

UNIDADES DE PAISAJE Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA Y CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE COSTERO DEL SUR

Francisco Cellone¹, Eleonora Carol²

¹Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CONICET-UNLP) fcellone@fcnym.unlp.edu.ar

² Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP) eleocarol@fcnym.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En el área de la Reserva de Biósfera MAB² Parque Costero del Sur, la dinámica del agua está determinada por diversos factores, dentro de los cuales podemos mencionar el clima, la geomorfología, los suelos y el régimen de mareas del estuario. Se trata de factores que actúan de manera integrada, conformando un sistema complejo en el que existen intercambios de agua que condicionan las principales características ecológicas y ambientales.

Desde el punto de vista geológico-geomorfológico, la Reserva se encuentra prácticamente en su totalidad comprendida dentro de lo que se conoce como planicie costera del Río de la Plata. En términos generales se trata de un área de muy baja topografía que se extiende varios kilómetros tierra adentro desde el estuario del Río de la Plata y de manera continua a lo largo de su margen oriental. La formación y evolución de esta planicie es el resultado de las oscilaciones en el nivel medio del mar y de los eventos transgresivo-regresivos ocurridos durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno a partir del último máximo glacial, hace unos 18000 años (Cavallotto *et al.*, 2004). La configuración geológico-geomorfológica de la planicie costera responde entonces a condiciones ambientales que no operan actualmente y que dieron lugar a distintas unidades de paisaje, donde se desarrollaron diferentes tipos de suelo. Esto, sumado a las actuales condiciones climáticas y a la influencia o no de los flujos mareales desde el estuario determina que cada unidad del paisaje tenga un funcionamiento hidrológico propio, el cual regula las características ecológicas y ambientales dentro del área. En el presente capítulo se efectuará una caracterización climática y la descripción de las unidades de paisaje y de los suelos asociados, analizando la dinámica y química de los flujos de agua que sustentan a los distintos ambientes del Parque Costero del Sur y a sus habitantes.

2 Man and the Biosphere (MAB) Programme <https://en.unesco.org/mab>

CLIMA

Desde el punto de vista climático el área se encuentra bajo un clima templado húmedo. De acuerdo con los datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional tomados de la Base Aeronaval de Punta Indio para el periodo 1998-2017 la precipitación media anual es de 1055 mm, mientras que la temperatura promedio es de 16,5 °C. Las precipitaciones mensuales medias se distribuyen de manera relativamente uniforme a lo largo del año con un leve aumento en los meses de primavera-verano y un descenso en los meses de otoño-invierno. Para el mismo periodo, la evapotranspiración potencial es en promedio de 809 mm anuales mientras que la evapotranspiración real es de 733 mm. Los excedentes hídricos totalizan 321 mm y se dan principalmente en los meses de invierno en tanto que los déficits hídricos, que alcanzan los 75 mm, se registran en los meses de enero y diciembre, donde la evapotranspiración potencial supera a la precipitación (Figura 1).

