos. Editorial Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Córdoba, 230-246.
- Evaluación de la humedad del suelo mediante imágenes de temperatura radiactiva e índice de vegetación
- Faggi, A. M., Krellenberg, K., Castro, R., Arriaga, M., & Endlicher, W. (2008). Biodiversity in the Argentinean Rolling Pampa ecoregion: changes caused by agriculture and urbanisation. In Urban ecology (pp. 377-389). Springer, Boston, MA.

- FARN (2020). Reserva Natural de Ciudad Evita. Coberturas de suelo, biodiversidad y conflictos ambientales y territoriales. Recuperado de la web de FARN.
- Feijoó, C. S., & Lombardo, R. J. (2007). Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: a regional approach. Water research, 41(7), 1399-1410.
- Feijoó, C., Gantes, P., Giorgi, A. D. N., Rosso, J. J., & Zunino, E. (2012). Valoración de la calidad de ribera en un arroyo pampeano y su relación con las comunidades de macrófitas y peces. Biología acuática, (27), 113-128.
- Feijoó, C. S., & Lombardo, R. J. (2007). Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: a regional approach. Water research, 41(7), 1399-1410.
- Feito, M. C. (2018). Problemas y desafíos del periurbano de Buenos Aires: Array. Estudios Socioterritoriales. Revista De Geografía, (24), e002.
- Ferreiro, N., Feijoó, C., Giorgi, A., & Leggieri, L. (2011). Effects of macrophyte heterogeneity and food availability on structural parameters of the macroinvertebrate community in a Pampean stream. Hydrobiologia, 664(1), 199-211.
- Franco, M. G., Plaza Behr, M. C., Medina, M., Pérez, C., Mundo, I. A., Cellini, J. M., & Arturi, M. F. (2018). Talares del NE bonaerense con presencia de Ligustrum lucidum: Cambios en la estructura y la dinámica del bosque. Ecología austral, 28(3), 502-512.
- Frulla, L., & Milovich, J. (2021). SAOCOM Constellation: Polarimetric SAR-L for a wide variety of applications. 43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January-4 February, 43, 117.
- Gantes, P., Marano, A. V., & Rigacci, L. (2011). Changes in the decomposition process associated with the invasion of Gleditsia triacanthos (honey locust) in pampean streams (Buenos Aires, Argentina). Journal of Freshwater Ecology, 26(4), 481-494.
- Gantes, P., Falco, L., & Caro, A. S. (2014). Efecto del ganado sobre la estructura de la vegetación en las riberas de un arroyo pampeano. Biología Acuática, (30), 123-131.
- Gantes, P., Falco, L., & Sánchez Caro, A. (2017). Diversidad de la vegetación y características morfoedáficas de las riberas de arroyos pampeanos. Ecología austral, 27(1), 85-93.
- Gaspari, F. J., & Kruse, E. E. (2011). Características del comportamiento hidrológico en áreas de llanuras basado en el análisis morfométrico. Caso de estudio: Arroyo del Tala. Provincia de Buenos Aires. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, (27), 43-48.
- Gervazoni, P., Sosa, A., Franceschini, C. et al. The alien invasive yellow flag (Iris pseudacorus L.) in Argentinian wetlands: assessing geographical distribution through different data sources. Biol Invasions 22, 3183–3193 (2020).
- Giorgi, A., Feijoó, C., & Tell, G. (2005). Primary producers in a Pampean stream: temporal variation and structuring role. Biodiversity & Conservation, 14(7), 1699-1718.
- Giorgi, A. D. N., Rosso, J. J., & Zunino, E. (2014)a. Efectos de la exclusión de ganado sobre la calidad ambiental de un arroyo pampeano. Biología Acuática.

- Giorgi, A., Vilches, C., Rodríguez Castro, M. C., Zunino, E., Debandi, J., Kravetz, S., & Torremorell, A. (2014)b. Efecto de la invasión de acacia negra (Gleditsia triacanthos L.(Fabaceae)) sobre la temperatura, luz y metabolismo de un arroyo pampeano. Acta Biológica Colombiana, 19(1), 99-106.
- Ghersa, C. M., & León, R. J. (1999). Successional changes in agroecosystems of the Rolling Pampa. Ecosystems of the World, 487-502.
- Ghersa, C. M., de la Fuente, E., Suarez, S., & Leon, R. J. (2002). Woody species invasion in the Rolling Pampa grasslands, Argentina. Agriculture, ecosystems & environment, 88(3), 271-278.
- Ghofrani, Z., Sposito, V., Faggian, R. 2016. Designing resilient regions by applying Blue-Green Infrastructure concepts. Sustainable City Xi 204, 493-505. DOI:10.2495/SC160421
- Gillin C, Bailey S, Mcguire K and Gannon J 2015 Mapping of Hydropedologic Spatial Patterns in a Steep Headwater Catchment Soil Sci. Soc. Am. J. 79 440
- Gökyer, E. (2013). Understanding landscape structure using landscape metrics. In Advances in landscape architecture. IntechOpen.
- Grimson, R., 2020, 1er Convenio ACUMAR-CONICET: 1er, 2do, 3er y 4to informes técnicos fechados 5/2019, 9/2019, 12/2019 y 6/2020.
- Grimson, R., 2022, II Convenio ACUMAR-CONICET: Informe técnico de avance. 15 de junio de 2022.
- Guerrero, E. L., Jorge, D., & Tonni, E. P. (2018). La Selva Marginal de Punta Lara, ¿relicto o colonización reciente? Revista del Museo de La Plata, 3(2): 348-367.
- Hettiarachchi, M., Morrison, T. H., & McAlpine, C. (2015). Forty-three years of Ramsar and urban wetlands. Global Environmental Change, 32, 57-66.
- Holzman, M. E., & Rivas, R. (2013). Evaluación de la humedad del suelo mediante imágenes de temperatura radiactiva e índice de vegetación. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Termas Actuales de la Hidrología Subterránea (La Plata, 17 al 20 de septiembre de 2013).
- IGN (2010). Manual de Signos Cartográficos. Recuperado de la web del IGN.
- INA (2010). Balance de agua subterránea de la cuenca Matanza-Riachuelo mediante modelación numérica. Informe interno. Recuperado de la web del INA.
- INDEC (2003). ¿Qué es el gran Buenos Aires?. Recuperado de la web del INDEC.
- INTA, 2015. Carta de suelos de la provincia de Buenos Aires. Recuperado de la web del INTA.
- Kandus, P. y Minotti, P. 2018. Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales. Informe final elaborado por solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 3iA-UNSAM, 124 pp.

- Kandus, P. y Minotti, P. (2019). “Conceptos y enfoques metodológicos para un inventario de humedales a escala nacional: el paisaje como organizador”. Congreso ASaDEP.
- Kandus, P., P. Minotti, N. Morandeira y M. Gayol. (2019). Inventario de Humedales de la Región del Complejo Fluvio-litoral del Bajo Paraná. Programa Corredor Azul. Fundación Humedales / Wetlands International y Universidad Nacional de San Martín. Buenos Aires, Argentina
- Keddy, P. A. (2010). Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge university press.
- Kruse, E., & Zimmermann, E. (2002). Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). In Workshop publication on Groundwater and Human development (pp. 2025-2038).
- Laurencena, P. C., Varela, L. B., Kruse, E., Rojo, A., & Deluchi, M. (2002). Características de las variaciones freáticas en un área del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Aguas Subterráneas y Desarrollo Humano (Mar del Plata, 2002), 32.
- Leggieri, L. R. (2010). Invasión de Gleditsia triacanthos en los corredores de los sistemas fluviales de la Pampa Ondulada y su efecto sobre la distribución de Myocastor coypus. Ecología Austral, 20(12), 185-199.
- León R.J.C., Burkart S.E. 1998. El pastizal de la Pampa Deprimida: estados alternativos. Ecotrópicos 11(2):121-130.
- Macagno, P., Grimson, R., Pereira, P., & Schivo, F. (2021). Conservación en humedales urbanos: El caso de Gregorio de Laferrere, La Matanza. Cartografías Del Sur Revista De Ciencias Artes Y Tecnología, (14).
- Mancino, C., Vives, L., Funes, A., Zárate, M., & Martínez, S. (2013). Modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, provincia de Buenos Aires. 1. Geología y geometría del subsuelo. Temas actuales de la hidrología subterránea 2013.
- Mattar, C., Sobrino, J. A., Wigneron, J. P., Jiménez-Muñoz, J. C., & Kerr, Y. (2011). Estimación de la humedad del suelo a partir de índices de vegetación y microondas pasivas. Revista de Teledetección, 36, 62-72.
- Matteucci, S. D. & Colma A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
-
-
- Matteucci, S. (2012). Ecorregión pampa. En Morello, J., Matteucci, S. D., Rodríguez, A. F., Silva, M. E., Mesopotámica, P., y Llana, P. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires. pp 391-446.
- McGarigal, K. (2006). Landscape pattern metrics. Encyclopedia of environmetrics.

- Mc Harg, I. L., & Nistal, P. F. (2000). Proyectar con la naturaleza. Barcelona: Gustavo Gili.
- Melignani, E. (2017). Pautas para la remediación y recuperación de áreas sujetas a contaminación mixta de cuencas urbanas y periurbanas de llanura (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Mendoza, R., García. I, de Cabo, L., Weigandt, C. & de Iorio, A. F. (2015). The interaction of heavy metals and nutrients present in soil and native plants with arbuscular mycorrhizae on the riverside in the Matanza-Riachuelo River Basin (Argentina). Science of the Total Environment, 505: 555-564.
- Merlinsky, M. G. (2018). Justicia ambiental y políticas de reconocimiento en Buenos Aires. Perfiles latinoamericanos, 26(51), 241-263.
- Minotti, P. y P. Kandus. 2017. Proyecto Piloto de Inventario de Humedales de los partidos de Lujan, Pilar y Escobar. Informe Técnico. 3iA, Universidad Nacional de San Martín.
- Moncaut, C. A. (2003). Inundaciones y sequías tienen raíces añejas en la pampa bonaerense (1576-2001). Inundaciones en la región pampeana, UNLP, Argentina.
- Morello J., Matteucci S.D., Rodríguez A.F., Silva M.E. 2018. Ecorregiones y complejos ecosistémicos Argentinos 2da ed. ampliada. Orientación Gráfica Editora, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 800 pp. ISBN 978-987-1922-25-3.
- Moscatelli, G. N. (1991). Los suelos de la región Pampeana. En Bersky, O., Bearsotti, S., Becker, V. A. (...) Tort, M. I. El desarrollo agropecuario pampeano. Grupo editor latinoamericano. Recuperado de la web.
- Muller, E., & Decamps, H. (2001). Modeling soil moisture–reflectance. Remote sensing of environment, 76(2), 173-180.
- Nahlik, A. M., & Fennessy, M. S. (2016). Carbon storage in US wetlands. Nature Communications, 7(1), 1-9.
- Neiff, J. J., Iriondo, M. H., & Carignan, R. (1994). Large tropical South American wetlands: an overview. In Proceedings of the International Workshop on The Ecology and Management of Aquatic-terrestrial ecotones (pp. 156-165).
- Neiff, J. J. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica, 229, 99-103.
- Nilsson, C., & Svedmark, M. (2002). Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities. Environmental management, 30(4), 468-480.
- Nomdedeu, S. (2018). Criterios para la delimitación de humedales: el papel de las plantas como indicadoras. Tesis. Universidad Nacional de San Martín

- Mulvany, S., Canciani, M., Pérez Safontas, M., Tangorra, M., Sahade, E. & Sánchez Actis, T. (2019). Inventario de Humedales de la Provincia de Buenos Aires. Nivel 2: Sistemas de Paisajes de Humedales – Primer Informe, 1ª Ed. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. La Plata. 2019.
- Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., & Belitz, K. (1994). Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. Science, 263(5147), 641-646.
- Osborne, L. L., & Kovacic, D. A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. Freshwater biology, 29(2), 243-258.
- Perdomo, S., Ainchil, J. E., & Kruse, E. E. (2011). Relación entre la conductividad hidráulica de un acuífero y parámetros geoeléctricos en un sector del noreste de la provincia de Buenos Aires. En VII Congreso Hidrogeológico Argentino (Salta, 2011).
- Pereira, P. (2021). "Áreas protegidas urbanas: tensiones y desafíos de la conservación en la Cuenca Matanza-Riachuelo (Argentina)". Medio Ambiente y Urbanización, 94-95: 165-205.
- Pereyra, F. X. (2004). Geología urbana del área metropolitana bonaerense (AMBA), Argentina y su influencia en la problemática ambiental. SEGEMAR.
- Pereyra, F.X., (2015). Buenos Aires develada, UDAV ediciones.
- Pereyra, F. X. (2016). Las inundaciones en la Región Metropolitana Bonaerense (RMBA): causas, efectos y mitigación. Una revisión crítica. Cartografías del Sur Revista de Ciencias Artes y Tecnología, (3).
- Pereyra, F.X. y Ragas, D.B. 2021. Los suelos de la pampa ondulada. Características, clasificación, distribución y génesis. Provincia de Buenos Aires. Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 60, 51pp. Buenos Aires.
- Pérez Safontas, Mariano (2021), Los mapas de la mentira, recuperado de la web.
- Pochodyła, E., Glińska-Lewczuk, K., & Jaszczak, A. (2021). Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. Landscape Online, 92, 1-20.
- QGIS.org, 2022. QGIS 3.26. Geographic Information System User Guide. QGIS Association.
- Quirós, R. (2004). Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Documento de trabajo del área de Sistemas de Producción Acuática, (3).
- Quirós, R. (2005). La ecología de las lagunas de las Pampas. Investigación y Ciencia, 1(6), 1-13.
- Quirós, R., Boveri, M. B., Petracchi, C. A., Rennella, A. M., Rosso, J. J., Sosnovsky, A., & Von Bernard, H. T. (2006). Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas
- Ramsar Secretariat, 2018, World Wetlands Day, Urban wetlands: prized land, not wasteland.

