

Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente



ASAGAI
ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Córdoba - Argentina

INDICE

Trabajo	Autor/es	Pág
Cuerpo Editorial		I
Comisión Directiva		II
Proyecto de estabilización del faldeo sur del cerro Chenque, Comodoro Rivadavia	<i>Francisca, Franco M. - Pinto, Federico - Abril, Ernesto G. - Van De Velde, Germán - Alvarez Muguerza, Matías</i>	1
Evaluación de las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del valle central de Catamarca	<i>Segura, Luis - Saracho, Marta - Lobo, Patricia - Agüero, Nahuel</i>	13
Regiones hidrogeológicas en la provincia de Tucumán	<i>García, Jorge W. - Falcón, Carlos M. - D'Urso, Carlos H. - Rodríguez, Graciela V.</i>	21
Estabilización de subrasante loésica con silicato de sodio líquido	<i>Cruz, María Pía - Martin Schmädke, Ítalo - Arnaudo, Carlos - Vigilante, Nicolás</i>	39
Recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires	<i>Rodriguez Capítulo, Leandro - Carretero, Silvina - Kruse, Eduardo</i>	45
Instrucciones para autores		61
Formulario de suscripción o compra		65



Recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires

Water resource and real state ventures on the western coast of Buenos Aires province

Rodriguez Capitulo, Leandro¹ ✉ - Carretero, Silvina¹ - Kruse, Eduardo¹

Recibido: 06 de diciembre de 2016 • Aceptado: 30 de junio de 2017

Resumen

Se analiza la evolución paleoambiental del cordón costero como el factor regulador de las reservas de agua subterránea dulce disponible y se evalúa su implicancia y consecuencia en el desarrollo socioeconómico de dos zonas costeras de Buenos Aires, Argentina. Este es uno de los destinos turísticos más importantes del país y para su estudio se dividió en sector norte y sur. En el sector sur el agua subterránea explotable se asocia a la evolución paleoambiental holocena y pleistocena superior que generó tres unidades acuíferas interrelacionadas, constituyendo un sistema cuyo espesor útil alcanza al menos los 45 m. En cambio, el sector norte se restringe a dos unidades acuíferas holocenas, cuyo espesor es del orden de 12 m. Las características morfológicas y las mayores reservas de agua subterránea dulce del sector sur son indicadores de mejores condiciones para el crecimiento económico lo cual se refleja principalmente en la expansión de emprendimientos inmobiliarios. El enfoque empleado puede ser utilizado por tomadores de decisiones de otras regiones para evaluar la factibilidad de futuros emprendimientos turísticos basados en la disponibilidad del recurso hídrico asociado a rasgos geomorfológicos.

Palabras clave: *evolución costera, aguas subterráneas, turismo, urbanizaciones, Argentina.*

Abstract

The palaeoenvironmental evolution of the sand-dune barrier is analyzed as the factor regulating the fresh groundwater reserves available and its impact and consequence for the social and economic development of two coastal areas in Buenos Aires, Argentina, are assessed. This is one of the most important tourist destinations in the country; for study purposes, it was divided into a northern sector and a southern sector. In the southern sector, exploitable groundwater is associated with the Holocene and Upper Pleistocene palaeoenvironmental evolution, which generated three interrelated aquifer units, constituting a system whose useful thickness reaches at least 45 m. On the other hand, the northern sector is restricted to two Holocene aquifer units, whose thickness is on the order of 12 m. The morphological characteristics and the occurrence of the largest fresh groundwater reserves in the southern sector are indicators of better conditions for economic growth, which is mainly reflected on the expansion of real estate ventures. The approach chosen may be used by decision makers in other regions to assess the feasibility of future tourism projects on the basis of the availability of water resources associated with geomorphological features.

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 64 nº 3, 1900 La Plata, Argentina. Tel: +542214249049, int 14.

