



# Clasificación geológica-geomorfológica de los humedales de Argentina

**Fernando Xavier PEREYRA<sup>1,2</sup>, Deborah Belén RAGAS<sup>1,3</sup> y María Clara CORNACCHIA<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ambiente y Turismo, Universidad Nacional de Avellaneda.

<sup>2</sup> Dirección de Geología Ambiental - Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: fpereyra@undav.edu.ar

**Editor:** Francisco E. Córdoba

Recibido: 22 de abril de 2020

Aceptado: 8 de septiembre 2021

## RESUMEN

Los humedales son ecosistemas que proporcionan a la humanidad recursos y servicios de gran importancia, como reguladores de inundaciones, estabilización de costas y protección contra tormentas, depuración de aguas, entre otros. Asimismo, constituyen un componente vital de la cadena trófica, hábitat y reservorio genético de especies. La mayor parte de las clasificaciones de humedales se basan en criterios ecológicos o variables que incluyen aspectos hidromorfológicos. Las mismas, no consideran adecuadamente los procesos que dan origen a los humedales y que por lo tanto regulan su funcionamiento. Los aspectos geomorfológicos y geológicos poseen un rol central, por lo que pueden ser utilizados con éxito como criterios de clasificación. En Argentina, los humedales ocupan una superficie considerable y generalmente los geólogos no se han involucrado en su estudio proporcionalmente a su relevancia. En la presente contribución se plantea una propuesta de clasificación de los humedales de Argentina, basada en criterios geológico-geomorfológicos. Identificar y delimitar las unidades geomorfológicas y geoformas en las cuales se ubican los humedales es imprescindible para comprender los mecanismos y la dinámica de estos ambientes, además de conocer el efecto de las presiones ambientales. Los tipos principales propuestos son: A) Litorales marinos, B) Fluviales, C) Mixtos (entre ambientes fluvial y litoral-marino), D) Eólicos, E) Lacustres, F) Glaciarios, G) Volcánicos, H) producto de Remoción en masa, I) Kársticos, J) Antrópicos y K) Poligenéticos. Se describen los tipos y subtipos diferenciados, sus principales características y distribución en el país, a la vez que se brindan ejemplos de los principales tipos propuestos.

**Palabras clave:** humedales, tipología, características geológico-geomorfológicas, Argentina.

## ABSTRACT

*Geological-geomorphological wetlands classification of Argentina.*

Wetlands are ecosystems that provide humanity with very important resources and services, such as flood regulation, coast stabilization and protection against storms, water purification, among others. Likewise, they constitute a vital component of the trophic chain, habitat and genetic reservoir of species. Most of the wetland classifications are based on ecological or variable criteria that include hydromorphological aspects. They do not adequately consider the processes that give rise to wetlands and that therefore regulate their operation. Geomorphological and geological aspects have a central role, so they can be used as a classification criterion successfully. In Argentina, wetlands occupy a considerable surface; nevertheless, geologists have generally not been involved in their study in proportion to its relevance. In this contribution, a proposal for the classification of Argentine wetlands based on geological-geomorphological criteria is proposed by identifying and delimiting the geomorphological units that give rise to wetlands is essential to understand the mechanisms and workings of the dynamics of these environments, in addition to knowing the effect of environmental pressures. The main types proposed are: A) Marine littorals, B) Fluvial, C) Mixed (fluvial and littoral-marine environments), D) Aeolian, E) Lacus-

trine, F) Glacial, G) Volcanic, H) Mass wasting, I) Karst, J) Anthropic and K) Polygenetic. The differentiated types and subtypes, their main characteristics and distribution in the country are described, while providing examples of the main types distinguished.

**Keywords:** wetlands, typology, main geologic-geomorphic features, Argentina

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son considerados los ecosistemas más productivos del planeta con un papel primordial en los ciclos de la materia y el mantenimiento de la calidad del recurso hídrico (Ramsar 1990). Constituyen un componente vital de la cadena trófica, hábitat y reservorio genético de muchas especies, representando un valor biológico en sí mismo. A nivel hidrológico y ecológico constituyen reservorios de agua y favorecen la recarga de acuíferos debido a su función colectora en el ciclo del agua, por aportes de precipitaciones (lluvia, nieve o granizo), arroyos, ríos, aguas subterráneas o incluso la infiltración del suelo (Bergkamp y Orlando 1999). Por otro lado, contribuyen al mejoramiento de la calidad del agua gracias a la retención y remoción de nutrientes y contaminantes, siendo particularmente sensibles a cambios, independientemente de cuales sean las causas de los mismos. Según la Convención de Ramsar sobre los Humedales (2018) en las últimas décadas la tasa media anual de pérdida de humedales naturales se ha acelerado, superando a la de bosques naturales. Por otro lado, se observa una tendencia al aumento de humedales artificiales.

En Argentina, los humedales ocupan una superficie considerable; sin embargo, las ciencias geológicas se encuentran poco involucradas a su estudio, quedando en consecuencia los rasgos propios del medio físico algo soslayados, especialmente si se los compara con otros aspectos como, por ejemplo, los ecológicos.

Los humedales exhiben una variedad de ambientes cuyo factor característico es la presencia de sustrato saturado de agua, en forma permanente o periódica (Cowardin et al. 1979). La Convención sobre los Humedales (Secretaría de la Convención de Ramsar 2018) los define como “las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporarios, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad, en marea baja, no exceda de seis metros”. Si bien en una descripción suficientemente amplia, que incluye ambientes acuáticos continentales y la franja costera, desde el punto de vista geológico-geomorfológico y edáfico, se trata de una definición que engloba ambientes, relieves y procesos

geomorfológicos de funcionamientos muy diferentes. Esto hace que se dificulte y complejice el análisis de los mismos, y en consecuencia su posterior manejo.

La definición empleada en este trabajo coincide con la de Lisenby et al. (2019), que señalan a la geomorfología como un factor dinámico preponderante en la distribución de los humedales. Es por ello que surge la necesidad de clasificar los humedales en relación con los ambientes geomorfológicos y los procesos que les han dado origen, además de los factores bióticos y abióticos. Por lo tanto, identificar y comprender las relaciones procesos-forma de relieve (por ej., proceso fluvial-planicie aluvial) y sus plazos de ajuste, es decir los cambios en los umbrales de equilibrio que controlan las geoformas ya sean por causas de origen natural y/o antrópica, pueden ser factores significativos a la hora de conocer la dinámica de los humedales.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es realizar una clasificación de los humedales de Argentina que tenga en cuenta los rasgos fundamentales de su funcionamiento relacionados esencialmente con las características geológicas-geomorfológicas, y que puede aplicarse a todas las situaciones presentes. La debida comprensión del funcionamiento de los humedales permite evaluar la respuesta de los mismos ante nuevos y eventuales escenarios, como por ejemplo los relacionados al Cambio Climático. A su vez, constituye una base necesaria para una adecuada cartografía de los humedales, teniendo en cuenta los procesos geomorfológicos involucrados en su génesis.

## ANTECEDENTES

Los humedales se encuentran localizados en zonas cóncavas de baja elevación, con nivel freático alto, generalmente con mal drenaje (usualmente centripeto) y, por lo tanto, el agua se encuentra eventualmente retenida. Los suelos están saturados de agua durante un período de tiempo suficiente, en consecuencia, el exceso de agua y el bajo contenido de oxígeno determinan el desarrollo de la vegetación y de los suelos. Mayormente, los humedales son considerados como unidades ecológicas transicionales entre ecosistemas terrestres y acuáticos. Debido a esto su clasificación resulta compleja, ya que se forman en una variedad de entornos hidroló-

gicos, climáticos, bióticos y topográficos.

En la actualidad, la mayoría de los esquemas de clasificación de humedales se centran en la unidad "hidrogeomórfica", que intenta dar cuenta de la configuración física de un humedal. En el Manual de la Convención de Ramsar (Secretaría de la Convención de Ramsar 2006) se ha propuesto un Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales basado en 42 clases agrupados en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales. Aspectos ecológicos, hidrológicos, topográficos, fisiográficos y geográficos suelen ser utilizados en detrimento de términos geomorfológicos y geológicos, empleados generalmente de manera incorrecta o incompleta. Esto se debe principalmente a la reducida comprensión de los procesos geomorfológicos actuantes en los diferentes tipos de humedales (es decir, la falta de conocimiento sobre las relaciones procesos-forma del terreno), desconociendo otros aspectos o limitándolos a la topografía.

Benzaquen et al. (2017) regionalizaron los humedales del territorio nacional basándose esencialmente en el concepto de ecorregiones y de grandes regiones naturales cuya escala de análisis varía desde una escala regional (menor detalle) a unidades menores a escala local (mayor detalle). Por otra parte, Kandus et al. (2019) y Mulvany et al. (2019) desarrollaron inventarios de humedales desde el punto de vista regional y bajo el concepto de paisaje, para el Complejo Fluvio-Litoral del Bajo Paraná, y para la provincia de Buenos Aires, respectivamente. En cada una de las regiones diferenciadas por estos autores coexisten humedales de diferentes orígenes, sin embargo, no se tuvo en cuenta la génesis de los humedales presentes en cada una de ellas. Las escalas contempladas en ambos trabajos abarcan los cuatro niveles o escalas definidos en el Inventario Nacional de Humedales (INH; Kandus y Minotti 2018).

Entre las diferentes clasificaciones existentes pueden destacarse las de Cowardin et al. (1979), Convención Ramsar (1990), Semeniuk y Semeniuk (1995), Citron-Molero y Schaffer- Novelli (2004), Benzaquén et al. (2009), Patiño Quinchia (2015), entre otras. Sin embargo, criterios como los de Cowardin et al. (1979) no contemplan ambientes transicionales (como el caso de los subambientes litorales y fluviales). De igual manera, los autores del presente trabajo consideran que la clasificación de Semeniuk y Semeniuk (1995) resulta incompleta al excluir, por ejemplo, los ambientes glaciares por no considerarlos estrictamente constituidos por agua.