- Rendina, A. E. (2015). Formas geoquímicas, biodisponibilidad potencial y enriquecimiento de metales pesados en sedimentos del Río Matanza-Riachuelo en ambientes agropecuarios, urbanos e industriales de la cuenca.
- Riihimäki, H., Kemppinen, J., Kopecký, M., & Luoto, M. (2021). Topographic Wetness Index as a Proxy for Soil Moisture: The Importance of Flow-Routing Algorithm and Grid Resolution. Water Resources Research, 57(10), e2021WR029871.
- Rodríguez, G. M.y Kozak, D. M. (2014). "Expansión física y demográfica y cambios en la densidad de la Aglomeración Gran Buenos Aires, 1750-2010". Población de Buenos Aires, 11(20), 7-36
- Rosati, Germán Federico, Olego, Tomás Alberto y Vazquez Brust, H. Antonio (2020). Vulnerabilidad sanitaria 2010-2018. Recuperado el 22 de diciembre, 2022, de https://mapa.poblaciones.org/map/19501
- Rotger, D. V. (2021). El paisaje fluvial en el AMBA. Prometeo.
- Rowntree, K. M., & Dollar, E. S. (1999). Vegetation controls on channel stability in the Bell River, eastern cape, South Africa. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group, 24(2), 127-134.
- Sala y Hernández (1993). Contribución al mapa geohidrológico de la provincia de Buenos Aires Zona Noreste.
- Santa Cruz, J., & Silva Busso, A. (2002). Evolución hidrodinámica del agua subterránea en el conurbano de Buenos Aires, Argentina. Boletín Geológico y Minero, 113(3), 259-272.
- Scarpati, O., Lay, J. F., & Capriolo, A. (2007). Impacts of ENSO events in soil water moisture in Pampean region (Argentina). Revista Geográfica, 39-51.
- Scarpati, O. E., & Capriolo, A. D. (2013). Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. Investigaciones geográficas, (82), 38-51.
- Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2012. Field book for describing and sampling soils, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- SMN 2020, El Niño/La Niña (octubre 2020), Recuperado de la web del SMN.
- SMN 2022a, Informe de sequía: enero 2022. Recuperado de la web del SMN.
- SMN 2022b, Informe de sequía, noviembre 2022. Recuperado de la web del SMN.
- SMN 2022c, El Niño/La Niña (octubre 2022). Recuperado de la web del SMN.
- SMN 2022d, Atlas Climático Argentina del Servicio Meteorológico Nacional Argentina. Recuperado de la web del SMN .
- Summerfield, M. A. (1991). Fluvial Landforms. En Global geomorphology. Longman

Scientific and Technical. Essex (England).

- Tiner, R. W. (2016). Wetland indicators: A guide to wetland formation, identification, delineation, classification, and mapping. CRC press.
- Tonello, M. S., y Prieto, A. R. (2009). Pastizales pampeanos: unidades de vegetación natural potencial y su relación con el espectro polínico actual. Quaternário do Rio Grande do Sul: Integrando conhecimentos. Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 95-105.
- Tricart, J. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida : base para los estudios edafológicos y agronómicos, INTA.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O'neill, R. V., & O'Neill, R. V. (2001). Landscape ecology in theory and practice (Vol. 401). Springer New York.
- United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS). 2018. Field Indicators of Hydric Soils in the United States, Version 8.2. L.M. Vasilas, G.W. Hurt, and J.F. Berkowitz (eds.). USDA, NRCS, in cooperation with the National Technical Committee for Hydric Soils.
- Valles-Aragón, M. C., y Alarcón-Herrera, M. T. (2014). Retención de arsénico en humedales construidos con Eleocharis macrostachya y Schoenoplectus americanus. Revista internacional de contaminación ambiental, 30(2), 143-148.
- Van Rossum, G., y Drake, F. L. (2009). Python 3 Reference Manual. Scotts Valley, CA: CreateSpace.
- Varni, M., Rivas, R., y Entraigas, I. (2003). Interacción de un cuerpo de agua superficial con el agua subterránea en la llanura pampeana, Argentina. Información Tecnológica, 14(6), 97-104.
- Vepraskas, M.J. y Craft Ch.B., 2016. Wetland soils. Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification. CRC Press, Florida, EE. UU..
- Vervoorst, F.B. 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado. Ediciones INTA.
- Vilches, C. S., Torremorell, A., Debandi, J., Castro, R., Rigacci, L., Zunino, E., Kravetz, S. & Giorgi, A. D. N. (2014). Efecto de la invasión de acacia negra (Gleditsia triacanthos L.) sobre arroyos pampeanos. Biología Acuática.
- Vives, L., Scioli, C., Mancino, C., & Martínez, S. (2013). Modelación del flujo subterráneo en la cuenca Matanza-Riachuelo, Provincia de Buenos Aires. 3. Modelo numérico de flujo. Temas actuales de la hidrología subterránea, 2013, 101-108.
- Voskamp, I. M., Van de Ven, F. H. M. 2015. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. Building and Environment 83, 159-167. DOI:10.1016/j.buildenv.2014.07.018
- Wang, L. & H. Liu (2006): An efficient method for identifying and filling surface

depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 20, No. 2: 193-213.

- Weaver, J. E. y Clements, F. (1950). Ecología vegetal. Acme Agency. Buenos Aires
- Wertheimer, M. y Pereira, P. (2020). "Conservación de humedales en contextos de disputas por acceso al suelo urbano: El caso de la Reserva Natural de Ciudad Evita (Buenos Aires–Argentina)". Vivienda y Ciudad, (7): 66-87.
- Weyland, F., Baudry, J., y Ghersa, C. M. (2014). Rolling Pampas agroecosystem: which landscape attributes are relevant for determining bird distributions? Revista chilena de historia natural, 87(1), 1-12.
- Wilson, J.P. & Gallant, J.C. (2000): Terrain Analysis - Principles and Applications, Wiley Ed.
- Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International journal of remote sensing, 27(14), 3025-3033.
- Young-Mathews, A., Culman, S. W., Sánchez-Moreno, S., Toby O'Geen, A., Ferris, H., Hollander, A. D., & Jackson, L. E. (2010). Plant-soil biodiversity relationships and nutrient retention in agricultural riparian zones of the Sacramento Valley, California. Agroforestry Systems, 80(1), 41-60.
- Zabala, R., & De Gandía, E. (1936). Historia de la ciudad de Buenos Aires. Imprenta Mercatali.

ANEXO A

Plantas indicadoras de humedal

Las plantas de humedal son aquellas que han desarrollado adaptaciones que les permiten crecer en estos ecosistemas. Podemos definirlas precisamente como plantas que desarrollan adaptaciones fisiológicas, reproductivas y/o morfológicas (Figura A1), que les permiten crecer en ambientes con presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial, con una frecuencia y duración suficientes para afectar su aparición (Nomdedeu, 2018).

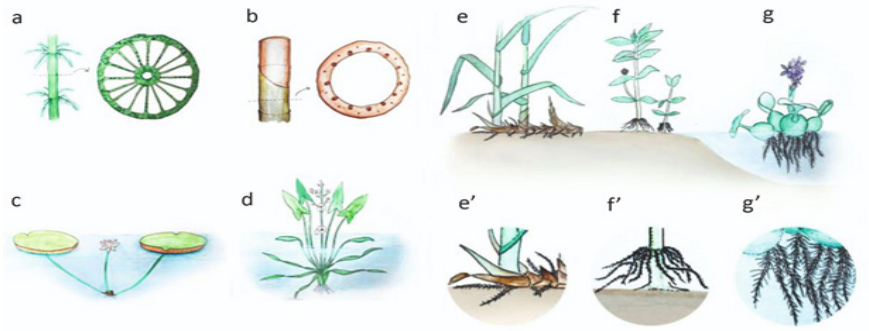


Figura A1. Algunas de las adaptaciones que desarrollan las plantas de humedal: tejido poroso que permite que los gases se transporten por toda la planta con poca o ninguna resistencia al movimiento: "aerénquima" (a); tallos huecos (b); hojas flotantes (c) y polimórficas (d); raíces adventicias (e, detalle e'), superficiales (f, detalle f') o de agua (g, detalle g').

En función a la afinidad de las plantas a crecer en los sitios de humedales podemos clasificarlas bajo las siguientes categorías (Nomdedeu, 2018):

- * (I) especies exclusivas de sitios de humedales
- * (II) especies mayormente representadas en sitios de humedales pero que aparecen también en sitios de no-humedales
- * (III) especies igualmente representadas en sitios de humedales como de no-humedales
- * (IV) especies mayormente representadas en sitios de no-humedales pero que aparecen también en sitios de humedales
- * (V) especies exclusivas de sitios de no-humedales

Donde consideramos "especies de humedales" a las especies de los grupos I y II y "especies de no-humedales" a las especies de los grupos III, IV y V.

Es importante aclarar que la elaboración de listas de especies de humedales es un proceso dinámico, y que en función al aporte de información bibliográfica o empírica se deben ir ampliando y corrigiendo (Nomdedeu, 2018).

También, es necesario mencionar que la afinidad por sitios de humedal de una especie puede presentar variación espacial. Por ejemplo, una misma especie podría ser exclusiva de sitios de humedales en una región pero ser exclusiva de sitios de no-humedales en otra

región, cambiando así de categoría de una región a otra. Por lo que es importante tener en cuenta que el uso de plantas como indicadoras de humedales debe ser ajustado a cada región.

Por otra parte, podemos clasificar las plantas de humedal en función a la forma en que crecen en relación física con el agua y el suelo o sustrato bajo las siguientes categorías: sumergidas, flotantes, arraigadas con hojas flotantes y emergentes (Cronk & Fennessy, 2001; Weaver y Clements, 1950).

Sumergidas: especies que pasan todo su ciclo de vida debajo de la superficie del agua, salvo en algunos casos que durante la floración salen a la superficie. Casi todas están enraizadas en el sustrato, aunque hay especies sin raíces que flotan libremente en la columna de agua **(Figura A2: 4a y 4b).**

Arraigadas con hojas flotantes: especies cuyas hojas flotan en la superficie del agua mientras sus raíces están ancladas en el sustrato **(Figura A2: 2).**

Flotantes libres o flotantes: especies cuyas hojas y tallos flotan en la superficie del agua. Si las raíces están presentes, cuelgan libremente en el agua y no están ancladas al sustrato **(Figura A2: 3a y 3b).**

Emergentes (o anfibias, helófitas, palustres): especies que crecen con sus bases sumergidas y arraigadas en sustratos inundados o saturados estacionalmente, y sus porciones superiores, incluyendo la mayoría de sus órganos vegetativos y reproductivos, crecen por encima del nivel del agua **(Figura A2: 1a, 1b y 1c).**

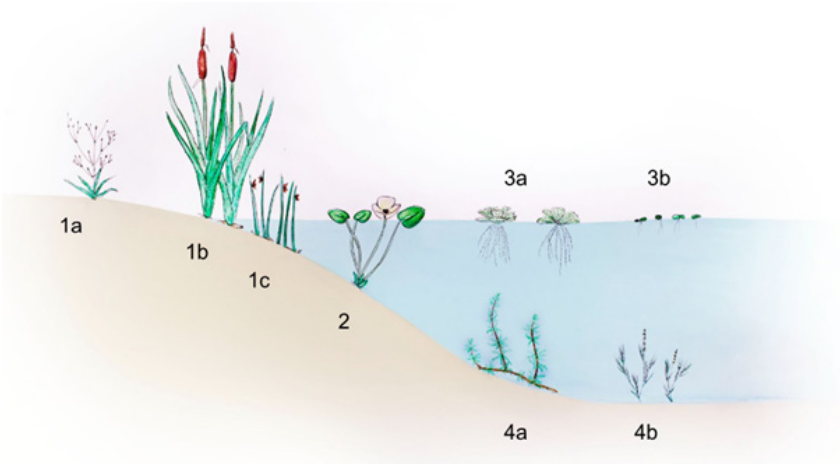


Figura A2. Ubicación esquemática de las plantas de humedal. 1. Emergentes: "cardo alambre" Eryngium ebracteatum Lam (1a), "totora" Typha latifolia (1b), "junquillo" Schoenoplectus americanus (1c). 2. Arraigadas con hojas flotantes: "camalotillo" Hydrocleys nymphoides. 3. Flotantes libres: "repollito de agua" Pistia stratiotes (3a), "lenteja de agua" Lemna minor (3b). 4. Sumergidas: "yerba del sapo" Myriophyllum aquaticum (4a), Potamogeton pusillus (4b). Ilustración: Catalina Fixman.