✉ leandrorodriguescapitulo@gmail.com

Keywords: *coastal evolution, groundwater, tourism, urban development, Argentina.*

INTRODUCCIÓN

El turismo es una de las economías de más rápido desarrollo a nivel mundial y una de las actividades socioeconómicas de importancia en muchas regiones. Las zonas costeras concentran la mayor cantidad de sitios turísticos y número de visitantes. La escasez de agua representa una restricción para esta industria, sin el recurso hídrico actividades como piscinas, campos de golf, parques acuáticos, jardines, spas, complejos deportivos, etc serían inviables (Gössling, 2006). La relación entre el turismo y el consumo de agua es un tema relativamente poco investigado y estudios de detalle sobre el uso del recurso hídrico con dicha finalidad en diferentes ambientes geográficos tampoco es abundante (Gössling, 2006). Estudios en el Mediterráneo muestran que no son los grandes hoteles los más altos consumidores de agua, sino los golfs, casas particulares, y complejos con jardines y piscinas. El riego de jardines es la causa del mayor consumo (70%) del agua calculada como de uso recreativo en esta región de Europa (Hof y Schmitt, 2011). Los Environmental amenities son factores que atraen al visitante para desarrollar actividades de esparcimiento al aire libre, la forestación es uno de ellos. En la costa arenosa de la provincia de Buenos Aires la vegetación típica es de tipo pastizal, pero desde mediados del siglo XX existen sectores que han sido artificialmente forestados con coníferas y que constituyen un atractivo turístico (Rodriguez Capitulo, 2015; Rodriguez Capitulo y Kruse, 2011).

Las dunas costeras constituyen reservorios de agua, en ocasiones de pequeña magnitud y en muchos casos son la única fuente de abastecimiento a poblaciones. En Sudamérica los acuíferos que contienen el mayor desarrollo de dunas se encuentran sobre el margen del Atlántico, son del Cuaternario y en general alojan agua de buena calidad. En Argentina se ha estudiado la evolución de las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires desde diversos puntos de vista, pero hasta el momento ninguno ha relacionado los caracteres hidrogeomorfológicos de la costa bonaerense con indicadores de desarrollo socioeconómico relacionados al turismo. Los estudios que integran la paleoevolución del ambiente costero a las actividades turísticas son muy escasos y están usualmente referidos a la morfodinámica de las playas sin tener en cuenta el agua subterránea (El Mrini et al., 2012).

En este trabajo se analiza la evolución paleoambiental del cordón costero como el factor regulador de las reservas de agua subterránea dulce disponible y se evalúa su implicancia y consecuencias en el desarrollo socioeconómico de dos zonas de la costa oriental arenosa bonaerense, una en su porción norte (Partido de La Costa) y otra en la sur (Partido de Pinamar).

No existen investigaciones de este tipo en la región, y un estudio integral de las características propuestas puede resultar de interés a las autoridades que intervienen en el área costera.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la costa arenosa de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, que geopolíticamente incluye a los Partidos de La Costa (sector norte) y Pinamar (sector sur) (Figura 1). Cada Partido a su vez se divide en localidades encontrándose en La Costa, de norte a sur, San Clemente del Tuyú, Las Toninas, Santa Teresita, Mar del Tuyú, Costa del Este, Aguas Verdes, La Lucila, San Bernardo, Mar de Ajó, Nueva Atlantis y Punta Médanos. Por su parte Pinamar comprende a

las localidades de Montecarlo, Pinamar, Ostende, Valeria del Mar y Cariló.

Este es uno de los destinos turísticos más importantes del país. La actividad económica dominante es el turismo, no existen industrias, ganadería, agricultura u otras actividades importantes por lo que se considera que el uso del agua es casi exclusivamente para consumo humano y recreativo. La población, que depende íntegramente del acuífero costero para el suministro de agua, se incrementa notablemente durante el verano.

La mayoría de las localidades del sector norte no poseen servicio de agua potable y la población se abastece mediante pozos domiciliarios individuales, sin tratamiento del agua. Un pequeño porcentaje de los habitantes cuenta con suministro de agua de red entre ellos San Clemente del Tuyú. En esta localidad la red alimenta principalmente la zona céntrica. La extracción del recurso se realiza a partir de un campo de bombeo situado hacia el sur fuera de la zona urbanizada, mediante sistemas tipo Wellpoint, y Ranney. Existe una planta potabilizadora donde se trata el agua extraída (abatimiento de Fe y Mn) para su distribución

En el caso del sector sur el sistema de abastecimiento se realiza a partir de una red de pozos convencionales distribuidos en Pinamar, Ostende y Valeria del Mar los cuales alimentan a una red unificada. Se diferencian dos tipos de captaciones, las primeras son destinadas al consumo humano mientras que las segundas son destinadas principalmente al riego de parques y jardines y eventualmente para el consumo humano. La metodología empleada genera a nivel local conos o áreas de abatimiento que se reconocen en las fluctuaciones de los niveles freáticos y en la evolución de los mapas de flujo subterráneo.