Sanz Donaire y Díaz Álvarez (1992) expresan la importancia de la geomorfología en el estudio de humedales y ofrecen una clasificación geomorfológica general. Por su parte, Brinson (1993 y 2004) plantea un sistema hidrogeomorfológico

(HGM), el cual contempla en forma más adecuada y consistente algunos aspectos geomorfológicos, sintetizando esencialmente a aquellos relacionados con la fuente, característica y circulación del agua. Ollis et al. (2015) también plantean un sistema basado en los aspectos HGM para los humedales sudamericanos, con tres niveles de diferenciación e incorporando atributos que llaman estructurales, algunos de ellos geomorfológicos. Otros autores como Dennis et al. (2005) y Grenfell et al. (2019) reconocen el importante rol de la geomorfología en la formación de los humedales, por lo que han propuesto clasificaciones desde el punto de vista geomorfológico focalizados en ambientes concretos. Recientemente, Lisenby et al. (2019) proponen la utilización de aspectos geomorfológicos para la clasificación de humedales en el sur de África considerando algunos factores semejantes a los utilizados en este trabajo.

## METODOLOGÍA

Para la clasificación que se presenta en esta contribución se han relevado los diferentes ambientes geomorfológicos presentes en Argentina (Pereyra 2020) para establecer un criterio de clasificación mediante el cual se identificaron y delimitaron unidades geomorfológicas en las cuales se han formado diferentes tipos de humedales.

En primer lugar, se delimitaron las regiones con mayor presencia de humedales, empleando el software libre QGIS versión 3.10.8 sobre la base de distribución de los suelos con régimen ácuico provenientes del INTA (1990), del libro *Soils of Argentina* (Rubio et al. 2019), imágenes satelitales obtenidas de la compilación correspondiente a la versión 7.3.3 de Google Earth, información geoespacial en formato vectorial según sitio de descarga del Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina (IGN) y observaciones propias de campo contrastadas con las distintas fuentes analizadas. Además, se utilizó el trabajo *Regiones Geomorfológicas de Argentina* (Pereyra 2020), así como el Mapa Geológico 1:2500000 (SEGEMAR 2019). En tal sentido, todos los sitios señalados y descritos en el texto son el resultado de observaciones propias de campo durante el transcurso de diferentes trabajos realizados por los autores (Pereyra 2018, 2020).

Por otro lado, se establecieron diferentes criterios de clasificación considerando en una primera instancia, el proceso geomorfológico actuante, y luego subdivisiones (dentro de los procesos) según las geoformas dominantes. Además de ello, se contempló la naturaleza de los sustratos geológicos, aspectos hidrogeológicos (posición y comportamiento del nivel freático y su asociación con los cursos y cuerpos de aguas

superficiales) y las características de los suelos presentes en cada tipo de humedal. En tal sentido, teniendo en cuenta la relación del contenido de humedad de los suelos con el nivel freático, se determinaron tres clases de suelos: ácuicos, hídricos y orgánicos. Si bien el nivel freático muestra variaciones estacionales se ha considerado, si en algún momento del año el suelo se encuentra saturado en agua, lo que se materializa en la presencia de un régimen ácuico. Por el contrario, se denominan suelos hídricos aquellos que solo presentan rasgos hidromórficos en profundidad, sin llegar a materializarse en el régimen ácuico. En tercer lugar, se clasifican como orgánicos los suelos sin régimen ácuico ni rasgos hidromórficos que tienen por lo menos 50% de materia orgánica en su volumen con diferente grado de composición. Por último, siguiendo el esquema de clasificación geológico-geomorfológico que se propone, se procedió a la identificación de sitios representativos a nivel nacional.

## RESULTADOS

### Bases para una clasificación geológico-geomorfológica de Humedales

Como es notorio, los humedales se encuentran presentes en una diversidad de ambientes geológicos y geomorfológicos. Tal diversidad, variabilidad y complejidad deben ser tenidas en cuenta al clasificarlos. En la figura 1 se esquematizan las distintas interrelaciones que originan y sostienen la formación de los humedales. Los factores más importantes a considerar son los procesos geomorfológicos, la asociación de geoformas, la morfología y morfometría y, finalmente, la morfodinámica. Esta última se refiere a qué tan activos son los procesos geomorfológicos actuantes. Los rasgos geomórficos son el resultado de procesos endógenos y exógenos en los cuales intervienen factores geológicos, climáticos y/o antrópicos. La geología determina las características hidrogeológicas, de forma tal que la posición del nivel freático y el sistema de flujo (regional y local) contribuyen a la existencia de humedales, aún en ambientes de clima árido (Custodio 2010). Los humedales constituyen áreas de descarga del nivel freático (aporte subterráneo) y al mismo tiempo, son áreas de inundación según el proceso geológico-geomorfológico e hidrológico considerado (aportes superficiales de sistemas fluviales, precipitación directa, ascenso freático, etc.).

La capacidad de infiltración en un ambiente determinado depende del suelo y la litología. Respecto a los suelos, la textura, la estructura, secuencia y tipos de horizontes presentes son factores de primer orden en la determinación de la infiltración y el balance escurrimiento/infiltración que se suma a los

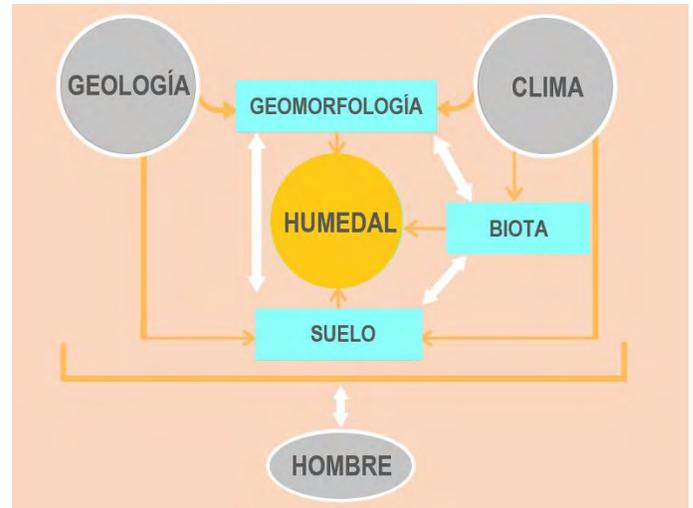


Figura 1. Múltiples relaciones complejas en la formación de humedales.

aspectos litológicos, señalados más abajo, modificándolos a veces en forma significativa (por ejemplo, presencia de horizontes Bt y Ckm). En cuanto a la litología, la permeabilidad de la roca influye sobre la circulación lateral y vertical. La litología junto con el clima y la hidrología determinan las propiedades químicas del agua, según el tiempo de contacto con las rocas y los sedimentos. A las mismas se suman la acción de la vegetación y otros organismos, y los procesos pedogenéticos actuantes si correspondieran. Asimismo, los factores geológicos, como la litología del sustrato rocoso y de los depósitos superficiales son centrales en relación a la permeabilidad y a la circulación lateral y vertical del agua, a lo que se suma, el hecho que las geoformas determinan las condiciones de drenaje (tanto en superficie como en los suelos).

Además, hay humedales que se forman sobre rocas, conformando un sustrato más impermeable, como por ejemplo ocurre en los humedales de las Islas Malvinas. Estos factores geológicos también son propuestos como criterios de clasificación.

Teniendo en cuenta la interrelación de estos factores previamente descritos se plantearon los criterios centrales de esta clasificación:

- a) La litología del sustrato (rocas o sedimentos) y las características de los depósitos sedimentarios (formaciones superficiales) asociados a las geoformas.
- b) Las características y tipos de suelos presentes (hidromórficos-ácuicos, hídricos, orgánicos o minerales).
- c) Las características del agua (dulce-salobre-salada), y si tienen o no conexión al mar (lo cual es el resultado del ambiente geomorfológico).
- d) El aporte principal del agua (superficial-subterránea) y la posición relativa del nivel freático (aspecto hidrogeológico).

co-hidrológico).

e) El tipo o tiempo de persistencia que mantiene el agua (permanente y/o temporaria).

f) Las geoformas presentes (distinguiendo si se trata de geoformas de acumulación o erosión).

g) La morfodinámica de los procesos geomorfológicos, pudiendo ser baja, moderada, variable o alta.

Es importante señalar que, si bien no han sido consideradas la tectónica y las estructuras geológicas como criterios de diferenciación, estas pueden poseer un rol importante en el modelado geomorfológico tanto en forma pasiva como activa. Por ejemplo, los bajos de Patagonia, en muchos de los cuales se forman humedales, parcialmente deben su origen a la tectónica, al igual que las playas salinas y limosas asociadas a las bajadas. Las estructuras (fallas, fracturas y diaclasas) también pueden controlar el flujo de agua a partir de vertientes y ser los conductos de al menos una parte del agua de los humedales. Asimismo, en los humedales que cuentan con aportes de aguas geotérmicas, las estructuras pueden jugar un papel decisivo. Por otro lado, la calidad y los tipos

de aguas se encuentran también condicionadas por factores geológicos, como por ejemplo las litologías aflorantes en las áreas de aporte.

Los resultados de la clasificación propuesta se sintetizan en el cuadro 1 mediante los subtipos y principales aspectos identificados para cada humedal presente en Argentina. Según los aspectos considerados, se identifican como principales ambientes y procesos geomorfológicos:

A) Litorales marinos, B) Fluviales, C) Mixtos (entre ambientes fluvial y litoral-marino), D) Eólicos, E) Lacustres, F) Glaciarios, G) Volcánicos, H) Remoción en, I) Kárstico, J) Antrópicos, K) Poligenéticos.

En la figura 2, se visualizan las principales regiones de humedales presentes en Argentina definidas a partir de la metodología propuesta considerando la geomorfología, hidrología y los suelos.

La dinámica geomorfológica que dio origen a la formación de un humedal puede haber tenido lugar bajo condiciones ambientales diferentes a las actuales. Sin embargo, el funcionamiento actual de los humedales está condicionado



Figura 2. Distribución de humedales en Argentina según el criterio geomorfológico propuesto.

por ese origen. De todas formas, la clasificación propuesta contempla esencialmente a los humedales formados por procesos actuales activos. Grandes variaciones climáticas con consecuencias geomorfológicas tuvieron lugar en tiempos geológicos recientes (Pleistoceno superior-Holoceno), como las fluctuaciones de los glaciares y del nivel del mar, afectando a gran parte del territorio argentino (Brinson 2004, Benzaquen et al. 2017). Consecuentemente, se ha considerado que la mayor parte del relieve relacionado a los humedales se ha formado o modificado en tiempos recientes, por lo que los rasgos geomorfológicos de los mismos reflejan procesos relativamente actuales.