La sola presencia de una especie en un sitio no es indicadora de humedales. Una variable ampliamente utilizada para identificar humedales a partir de la vegetación es la **cobertura [1].** Un criterio frecuentemente utilizado para identificar la presencia de un humedal a partir de la vegetación es que al menos un 50 % de la cobertura (categorías 4 y 5 de Braun-Blanquet, ver **Tabla A1 y Figura A3)** dentro de una parcela está dada por plantas de humedales (Nomdedeu, 2018).

r	Uno o pocos individuos
+	Menos de 5% de cobertura y ocasional
1	Abundante, pero con cobertura muy baja; o menos abundante y con mayor cobertura, pero ésta siempre menor que 5%
2	Muy abundante y menos de 5% de cobertura; o menos abundante y 5 a 25% de cobertura
3	25 a 50% de cobertura, independientemente del número de individuos
4	50 a 75% de cobertura, independientemente del número de individuos
5	75 a 100% de cobertura, independientemente del número de individuos

Tabla A1. Escala de Cobertura-Abundancia de Braun-Blanquet.

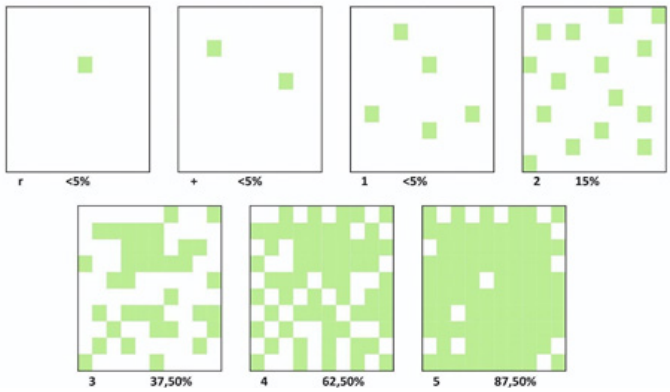


Figura A3. Ejemplos de cada categoría en la escala de Cobertura - Abundancia de Braun-Blanquet.

Cuando se está interesado en detectar cambios en la composición de plantas a lo largo de algún tipo de gradiente ambiental, en general, la técnica utilizada para el muestreo de la vegetación es el enfoque de transecta. Las transectas representan líneas a lo largo de las cuales se toman muestras por parcelas (Figura A4) de, por ejemplo, 1 metro x 1 metro. Se sugiere colocar la transecta desde un sitio de posiciones topográficas más bajas hasta las posiciones topográficas más altas, y tomar muestras en los puntos donde se vean cambios en la topografía y en la vegetación.

[1] La cobertura de una especie (u otra categoría vegetal) es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada (Matteucci & Colma 1982).

Figura A4. Parcela de muestreo para el estudio de la composición de la vegetación

A continuación presentamos una lista parcial de especies observadas y/o citadas para la región **(Tabla A2),** adaptada de la lista propuesta por Nomdedeu (2018):

Nombre científico	Nombre común	Familia	Afinidad de las especies a los sitios de humedales y de no-humedales	Rasgos morfo-ecológicos	Origen*	Hábito**	
Acanthostyles buniifolius (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	chilca	Asteraceae	III		Nativa	Arbusto	Perenne
Acmella decumbens (Sm.) R.K. Jansen	barba de indio	Asteraceae	III		Endémica	Hierba	Perenne
Adesmia bicolor (Poir.) DC.	alverjilla	Fabaceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne
Aeschynomene montevidensis Vogel	acacia de pajonal, algodonillo	Fabaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba o arbusto	Perenne
Agalinis communis(Cham. & Schltdl.) D'Arcy	conejito del campo	Orobanchaceae	II	Emergente	Nativa	Subarbusto	Perenne
Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb.	lagunilla	Amaranthaceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Ambrosia tenuifolia Spreng.	altamisa	Asteraceae	III		Nativa	Hierba	Perenne
Aristida murina Cav.		Poaceae	V		Nativa	Hierba	Perenne
Azolla filiculoides Lam.	helechito de agua	Azollaceae	I	Flotante	Nativa	Hierba	
Baccharis notosergila Griseb.	carqueija, carqueja, escoba guayeurú	Asteraceae	V		Nativa	Arbusto	Perenne
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	chilca, chilca amarga	Asteraceae	III		Nativa	Arbusto	Perenne
Bacopa monnieri (L.) Pennell	berrillo	Plantaginaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Anual
Bothriochloa laguroides (DC.) Herter	cola de liebre	Poaceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne
Bouteloua megapotamica (Spreng.) Kuntze	banderita, pasto bandera	Poaceae	V		Nativa	Hierba	Perenne
Calotheca brizoides (Lam.) Desv.		Poaceae	V		Endémica	Hierba	Perenne
Canna glauca L.	achira	Cannaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Centaurium pulchellum (Sw.) Druce	yuyo amargo	Gentianaceae	III		Introducida	Hierba	Anual
Chevreulia sarmentosa (Pers.) S.F. Blake		Asteraceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne
Conyza bonariensis (L.) Cronquist	mata negra, rama negra	Asteraceae	III		Nativa	Hierba	Anual
Cynodon dactylon (L.) Pers.	gramilla	Poaceae	III		Introducida	Hierba	Perenne
Dipsacus sativus (L.) Honck.	cardo de cardar, cardencha	Caprifoliaceae	V		Introducida	Hierba	Bianual
Distichlis scoparia (Kunth)Arechav.	pelo de chancho	Poaceae	II	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Distichlis spicata (L.) Greene	pelo de chancho	Poaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Eclipta prostrata (L.) L.		Asteraceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Anual
Eleocharis macrostachya Britton		Cyperaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Eleocharis viridans Kük. Ex Osten		Cyperaceae	II	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Eryngium ebracteatum Lam.	cardo alambre	Apiaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne

Eryngium eburneum Decne.	carda	Apiaceae	I	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Eryngium echinatum Urb.	cardo mon	Apiaceae	II	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Facelis retusa (Lam.) Sch. Bip.		Asteraceae	III		Nativa	Hierba	Anual
Festuca arundinacea Schreb.	festuca, festuca alta	Poaceae	III		Introducida	Hierba	Perenne
Gleditsia triacanthos L.	acacia negra	Fabaceae	III		Invasora	Árbol	Perenne
Glyceria multiflora Steud.		Poaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Helminthotheca echioides (L.) Holub	cerraja, pega pega	Asteraceae	V		Introducida	Hierba	Anual
Hordeum stenostachys Godr.		Poaceae	III		Nativa	Hierba	Perenne
Hydrocleys nymphoides (Willd.) Buchenau	amapola del agua, camalotillo	Alismataceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Hydrocotyle bonariensis Lam.	redondita de agua, paragüita	Araliaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Hydrocotyle ranunculoides L. f.	redondita de agua, paragüita	Araliaceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Iris pseudacorus L.	lirio amarillo	Iridaceae	I	Emergente	Invasora	Hierba	Perenne
Isolepis cernua (Vahl) Roem. & Schult.		Cyperaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Anual
Jarava plumosa (Spreng.) S.W.L. Jacobs & J. Everett		Poaceae	III		Nativa	Hierba	Perenne
Juncus microcephalus Kunth		Juncaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Leersia hexandra Sw.	pasto de laguna	Poaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Lemna gibba L.	lenteja de agua	Araceae	I	Flotante	Cosmopolita	Hierba	Anual
Lemna minuta Kunth	lenteja de agua	Araceae	I	Flotante	Nativa	Hierba	Perenne
Lilaeopsis carolinensis (Hook. & Arn.) Fernald	serpentina del agua	Apiaceae	I	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Limnobium laevigatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine	botón cucharita	Hydrocharitaceae	I	Flotante	Nativa	Hierba	Perenne
Lotus corniculatus L.	trebol, pata de pájaro	Fabaceae	III		Introducida	Hierba	Perenne
Ludwigia peploides (Kunth) P.H. Raven	verdolaga	Onagraceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Malvella leprosa (Ortega) Krapov.	malvavisco común	Malvaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Marsilea concinna A. Braun		Marsileaceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Melica brasiliana Ard		Poaceae	IV		Endémica	Hierba	Perenne
Mentha pulegium L.	menta	Lamiaceae	II	Emergente	Introducida	Hierba	Perenne
Micropsis spathulata (Pers.) Cabrera		Asteraceae	IV		Endémica	Hierba	Anual
Morus alba L.	mora blanca	Moraceae	V		Introducida	Árbol	Perenne
Myriophyllum aquaticum (Vell.) Verdc.	milenrama de agua, yerba del sapo	Haloragaceae	I	Sumergida	Nativa	Hierba	Perenne
Nassella hyalina (Nees) Barkworth	flechilla mansa	Poaceae	V		Endémica	Hierba	Perenne
Nassella neesiana (Trin. & Rupr.) Barkworth	flechilla	Poaceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne
Paspalum dilatatum Poir.	pasto miel, pasto polaco	Poaceae	III		Nativa	Hierba	Perenne
Paspalum vaginatum Sw.	gramilla, gramilla blanca	Poaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Piptochaetium bicolor (Vahl) E. Desv. Phil.	flechilla, lágrimas de la vírgen	Poaceae	IV		Endémica	Hierba	Perenne
Piptochaetium montevidense (Spreng.) Parodi	flechilla	Poaceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne

Pistia stratiotes L.	repollito de agua	Araceae	I	Flotante	Nativa	Hierba	Perenne
Pluchea sagittalis (Lam.) Cabrera	lucera, yerba del lucero, quitoco	Asteraceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Polygala australis A.W. Benn		Polygalaceae	II	Emergente	Endémica	Hierba	Anual o Bianual
Polygonum punctatum Elliott	hierba del bicho	Polygonaceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Anual o Bianual
Polypogon elongatus Kunth		Poaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Rumex crispus L.	lengua de vaca, romaza	Polygonaceae	II	Emergente	Introducida	Hierba	Perenne
Sagittaria montevidensis subsp. *montevidensis* Cham. & Schltdl.	saeta	Alismataceae	I	Hojas flotantes	Nativa	Hierba	Perenne
Salix humboldtiana Willd.	sauce criollo	Salicaceae	II	Emergente	Nativa	Árbol	Perenne
Schoenoplectus americanus (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller	junquillo	Cyperaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják	junco	Cyperaceae	I	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Senecio bonariensis Hook. & Arn.	margarita de bañado	Asteraceae	I	Emergente	Endémica	Hierba	Perenne
Sesbania punicea (Cav.) Benth.	acacia mansa	Fabaceae	II	Emergente	Nativa	Árbol	Perenne
Solanum glaucophyllum Desf.	duraznillo blanco, varilla	Solanaceae	I	Emergente	Nativa	Arbusto o árbol	Perenne
Solanum juvenale Thell.	meloncillo del campo	Solanaceae	V		Endémica	Hierba	Perenne
Spergula villosa Pers.		Caryophyllaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Sporobolus indicus (L.) R. Br.		Poaceae	IV		Nativa	Hierba	Perenne
Sporobolus pyramidatus (Lam.) Hitchc		Poaceae	II	Emergente	Nativa	Hierba	Perenne
Symphyotrichum squamatum (Spreng.) G.L. Nesom		Asteraceae	III		Nativa	Hierba	Perenne
Typha latifolia L.	totora	Typhaceae	I	Emergente	Cosmopolita	Hierba	Perenne
Xanthium strumarium L.	abrojo	Asteraceae	III		Nativa	Hierba	Anual

Tabla A2. Lista preliminar de especies para la Cuenca Matanza-Riachuelo, provincia de Buenos Aires. “Plantas de humedal” grupo I y II (resaltado en color) y “plantas de no humedal” grupos III, IV y V.