En el sector norte las localidades con mayor desarrollo poseen servicio de red cloacal el cual es manejado por Cooperativas de Obras y Servicios (San Clemente, Las Toninas, Mar del Tuyú, San Bernardo, Mar de Ajó). Si bien la cobertura no llega al 100%, se destaca que los sectores con mayor grado de urbanización se encuentran dentro del área servida. Las plantas depuradoras de líquidos cloacales se localizan fuera del ambiente del cordón costero, en la llanura deprimida y descargan los efluentes tratados a arroyos que desaguan en la Bahía de Samborombón. A diferencia del caso anterior, el sistema empleado en el sector sur consta de un sistema de lagunas de oxidación ubicado dentro del cordón costero en donde las aguas tratadas son reinfiltradas nuevamente al sistema acuífero en el mismo sitio donde son tratadas. Este sistema muestra una baja eficiencia la cual se asocia a problemas de impermeabilización del sistema de lagunas como así también los prolongados tiempos de residencia del efluente dentro del cuerpo receptor, generando por lo general el desborde en los períodos de mayor afluencia turística. Esta condición pudo ser advertida al analizar la distribución de las concentraciones de los compuestos nitrogenados, en particular la del nitrato, las cuales muestran valores máximos en los alrededores de dicha planta (Rodriguez Capitulo, 2015).

El clima de la región es templado húmedo, con una estación de menores precipitaciones en los meses fríos (abril-septiembre) y una húmeda en los meses cálidos (octubre-marzo). La precipitación media anual oscila entre los 900 y 1000 mm, donde el 60% se produce en los meses con mayor evapotranspiración (meses cálidos) por lo que la mayor recarga se produce durante la estación fría (Carretero y Kruse, 2012).