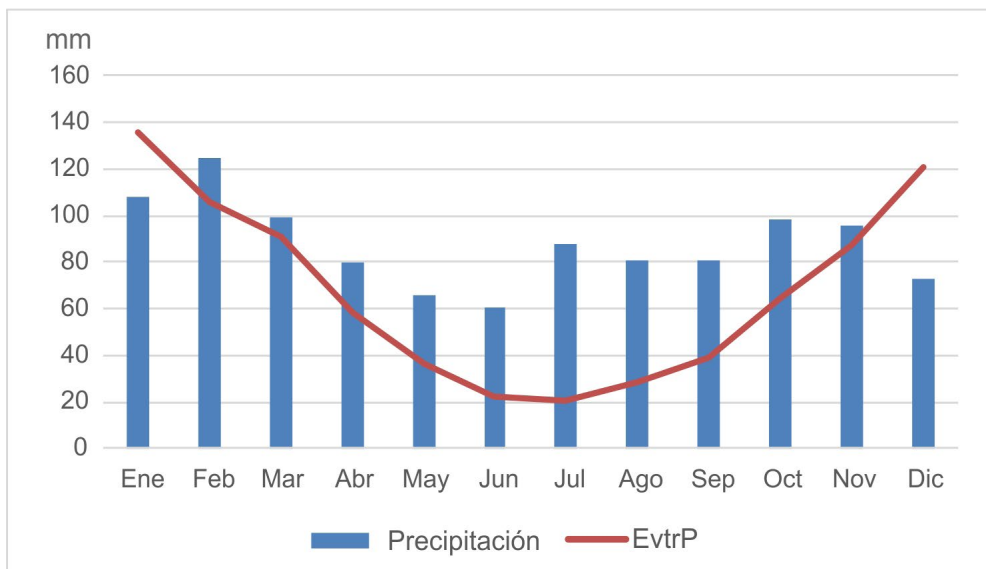


Figura 1. Precipitación y evapotranspiración potencial (EvtrP) promedio mensuales para el periodo 1998-2017. Fuente: propia del autor.

UNIDADES DE PAISAJE DE LA PLANICIE COSTERA Y TIPOS DE SUELO ASOCIADOS

Las unidades de paisaje de la planicie costera en el Parque Costero del Sur consisten en una antigua llanura de mareas, una planicie con cordones litorales y la actual

marisma (Figura 2), cada una de las cuales presenta características litológicas particulares y que desde el punto de vista litoestratigráfico son agrupadas dentro de la Formación Canal de las Escobas (Fucks *et al.*, 2010). Dichas unidades se apoyan sobre una planicie loessica de edad pleistocena (2 millones a 10000 años), correspondiente a la Formación Pampeano, la cual se encuentra expuesta hacia la zona continental (Figura 2) o en algunos sectores del estuario formando una plataforma de abrasión. La antigua llanura de mareas (Figura 3a) corresponde a una zona de topografía muy baja, actualmente desconectada del estuario, ya que se encuentra a unos 5 m snm (sobre el nivel del mar), pero que preserva la morfología de canales sinuosos típicos de planicies mareales. Está compuesta por sedimentos arcillosos en superficie que se vuelven limosos a 1 m de profundidad. La planicie con cordones litorales (Figura 3b) consiste en cordones elongados paralelamente a la costa, elevados hasta unos 6 m snm y separados entre sí por espacios de menor topografía. Estos cordones litorales están compuestos por depósitos de conchillas y arenas. La marisma (Figura 3c) es una franja estrecha paralela a la costa compuesta por sedimentos arcillosos, periódicamente inundada durante las pleamares del estuario el cual posee un régimen micromareal semidiurno con desigualdades diurnas, con amplitudes medias de 0,7 m (Servicio de Hidrografía Naval, 2001).