Categorías en función a su origen:

* **Nativa, autóctona o indígena:** son aquellas especies que crecen en su área natural originaria.

* **Exótica, alóctona, introducida o adventicia:** son aquellas especies que crecen fuera de su área natural originaria, que por distintas causas han sido introducidas en otro sitio de manera voluntaria por el humano o involuntaria a través de otras vías de dispersión.

* **Invasora:** son aquellas especies que crecen fuera de su área natural y son capaces de reproducirse y competir con especies propias de esos ambientes. Se consideran una amenaza para la diversidad biológica por su capacidad de expansión.

* **Endémica:** aquellas especies cuya distribución es exclusiva de un área determinada.

* **Cosmopolita:** son aquellas especies que naturalmente se distribuyen en un gran número de países o en todos.

** El hábito es aspecto o porte general de una planta:

- * Árbol: planta leñosa, generalmente con un tallo con ramas a cierta altura.
- * Arbusto: planta leñosa, generalmente ramificada desde su base.
- * Hierba: planta sin crecimiento secundario, no lignificada.
- * Subarbusto: planta leñosa en la base, con la parte superior herbácea.
- * Perenne: planta u órgano que vive más de dos años.
- * Anual: planta que cumple su ciclo en un año o menos, durante el cual florece, fructifica y muere.

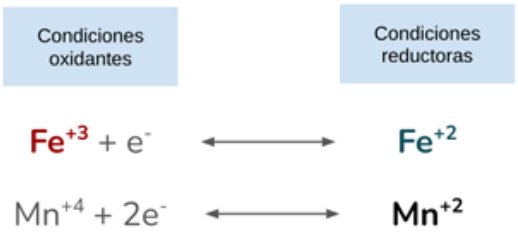
ANEXO B

Suelos indicadores de humedales

Los estudios de suelo consistieron en la realización de sondeos en forma de calicata y perforación con barreno sobre distintos tipos de humedal de la cuenca. El relevamiento a campo se centró en la determinación de horizontes, propiedades morfológicas y muestreo (según Schoeneberger, 2012) con el objetivo de definir los procesos actuantes en la génesis del suelo. Estas propiedades morfológicas son el resultado de incorporaciones y pérdidas (superficiales y profundas), movimientos internos, movimientos laterales y transformaciones de la materia y energía que se encuentran involucradas en sistema suelo. En este aspecto, existen rasgos morfológicos vinculados a situaciones de drenaje restringido en los suelos. Algunos de estos rasgos son característicos de estas situaciones, mientras que otros se generan de manera ocasional.

Rasgos morfológicos característicos de drenaje restringido en suelos: moteados de hierro (Fe) y manganeso (Mn); concreciones de Fe-Mn; colores gley.

Las propiedades morfológicas que evidencian la presencia y persistencia de manera prolongada o intermitente de la fase acuosa en el espacio poral del suelo son aquellas englobadas dentro del concepto de rasgos hidromórficos, a partir de un proceso pedogenético [2] denominado hidromorfismo. Este proceso ocurre en situaciones de drenaje deficiente, cuando los poros del suelo permanecen saturados con agua, desplazando así a la fase gaseosa y generando un ambiente reductor, carente de oxígeno. En estas condiciones, diversos elementos metálicos, entre ellos el Fe y el Mn pasan a ser aceptores de electrones, y pasan a su forma reducida:



Estos elementos en estado reducido se vuelven más solubles, formando parte de la solución del suelo. Otra característica, muy evidenciada en el Fe, es el cambio de coloración que se genera en el pasaje de su estado oxidado (pardo rojizo) a su estado reducido (azul verdoso).

Si la saturación de agua en el espacio poral del suelo cesa y se recupera la fase gaseosa en el mismo (regeneración del ambiente oxidante), ambos el Fe y el Mn previamente reducidos pasan a su forma oxidada. Precipitan en forma de pátina bidimensional o cuerpo tridimensional (según la concentración de estos elementos en el sistema), e incorporan la coloración de sus estados oxidados: pardo rojizo para el Fe+3 y negra para el Mn+4. Cuando la precipitación se hace en forma de pátina, el rasgo se denomina moteado, mientras que si lo hace en forma de cuerpo se lo llama concreción. Estos rasgos son evidenciados en campo, y se los registra a partir de 4 variables: Color, Abundancia, Tamaño y Contraste.

[2] conjunto de reacciones que se producen en forma simultánea o secuencial y que dan origen a los horizontes y a otros rasgos morfológicos del suelo (Buol 2006).

1. Color: Se utiliza el sistema de color Munsell con sus 3 variables de identificación (matiz, luminosidad e intensidad), o se designan términos comunes tales como rojo, pardo rojizo, negro, etc.

2. Abundancia:

* Escasos: cuando ocupan menos de un 2 % de la superficie.

* Comunes: cuando ocupan entre un 2 % y un 20 % de la superficie.

* Abundantes: cuando ocupan más de un 20 % de la superficie.

3. Tamaño:

* Finos: menos de 5 mm.

* Medios: entre 5 y 15 mm.

* Gruesos: mayores a 15 mm.

4. Contraste:

* Débiles: poco evidenciados. Matriz del suelo y moteados presentan matiz e intensidad estrechamente relacionados. Existe escaso contraste.

* Precisos: no son muy llamativos, pero se los ve sin esfuerzo. El matiz, luminosidad e intensidad de la matriz se distingue fácilmente de los moteados y puede variar en una o dos unidades de matiz o en varias unidades de luminosidad o intensidad.

* Sobresalientes: son evidentes y constituyen uno de los rasgos destacados del horizonte. El matiz, luminosidad o intensidad de la matriz suelen estar distanciados en varias unidades respecto del color de los moteados.

Por otro lado, si la saturación de agua en el espacio poral del suelo persiste en el tiempo, de manera estanca y sin oxigenación, el ambiente reductor cobra una mayor relevancia en los estados de los metales reducidos solubles, generándose una coloración azul verdosa en toda la matriz del suelo que se encuentra saturado. Estos colores se denominan colores gley, en parte son debidos la reducción del Fe+3 a Fe+2, y son determinados en campo a partir del sistema de color Munsell, relacionados generalmente con los matices 2,5Y y 5Y.

En diversos sistemas de clasificación de suelo, estos rasgos reciben el nombre de condiciones ácuicas, y se encuentran vinculadas a regímenes de humedad de tipo ácuico o perácuico.

Rasgos morfológicos generados de manera ocasional en situaciones de drenaje restringido.

Horizontes de máxima eluviación:

Los horizontes de máxima eluviación[3] (horizontes E) son capas del suelo que deben su génesis al estancamiento de la fase acuosa en la parte superior del perfil del suelo. Este

[3] Horizontes del suelo que pierden materiales solubles o coloidales, que son arrastrados en profundidad por acción del agua.

estancamiento se suele producir en relieves planos o plano-cóncavos, donde el agua proveniente de las lluvias escurre superficialmente desde las zonas topográficamente más altas, infiltra en el perfil del suelo con una velocidad específica, y encuentra un cambio textural que restringe su paso a través del perfil.

Este cambio textural se evidencia ante la presencia de horizontes de enriquecimiento de arcilla iluvial [4] (horizontes Bt), caracterizados por poseer un mayor porcentaje de este tamaño de partícula que los horizontes suprayacentes, lo que le confiere espacios porales más pequeños, y una menor permeabilidad. El estancamiento del agua en techo de los horizontes Bt, produce un lavado de elementos cromógenos y coloides que le aportan coloración al suelo (materia orgánica, óxidos, entre otros), que posteriormente son llevados en profundidad por la fase acuosa una vez que la misma percoló. Este proceso recibe el nombre de Albitización y genera como resultado la decoloración y pérdida de coloides en el sector suprayacente al horizonte Bt, denominando a ese sector Horizonte E.

El horizonte E va a ser más claro en su coloración y texturalmente más grueso que sus horizontes supra e infrayacentes, y la forma de identificarlo en campo es a partir de sistema de color Munsell, relacionado generalmente con valores de luminosidades altos, y también a partir de la comparación textural al tacto con los horizontes con los que limita. En diversos sistemas de clasificación de suelos, este rasgo recibe el nombre de horizonte álbico o materiales álbicos, y se los suele vincular en algunos suelos a regímenes de humedad de tipo ácuico.

Condiciones de alcalinidad:

Una propiedad que se encuentra vinculada indirectamente a situaciones de drenaje restringido son las condiciones de alcalinidad elevada, generadas a partir de la liberación de aniones OH- (oxhidrilos) de las bases fuertes presentes en el suelo. En relieves planos o plano-cóncavos, el catión Na+ (sodio), de naturaleza mayoritaria y móvil, migra en solución junto a la fase acuosa aportando OH- en sus sucesivas disociaciones. Los OH- le confieren al suelo valores de pH elevados, en orden de magnitudes entre 8,3 y 10 mientras el catión Na+ persista en la solución del suelo ante la imposibilidad del mismo de expulsar su excedente hídrico.

En campo, la presencia de este catión de sodio se evidencia a partir de diversas especies vegetales adaptadas a estas condiciones de alcalinidad (Distichlis spicata), presencia de enlames en superficie, o a partir de la toma de valor de pH haciendo uso de reactivos colorimétricos. En diversos sistemas de clasificación de suelos, la presencia elevada de sodio de intercambio, junto con otras características, puede recibir el nombre de horizonte nátrico, y se los suele vincular en algunos suelos a regímenes de humedad de tipo ácuico.

ANEXO C

Detalles metodológicos

Herramientas informáticas y capas de información utilizadas para el desarrollo del inventario de humedales

El desarrollo de las capas de información correspondientes al presente informe fue realizado utilizando programas libres y de código abierto, conocidos como FOSS por sus siglas en inglés: free open source software. Como Sistema de Información Geográfico se utilizó principalmente el QGIS (QGIS, 2022). Entre las herramientas para el procesamiento de las capas de información se utilizaron el Sistema para Análisis Geocientíficos Automáticos SAGA (Conrad, 2015) y algoritmos desarrollados por nosotros en el lenguaje Python (Van Rossum y Drake, 2009), basados en las bibliotecas Rasterio (Gillies et al., 2013), Geopandas (Jordahl, K., 2014) y Scikit-learn (Pedregosa et al., 2011).

Los productos generados por medio de procesamiento automático han sido sumamente útiles para delimitar las unidades de humedal. La calidad de datos disponibles en esta cuenca es excepcional: las cartas de suelos, la definición de las unidades geomorfológicas, las series de imágenes satelitales disponibles, y, en particular, el modelo digital de elevación de un metro de resolución espacial obtenido con tecnología LiDAR y sus productos derivados. A pesar de eso, para ningún tipo de humedal identificado en este inventario hemos podido realizar un procedimiento completamente automático que resulte satisfactorio para todas las unidades de humedal correspondientes a dicho tipo. Los intentos realizados han generado productos que han colaborado fuertemente en su delimitación, pero todos ellos requirieron ajustes manuales en casos particulares y consideraciones especiales que volvían necesaria la digitalización manual de algunos sectores.

Las series de tiempo de imágenes ópticas permiten discriminar con precisión sectores con agua libre en superficie de manera automática (Xu, 2006). Estas metodologías pueden incluso adaptarse para delimitar sectores en los que esa misma agua está cubierta por vegetación flotante u oculta por cierto tipo vegetación emergente. Sin embargo, no se ha logrado aún extraer unívocamente de estas series de tiempo información sobre suelos saturados de agua, salvo en casos muy específicos. La dificultad está relacionada con la variabilidad de los tipos de suelo y de sus coberturas vegetales y resulta de particular relevancia para la automatización de las tareas de inventario de humedales, dado que la presencia temporaria de agua subsuperficial puede determinar la presencia de un humedal.

Las imágenes SAR son sensibles a la humedad del suelo ya que ésta afecta la constante dieléctrica de los mismos y por lo tanto su coeficiente de retrodispersión. Las imágenes tomadas por sistemas que trabajan en bandas P y L son las que ofrecen una mayor sensibilidad para medir la humedad de suelos (Woodhouse, 2017). Sin embargo, a la fecha no contamos con series de tiempo de este tipo de imágenes. Las series disponibles tienen longitud de onda corta (bandas X o C) lo que ofrece poca penetración en la vegetación y en los suelos por lo que no resultan adecuadas para esta tarea. Como indicamos anteriormente, resulta promisoria la tarea que lleva adelante la CONAE con sus satélites SAOCOM 1A y 1B en banda L, que indican que en el futuro próximo podrá ofrecer series temporales de mapas de humedad del suelo para la CMR (Frulla y Milovich, 2021). Queda como trabajo a futuro continuar profundizando en el desarrollo de metodologías automáticas de identificación y

delimitación de humedales, a medida que nueva información esté disponible.