### Distribución y principales características de los humedales diferenciados en Argentina

La gran diversidad geológica y ambiental del país resulta en la presencia de numerosos tipos de humedales. El bajo relieve relativo de la mayor parte del territorio nacional, la importante superficie compuesta por llanuras de diversos orígenes geomorfológicos y la gran variabilidad geológica-geomorfológica, coadyuvan a esta situación. En las figuras 3, 4 y 5 se observan algunos de los tipos de humedales diferenciados en Argentina en diferentes contextos geomorfológicos. Según la estimación que se realice (por ej., presencia dominante de suelos hidromórficos), se calcula que más del 15 % del territorio de Argentina puede ser considerado como un humedal (INTA 1990).

Los Humedales Litorales marinos (A) (Cuadro 1) son muy variados y frecuentes, si bien, teniendo en cuenta que la costa argentina es predominantemente de tipo erosiva, salvo en contados casos no ocupan grandes superficies. Los más destacados arealmente son en su mayoría sitios RAMSAR como los localizados en la Bahía de Samborombón, laguna de Mar Chiquita (en Buenos Aires), Bahía Anegada-San Blas, etc. En general, salvo que se trate de geoformas relicticas, asociadas a niveles del mar más alto en el pasado, estos humedales muestran conexión permanente con el mar.

Los subtipos diferenciados son: 1) Humedales en Planicies de marea (A1), como por ejemplo en la costa del Río de la Plata (geoformas relicticas) y en las Bahías de Samborombón y San Sebastián (geoformas actuales); 2) Humedales en Canales de marea (A2), en la costa del Río de la Plata, y la Bahía de Samborombón en Buenos Aires (geoformas relictica y actual, respectivamente); 3) Humedales en Depresiones intercordones (A3), como en la zona litoral de la provincia de Buenos Aires comprendida entre la Bahía de Samborombón y Punta Médanos, o en la zona al sur de Bahía Blanca; 4) Humedales en Depresiones Interdunares Costeras (A4), que pueden observarse en la Costa Sur de la Provincia de Buenos

Aires (por ej. en la zona de Monte Hermoso); y 5) Humedales en Albuferas y lagoons (A5), de las que destacan como albuferas la Laguna de Mar Chiquita en la costa bonaerense y las de San Julián, en Santa Cruz (Fig. 2). Lagoons o lagunas litorales en la costa argentina no se encuentran, pero son frecuentes en el litoral atlántico uruguayo y en el sur de Brasil, donde alcanzan grandes dimensiones. Los sustratos en estos humedales suelen ser arenosos en las playas y depresiones interdunares, y en el resto, limo-arcillosos. En lagoons la morfodinámica no suele ser muy importante y predominan los procesos de acumulación, mientras que en los subtipos anteriores la morfodinámica es mayor y pueden alternarse los procesos de erosión y depositación, como en las planicies de marea y canales de marea.

Finalmente, los Humedales en costas rocosas (A6), como por ejemplo en bahías y ensenadas menores y/o en plataformas de abrasión, poseen características particulares, tanto por el sustrato (rocoso) como por su conexión directa con el mar. Ejemplos de los mismos se observan en la zona de Bahía Bustamante-Camarones en Chubut, en la zona de Puerto Deseado y Piedra Buena- puerto Santa Cruz, ambas en la provincia homónima. Domina la erosión, y la dinámica geomorfológica es elevada, mientras que los sustratos son rocosos.

En la mayor parte de los Humedales litorales marinos la conexión con el océano se produce en relación a la dinámica mareal, y en las formas relicticas, como por ejemplo en los antiguos canales de marea, tal cual sucede en la costa del Río de la Plata, asociados a la ingresión marina holocena. El aporte del agua de lluvia, a través de los cursos que desembocan en ellos y/o del nivel freático, se suma a la fuente marina, por lo que es frecuente la mezcla de aguas saladas y dulces en los humedales señalados. Es importante destacar que existen numerosos tipos de humedales de ambientes costeros en otras regiones del mundo que no se han mencionado en este trabajo ya que no aparecen en las costas argentinas.

Desde el punto de vista de la superficie involucrada en Argentina, predominan ampliamente los Humedales Fluviales (B) en sus diferentes variedades (Cuadro 1, Fig. 3). En conjunto, los humedales fluviales superan el 50 % del total de humedales del país. Dentro de este tipo, los principales son los Humedales en Paleocauces (B6), que incluyen a los llamados "esteros" de los ríos Pilcomayo, Paraná, Bermejo, Paraguay y los Esteros del Iberá (el mayor de Argentina y el segundo de América del Sur) (Fig. 3a). Estos ejemplos se ubican en la Llanura Chaqueña y en la Mesopotamia. Estos humedales se han formado a partir de grandes abanicos aluviales antiguos asociados a la Orogenia Andina y la formación de las Sierras

Subandinas, y a la tectónica neógena de Plateau Misionero y su prolongación en Brasil y Paraguay. En estos humedales, grandes superficies se encuentran anegadas en forma permanente.

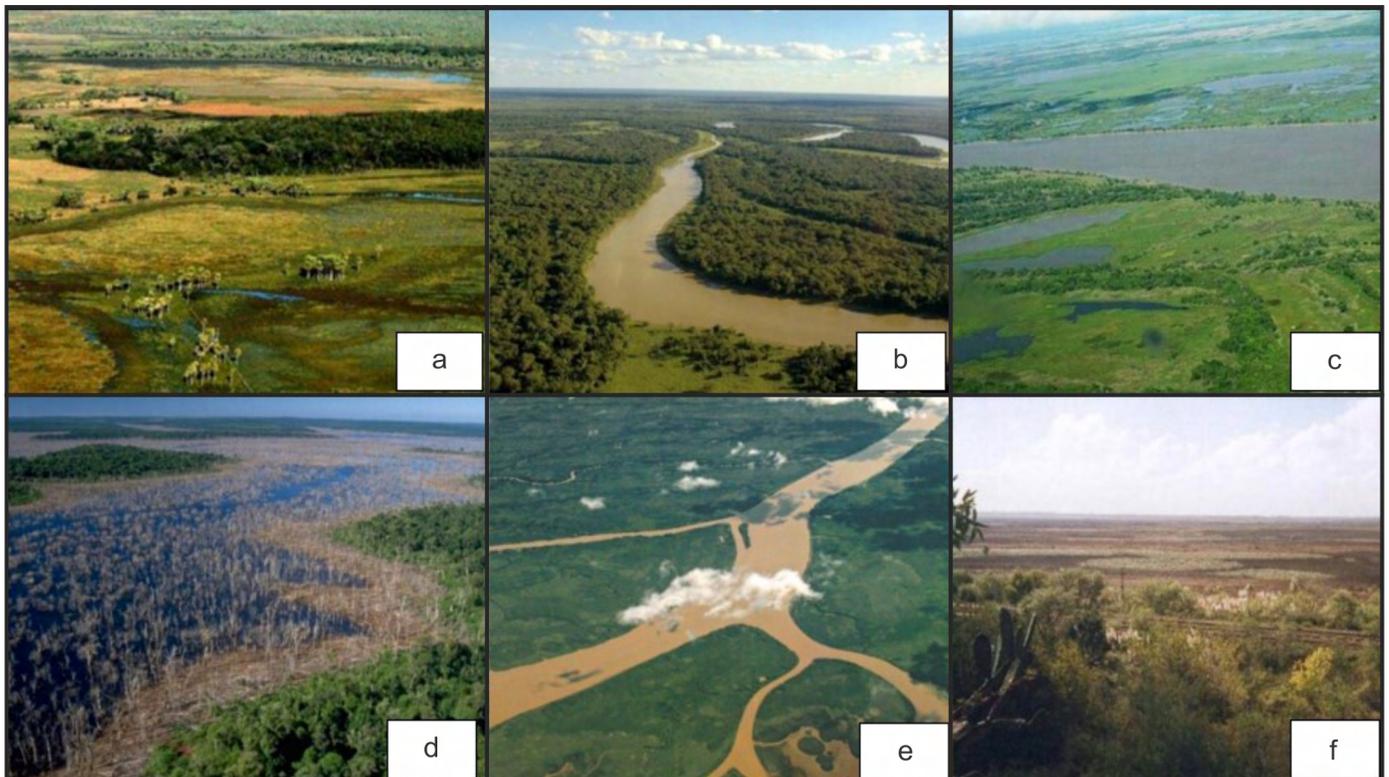
Luego se encuentran los Humedales en Planicies aluviales (B1), especialmente importantes en el tramo medio del Río Paraná (entre Corrientes y Rosario) y en sectores del Río Pilcomayo (provincias de Salta y Formosa), entre otros. Asimismo, de dimensiones más modestas, pero aún significativas, se encuentra este tipo de humedales en los principales cursos patagónicos, como en el caso de los ríos Negro, Chubut, Colorado y Santa Cruz; así como en los ríos Dulce, Salado del Norte y Salado de Buenos Aires.

Dentro del subtipo de Humedales en Terrazas fluviales (B3) se destaca ampliamente el caso del Río Paraná, también en su tramo medio. En todos estos casos, el anegamiento se produce por desborde de los cursos fluviales y la presencia de niveles freáticos permanentemente altos, ya que se trata en general de zonas de descarga de los mismos.