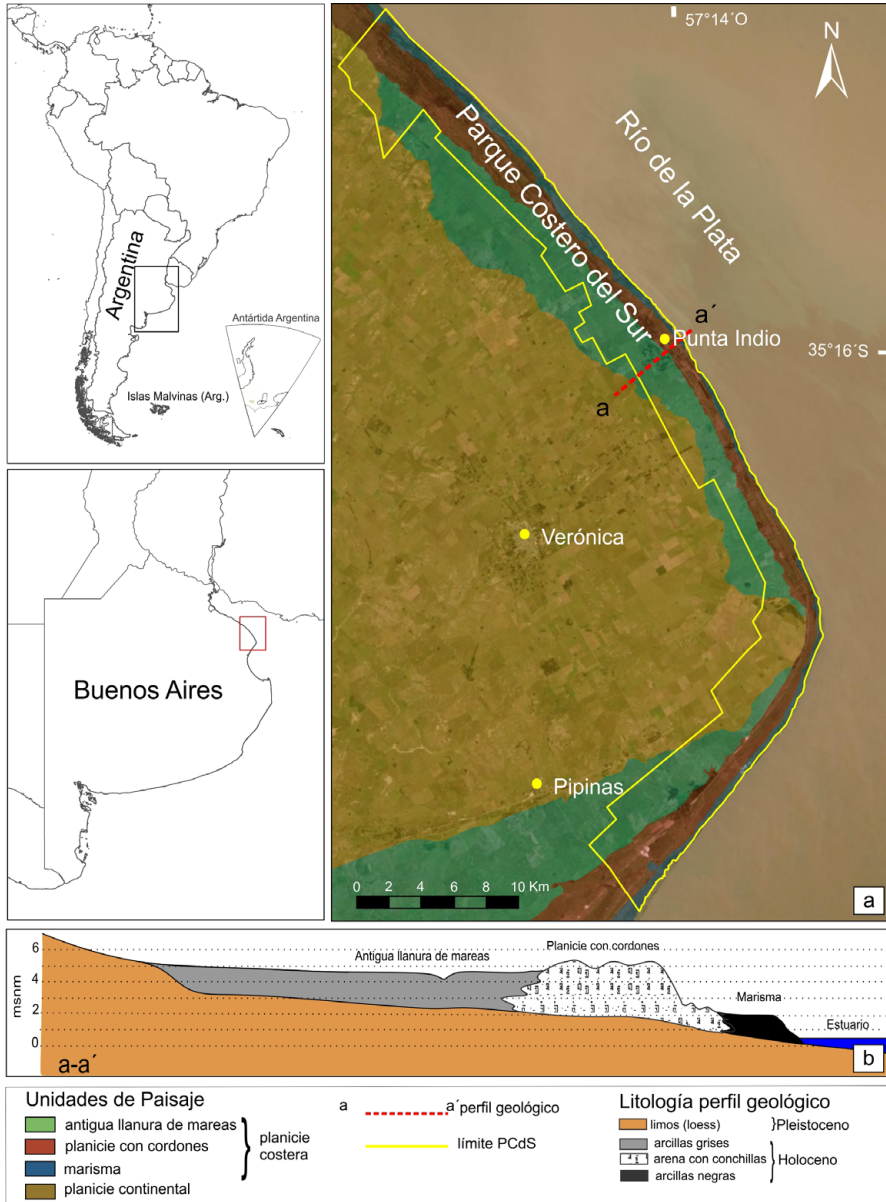
Los suelos en la planicie costera del Río de la Plata en el Parque Costero del Sur son suelos de tipo azonal dado que su desarrollo se ve mayormente influenciado por el material originario que por las condiciones climáticas. De esta manera cada unidad del paisaje posee un suelo que le es característico, reconociéndose a grandes rasgos al menos tres tipos principales de suelo en el área.

En la antigua llanura de mareas se desarrollan suelos con un perfil característico con una secuencia de horizontes An-Btng-BCng-Cng, siendo los rasgos diagnósticos la presencia en superficie de costras salinas mientras que a lo largo del perfil predominan colores gley, moteados y concreciones de hierro-manganeso, características que indican condiciones reductoras, es decir presencia de agua en el perfil de suelo a lo largo de gran parte del año. La textura es franco arcillosa hasta 1 m de profundidad y luego se torna más limosa. Poseen proporciones de sodio intercambiable muy elevadas y por lo tanto un pH que alcanza valores entre 9 y 10. Este suelo puede ser clasificado como Natracualf típico según el sistema de clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) (Figura 3d).

En el sector de planicie con cordones los suelos presentan un perfil con una secuencia de horizontes A-A/C-C o A-C (Fig. 3e). Se trata de un perfil con poco desarrollo sin formación de un horizonte Bt. La textura del suelo es franca gruesa lo que confiere a estos suelos una gran permeabilidad mientras que los pH son superiores a 8. El suelo es clasificado como un haprendol típico según el sistema de clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014).

Por último, en la marisma el perfil de suelo presenta una secuencia de horizontes (Oi)-A-Cg (Figura 3f). Se trata de un suelo de textura arcillosa que posee escaso desarrollo con un horizonte orgánico en superficie y abundante materia orgánica en todo

el perfil. Presenta colores gley y concreciones de hierro-manganeso. El suelo puede ser clasificado como Fluvacuent típico o Epiacuent típico según el sistema de clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014).