SIG-ACUMAR

La plataforma del Sistema de información para el Ordenamiento Ambiental del Territorio (SIOAT)[5] aporta información muy valiosa para el estudio de la cuenca. En el marco de este trabajo fueron utilizadas diversas capas de información de este SIG entre las que destacamos la capa de límites de la cuenca, la capa denominada red hídrica de la CMR (en la cual se identifican siete tipos diferentes de elementos tales como ríos, arroyos, canales, entubados, zanjas, zanjones y otros, Figura 13), y la de Áreas Protegidas de la CMR.

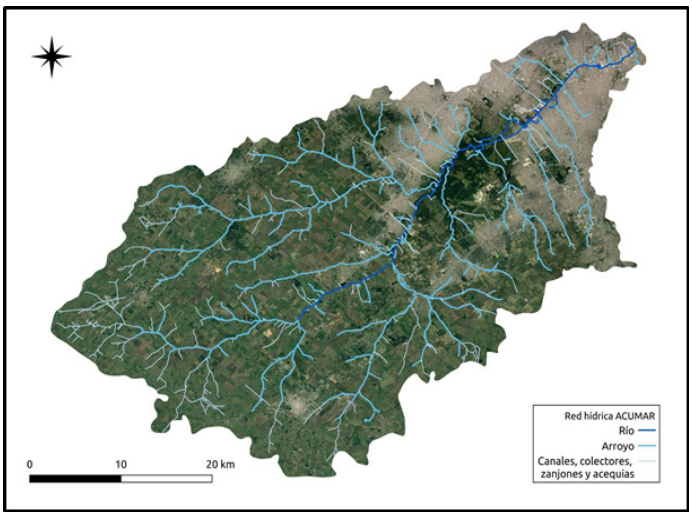
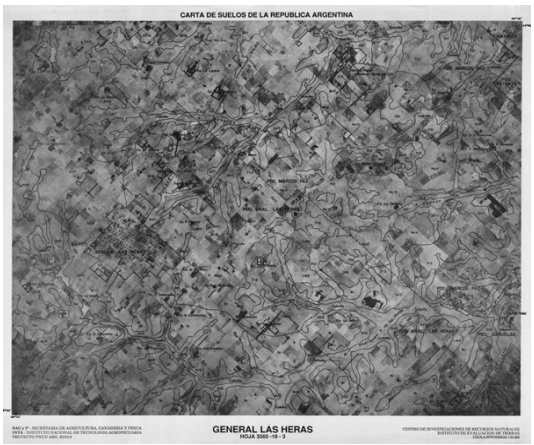


Figura 13. Límites y red hídrica de la cuenca Matanza-Riachuelo (SIOAT-ACUMAR).

Cartas de Suelos 1:50.000 del INTA

Las cartas de suelos de la provincia de Buenos Aires (Figura 14), publicadas por el INTA a escala 1:50000 (INTA, 2015), fueron confeccionadas en base a fotointerpretación y trabajo de campo para toda la Provincia salvo para el AMBA. Recientemente han sido digitalizadas.



[5] Disponible como sistema web sig en mapas ACUMAR https://mapas.acumar.gob.ar/.

Figura 14. Carta de suelos de General Las Heras, hoja 3560-18-3. En la misma se identifican y delimitan las series de suelos presentes.

Si bien la digitalización presenta algunos desplazamientos espaciales, estas cartas y su versión digital son un insumo muy valioso para el estudio de los suelos y, por consiguiente, de los humedales de la cuenca.

Cartas Topográficas 1:50000 del IGN

Estas cartas **(Figuras 15 y 16)** fueron confeccionadas en la primera mitad del siglo XX por el Instituto Geográfico Militar (actual IGN) y han sido recientemente digitalizadas y georreferenciadas. Presentan las curvas que describen en detalle la topografía de la zona y también representan diversos accidentes hidrográficos como cursos de agua, bañados, cañadas, lagunas, etc. Tienen un gran valor histórico ya que ofrecen una representación de los territorios anterior a las primeras imágenes satelitales disponibles, lo que permite una reconstrucción de los procesos que ocurrieron en los mismos.

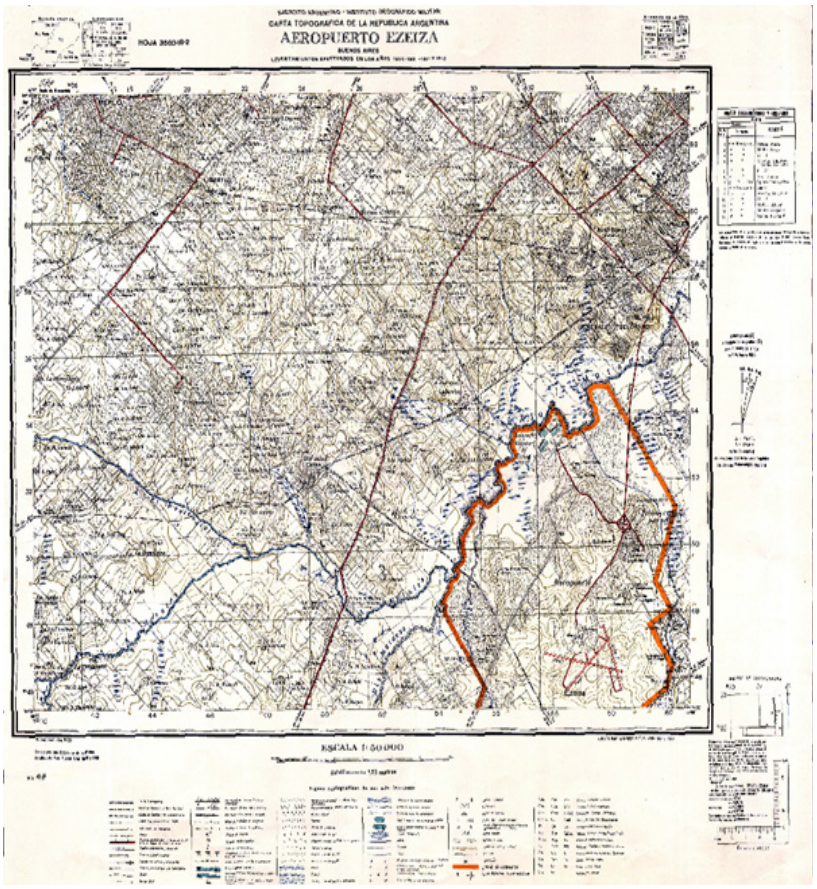


Figura 15. Carta topográfica (hoja 3560-18-2) actualizada en abril de 1967 correspondiente al Aeropuerto de Ezeiza y alrededores. En la misma se identifican y delimitan diversas unidades de humedal de la zona de estudio.

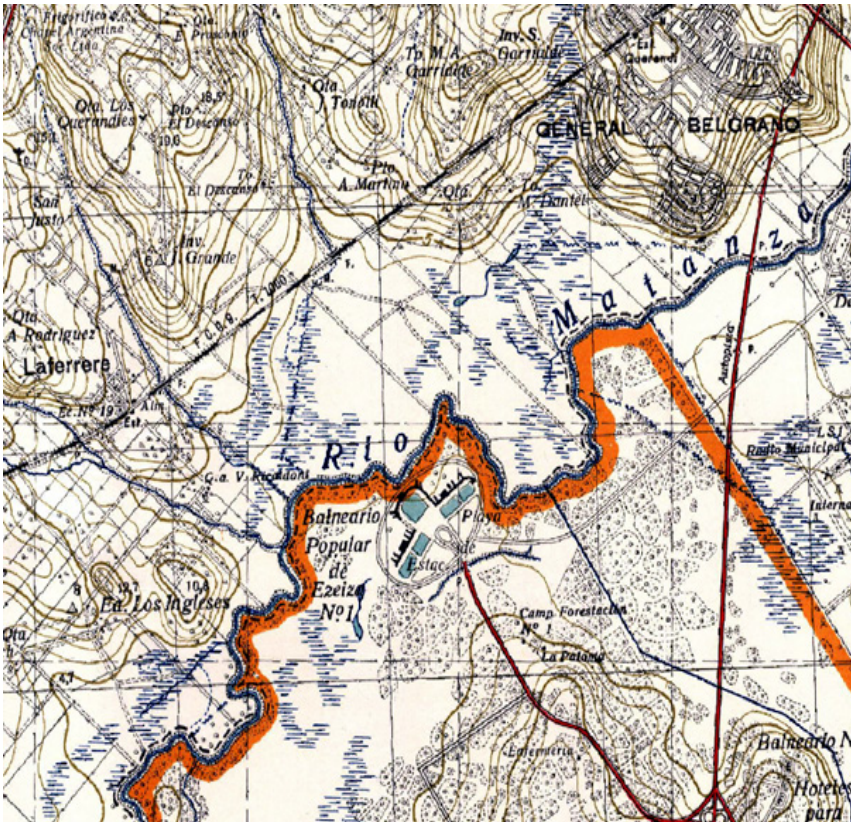


Figura 16. Detalle de la carta anterior. Se aprecian incluso algunos de los antiguos cauces que han sido delimitados para este inventario utilizando tecnología LiDAR. Se observa también un llamativo cambio en el nombre de Ciudad Evita por Ciudad General Belgrano en esta carta parcialmente actualizada durante la dictadura militar denominada Revolución Argentina. No se trata de un error ni de un caso aislado (Pérez Safontas, 2021).

Capas de información geoespacial en formato vectorial del IGN

Las capas del Sistema de Información Geográfica del IGN aportaron información sobre vialidad, cursos de agua, límites político administrativos, y otra información muy valiosa para la confección del presente informe.

Mapa geomorfológico de SEGEMAR del AMBA

El Mapa Geomorfológico del Área Metropolitana de Buenos Aires (Figuras 17 y 19), fue confeccionado por Fernando X. Pereyra a escala 1:100000. Aportó información muy valiosa que, complementada con la bibliografía, permiten delimitar las unidades geomorfológicas que juegan un rol central en la delimitación de las unidades de humedal. Lamentablemente no hemos conseguido la capa vectorial original georreferenciada y hemos tenido que georreferenciar el mapa en PDF, a partir del establecimiento de puntos de control, para el presente trabajo.

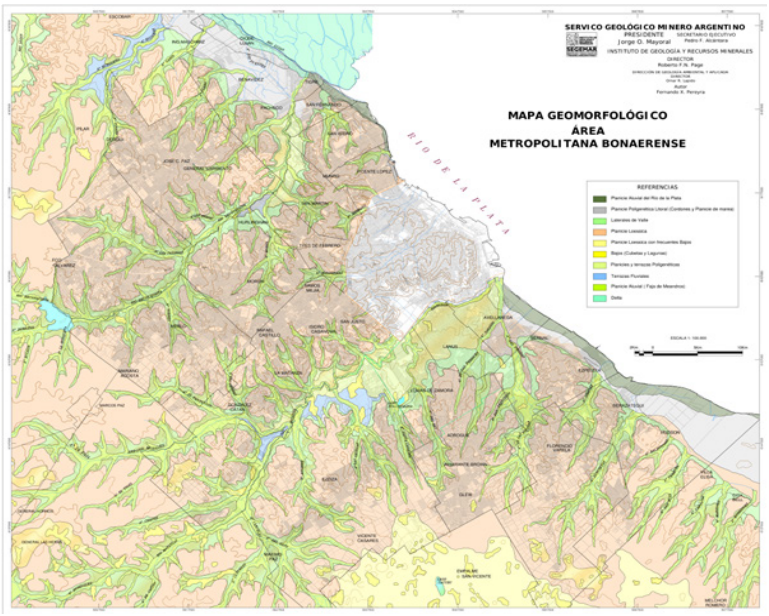


Figura 17. Mapa geomorfológico del Área Metropolitana de Buenos Aires, escala 1:100000. Fuente: SEGEMAR

Figura 18. Unidades Geomorfológicas cartografiadas en el mapa de SEGEMAR (Figura 17 y 19).