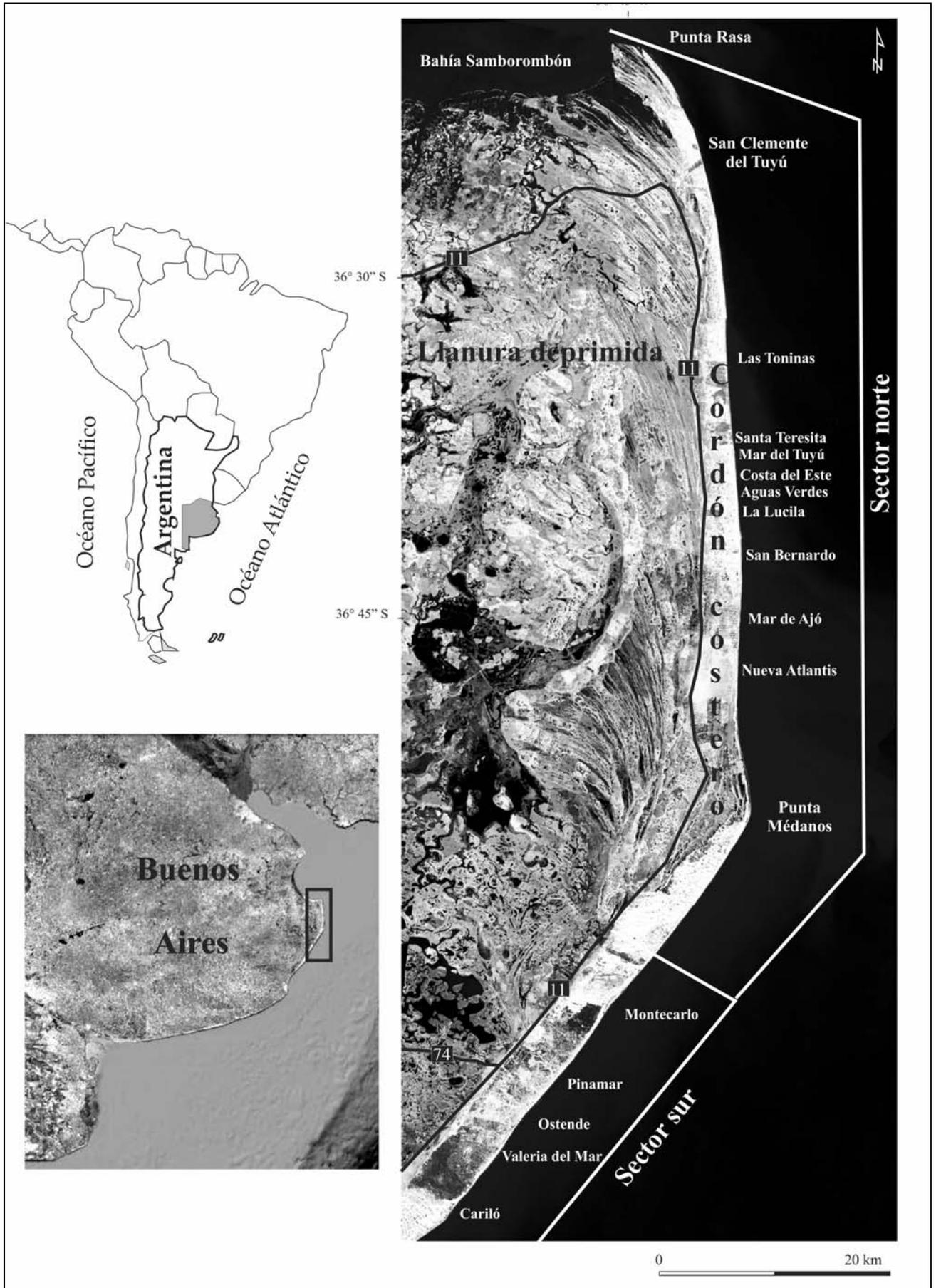


Figura 1. Área de estudio.

La recarga general se produce exclusivamente a partir de los excesos de las precipitaciones sobre la capa freática cuya morfología es radial con curvas equipotenciales paralelas a la línea costa indicando un sentido de flujo subterráneo hacia el mar y otro hacia el continente con un gradiente hídrico que varía entre 1,5 y 4 km/m. En función del tipo de cobertura identificada se reconocen mayores excesos en el suelo desnudo (470 mm/año) con respecto a suelo forestado (261 mm/año), indicando mayor evapotranspiración para la cobertura arbórea (Rodríguez Capítulo y Kruse, 2012). Este fenómeno es particularmente importante en el sector sur debido a la extensa superficie forestada. En términos generales, la divisoria de agua subterránea coincide con las máximas alturas topográficas siguiendo una línea imaginaria orientada en sentido sudoeste-noreste. En el sector norte, el espesor del acuífero oscila entre 10 y 15 m con profundidades de los niveles freáticos menores a los 3 m b.b.p., mientras que, en el sector sur, la posición del nivel supera los 6 m b.b.p. en un acuífero de entre 20 y 40 m de potencia. La oscilación de los niveles a lo largo del año responde a la distribución de los excesos del balance hídrico, los cuales se manifiestan a partir de un ascenso generalizado de los niveles durante los meses más fríos y un descenso durante los más calurosos.

Desde un punto de vista hidroquímico ambos sectores muestran aguas de baja salinidad las cuales presentan un predominio del tipo bicarbonatado cálcico sódico y cuyo comportamiento es el típico para aguas de reciente infiltración (Rodríguez Capítulo, 2015). En el partido de La Costa el espesor útil del acuífero se ve limitado debido a la existencia de una zonación química y un abrupto gradiente vertical de la conductividad a los 5-7 m de profundidad (Carretero et al., 2016). Este fenómeno no se observa en el sistema acuífero del sector sur, resultando un mayor espesor útil de agua de buena calidad.

Una de las problemáticas existentes en ambos sectores (norte y sur) se relaciona con las elevadas concentraciones de Fe total y Mn, cuyo origen se vincula con la composición mineralógica de las arenas que conforman el reservorio subterráneo (Rodríguez Capítulo, 2015; Carretero et al., 2015). Otro de los problemas relacionados con la calidad del agua se refiere a procesos puntuales de salinización tanto en el sector norte (Santa Teresita) (Carretero et al., 2013; Perdomo et al., 2013), como también en el sector sur, en las localidades de Pinamar, Valeria del Mar y Cariló. Estos procesos se vinculan con la extracción intensiva del recurso favoreciendo el avance del frente salino, el cual se verifica a partir de un salto abrupto de los valores de conductividad eléctrica en pozos situados en la línea de costa (Figura 2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la evolución de la población de acuerdo a las estadísticas publicadas por el INDEC (2010). En base al análisis de las encuestas realizadas en ambos partidos se obtuvo información que contribuyó a definir las similitudes y diferencias de la actividad económica más importante de la región. Dichas encuestas fueron realizadas por la Secretaría de Turismo, Cultura y Educación, Municipalidad de Pinamar (2015) y la Secretaría de Turismo, Deportes y Cultura, Municipalidad de La Costa (2015) para la temporada estival 2014-2015.