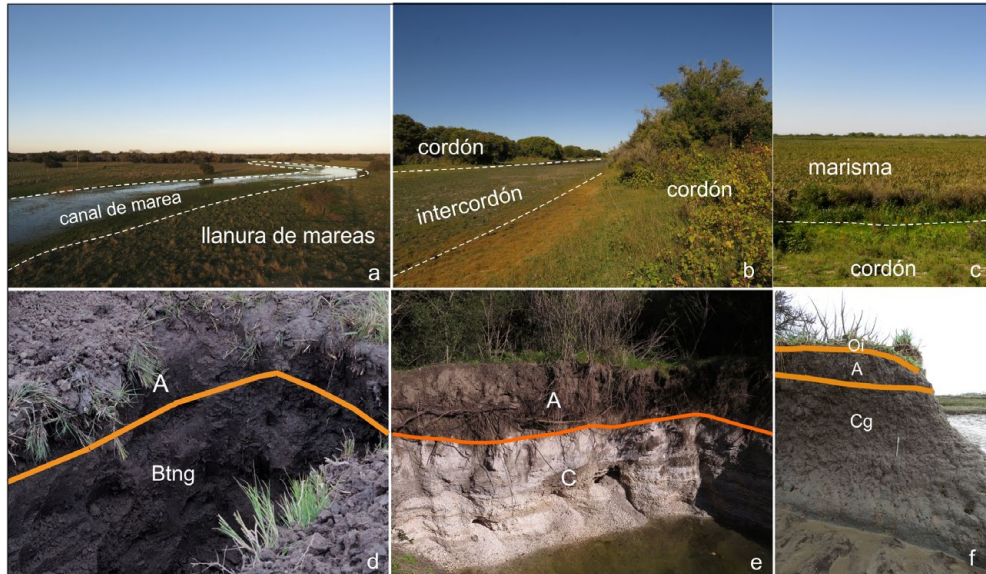


Figura 3. Unidades de paisaje de la planicie costera del Río de la Plata en el Parque Costero del Sur y suelos asociados. a) Antigua llanura de mareas. b) Planicie con cordones litorales. c) Marisma. d) Perfil de suelo desarrollado en la llanura de mareas. e) Perfil de suelo desarrollado en cordón litoral. f) Perfil de suelo desarrollado en la marisma. Fuente: propia del autor.

DINÁMICA DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

El conjunto de unidades de paisaje constituye un sistema hidrológico complejo con entradas y salidas de agua, así como también intercambios entre sus distintos compartimentos (Cellone y Carol, 2018; Cellone, 2019; Cellone *et al.*, 2021) (Figura 4).

Las entradas de agua están representadas, por un lado, por el aporte de las precipitaciones y por otro, por los flujos de agua provenientes tanto de la planicie continental adyacente como del estuario. La infiltración del agua de lluvia ocurre en todas las unidades de paisaje siendo mayor en los cordones litorales debido a la mayor permeabilidad de sus suelos. Los flujos de agua que ingresan desde la planicie continental adyacente pueden ser subterráneos o superficiales y tienen mayor importancia en la unidad del paisaje de antigua llanura de mareas la cual linda con la planicie continental. En el caso del flujo subterráneo, este se da regionalmente en dirección hacia el Río de la Plata con un gradiente sumamente bajo (0,001), mientras que, los aportes superficiales provienen desde las cuencas adyacentes que drenan la planicie continental. Por otro lado, desde el estuario las entradas de agua se asocian a las oscilaciones mareales, las cuales adquieren mayor magnitud durante los eventos de tormenta (sudestadas). Estos flujos mareales sólo influyen en la unidad del paisaje de marisma la cual se ve inundada periódicamente durante las pleamares.