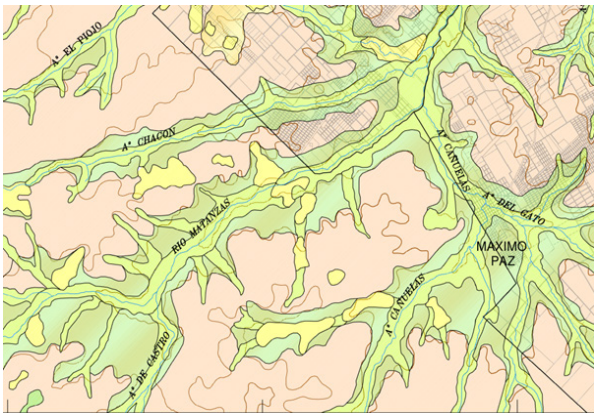


Figura 19. Detalle de Mapa geomorfológico del Área Metropolitana de Buenos Aires, escala 1:100000. Fuente: SEGEMAR

Modelo digital de elevación (MDE) LiDAR y sus derivados

ACUMAR adquirió un Modelo Digital de Elevación (MDE, Figura 20) realizado a partir de datos tomados con un sensor LiDAR (acrónimo del inglés LiDAR, Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) aerotransportado de altísima calidad. Su resolución espacial es de un metro en la horizontal y centimétrica en la vertical, lo que permite apreciar en detalle la topografía y derivar productos muy valiosos para la delimitación de las unidades de humedal. El relevamiento fue realizado por CONSULAR. La tecnología LiDAR permite identificar la superficie por debajo de la vegetación (Figura 21), ofreciendo un modelo de alta calidad incluso en zonas de vegetación densa donde la fotogrametría falla completamente y la interferometría ofrece, en el mejor de los casos, una calidad media.

Los datos provenientes del sensor LiDAR también permiten generar perfiles topográficos de alta resolución. Las transectas topográficas presentadas en las fichas de cada unidad de paisaje y cada unidad de humedal han sido extraídas de esta fuente.

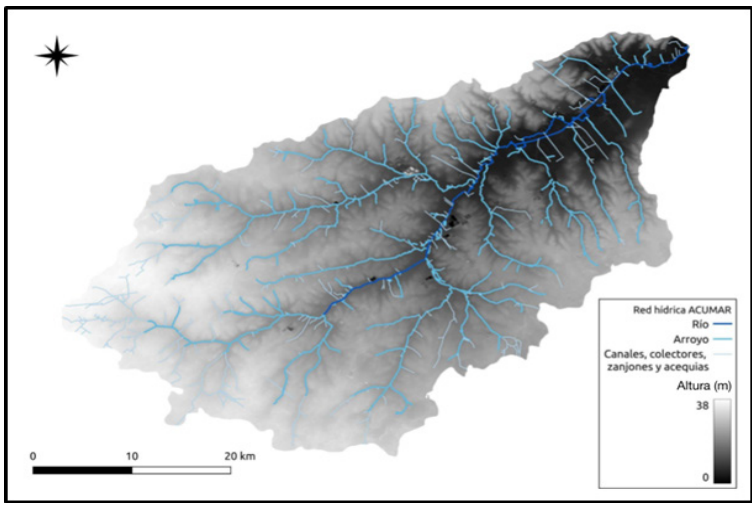


Figura 20. MDE de la cuenca completa con la red hidrográfica superpuesta.

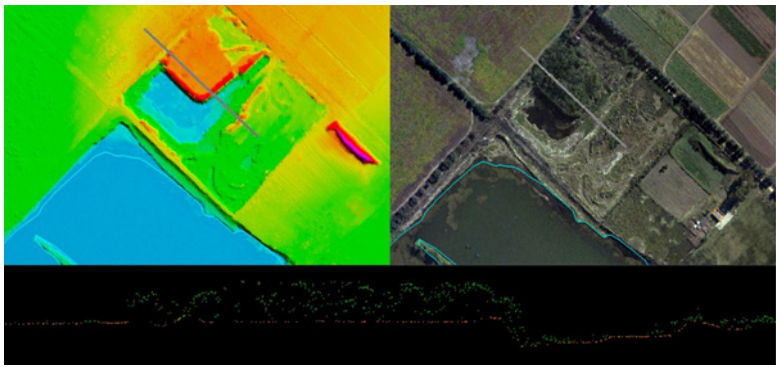


Figura 21. Tomada de la presentación de CONSULAR ante ACUMAR al entregar el producto. Arriba a la izquierda: MDE obtenido luego del procesamiento de la nube de puntos LiDAR. Arriba a la derecha: foto aérea del mismo sitio, indicando una transecta. Abajo: Puntos de la nube LiDAR que caen sobre la transecta; se pueden observar diferentes rebotes de la señal correspondientes al dosel arbóreo (verde y al suelo (ocre). La selección sistemática del último rebote (ocre) permite obtener un modelo de superficie, por debajo de la vegetación.

Llenar sumideros

El módulo denominado Fill Sinks de SAGA (Conrad, 2015) utiliza un algoritmo propuesto por Wang y Liu (2005) para identificar y rellenar depresiones superficiales en modelos digitales de elevación. El módulo computa el modelo digital de elevación que resulta de rellenar las depresiones locales hasta el nivel de desborde.

Como se puede observar en la **Figura 22,** la diferencia entre el resultado de Fill Sinks y el MDE original resalta las microdepresiones y ayuda a identificar las cubetas, más allá de su cota topográfica absoluta.

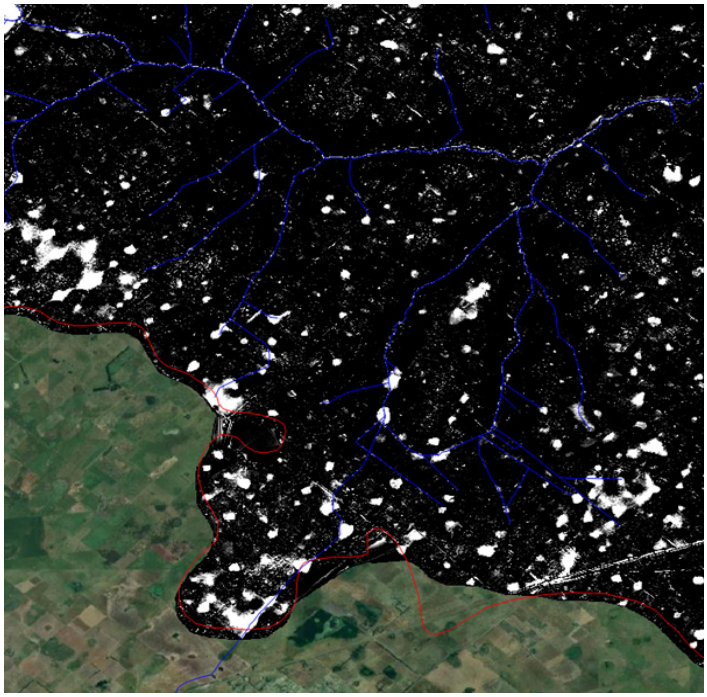


Figura 22. La diferencia entre el resultado de FillSink y el MDE original resalta las microdepresiones y ayuda a delimitar las cubetas.

Curvas de nivel

Uno de los productos vectoriales más útiles derivados del MDE (y de otros rasters) son las curvas de nivel. Las mismas tienen formato vectorial y permiten obtener curvas cada cierta altura establecida. Estas curvas en muchos casos delimitan geoformas de una manera sencilla. En la **Figura 23** se muestra un ejemplo en el que las curvas de nivel permiten delimitar antiguos cauces en la unidad de paisaje del Paleoestuario, mientras que en Figura 24 se muestra un ejemplo de curvas de nivel que permiten delimitar cubetas en la planicie loéssica.

En el caso de existencia de canales artificiales o redes viales, las curvas de nivel se extienden siguiendo estas formas antrópicas. Sin embargo, no resulta complicado

recortarlas para quedarse con las geoformas naturales.

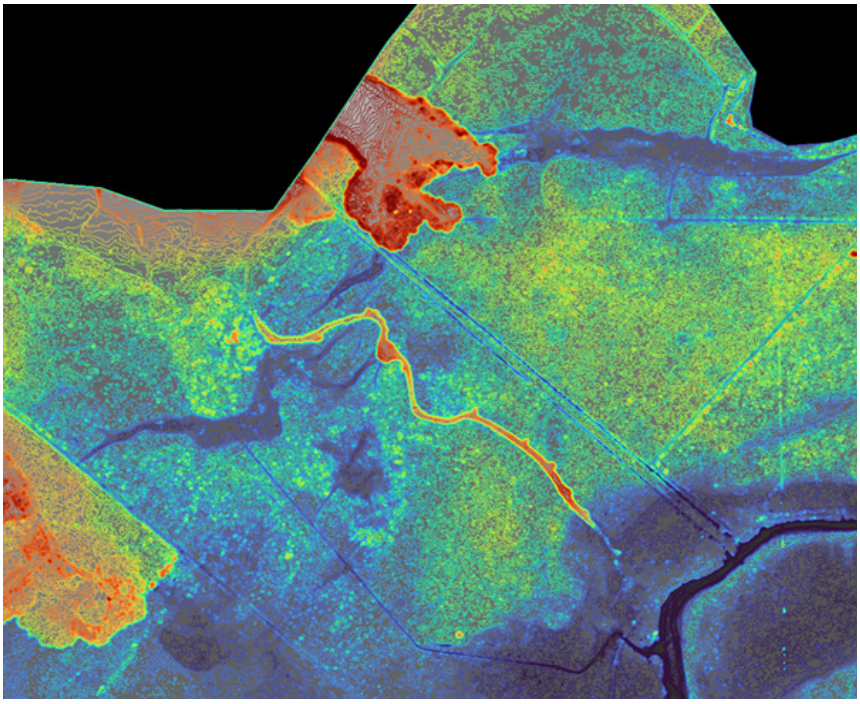


Figura 23. Las curvas de nivel del MDE original permiten delimitar precisamente los rellenos, los cauces activos y los cauces abandonados del río Matanza-Riachuelo. En la imagen se pueden apreciar tres rellenos en colores cálidos y un antiguo cauce del Río Matanza, en colores fríos, atravesando el sector superior de izquierda a derecha.

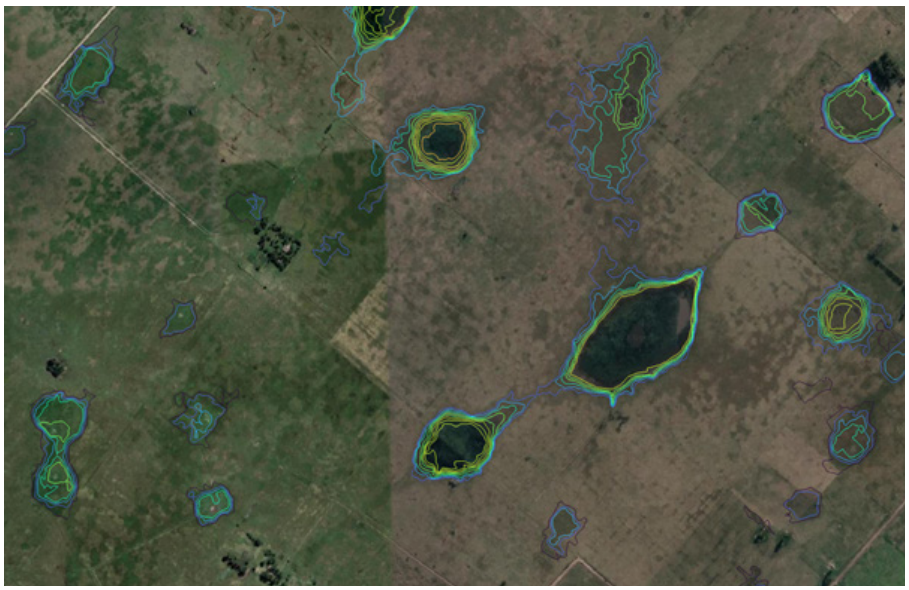


Figura 24. Curvas de nivel de la diferencia entre Fill-Sinks y el MDE de la Figura 20. Aportaron en la identificación y delimitación de las micro depresiones, particularmente en la cuenca alta.

Pendientes

Otro producto derivado del MDE es el mapa de pendientes de la cuenca **(Figura 25).** Se computa mediante el módulo Slope de SAGA y permite visualizar la ubicación de la barranca (paleoacantilado) y los laterales de valles fluviales, entre otras cosas.