En ambientes más áridos, vinculados a la acción pedemontana asociada a la Orogenia Andina se forman extensas bajadas. En las mismas se encuentran los Humedales en Abanicos aluviales (B4) (como en los ríos Salado del Norte,

Dulce, etc.), los Humedales en Bajadas distales (B5) (como en Sierras Pampeanas, Cordillera Frontal y Precordillera) y, finalmente, los más extensos, los Humedales en Playas (B5) tanto salinas como limosas (frecuentes en la Puna, Sierras Pampeanas y Cordillera Oriental). Solo este último tipo de humedales presenta sectores anegados en forma permanente. Un rasgo característico de estos humedales es la alta salinidad de las aguas y, en algunos casos, el aporte de aguas geotermiales. Ejemplos de humedales en playas y lagos salinos son las lagunas de los Pozuelos y Guayatayoc en Jujuy, así como las zonas marginales de los diferentes salares, como los de Rincón, Pocitos y Arizaro en Salta. También se forman humedales de este tipo en la zona de la laguna de Llancanelo (Mendoza) y en las salinas de Córdoba y Santiago del Estero (por ej. Salinas de Ambargasta, San Bernardo y la Antigua).

Finalmente, dentro de los humedales fluviales, se encuentran ampliamente distribuidos los Humedales en Mallines-vegas-cañadones (B2). Si bien en comparación con los humedales de bajadas distales y playas (B5) no ocupan grandes superficies, y se forman en numerosas zonas del país como, por ejemplo, en las zonas Cordilleranas (Puna, Cordilleras Oriental, Frontal y Principal, entre otras) y en Patagonia Extraandina. En algunos sectores de este tipo de humedales



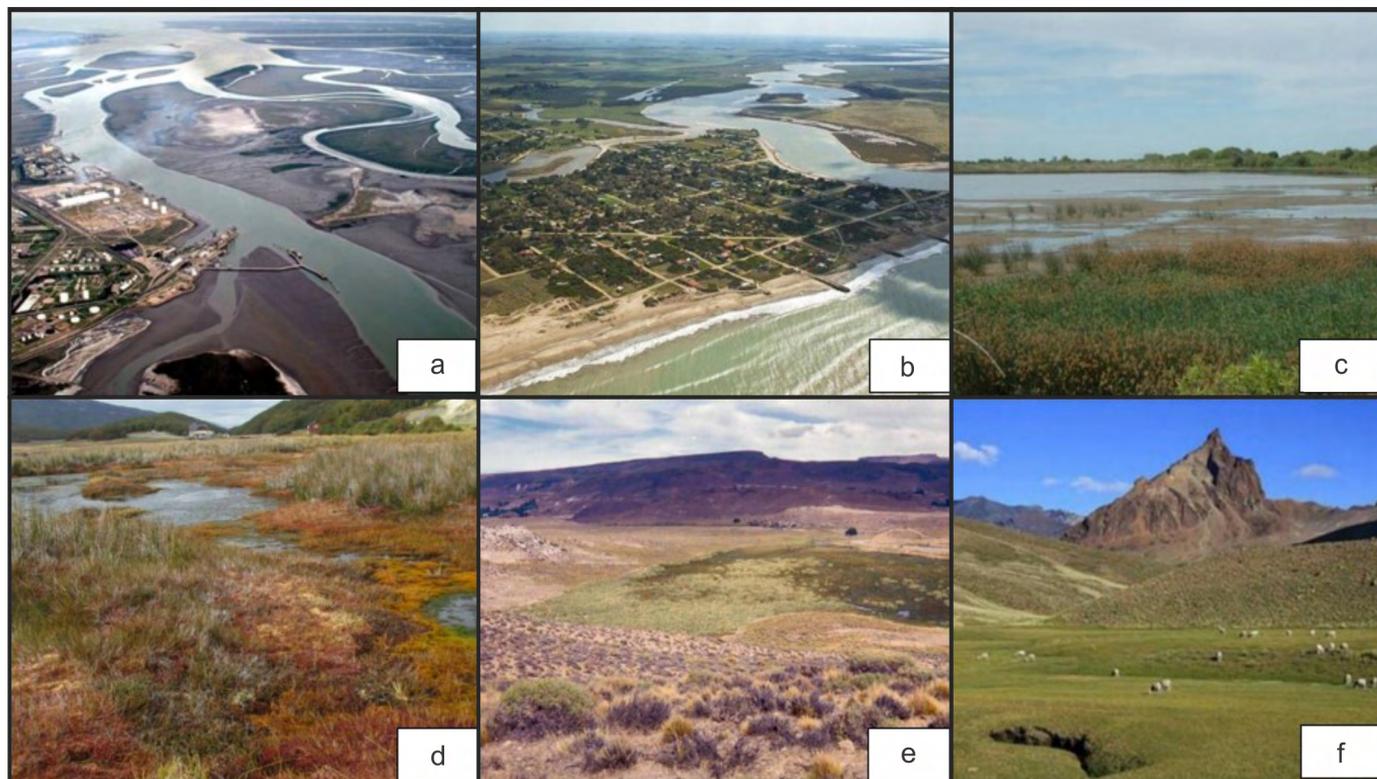
**Figura 3.** Fotografías de diferentes tipos de humedales; a) Esteros del Iberá, humedales en paleocauces fluviales (B6) (28° 00'S; 58° 06'O); b) Río Bermejo, humedales en planicies aluviales y terrazas fluviales (B1 y B3) (25° 41'S; 60° 02'O); c) Río Paraná, en el tramo medio, humedales fluviales de varios tipos (B1) (29° 07'S; 59° 34'O); d) Humedales en planicies aluviales y paleocauces en la provincia de Formosa (B1 y B6) (24° 58'S; 58° 15'O); e) Delta del Paraná, humedales mixtos planicies interdistributarias o deltáicas (C2) (34° 11'S; 58° 35'O); f) Campana (Buenos Aires) humedales mixtos, estuáricos-deltáicos (C1 y C2) (34° 14'S; 58° 53'O).

se encuentran suelos orgánicos (Histosoles) y también pueden aparecer importantes acumulaciones de tefras, como por ejemplo en la zona Cordillerana sur de Mendoza, Neuquén y Río Negro. A pesar de que las acumulaciones de tefra pueden aparecer en casi todos los humedales cercanos a volcanes, independientemente del origen de los mismos, solo en la región Andino Patagónica Norte y en la Puna, los mismos son especialmente notorios. En líneas generales se trata de los humedales ubicados a mayor altura, pudiéndose localizar a cotas superiores a los 4000 m s.n.m., por lo que pueden congelarse durante parte del año.

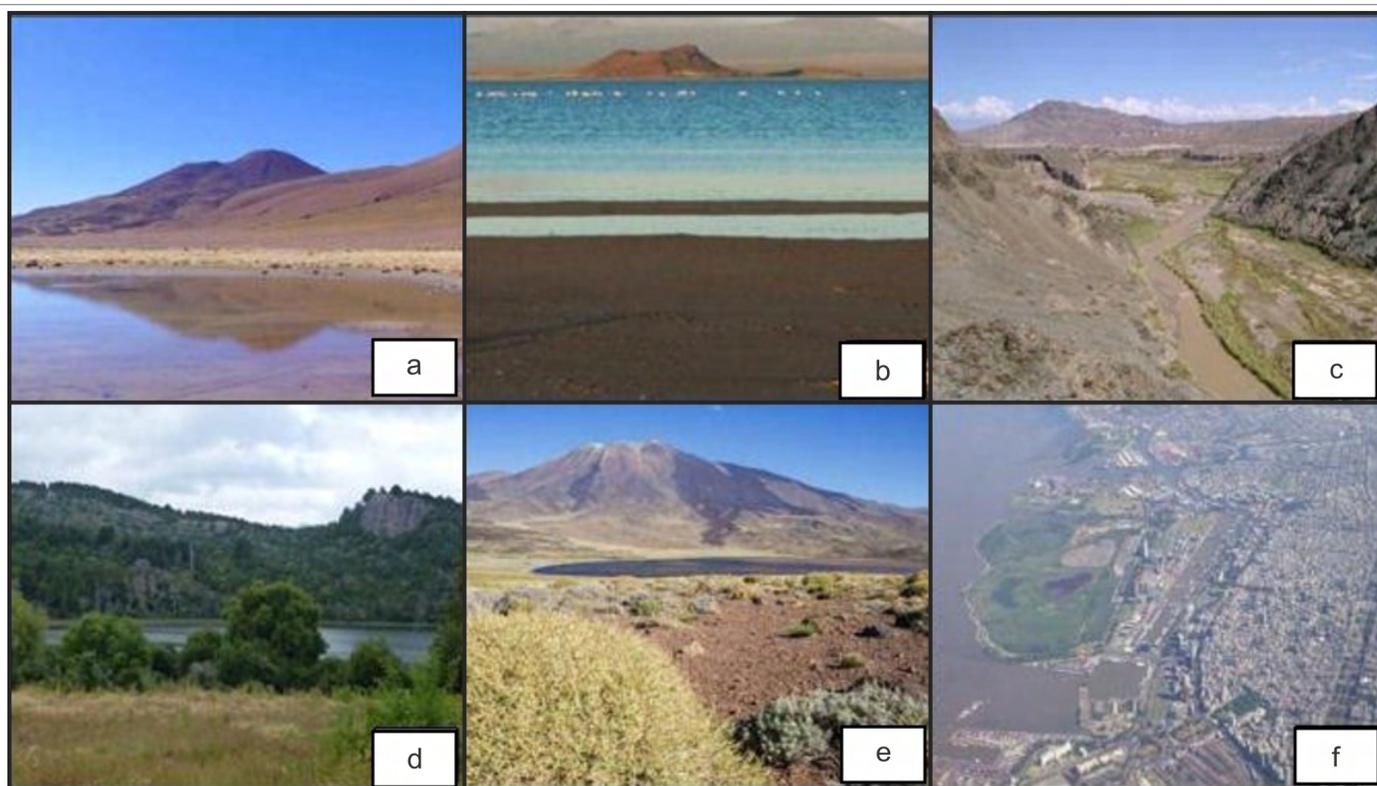
En general, los ambientes de humedales fluviales (B) poseen una morfodinámica elevada, donde los procesos de erosión y depositación tienen una acción moderada. En la Región Pampeana, la Llanura Chaqueña y Mesopotamia, predominan los sustratos inconsolidados, usualmente arenosos y limosos; mientras que en el resto del país los materiales del sustrato suelen ser más gruesos (gravas, bloques y arenas) y la morfodinámica es mayor.