En cuanto a las salidas de agua, las mismas están representadas por la descarga subterránea regional, el escurrimiento superficial hacia el estuario y por las salidas producidas por evapotranspiración. El escurrimiento tanto subterráneo como superficial y la descarga hacia el estuario se ven naturalmente dificultados por la baja pendiente, la ausencia de una red de drenaje integrada y el desarrollo de los cordones litorales. Estos factores, sumados a la baja permeabilidad de los sedimentos superficiales, ocasionan que se produzcan frecuentes anegamientos producto de la acumulación del drenaje superficial y las precipitaciones. En cuanto a las salidas por evapotranspiración, las mismas se producen fundamentalmente durante los meses de verano, cuando se registran las mayores temperaturas. Estas salidas por evapotranspiración afectan principalmente al agua almacenada en el suelo o en superficie.

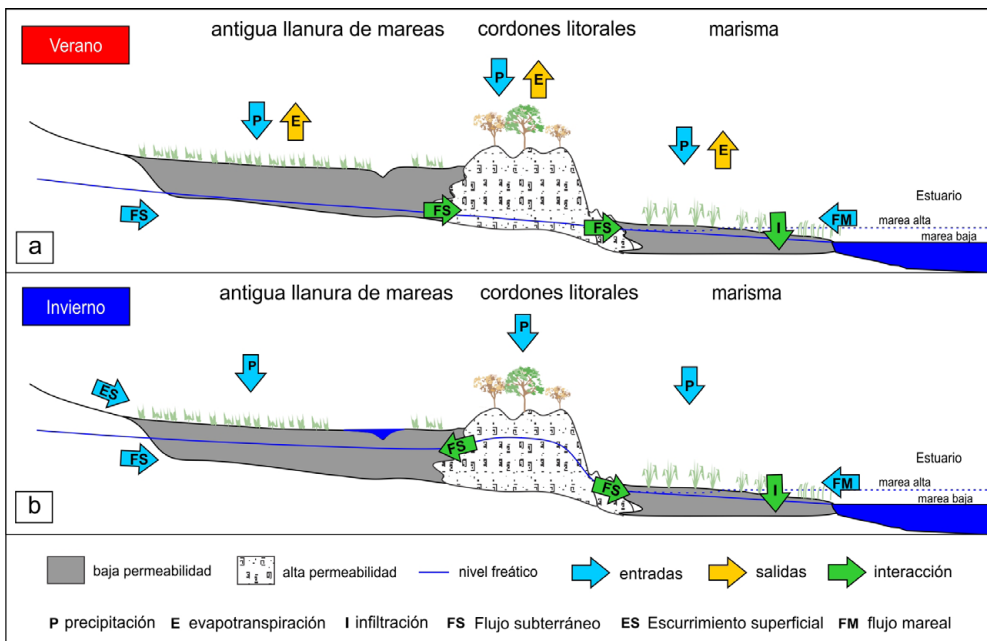


Figura 4. Esquemas de funcionamiento hidrológico e intercambios de agua entre las unidades de paisaje de la planicie costera en la Reserva de Biósfera Parque Costero del Sur. Situaciones contempladas para los meses de verano (a) e invierno (b). Fuente: propia del autor.

En el caso de los intercambios de agua entre las distintas unidades de paisaje, también se observa un comportamiento que depende de los controles geológico-geomorfológicos y del balance hídrico. En los períodos de déficit hídrico (verano – otoño) el nivel freático en el conjunto de unidades del paisaje disminuye desde la antigua llanura de mareas hacia la marisma. Esto determina que exista un aporte de agua subterránea desde la antigua llanura de mareas hacia los cordones litorales y desde estos a la marisma (Figura 4a). Durante los períodos de excedentes hídricos (invierno y pri-