Se recabó información sobre la existencia de emprendimientos urbanísticos (EU) (ARBA, 2015) y la cobertura que representa en cada uno para así establecer la importancia de esta actividad económica. Se estimó el consumo de agua total para los emprendimientos considerando la población proyectada

para cada uno, asumiendo un consumo medio de 200 L/d (Planas et al., 2000). Los valores de agua utilizada para riego, los cuales no son menores en este tipo de urbanizaciones, se han estimado a partir de Domene y Sauri (2006) y Hof y Schmitt (2011). Estos autores establecen que el volumen de agua para la irrigación de jardines oscila entre el 40 y 50% del consumo humano. Los EU que cuentan con campos de golf presentan un consumo extra mayor a 500m³/d. Se ha realizado una generalización a partir de Durán Valsero et al. (2001) y Lyman (2012) quienes han calculado un valor medio de riego para la superficie estándar de un campo de golf de 18 hoyos. Durante el período comprendido entre 2011 y 2014 se realizaron perforaciones con profundidades entre 10 y 40 m. Los sistemas de perforación fueron manuales y rotativos con inyección de lodo. Se logró contar con la descripción detallada de 47 perforaciones totalizando 1260 metros lineales de perforación y 252 kg de muestras de cutting. El muestreo de cutting de perforación se realizó mediante la utilización de tamices efectuándose una descripción mesoscópica de campo y en el laboratorio llevó cabo el análisis mineralógico y granulométrico con lupa binocular. La determinación de la fracción carbonática se realizó mediante la reacción de efervescencia con ácido clorhídrico. La descripción cualitativa y porcentual de los componentes minerales de los sedimentos se efectuó a partir de una selección estadística. Esta información permitió la definición del perfil litológico para los diferentes ambientes sedimentarios y en base a ello se efectuó la reconstrucción paleoambiental. Adicionalmente y para mejorar la resolución del perfil geológico se incluyó la descripción litológica de perforaciones exploratorias realizadas por González Arzac et al. (1991). Se asignaron hidrofacies de acuerdo a los comportamientos hidráulicos de las unidades litoestratigráficas identificadas. Se define como hidrofacie a una unidad sedimentaria homogénea que, formada bajo condiciones particulares, conduce a un comportamiento hidrogeológico particular (Anderson, 1989).

La interpretación regional de los estadios evolutivos se realizó en base a los términos definidos por Nichols y Allen (1981) para ambientes del tipo costas microtidales y lagunas internas. El resultado de la descripción litológica del material de cutting se utilizó para realizar perfiles geológicos longitudinales y transversales al cordón costero a partir de los cuales fue posible evaluar la continuidad de los niveles sedimentarios en profundidad y asignarles un comportamiento hidrogeológico. La reconstrucción paleoambiental se realizó a partir de la recopilación de información antecedente principalmente de Parker y Violante (1989) y Parker (1991), en tanto que las interpretaciones regionales se basaron en el enfoque propuesto por Violante et al. (2001) y por Cavalloto (2011) quienes describen el esquema evolutivo regional durante el Pleistoceno y el Holoceno.

La caracterización hidráulica de los niveles acuíferos se llevó a cabo mediante la realización de ensayos de bombeo a caudal constante utilizando el método de Theis (1935), Hantush y Jacob (1955) y Neuman (1975) los cuales permitieron obtener los parámetros hidráulicos del acuífero.

RESULTADOS

Condiciones geológicas - geomorfológicas y el sistema hidrogeológico

El cordón costero (CFI, 1989; Violante et al., 2001) se extiende entre Punta Rasa, en el norte, y Mar Chiquita, en el sur, con un ancho que varía entre 2 y 4 km. Limita hacia el oeste con la llanura deprimida que se caracteriza por cotas inferiores