Alcanzando mayor superficie en Argentina que los humedales de origen Litoral marino se encuentran los Humedales Mixtos (C) (Cuadro 1, Figs. 3e-f y 4a). Estos humedales muestran conexión temporaria con el mar y al tratarse de

geoformas mixtas (marinas-fluviales), se caracterizan por presentar gradientes de salinidad en las aguas y una dinámica principalmente mareal que se suma a la acción fluvial. Es posible diferenciar dos subtipos: los Humedales en Planicies estuáricas (C1) y los Humedales en Planicies interdistributarias (o deltaicas) (C2). Dentro de los mismos se destacan dos ejemplos, el estuario del Río de la Plata y el Delta del Río Paraná respectivamente (C1 y C2), siendo este último uno de los mayores humedales del país (Fig. 3e). Sin embargo, en ambos casos se trata de geoformas complejas ya que su actual funcionamiento se debe a un antiguo proceso marino (Iriondo 2005). Por lo tanto, a los subtipos C1 y C2 con sus geoformas características (cordones y planicies estuáricas y planicies interdistributarias, respectivamente) se suman geoformas marinas principalmente holocenas (Pereyra 2018), como planicies de marea y cordones litorales (generalmente de conchillas), e incluso dunas costeras. En líneas generales, ambos subtipos de humedales poseen gran variabilidad intrínseca, una activa morfodinámica y sustratos limo-arenosos. A los dos ejemplos anteriores se pueden agregar el estuario de Bahía Blanca (mal conocido como la "ría") (Fig. 4a) y el Delta del Río Colorado-Bahía Anegada al sur de la provincia de Buenos Aires. A la dinámica natural de estos sistemas,



**Figura 4.** Fotografías de otros tipos de humedales; a) Bahía Blanca, humedal mixto Estuárico (C1) (38° 46'S; 62° 25'O); b) Laguna de Mar Chiquita, Buenos Aires, humedal litoral marino (A5) (37° 39'S; 57° 24'O); c) Laguna de Lobos, Buenos Aires, humedales en cubetas eólicas, planicie loessica (D1) (35° 17'S; 59° 09'O); d) Tierra del Fuego, humedales en planicies glaciafluviales (F3) (54° 43'S; 68° 14'O); e) Humedales en mallines patagónicos, oeste de Río Negro (B2) (40° 42'S; 70° 04'O); f) Humedales en mallines patagónicos, con suelos orgánicos, Monte Zeballos, Santa Cruz (B2) (47° 01'S; 71° 42'O).



**Figura 5.** Fotografías de otros tipos de humedales; a) Humedales en zonas distales de bajadas, Laguna de Pozuelos, Jujuy (B5) ( $23^{\circ} 15'S$ ;  $65^{\circ} 55'O$ ); b) Humedales complejos, combinación de volcánicos y fluviales (distales de bajadas), Laguna de Llanquanelo, Mendoza (K1) ( $35^{\circ} 36'S$ ;  $69^{\circ} 07'O$ ); c) humedales fluviales en Precordillera de San Juan, río Jachal (B5) ( $30^{\circ} 11'S$ ;  $69^{\circ} 00'O$ ); d) Humedales en ambiente erosivo-deposicional glaciario, laguna Rosales, San Martín de los Andes, Neuquén (F4) ( $40^{\circ} 07'S$ ;  $71^{\circ} 20'O$ ); e) Humedales volcánicos, cerro Tromen, Neuquén (G2) ( $37^{\circ} 06'S$ ;  $70^{\circ} 02'O$ ); f) Humedales antrópicos, Reserva de Costanera Sur, Ciudad de Buenos Aires (J1) ( $34^{\circ} 35'S$ ;  $58^{\circ} 22'O$ ).

se suma en los casos señalados (excepto el último) una muy fuerte presión antrópica, por lo que se trata de los humedales más vulnerables de Argentina (gran urbanización, actividad portuaria muy importante e industrias fuertemente impactantes como la petroquímica).

Asociados a procesos eólicos pueden diferenciarse dos subtipos principales de humedales (Cuadro 1, tipo D). Los Humedales en Cubetas de deflación (D1), los cuales se relacionan a planicies loessicas. En este subtipo, las cubetas se forman durante períodos secos, como por ejemplo en la Región Pampeana durante las glaciaciones, el Tardiglacial y el Neoglacial (Benzaquén et al. 2017). Posteriormente, durante los períodos húmedos, con el ascenso del nivel freático, y sumado a una red de drenaje poco organizada y con muy bajas pendientes regionales, estas cubetas actúan como pequeñas cuencas endorreicas que concentran localmente el drenaje superficial y subsuperficial. Por lo tanto, numerosas lagunas menores y de dimensiones variables que fluctúan estacionalmente durante el periodo de lluvias, caracterizan la Región Pampeana. La coalescencia de estas cubetas puede derivar en humedales lacustres, como en las lagunas de Monte y Lobos, por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires. En algunos sectores, la disolución de los niveles subyacentes de calcre-

tes puede haber potenciado el desarrollo de estas geoformas, como ocurre en ciertos sectores al oeste de la provincia de Santa Fe, entre las latitudes de las ciudades de Rosario y Santa Fe. En general la morfodinámica es baja en este tipo de humedales, usualmente dominan los sustratos limosos, a veces con calcretes (que le confieren cierta coherencia) y en su mayor parte se trata de geoformas relicticas. Predomina la acumulación, tanto de sedimentos como de materiales orgánicos.

Por otra parte, asociados a los campos de dunas, se encuentran los Humedales en Depresiones interdunales (D2). Particularmente en la zona oeste de la provincia de Buenos Aires se han formado, en el Pleistoceno superior y Holoceno, grandes campos de dunas de diferentes tipos (Zárate y Tripaldi 2012). Estos campos de dunas, al interceptar la pendiente regional, interfieren por lo tanto la exigua red de drenaje, formándose numerosas cuencas endorreicas de pequeñas dimensiones que ocupan las depresiones entre las crestas de las dunas. La forma de las lagunas se vincula al tipo de duna, en este caso, coexisten tres tipos de dunas: longitudinales, parabólicas y transversales. En consecuencia, las lagunas son diferentes, teniendo mayor superficie las asociadas a dunas longitudinales, como por ejemplo, las lagunas Tunas

**Cuadro 1.** Principales características de los tipos y subtipos de humedales definidos sobre la base de criterios geológico- geomorfológicos.

Tipo	Subtipo	Geología-sustrato	Suelos	Agua (tipo)	Agua (fuente dominante)	Persistencia del agua	Erosión	Depositación	Morfo-dinámica
A- Litorales-marinos	A-1. Humedales en Planicies de marea	Arenosos	Ácuicos	salobre-salada	Superficial y freática	Permanente	Baja	Alta	Baja
	A-2. Humedales en Canales de marea	Arenosos	Ácuicos	salobre-salada	Superficial	Permanente	Moderada	Baja	Moderada
	A-3. Humedales en Depresiones intercordones	Limo-arcillosos	Ácuicos	salobre-salada	Superficial y freática	Temporaria	Baja	Baja	Moderada
	A-4. Humedales en Depresiones Interdunales	Arenosos	Ácuicos	salobre-salada	Superficial	Temporaria	Moderada	Baja	Moderada
	A-5. Humedales en Albuferas y Lagoons	Limo-arcillosos	Ácuicos	salobre-salada	Superficial	Permanente	Baja	Alta	Baja
	A-6. Humedales en costas rocosas	Rocoso	Ácuicos	salobre-salada	Superficial	Permanente	Alta	Baja	Alta
B- Fluviales	B-1. Humedales en Planicies aluviales	Arenosos limosos gravas o rocosos	Ácuicos e Hídricos	Dulce	Superficial y freática	Permanente	Alta	Alta	Alta
	B-2. Humedales en Mallines-vegas-cañadones	Gravas, bloques y arenas	Ácuicos, Hídricos y Orgánicos	Dulce	Superficial y freática	Temporaria o Permanente	Moderada	Moderada	Alta
	B-3. Humedales en Terrazas fluviales	Arenosos limosos	Ácuicos	Dulce	Superficial	Temporaria	Moderada	Baja	Moderada
	B-4. Humedales en Abanicos aluviales	Arenosos limosos	Ácuicos	Dulce	Superficial	Temporaria	Alta	Alta	Alta
	B-5. Humedales en Bajadas distales y Playas	Gravas Arenosos limosos	Ácuicos	Salada	Superficial	Permanente o Temporaria	Baja	Alta	Moderada
	B-6. Humedales en Paleocauces	Arenosos limosos	Ácuicos e Hídricos	Dulce	Superficial y freática	Permanente o Temporaria	Moderada	Baja	Variable
C- Mixtos	C-1. Humedales en Planicies estuáricas	Limo-arenosos	Ácuicos e Hídricos	salobre-dulce	Superficial y freática	Permanente	Baja	Alta	Alta
	C-2. Humedales en Planicies interdistributarias (deltaicas)	Limosos arenosos	Ácuicos, Hídricos y orgánicos	salobre-dulce	Superficial y freática	Permanente	Moderada	Alta	Alta
	C-3. Humedales en Cordones estuáricos	Limosos arenosos	Ácuicos	salobre-dulce	Superficial y freática	Permanente	Baja	Moderada	Moderada
D- Eólicos	D-1. Humedales en Cubetas de deflación	Limosos	Ácuicos	salobre-dulce	Freática	Temporaria o Permanente	Baja	Alta	Baja
	D-2. Humedales en Depresiones interdunales	Arenosos	Ácuicos	Dulce	Superficial y freática	Temporaria	Baja	Baja	Baja
E- Lacustres	Humedales en Planicies lacustres Y en Márgenes de Lagunas y lagos	Limosos Rocosos Gravas Arenosos Limo-arenosos	Ácuicos	Dulce-salobres-salinos	Superficial y freática	Permanente	Variable	Alta a moderada	Baja
F- Glaciario-criogénicos	F-1. Humedales en Depresiones morrénicas marginales	Rocosos y till	Ácuicos y orgánicos	Dulce – deshielo glaciar	Superficial	Temporaria o Permanente	Variable	Moderada	Moderada
	F-2. Humedales en Depresiones en morrenas de fondo	Rocosos y till	Ácuicos y orgánicos	Dulce – deshielo glaciar	Superficial	Temporaria o Permanente	Baja	Alta	Moderada

**Cuadro 1 Cont.** Principales características de los tipos y subtipos de humedales definidos sobre la base de criterios geológico- geomorfológicos.