mavera), en el área ocupada por los cordones litorales, tal como se explicó precedentemente, la lluvia infiltra preferencialmente debido a la mayor permeabilidad de los suelos. Esta situación conduce a un ascenso de los niveles freáticos en dicha unidad modificándose los intercambios de agua entre unidades del paisaje, existiendo aportes subterráneos de agua desde los cordones litorales tanto hacia el área de marisma como hacia la antigua llanura de mareas donde los niveles freáticos son más bajos (ver Figura 4b). Durante estos períodos el flujo regional además es más lento a raíz de los menores gradientes a partir del ascenso de los niveles en la planicie con cordones.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Así como existen diferentes comportamientos en la dinámica del agua según cada una de las unidades de paisaje analizadas, lo mismo ocurre en cuanto a la química del agua, reconociéndose ambientes de agua subterránea dulce como de agua salina. Los ambientes de agua dulce están representados por la planicie con cordones litorales, mientras que los salinos por la antigua llanura de mareas y la marisma. La variabilidad observada en la composición química del agua se asocia a las diferencias litológicas e hidrológicas que presentan cada una de las unidades de paisaje que conforman la planicie y está condicionada principalmente por procesos de disolución mineral (Cellone *et al.*, 2019).

En la antigua llanura de mareas el agua varía entre un agua de tipo bicarbonatada sódica a clorurada sódica con una salinidad promedio de 2,3 g/L y un pH de 7,8. En la marisma el agua subterránea es principalmente clorurada sódica con una salinidad promedio de 2,8 g/L y un pH de 6,8. La elevada salinidad y el tipo de agua que se encuentra en estas dos últimas unidades de paisaje se deben a la presencia de sales solubles (yeso y halita) en los suelos que la componen (Cellone *et al.*, 2019). El agua de lluvia disuelve estas sales cuando infiltra al agua subterránea aumentando su salinidad. Asimismo, la infiltración de agua mareal en la marisma influye en la salinidad de esta unidad (Cellone *et al.*, 2019). En los cordones litorales la recarga continúa a partir de las precipitaciones, debido a la alta permeabilidad de los sedimentos que los componen, ha cambiado la composición original del agua subterránea de origen marino, alojando en la actualidad agua dulce de buena calidad. El agua subterránea alojada en los cordones es entonces de tipo bicarbonatada cálcica magnésica a bicarbonatada sódica con una salinidad promedio de 0,75 g/L y un pH de 7,7 (Cellone *et al.*, 2019). El agua dulce almacenada en esta unidad se dispone en forma de lente, de manera prácticamente continua a lo largo de la costa y coincidente con la morfología de los cordones litorales, con un espesor aproximado de entre 30 y 40 m (Figura 5) (Cellone *et al.*, 2018). La relevancia de esta lente de agua dulce es que constituye la única fuente de abastecimiento de agua de los más de 500 residentes permanentes que posee el Parque Costero del Sur (INDEC, 2010) como así también de los numerosos visitantes que recibe durante los fines de semana y la temporada de verano. La única limitante en cuanto a la calidad de agua para consumo humano lo representa el contenido de arsénico (As), reportándose

en algunas perforaciones por el Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural (SPAR) valores superiores al de referencia de 0,01 mg/L recomendado por el Código Alimentario Argentino y la Organización Mundial de la Salud. Esto ha motivado que las autoridades provinciales y municipales hayan instalado una pequeña planta de tratamiento para el abastecimiento de agua en bidones para aquellos pobladores que tienen problemas de calidad en sus pozos domiciliarios. No obstante, es importante destacar que los estudios regionales mostraron que en la mayoría de las perforaciones de abastecimiento las concentraciones de As se encuentran con valores inferiores a 0,05 mg/L (Cellone, 2019), el cual constituye el valor recomendado teniendo en cuenta las circunstancias locales, los recursos disponibles y los riesgos asociados a fuentes con bajos niveles de arsénico contaminadas microbiológicamente.