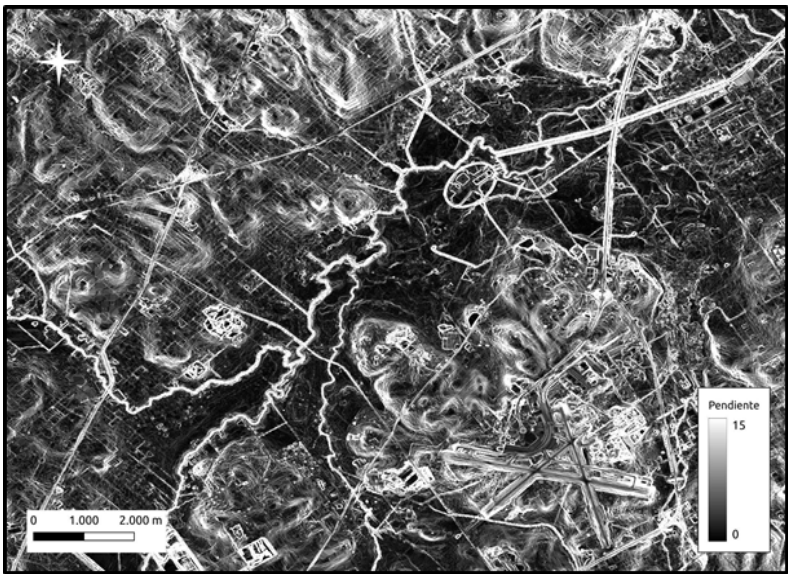


Figura 25. Mapa de pendientes de un sector del paleoestuario. Las pendientes están expresadas en grados.

Índice de Posición Topográfica

El Índice de Posición Topográfica (Topographic Position Index, TPI, Wilson y Gallant, 2000) se calcula para cada punto como la diferencia de elevación entre el punto y la elevación media de un entorno circular de una radio dado, centrado en el punto. Esta métrica cuantifica la concavidad o convexidad del terreno **(Figuras 27 y 28)** a una escala seleccionada. El producto TPI cumplió un rol importante en la identificación de geoformas y de los sectores donde actuaron procesos geomorfológicos marinos y fluviales. Se utilizó en la delimitación del paleoestuario y de las subunidad fluvial dentro de la planicie loéssica. Se computó a partir del MDE degradado a 10 metros.

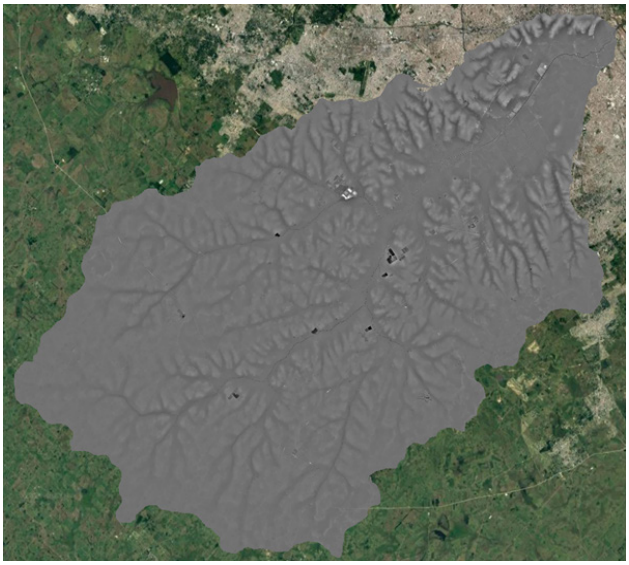


Figura 27. Índice de Posición Topográfica confeccionado a escala kilométrica.

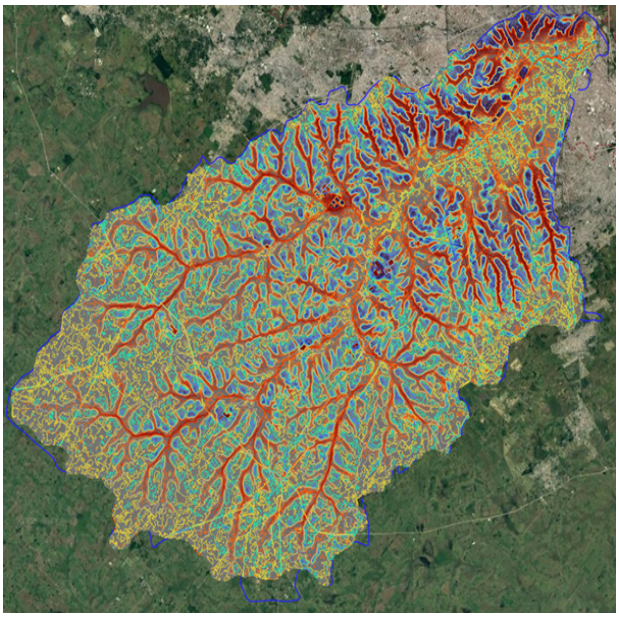


Figura 28. Curvas de nivel del TPI anterior. Aportaron información valiosa para la delimitación de las unidades de paisaje.

Profundidad de Valle

La profundidad de valle (Valley Depth, Figuras 29 y 30) es calculada como un derivado del MDE mediante el paquete SAGA (Conrad, 2015). Se calcula como la diferencia entre el MDE y un nivel de cresta interpolado y permite quitar la tendencia general de la cuenca y observar los cursos con sus profundidades relativas al entorno, más allá de su cota absoluta respecto a un plano horizontal de referencia.

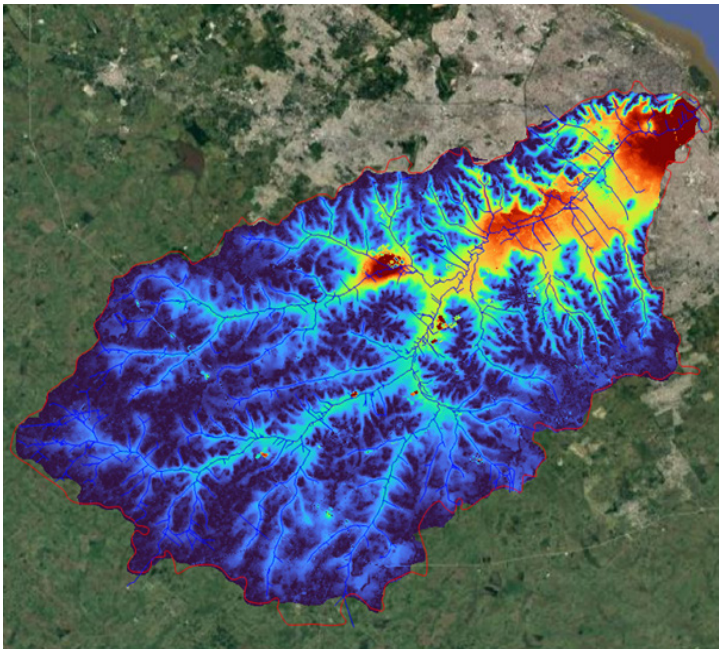


Figura 29. Profundidad de valle computada para toda la cuenca en formato raster. Se observan anomalías relacionadas con rellenos sobre el arroyo Morales que el algoritmo interpreta como crestas.

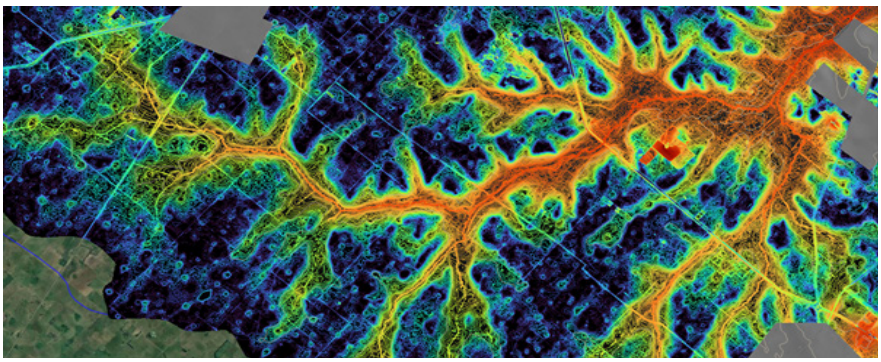


Figura 30. Detalle de curvas de nivel derivadas del raster de profundidad de valle computado evitando zonas urbanas y rellenos sanitarios. Estas curvas permiten apreciar la profundidad de una planicie de inundación relativa a su entorno.

Índice Topográfico de Humedad (Topographic Wetness Index, TWI):

El índice topográfico de humedad ha demostrado ser muy útil para la identificación de humedales. El mismo se calcula en función de la pendiente y el área de aporte que escurre por cada punto (Beven y Kirkby, 1979). El cálculo del área de aporte de cada punto puede ser estimado directamente a partir de un modelo digital de elevación, pero esta estimación suele incurrir en errores de gran magnitud asociados con la falta de incorporación del escurrimiento que se da por debajo de puentes y por medio del sistema de alcantarillado

transversales en rutas y caminos, llevando a estimaciones erróneas. El uso adecuado de este índice requiere del desarrollo de un modelo de escurrimiento superficial que supera los objetivos del presente trabajo. Por este motivo no utilizamos el TWI en el desarrollo del presente inventario.

Imágenes ópticas:

Se utilizó también el software Google Earth que permite observar imágenes satelitales ópticas de diferentes fechas para la zona de estudio. La primera imágen de alta resolución disponible para el paleoestuario es del 1/5/2002 y corresponde a una crecida del río Matanza. La serie completa cuenta con casi 50 imágenes sin nubes que permiten observar la zona de estudio en detalle y en diferentes condiciones fenológicas, hídricas y climáticas. En particular, algunas imágenes consultadas frecuentemente fueron: 05/2002, 09/2002, 07/2014, 08/2015, 02/2016, 07/2018, 11/2018, 11/2019, 03/2022, 07/2022.

La utilización de series de tiempo de imágagenes conforma una herramienta importante para el estudio de los humedales. Las imágenes ópticas, sin embargo, presentan limitaciones serias relacionadas con la imposibilidad de estos sistemas de observar la presencia de agua por debajo de vegetación densa. Además, no penetran las coberturas nubosas con lo que en general se trabaja con series irregulares (por las fechas faltantes), denominadas series multitemporales.

Figura 31. Imagen óptica de Río Matanza desbordado. Fecha: 24/07/2014

La **Figura 31** contiene una imágen satelital óptica que fue tomada el 24 de julio de 2014 y muestra río Matanza completamente desbordado y a su planicie de inundación anegada, incluyendo sectores urbanizados. En los bosques adyacentes al cauce principal se puede apreciar las limitaciones de los sistemas ópticos para evidenciar el agua debajo de la vegetación.

Otros sistemas ópticos satelitales, como Landsat y Sentinel 2 **(Figura 32)** tienen menor resolución espacial pero mayor regularidad en la captura de datos y más bandas. En particular, las bandas correspondientes al infrarrojo resultan muy útiles.

Figura 32. Imágen Sentinel 2, mostrando un sector al sur de la ciudad de Las Heras.

Figura 33. El procesamiento de series multitemporales de imágenes ópticas permite derivar productos que resaltan los recorridos del agua. Procesamiento descrito en el texto.

Damos dos ejemplos de los procesamientos realizados con la serie descargada de imágenes Sentinel 2. La serie consiste de 97 imágenes ópticas Sentinel-2 sin nubes conseguidas para la zona de estudio. Para cada píxel de cada imágen se computaron índices como el NDVI y el MNDWI, entre otros. Un primer producto derivado de la serie puede observarse en la Figura 33. Cada píxel de esta imágen resume la información de la serie completa de valores NDVI de ese píxel con tres estadísticos –los percentiles 20, 50 y 70 de la serie– que fueron puestos en los canales RGB (por rojo, verde y azul en inglés) y finalmente ecualizados para una mejor visualización. Otro producto derivado de la serie de MNDWI es el promedio de esos valores y puede observarse en las **Figuras 34 y 35.**

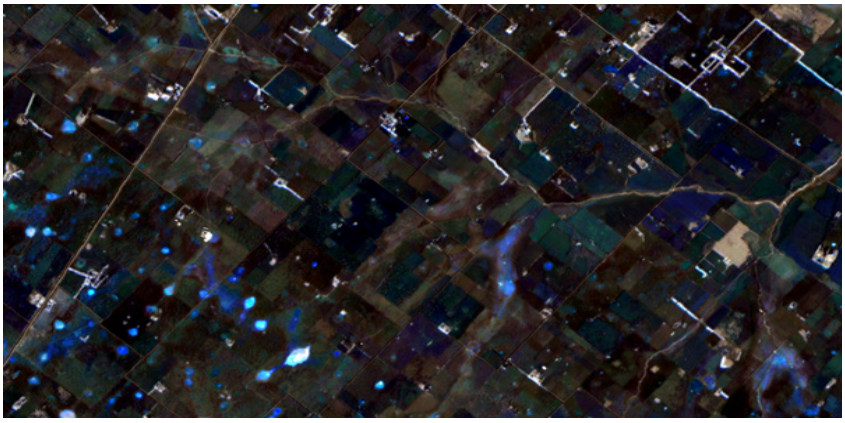


Figura 34. Frecuencia de inundación computado a partir del índice de agua modificado MNDWI (Xu, 2005) y 97 imágenes Sentinel-2.