Tipo	Subtipo	Geología-sustrato	Suelos	Agua (tipo)	Agua (fuente dominante)	Persistencia del agua	Erosión	Deposición	Morfo-dinámica
F- Glaciario-criogénicos	F-3. Humedales en Depresiones y paleocauces en planicies y terrazas glacifluviales	Rocosos gravas	Ácuicos y orgánicos	Dulce – deshielo glaciar	Superficial	Temporaria o Permanente	Moderada	Variable	Alta
	F-4. Humedales en Depresiones en ambiente erosivo glaciar	Rocosos gravas	Ácuicos y orgánicos	Dulce – deshielo glaciar	Superficial	Temporaria	Moderada	Moderada	Alta
G- Volcánicos	G-1. Humedales en Depresiones en planicies lávicas	Rocosos	Ácuicos	salobre-dulce	Superficial/geotérmica	Temporaria	Baja	Moderada	Baja
	G-2. Humedales en Depresiones marginales a estratovolcanes y/o coladas	Rocosos	Ácuicos	salobre-dulce	Superficial/geotérmica	Temporaria	Moderada	Moderada	Alta
	G-3. Humedales en Cráteres y Calderas	Rocosos	Ácuicos	salobre-dulce	Superficial/geotérmica	Temporaria	Baja	Moderada	Alta
H- Remoción en masa	H-1. Humedales en Depresiones marginales en deslizamientos y flujos	Materiales gruesos y roca	Ácuicos	Dulce	Superficial	Temporaria	Variable	Variable	Alta
I- Kárstico	I-1. Humedales en Depresiones en ambiente kárstico	Materiales rocosos calcáreos y yesosos	Ácuicos	salobre-dulce	Superficial y freática	Temporaria	Alta	Baja	Variable
J- Antrópicos	J-1. Humedales artificiales	Materiales muy heterogéneos	Ácuicos, hídricos y orgánicos	Dulce	Superficial y freática	Variable	Variable	Variable usualmente alta	Variable
K- Poligénicos	K-1. Humedales complejos o compuestos	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable

Grandes y Chicas en la zona de Trenque Lauquen y Pehuajó, en provincia de Buenos Aires. Estos campos de dunas se prolongan hacia el sur de Santa Fe y Córdoba y este de La Pampa. Los procesos morfodinámicos son más bien bajos y los sustratos inconsolidados y arenosos.

Los humedales lacustres (Cuadro 1, tipo E) se forman en las zonas marginales y generalmente poco profundas de lagos y lagunas. Pueden encontrarse en las planicies lacustres (E1) o en los Márgenes de Lagunas y lagos (E2). Se encuentran especialmente en la zona Cordillerana Patagónica (en el primero de los casos) y en la Región Pampeana y Patagonia extra andina, en el segundo. Considerando cada región varían los sustratos y los aportes de agua. Para la zona cordillerana, los sustratos son rocosos y gruesos, y los aportes de agua principalmente superficiales; mientras que, para la región pampeana, son limosos y el aporte tanto subterráneo como superficial. Como ejemplos de este tipo de humedales, en la zona Cordillerana Patagónica Norte, se encuentran la

Laguna Blanca en la provincia de Neuquén y las lagunas de la meseta de Somoncuro, mientras que, dentro del subtipo E2 se destacan la zona de las Encadenadas al sudoeste de Buenos Aires (como por ej. la Laguna de Chasicó) y sectores de los Bajos Submeridionales de Santa Fe.

Los humedales glaciario-glacifluvial-criogénico, (Cuadro 1, tipo F, Fig. 5d) son muy comunes en los Andes Patagónicos y en la zona de la Alta Cordillera (especialmente Cordillera Principal y Frontal). Pueden diferenciarse varios subtipos: Humedales en Depresiones morénicas marginales (laterales- frontales) (F1); Humedales en Depresiones en morenas de fondo (F2); Humedales en Depresiones y paleocauces en planicies y terrazas glacifluviales (F3) y Humedales en Depresiones en ambiente erosivo glaciar (circos, artesas, rocas cantereadas) (F4). Este último subtipo es frecuente también en zonas actualmente criogénicas (debido a su altura) o que fueron criogénicas en tiempos recientes (en los diferentes estadíos del Neoglacial, incluyendo la Pequeña Edad de Hielo).

En estos subtipos se suelen formar las turberas, con suelos orgánicos (Histosoles).

En Tierra del Fuego y en las Islas Malvinas (Fig. 4d), las turberas ocupan grandes extensiones mientras que, en el resto de los ambientes, si bien aparecen, las mismas ocupan superficies comparativamente menores (Fig. 2). Las turberas (y mallines) se asocian generalmente a procesos glacifluviales y/o fluviales. Se caracterizan por la alta acumulación de materiales orgánicos y la presencia de agua superficial al menos estacionalmente. Se ubican en zonas de drenaje pobre o endorreico. La acumulación fluvial de materiales clásticos de diferentes granulometrías es el proceso dominante, si bien la erosión hídrica puede ser significativa ocasionalmente. Se forman suelos del Orden Histosoles. A veces, la participación de materiales piroclásticos (lapilli y cenizas), que se intercalan con los orgánicos, puede ser muy significativa, especialmente en el tramo norte de la Cordillera Patagónica. Los Humedales de los subtipos F1 y F2 se encuentran bien representados en la zona de los Lagos de Neuquén, Río Negro y norte de Chubut, como por ejemplo en la zona de laguna Rosales, cerca de San Martín de los Andes o en la laguna El Trébol en Bariloche.

Los de ambientes glacifluviales (F3) son comunes en la zona oeste de Santa Cruz, como por ejemplo en los Parques Nacionales Perito Moreno y Los Glaciares, y en la zona de Lago San Martín y Pueyrredón-Posadas. Finalmente, el subtipo F4 se extiende, además de la Cordillera Patagónica, hacia los Andes Centrales. En la Cordillera Principal de Mendoza ocupan los pisos de los valles, por ejemplo, en las zonas de Aconcagua o de Valle Hermoso-Las Leñas (Mendoza), así como en la quebrada de Agua Negra en San Juan. Los aportes de aguas son estacionales y se asocian al deshielo y a los procesos criogénicos típicos de estas regiones. Los sustratos son heterogéneos, tanto rocosos como depósitos de till, glacifluviales y glacialacustres. La morfodinámica es variable pero generalmente alta y predomina la erosión de estos ambientes.

Los humedales en ambientes volcánicos (Cuadro 1, tipo G; Fig. 5e) se forman en depresiones asociadas a geoformas volcánicas. En la superficie de las extensas planicies estructurales lávicas de Patagonia Extraandina, en depresiones se acumula estacionalmente agua formando pequeños humedales, con importante participación de materiales orgánicos que las colmatan. En muchos casos, estas depresiones originariamente volcánicas son expandidas por fenómenos de inversión de relieve y por la acción eólica. Estos tipos son muy frecuentes, por ejemplo, en la Meseta del lago Buenos Aires en Santa Cruz, o en el Escorial de Chenqueniyeu y en la Meseta de Somoncuro en Río Negro.

Son muy comunes en numerosos sectores del país, ya que ocupan grandes superficies. Por ejemplo, las coladas o flujos piroclásticos pueden producir endicamientos que favorecen, al interrumpir el drenaje, la formación de humedales. En las zonas áridas, como por ejemplo en sectores de la Puna o en la zona de la Payenia y de las Mahuidas, pueden ser los únicos en los cuales se encuentre el agua en forma superficial, al menos estacionalmente. Se han diferenciado distintos subtipos: 1) Humedales en depresiones de planicies lávicas (G1), comunes en la región Patagónica, 2) Humedales en Depresiones marginales a estratovolcanes y/o coladas (G2), que se forman por endicamiento y se encuentran por ejemplo en la Puna (laguna Colorada en Antofagasta de la Sierra, Catamarca), Payunia y en la provincia de Mendoza (Laguna del Diamante) y 3). Humedales en Cráteres y Calderas (G3), también comunes en la Puna (Laguna Diamante, localizada en el Volcán Galán, en Catamarca), en la Payunia y en Patagonia extraandina, como por ejemplo la laguna Craterica y Vertientes en la caldera de Copahue-Caviahue (Neuquén). Un aspecto destacado de los ambientes volcánicos es que los aportes de las aguas se vinculan a fuentes geotermales, especialmente en el caso de la Puna, como en la zona de Antofalla (Catamarca) o de Arizaro (Salta). Los sustratos son rocosos y la morfodinámica alta, predominando la erosión.

Otro tipo de Humedales son los relacionados a procesos de remoción en masa (H). Los humedales en depresiones marginales en deslizamientos y flujos se encuentran ampliamente distribuidos en la zona andina, si bien en muchos casos alcanzan pequeñas dimensiones, en algunos sectores pueden adquirir extensiones considerables, del orden de las centenas de kilómetros cuadrados. Por ejemplo, grandes deslizamientos y avalanchas de rocas han generado varios endicamientos en la zona de Varvarco Campos en el extremo noroeste de Neuquén, en Patagonia. También en la zona de Puente del Inca, en Mendoza, donde un gran flujo produjo un endicamiento del río Las Cuevas-Mendoza. Formas mucho menores pero muy abundantes (decenas de kilómetros cuadrados) se encuentran en las bardas conformadas por deslizamientos rotacionales al pie de las planicies lávicas de Patagonia Extraandina.

Por su parte, las geoformas kársticas (I), son escasas en Argentina, y están presentes solo en la Cordillera Principal y Cuenca Neuquina. Por disolución de las calizas se forman pequeñas depresiones en alguna de las cuales se han formado humedales (I1), como por ejemplo en el camino a Las Leñas, en Mendoza.