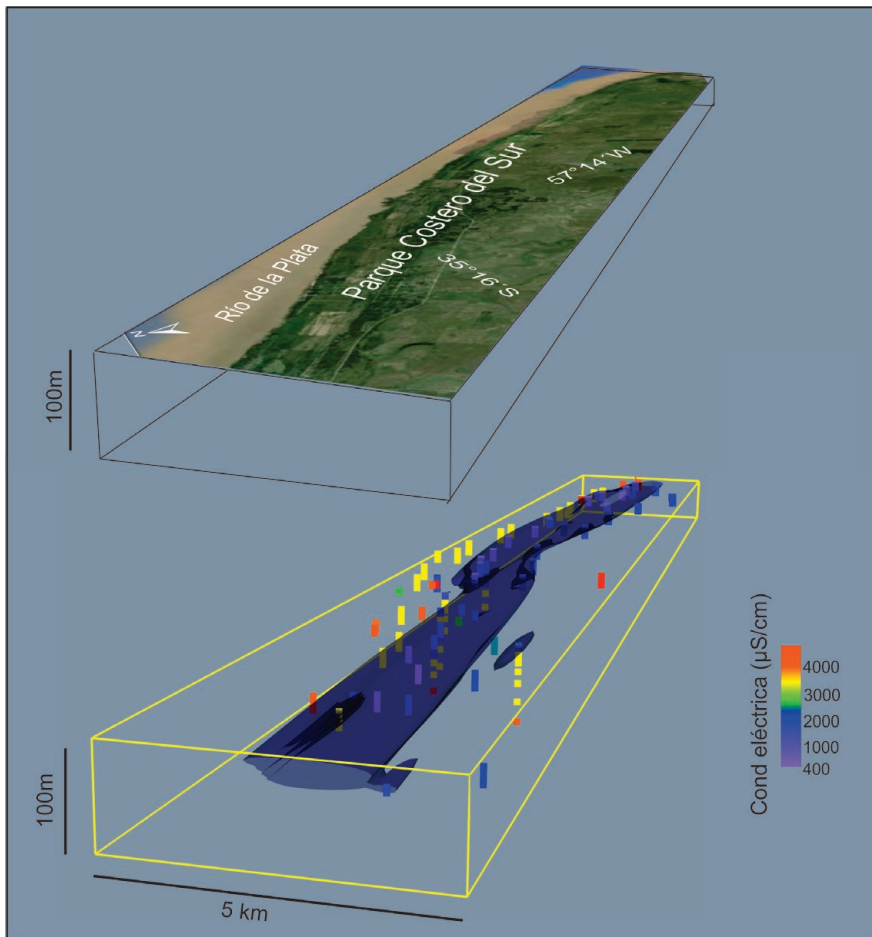


Figura 5. Modelo 3D de la geometría lenticular del acuífero (en azul transparente) Escala vertical exagerada en un factor de 10. La imagen satelital superior representa la ubicación del modelo y los puntos coloreados muestran distintos valores de conductividad eléctrica del agua, una medida indirecta de la salinidad. Fuente: propia del autor.

Una seria amenaza, tanto para los distintos ecosistemas de la Reserva, como así también para los recursos hídricos contenidos en la lente de agua dulce, es la actividad minera vinculada a la extracción de conchilla que en los cordones, es desarrollada en algunos sectores de la Reserva. Se ha estimado que debido a la explotación minera se ha perdido casi una tercera parte de la superficie antiguamente ocupada por cordones litorales en esta área en particular (Cellone, 2019). Esto da cuenta de la magnitud de la problemática y de la relevancia que toma en el manejo integral de los recursos en el área. La disminución en la altura de los cordones, producto de la explotación minera, traería aparejada una disminución del espesor de la lente de agua dulce (Carol *et al.*, 2015). Asimismo, en los casos donde la explotación ha sido intensiva y se ha llevado el terreno al nivel del resto de la planicie costera, el área de los cordones podría dejar de ser un área de recarga y pasar a ser una zona de transferencia del flujo subterráneo, modificándose así su contenido salino.