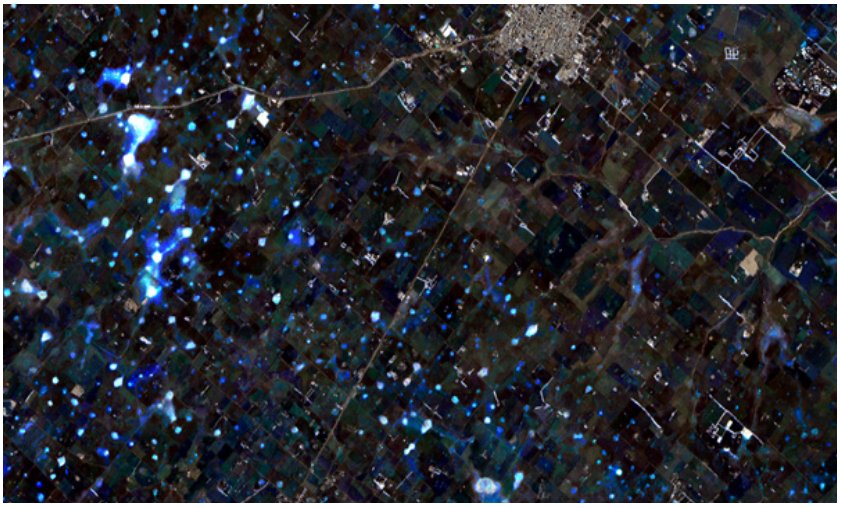


Figura 35. Análogo a la figura anterior, para una área más extensa de la divisoria de aguas.

También se utilizaron para análisis puntuales imágenes Sentinel-1 y ALOS y se observaron algunas imágenes SAOCOM de la zona de estudio. Sin embargo no se sistematizó su utilización en este trabajo.

Grillado para revisión sistemática

Para cubrir el espacio de manera homogénea y no dejar sectores menos estudiados que otros, se grillo la zona de estudio (Figura 36) y se procedió a la revisión sistemática de cada elemento de la grilla tanto en el estudio de las series de tiempo como en el análisis de los productos mencionados anteriormente.

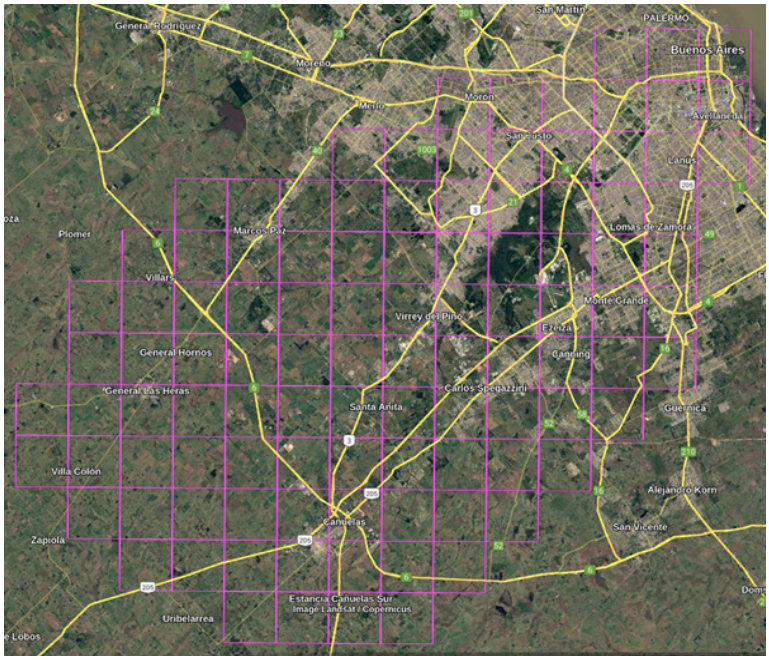


Figura 36. Grilla cubriendo la zona de estudio utilizada para un relevamiento sistemático de la información.

ANEXO D - Desafíos metodológicos

En este Anexo recopilamos brevemente algunos de los desafíos metodológicos que consideramos pendientes de resolución y centrales para el avance en el inventario de humedales.

El problema de los indicadores.

Uno de los aspectos en los que consideramos fundamental avanzar es en el establecimiento de indicadores a campo que permitan discriminar objetivamente los ambientes de humedal de los ambientes terrestres. Esta discriminación, siguiendo con la definición de humedal propuesta, debería estar basada en el estudio de la dinámica del agua en el sitio de estudio, en la vegetación presente (o, más en general, de la biota presente) y en rasgos de los suelos presentes. Como es sabido, los indicadores de humedales a utilizar no son universales y requieren ser establecidos cuidadosamente para cada región específica.

Tal como se explica en el Anexo A, una planta puede ser indicadora de humedal en una región y no en otra (Chadde, 2013); En el Anexo B discutimos cómo un rasgo de hidromorfismo puede indicar la presencia de un suelo hídrico en un contexto y no en otro (USDA, NRCS, 2018). Queda mucho trabajo por hacer para establecer indicadores que permitan determinar objetivamente si se está frente a una unidad de humedal y delinear su contorno unívocamente (Tiner, 2016). El desarrollo de estos indicadores a campo debe ser realizado para cada región, para cada sistema o incluso en algunos casos para cada unidad de paisaje. Esto requiere un extenso trabajo de campo y el acuerdo de diferentes actores, con lo cual es un proceso que podría tomar aún un tiempo considerable. Consideramos que es prioritario avanzar en el desarrollo de estos indicadores.

Limitaciones de la teledetección para el estudio de hidroperiodos:

El problema del estudio del hidroperíodo tampoco está resuelto. El mismo puede ser inferido a partir series de datos hidrológicos, del trabajo de campo, el conocimiento del terreno, descripciones bibliográficas y la interpretación de imágenes satelitales, manteniendo cierto grado de incertidumbre. El uso de sensores de nivel de agua (tanto subterránea como superficial) in-situ aporta información valiosísima para el estudio de la dinámica del agua y del hidroperíodo. Sin embargo, en la mayoría de los casos no hay registros históricos y la instalación de sensores y el posterior relevamiento de información requiere de un enorme esfuerzo y demora varios años[6].

La teledetección tanto óptica como de radar ofrece una alternativa interesante ya que cada vez es más sencillo encontrar series de tiempo de imágenes de un sitio de estudio con varios años de información. Sin embargo, la teledetección presenta aún limitaciones técnicas para determinar la presencia de agua en superficie en zonas vegetadas y, más aún, para determinar zonas anegadas donde el suelo está saturado de agua pero sin la presencia de agua libre. Esto dificulta la determinación del hidroperíodo para diferentes unidades.

[6] En este sentido se destacan las iniciativas que están desarrollando en el partido de General Las Heras, por un lado ACUMAR en conjunto con el Instituto Nacional del Agua (INA) y por el otro el 3iA-UNSAM en conjunto con la CONEA: en enero 2023 ambos grupos iniciaron, en diferentes sectores, el monitoreo de niveles estáticos de agua superficial y subterránea en cubetas y de agua superficial en arroyos a fin de elaborar el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico de humedales a escala de detalle.

En ese sentido es promisoria la tarea que lleva adelante la CONAE con su satélites SAOCOM 1A y 1B que indican que en el futuro próximo podrá ofrecer series temporales de mapas de humedad del suelo para la CMR (Frulla y Milovich, 2021), evitando tener que monitorear in-situ el contenido de agua de las unidades durante un período lo suficientemente largo como para abarcar la heterogeneidad del comportamiento hídrico de las unidades. Consideramos que es pertinente profundizar en los estudios relacionados con el problema del uso de herramientas de teledetección (tanto óptica como de radar) para el estudio del hidroperíodo.

Humedales artificiales y artificializados:

La incorporación de los humedales artificiales (humedales antrópicos creados en ambientes terrestres) y de los humedales artificializados (resultantes de modificaciones antrópicas de sitios de humedales) requiere un trabajo de conceptualización que no se ha completado aún. En los sectores urbanos y periurbanos cada vez es más frecuente encontrar este tipo de ambientes, cuya caracterización se aleja de la de los ambientes naturales, cuyo funcionamiento es diferente y cuya tipología aún no ha sido adecuadamente definida.

Estos humedales incluyen zanjas y canales artificiales, pero también muchos de los arroyos que han sido profundizados, modificando su régimen hídrico y su funcionamiento como humedales.

También incluyen cavas que son el resultado de la explotación minera en forma de canteras a cielo abierto de las que se obtienen áridos. Al finalizar la vida útil de una cantera, su abandono genera serios problemas ambientales y de seguridad relacionados con la destrucción del paisaje, la acumulación de residuos, la contaminación de acuíferos y el riesgo de ahogamiento por parte de la población. Su estado de conservación, su relación con el agua superficial y subterránea y su impacto ambiental merecen ser estudiados detenidamente.

Otro tipo de humedales artificializados son las lagunas creadas en barrios privados, generalmente construidas sobre antiguos humedales y cuya tierra se utiliza para elevar los terrenos aledaños para el desarrollo inmobiliario. Estos movimientos de suelos generan cambios en el régimen hídrico de enorme impacto.

Esta categoría de humedales abarca elementos muy diversos, cuya clasificación y caracterización escapa a los objetivos del presente trabajo pero consideramos que su conceptualización merece especial atención.

Unidades y subunidades de paisaje de la CMR:

Recordemos que según la Propuesta de un marco conceptual y lineamientos metodológicos para el Inventario Nacional de Humedales (Kandus y Minotti, 2018), las Unidades de Paisaje de Humedales son áreas con humedales definidas principalmente a partir del relieve en términos de génesis, posición topográfica general, dinámica hídrica superficial y subterránea y por la interacción de estas características con la vegetación,

los suelos y los usos del suelo. Cada una de estas unidades presenta homogeneidad en la oferta de emplazamientos geomórficos para humedales lo que posibilita el desarrollo de una tipología de humedales para cada unidad.

Este enfoque hace que los humedales sean pensados y estudiados en relación con el contexto en el que ocurren, y genera insumos adecuados para el ordenamiento ambiental del territorio y su gestión, que no pretenden ordenar ecosistemas aislados, sino ubicados en su contexto de paisaje.

El concepto de Paisaje de Humedales es versátil y puede ser aplicado de diversas formas a un mismo territorio. En algunos sectores ocurre que los mismos tipos de humedales aparecen con distintas configuraciones espaciales y distinta frecuencia relativa. Una posibilidad, en esos casos es definir una sola Unidad de Paisaje con dos (o más) Subunidades dentro que permitan dar cuenta espacialmente de esta heterogeneidad. En estos casos, la Unidad de Paisaje tiene una única tipología de humedales que se expresa de diferentes maneras, por ejemplo con diferentes abundancias relativas, en cada Subunidad de Paisaje. Un ejemplo de esto último lo podrían conformar la Planicie loéssica fluvializada y la Divisoria de aguas.

También podría pensarse que la Planicie loéssica fluvializada y la Divisoria de aguas son en realidad dos Unidades de Paisaje distintas y no simplemente subunidades. Esta discusión no está zanjada y, en todo caso, debe darse a otra escala, mirando todo el Sistema de Paisajes de forma integral y no solamente la Cuenca Matanza-Riachuelo.

La interacción de los paisajes urbanos con los paisajes de humedales no tiene una sola forma de resolverse. Una posibilidad es tratar a los sectores urbanos como Paisajes de Humedales en sí mismos, o incluso como Subunidades de Paisaje, dentro de una Unidad definida a partir de la geografía física (relieve, etc). En este último caso, la Unidad de Paisaje se define ignorando la urbanización, tal como hicimos en el caso de la Planicie Loéssica y el Paleoestuario.

A los fines de este inventario, el paleoacantilado fue incluído principalmente dentro del Paleoestuario. Desde una mirada regional, podría considerarse que este paleoacantilado constituye una unidad de paisaje en sí misma, con su homogeneidad en la oferta de emplazamientos geomórficos para humedales y su tipología de humedales propia. Incluso la vegetación del paleoacantilado es distintiva, ubicándose allí los talares de barranca, una de las formaciones más importantes de los bosques nativos bonaerenses. Como dijimos anteriormente, esta discusión permanece abierta y, en todo caso, debe darse a la escala adecuada, considerando todo el Sistema de Paisajes de forma integral y no una sola cuenca.