En ambos tipos (H e I), los sustratos suelen ser rocosos y la morfodinámica variable. Un caso especial, en el cual los fenómenos kársticos pueden jugar un papel importante en la

génesis de humedales, aún no está debidamente estudiado, y podría estar relacionado con ciertos sectores de la llanura santafecina, como en la zona central de la provincia de Santa Fe (al oeste de Rosario-Santa Fe) o en sectores de la Llanura Interserrana de la provincia de Buenos Aires), donde se reconocen numerosos bajos alargados paralelos, que presentan humedales. Los mismos, podrían haberse producido por la disolución parcial de niveles de calcretes infrayacentes y que luego habrían sido modificados por la acción fluvial (Marengo com.pers.).

Los diversos usos de la tierra relacionados a las actividades económicas y la disposición espacial de las poblaciones humanas pueden dar origen a un variado mosaico de humedales antrópicos (J) (Schnack et al. 2000, De Francesco et al. 2001). La mayor parte de las actividades humanas generan movilización de materiales, asociadas tanto a excavaciones como a rellenos, configurando relieves y geoformas antrópicas. A su vez, en estos ambientes, la circulación del agua es también una consecuencia de las actividades antrópicas. Además de generar humedales, el funcionamiento, estabilidad y potencial persistencia de los mismos, está condicionado por las acciones humanas, especialmente en las zonas urbanas donde se concentran y superponen diferentes procesos y usos de la tierra.

Un listado no exhaustivo de humedales antrópicos (Cuadro 1 tipo J, fig. 5j) incluye: a) humedales en canteras, rellenos, loteos, etc. (como en la Región metropolitana bonaerense); b) humedales relacionados a explotaciones mineras y extracción de hidrocarburos (diques de cola, cavas, piletones para la explotación de sal, etc.); c) humedales en estanques de acuicultura (piscicultura); d) humedales en tierras de regadío y agricultura (como por ejemplo arrozales); e) humedales relacionados al almacenaje y tratamiento de agua (presas hidroeléctricas, diques, estanques, etc.); f) humedales de estanques de granjas; g) humedales relacionados a las vías de comunicación (por ejemplo zanjas y terraplenes). Dada la especificidad, variabilidad y representatividad, este tipo de humedales será considerado en forma separada en una futura presentación.

Finalmente, se encuentran los humedales poligenéticos (K), relacionados a la combinación de dos o más de los tipos anteriores. Estos constituyen geoformas complejas o compuestas. Un ejemplo característico de este tipo de humedales son los grandes bajos de la Patagonia Extraandina, en los que se combinan la acción tectónica, los fenómenos de inversión de relieve, erosión hídrica y eólica, y la remoción en masa, como es el caso del Gran Bajo Colorado en Chubut. Otro ejemplo es la Laguna de Llanquanelo en Mendoza (Fig. 5b) cual se formó por combinación de procesos volcánicos y

fluviales, o el caso de los humedales poligenéticos que se encuentran en las depresiones alargadas del este de La Pampa (Folguera y Zárate, 2018). Estas geoformas, como por ejemplo el valle de Utracán en la provincia de La Pampa, tienen un origen en el cual han participado distintos procesos: el fluvial, la disolución de los calcretes y posiblemente la acción tectónica. En las depresiones se han formado campos de dunas y numerosas lagunas y humedales.

La Laguna de Marchiquita, en el norte de Córdoba y sur de Santiago del Estero constituye un humedal complejo, ya que se combinan diferentes procesos geomorfológicos, como la dominante acción fluvial (gran abanico aluvial o especie de delta interno), que se combina con procesos y geoformas lacustres y pedemontanas, asociados en todos los casos a una tectónica activa que condicionó fuertemente la red de drenaje de la región.

En general, el tiempo de permanencia del agua (temporaria-permanente) da la posibilidad de que se desarrollen suelos con propiedades que evidencien las condiciones de saturación con agua. Un aspecto central en la definición de los humedales, es la presencia dominante de suelos con rasgos hidromórficos notorios (moteados, concreciones, colores gley, etc.). Estos rasgos son utilizados en la Soil Taxonomy (2014) y IUSS- WRB (2015) como propiedades que permiten distinguir los suelos de régimen ácuico. Asimismo, en USDA Soil Survey Staff (1994) y en USDA-NRCS (2018), se define el concepto de suelos hídricos, para aquellos suelos formados bajo condiciones de saturación, inundación o encharcamiento, en el que desarrollan anaerobiosis (y por lo tanto condiciones reductoras) hasta la parte superior del perfil del suelo. Según USDA (2018), los rasgos para definir suelos hídricos incluyen: evidencias de reducción, traslocación y acumulación de Fe y Mn, presencia de H<sub>2</sub>S, diferentes tipos de acumulación de materia orgánica (y horizontes orgánicos), colores gley, etc.

En líneas generales se plantea que los suelos de los distintos tipos de humedales clasificados, presentan suelos hídricos; sin embargo, en muchos sectores de los humedales previamente descritos, especialmente en las zonas marginales, y a partir de observaciones propias realizadas en diferentes regiones del país (Delta del Paraná, Bajos de la Patagonia, depresiones en zonas morénicas de Santa Cruz, Bariloche, Esquel y Santa Cruz, en la Alta Cordillera de Mendoza, Puna, entre otras) se puede señalar que los rasgos pedológicos por los cuales se pueden distinguir los suelos hídricos (citados arriba) no se cumplen. Debido a ello, sería más adecuado plantear como criterio de clasificación de suelos de humedales la presencia de suelos de régimen ácuico. Por lo tanto, se considera en esta contribución, que en todos los humedales

se encuentran suelos de régimen ácuico, mientras que solo en algunos de los tipos diferenciados aparecen suelos hídricos (como en el Delta del Paraná, en el sur de Entre Ríos y/o en los cauces abandonados parcialmente colmatados de la Región Chaqueña).

Otro tanto puede decirse respecto a los suelos orgánicos y a la presencia de horizontes orgánicos: todos los Histosoles aparecen también en los humedales (especialmente los Fibristes, que son el Suborden dominante en el país). Las Turberas presentan este tipo de suelos. Sin embargo, no todos los suelos de humedales son Histosoles, de hecho los Acuoles (Endoacuoles y Epiacuoles), Acualfes (especialmente Natracualfes) y Acuertes (Epiacuertes) son mucho más frecuentes.

En muchos tipos de humedales, los suelos presentan baja resistividad, así como pH básicos, evidenciando condiciones propias de los ambientes saturados en agua. Pueden encontrarse, por lo tanto, horizontes salinos y horizontes alcalinos. Especialmente, en las zonas de playas salinas y bajos de Patagonia, son frecuentes estos horizontes, como por ejemplo donde aparecen Acuisalides. Asimismo, en muchas de las lagunas pampeanas, los suelos presentes en las zonas marginales presentan grados variables pero significativos de salinidad (muchas veces evidentes por la aparición de eflorescencias salinas). En el cuadro 2, se señala la presencia de suelos ácuicos, hídricos y orgánicos en cada tipo de hu-

medad, junto con otros suelos más frecuentes que pueden aparecer en cada uno de ellos.

## CONSIDERACIONES FINALES

En Argentina, los humedales ocupan casi el 15 % de su superficie (en este trabajo), proporción que varía lógicamente según cual sea la aproximación realizada para el estudio de estos sistemas naturales. Por ejemplo, según Kandus et al. (2016), la superficie ocupada por los humedales se estimó en 600000 km<sup>2</sup>, lo que representa el 21.5 % del territorio nacional continental sudamericano.

La falta de definición de criterios objetivos para la clasificación de los humedales, incluso en su propia definición, es un elemento básico a considerar para su cartografía y delimitación. Esta deficiencia ha surgido incluso en forma notoria al momento de elaborar leyes referidas a la protección y manejo de humedales en el Congreso Nacional. Además, se constituyó en la principal traba para el dictado de estas normativas y el factor de disenso esencial entre las diferentes propuestas y sus propulsores, tanto del ámbito académico como del legislativo, político y productivo. En tal sentido, el rol de la Geología podría ser significativo en la superación de estas trabas.

El estudio de los humedales de Argentina, considerando los aspectos propios del medio físico, aparece como una necesidad apremiante que implica un mayor grado de involucramiento de los geólogos en su estudio y conocimiento. Las características y evolución geológica-geomorfológica de los ambientes en donde se desarrollan estos sistemas, así como la dinámica geomorfológica (erosión-depositación), que entre otros aspectos condicionan significativamente los procesos hidrológicos, a lo que se suma la energía propia del medio físico considerado, se materializan en múltiples y complejas relaciones que determinan las características, tipología y funcionamiento de los humedales. Proteger los ambientes de humedales requiere comprender sus mecanismos, funcionamiento y la dinámica asociada a diferentes procesos propios de estos sistemas.

Obviamente, un humedal no está controlado solo por procesos geológico-geomorfológicos, por lo que la protección de los mismos no requiere solamente de la comprensión de los procesos geomorfológicos, sino también del conocimiento e integración de otros procesos como los antrópicos, hidrológicos, eutrofización, cambios en las cadenas tróficas, etc., que tienen una influencia crítica en estos sistemas dependiendo el lugar en el que se encuentren. Identificar y delimitar las unidades geomorfológicas y los procesos que le dan origen y controlan su dinámica, permite conocer el grado de vulnera-

**Cuadro 2.** Suelos reconocidos en los principales tipos de humedales en Argentina.

Tipo	Suelos ácuicos	Suelos orgánicos	Suelos hídricos	Suelos dominantes
Litorales marinos	Siempre	No	No	Natracualfes, Natracuoles, Epiacuertes, Epiacuoles, Epiacuertes
Fluviales	Siempre	Si	Si	Natracualfes, Epiendoacuoles, Epiacuertes, Fluvacuertes
Mixtos	Siempre	Si	Si	Natracualfes, Natracuoles, Epiacuertes, Epiacuoles, Fluvacuertes, Epiacuertes
Eólicos	Si	No	No	Endo-epiacuoles, Endoacuertes
Lacustres	Si	No	No	Endo-epiacuoles, Endoacuertes
Glaciarioriogénico	Si	Si	No	Endo-epiacuoles, Endoacuertes, Medifibristes, Haplacuands
Antrópicos	Si	No	Variable	Endoacuoles, Endoacuertes y suelos antrópicos

bilidad y potencial recuperación de los humedales. Al mismo tiempo son necesarios para conocer el efecto que las presiones ambientales y antrópicas futuras que se tendrán sobre ellos.