CONCLUSIONES

El presente capítulo da cuenta de los distintos ambientes que conforman la planicie costera del Río de la Plata en la Reserva de Biósfera Parque costero del Sur en cuanto a las unidades de paisaje que la integran, los tipos de suelos asociados, como así también de cómo estos factores controlan la dinámica y la calidad del agua. Comprender adecuadamente las interacciones entre los distintos componentes abióticos del ambiente permite, por un lado, establecer las relaciones con las comunidades animales y vegetales y, en última instancia, garantizar la preservación de los valiosos recursos bióticos que el Parque Costero del Sur alberga.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) por apoyar financieramente este estudio mediante los subsidios PICT 2013-2248 y N782. Además, agradecemos a la Municipalidad de Punta Indio por su apoyo e interés en los estudios que llevamos a cabo en el Parque Costero del Sur. Por último, agradecemos a Diego Albareda, José Athor y a la Fundación de Historia Natural Félix de Azara por la invitación a participar de este segundo volumen del libro del Parque Costero del Sur y por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar la primera versión de este capítulo.

GLOSARIO

Agua Bicarbonatada sódica: agua con predominancia de iones bicarbonato y sodio.

Agua Clorurada sódica: agua con predominancia de iones cloruro y sodio.

Colores gley: en pedología, los llamados colores gley son aquellos de apariencia verdosa que se dan en niveles con drenaje deficiente.

Concreciones de hierro-manganeso: en pedología, son concreciones compuestas por hierro y manganeso que se forman en algunos horizontes bajo condiciones de drenaje deficiente.

Formación: es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes que las diferencian de las adyacentes. Es la principal unidad de división litoestratigráfica.

Holoceno: es una división de la escala temporal geológica, la última y actual época del período Cuaternario.

Litoestratigráfico: la litoestratigrafía es una división especializada de la estratigrafía que estudia las formaciones de los estratos de roca y su relación geométrica espacial con respecto a la estructura y composición de las rocas sin considerar los fósiles característicos.

Loess: depósitos sedimentarios limosos de origen eólico.

Planicie costera: es la denominación geomorfológica de una llanura que se dispone junto a un mar o ambiente marino transicional.

Pleamares: fin del movimiento creciente de la marea, cuando el agua alcanza su nivel más alto.

Pleistoceno: es una división de la escala temporal geológica que pertenece al período Cuaternario; dentro de este, el Pleistoceno precede al Holoceno.

Régimen micromareal semidiurno: régimen de mareas en el cual la amplitud de mareas es inferior a 2 m y donde se producen 2 pleamares diarias.

BIBLIOGRAFÍA

Carol, E., L. García & G. Borzi. 2015. Hydrogeochemistry and sustainability of freshwater lenses in the Samborombón Bay wetland, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 60, 21-30.

- Cavallotto, J. L., R. A. Violante & G. Parker. 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata river (Argentina). *Quaternary International* 114(1), 155–165.
- Cellone, F. A. 2019. Evaluación de los recursos hídricos en un sector de la planicie costera del Río de la Plata (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata).
- Cellone, F. y E. Carol. 2018. Hidrodinámica del agua subterránea en un humedal costero, Punta Indio, Buenos Aires, Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología 2018, Salta, Argentina.
- Cellone, F., E. Carol & L. Tosi. 2019. Groundwater geochemistry in coastal wetlands: A case study in the Parque Costero del Sur biosphere reserve, Argentina. *Catena*, 182, 104143.
- Cellone, F., L. Tosi & E. Carol. 2018. Estimating the freshwater-lens reserve in the coastal plain of the middle Río de la Plata Estuary (Argentina). *Science of the total environment*, 630, 357-366.
- Cellone, F. A., G. Borzi, L. Santucci, C. Tanjal, E. Villalba & E. Carol. 2021. Water Dynamics in a Coastal Wetland in the “Parque Costero del Sur” Biosphere Reserve, Argentina. *Wetlands*, 41(6), 1-13.
- Fucks, E. E., E. J. Schnack y M. L. Aguirre. 2010. Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la Bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67.
- INDEC. 2010. Censo nacional de población, hogares y vivienda.
- Servicio de Hidrografía Naval. 2001. Derrotero argentino. Río de la Plata. Buenos Aires, Argentina: Armada Argentina.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.