Las fluctuaciones climáticas y las actividades antrópicas impactan sobre los procesos geomorfológicos de diversa manera afectando el desarrollo de los humedales, al igual que lo puede hacer sobre cualquier otro factor, como por ejemplo, los geológicos, biológicos y/o hidrológicos los cuales a su vez, también repercutirán en los humedales. La variabilidad climática cambia de acuerdo a la ubicación geográfica y el medio físico. A escala regional existen diversos ejemplos, como el derretimiento del permafrost que produce el desarrollo de humedales estacionales dando lugar a la formación de mallines, vegas o turberas. En la provincia de Corrientes, especialmente durante épocas de elevadas precipitaciones relacionadas al fenómeno de El Niño, se pueden producir pérdidas significativas de suelos y la expansión de los márgenes de las lagunas, esteros, ríos y arroyos. Conocer la capacidad de recuperación y los límites de regulación interna de cada sistema requiere un análisis de la dimensión espacial y temporal, aspectos que se relacionan con la componente geomorfológica.

En general, los esquemas actuales de clasificación no reconocen adecuadamente el dinamismo de las formas del terreno. Por ejemplo, en zonas urbanas y agrícolas, la acción antrópica influye significativamente en el control y la dinámica de los procesos geomorfológicos mediante, por ejemplo, la deforestación o el movimiento de materiales, erosión, remoción en masa, modificación de sistemas fluviales, cambios en el uso de la tierra, etc. Independientemente del origen de los humedales (fluviales, litorales-marinos, deltaicos o lacustres, etc.) y su sensibilidad ante los efectos del Cambio Climático, estos podrían experimentar dependiendo de la región en la que se encuentren: 1) Cambios de caudal de los aportes, 2) Efectos erosivos, 3) Salinización, 4) Colmatación a partir del incremento en las precipitaciones causante de un aumento en la carga de sedimentos, y 5) balances hídricos positivos o negativos según la región del país en la que se encuentran.

Los efectos resultantes de la acción antrópica directa o aquella relacionada al Cambio Global en curso actúan de forma sinérgica, pudiendo potenciar cambios sobre los procesos, como por ejemplo en lo referido a los impactos de riesgos geológicos. Las consecuencias de las actividades antrópicas directas resultan muchas veces semejantes a los efectos atribuidos al cambio climático como, por ejemplo, los cambios en el uso de la tierra.

El conocimiento del funcionamiento de los humedales permite predecir y evaluar la respuesta de los mismos ante nuevos y eventuales escenarios, como por ejemplo los re-

lacionados al Cambio Climático. A su vez, es una base imprescindible para la cartografía de los humedales, teniendo en cuenta que son las geoformas los rasgos realmente cartografiados. Finalmente, considerando los evidentes efectos sobre el relieve de las acciones naturales, antrópicas y mixtas surge como una necesidad imperiosa incorporar las diferentes variables geomorfológicas involucradas en la génesis de los humedales para evaluar las amenazas y las posibles acciones de protección y mitigación de los diferentes tipos de humedales a lo largo del país.

## AGRADECIMIENTOS

Los editores agradecen la tarea de revisión realizada por cuatro revisores anónimos.

## REFERENCIAS

- Albert, D.A., Wilcox, D. A., Ingram, J. y Thompson, T.A. 2005. Hydrogeomorphic Classification for Great Lakes Coastal Wetlands. Environmental Science and Ecology Faculty Publications 31: 129-146.
- Benzaquén, L., Blanco, D., Bó, R., Firpo Lacoste, F, Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P. y Quintana, R. 2009. Avances sobre la propuesta metodológica para un sistema nacional de clasificación e inventario de los humedales de la Argentina. Informe técnico, 27 p., Buenos Aires.
- Benzaquen, L., Blanco, D., Bo, R., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P. y Quintana R. (Eds.). 2017. Regiones de Humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.
- Bergkamp, G. y Orlando B. 1999. Los humedales y el Cambio Climático: Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 35 p.
- Brinson, M. M. 1993. A hydrogeomorphic classification for wetlands. U.S. Army Corps of Engineers, Technical Report WRP DE 4. Washington, D.C.
- Brinson, M. M. 2004. Conceptos y desafíos de la clasificación de humedales. Documento del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina. Malvárez A. I. s, 120 p., Buenos Aires.
- Canevari, M., Canevari, P., Carrizo, G., Harris, G., Rodríguez Mata J. y Straneck, R. 1991. Nueva guía de las aves argentinas. Tomos 1 y 2. Fundación Acindar, 357 p, Buenos Aires.
- Cintrón-Molero G y Schaeffer-Novelli, Y. 2004. Un sistema de clasificación de humedales propuesto para la Convención de Ramsar. En: documentos del curso-taller Bases Ecológicas para la Clasificación e Inventario de Humedales en Argentina. FCEYNUBA; RAMSAR; USFWS; 37-51, USDS, Buenos Aires.

- Convención de Ramsar sobre los Humedales 2018. Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland.
- Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C. y LaRoe, E. T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Office of Biological Services, 142 p., Washington D.C. United States.
- Custodio, E. 2010. Coastal Aquifers of Europe: An Overview. *Hydrogeology Journal*, Springer 18: 269-280.
- De Francesco, F. O., Schnack, J.A., Schnack, E.J., Colado, U.R., Novoa, M.L. y Delavault, G. 2001. Humedales artificiales en la llanura pampeana, provincia de Buenos Aires, Argentina. Tipología y aspectos ambientales. Actas III, Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, I del Área del Mercosur, Mar del Plata. 9 p., Buenos Aires.
- Folguera, A. y Zárate M. 2018. La estructuración miocena tardía del Bloque de la Pampa Central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 75: 115-133.
- Grenfell, S., Grenfell, M., Ellery, W., Job, N. y Walters, D. 2019. A Genetic Geomorphic Classification System for Southern African Palustrine Wetlands: Global Implications for the Management of Wetlands in Drylands. *Frontiers in Environmental Science* 7: 1-23.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. Secretaría de Agricultura, ganadería y pesca. INTA, Buenos Aires.
- Iriondo, M. 2005. El complejo litoral en la desembocadura del río Paraná. En: Barrio, R. E., Etcheverry, R. O., Caballé, M. F. y Llambías, E. (eds), Geología y recursos minerales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, 9 p., La Plata.
- IUSS-WRB 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106, 218 p., FAO, Roma.
- 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., Minotti, P., Morandera N. y Gayol, M. 2019. Inventario de Humedales de la Región del Complejo Fluvio-Litoral del Bajo Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International y Universidad Nacional de San Martín. 201 p., Buenos Aires.
- Kurtz, D.B., Perucca, A.R., Ybarra, D.D., Fernández López, C., Rey Montoya, S. y Barrios, R. 2015. El fenómeno el Niño. Comparación de superficies afectadas por excesos hídricos en Corrientes. INTA, Corrientes.
- Lisenby, P., Tooth, S. y Ralph, T.J. 2019. Product vs. process? The role of geomorphology in wetland characterization, *Science of the Total Environment* 663: 980-991.
- Mulvany, S., Canciani, M., Pérez Safontas, M., Sánchez Actis, T., Tangorra, M. y Sahade, E. 2019. Inventario de humedales de la provincia de Buenos Aires. Nivel 2. Sistemas de paisajes de humedales: principales aspectos operativos y metodológicos para su abordaje. VII Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación 20 p., La Plata.
- National Research Council 1995. Wetland definitions: history and scientific basis. En: *Wetlands: Characteristics and Boundaries*. Washington, DC: The National Academies Press. 43-64. Washington.
- Ollis, D.J., Ewart-Smith J. L., Day, J. A., Job N.M., Macfarlane D.M., Snaddon, C.D., Sieben E.J., Dini, J.A., y Mbona, N. 2015. The development of a classification system for inland aquatic ecosystems in South Africa. *Water* 41(5): 727-745.
- Patíño Quinchia, J. E. 2015. Propuesta de límites funcionales de humedales ventana piloto humedales de Paz de Ariporo-Hato Corozal a partir de criterios de geomorfología en ventanas piloto a escala 1:25.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales, 28 p., Bogotá.
- Pereyra, F. 2018. Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento territorial 9, 85 p., Buenos Aires.
- Pereyra, F. 2020. Regiones Geomorfológicas de Argentina. UNDAV Ediciones, versión digital disponible en la WEB, 193 p., Buenos Aires.
- RAMSAR Convention Bureau 1990. Proceedings of the Fourth Meeting of the Conference of the Contracting Parties I: 1- 317, Montreux.
- Rubio, G., Lavado, R. S. y Pereyra F.X. 2019. The soils of Argentina. Springer, World Soils Book Series, 268 p., New York.
- Secretaría de la Convención de Ramsar 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4ª edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, 124 p., Gland.
- Secretaría de la Convención de Ramsar 2013. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, 120 p., Gland.
- Sanz Donaire, J.J. y Díaz Álvarez, D. 1992. Génesis y funcionalidad geomorfológica de los humedales. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. Ed. Universidad Complutense 12: 93-103, Madrid.
- Semeniuk, C.A. y Semeniuk, V.A. 1995. A geomorphic approach to global classification for inland wetlands. *Vegetation* 118: 103-124.
- Schnack, J. A., De Francesco, F. O., Colado, U. R., Novoa, M. L. y Schnack, E. J. 2000. Humedales antrópicos: su contribución para la conservación de la biodiversidad en los dominios subtropical y pampásico de la Argentina. *Ecología Austral* 10: 63-68.
- USDA Soil Survey Staff 1994. Keys to Soil Taxonomy, Sixth Edition. US Govt. Printing Off., 309 p., Washington, DC.

USDA (United States Department of Agriculture) Soil Science Division Staff 2017. Soil survey manual. USDA Handbook 18. 639 p.

USDA-NRCS (United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service) 2018. Field Indicators of Hydric Soils in the United States, 55 p.

Zárate, M y Tripaldi, A. 2012. The aeolian system of central Argentina. Journal of Aeolian research 3:401-417.