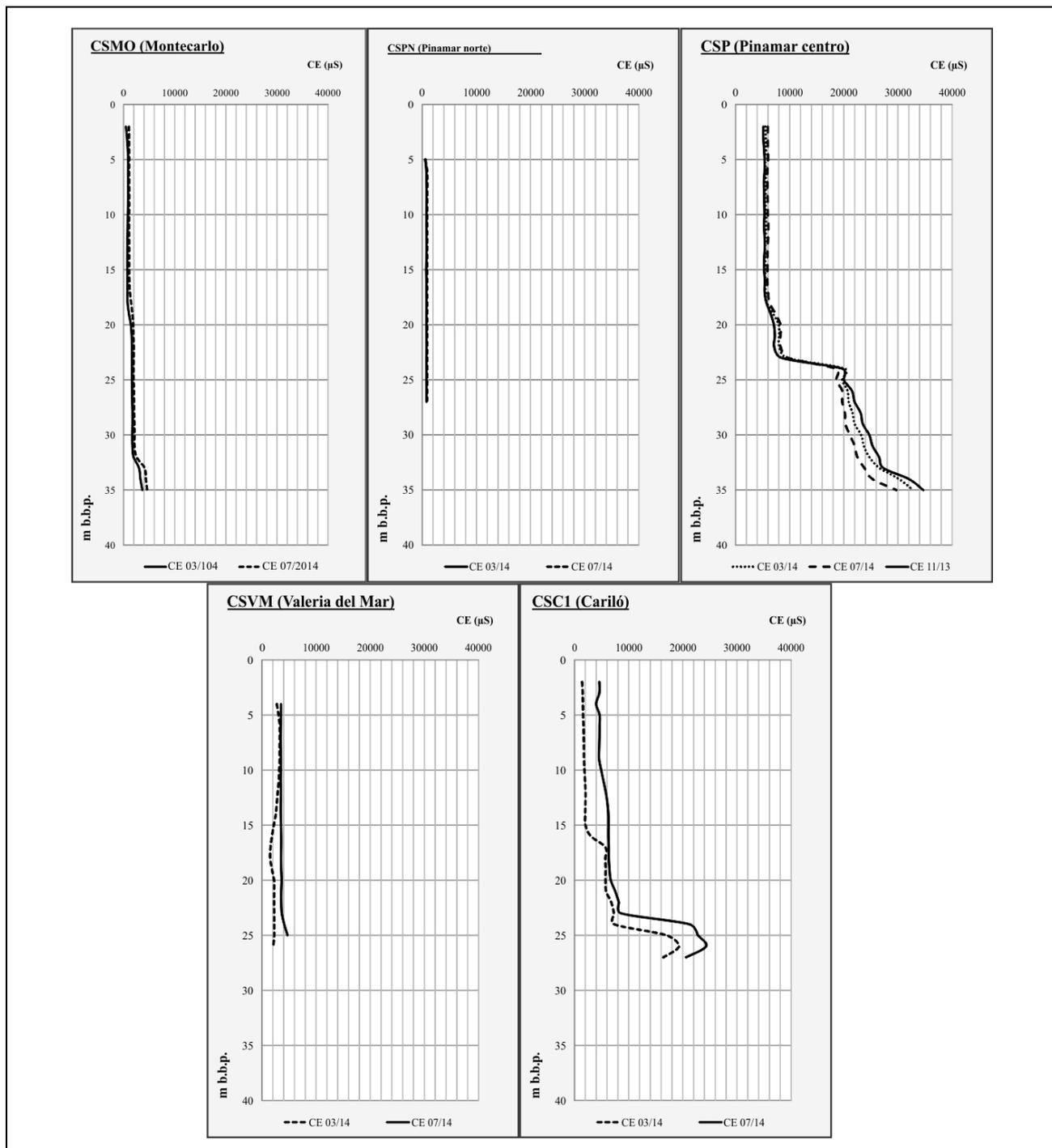


Figura 2. Perfiles de conductividad eléctrica (CE) situados sobre la línea de costa.

a 2 m s.n.m., y un predominio de materiales limosos y arcillosos, con cañadones en dirección sudeste-noroeste que drenan hacia la Bahía de Samborombón.

Los médanos del cordón costero son bajos (cotas entre 2 y 11 m s.n.m.) y fijados por escasa vegetación en el sector norte, mientras que en la zona de Punta Médanos y en Pinamar alcanzan cotas máximas que varían entre 28 y 36 msnm. En este ambiente los suelos son arenosos, no presentan desarrollo de horizontes, son excesivamente drenados e inestables limitando así, casi totalmente su capacidad de uso para la actividad agro-ganadera.

El comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de las aguas subterráneas está condicionado por la evolución geológica - geomorfológica ocurrida durante el Cuaternario. De acuerdo a la información antecedentes y los perfiles geológicos (Figura 3,4 y 5) confeccionados a partir de las perforaciones realizadas fue posible definir un esquema evolutivo geológico - geomorfológico durante el Pleistoceno superior - Holoceno. El mismo consta de 4 estadios (Figura 6). Estos estadios reflejan la evolución de un área costera asociada a procesos transgresivos y regresivos que se caracterizan por una sedimentación con fuertes variaciones laterales tanto en espesores como en su composición litológica.

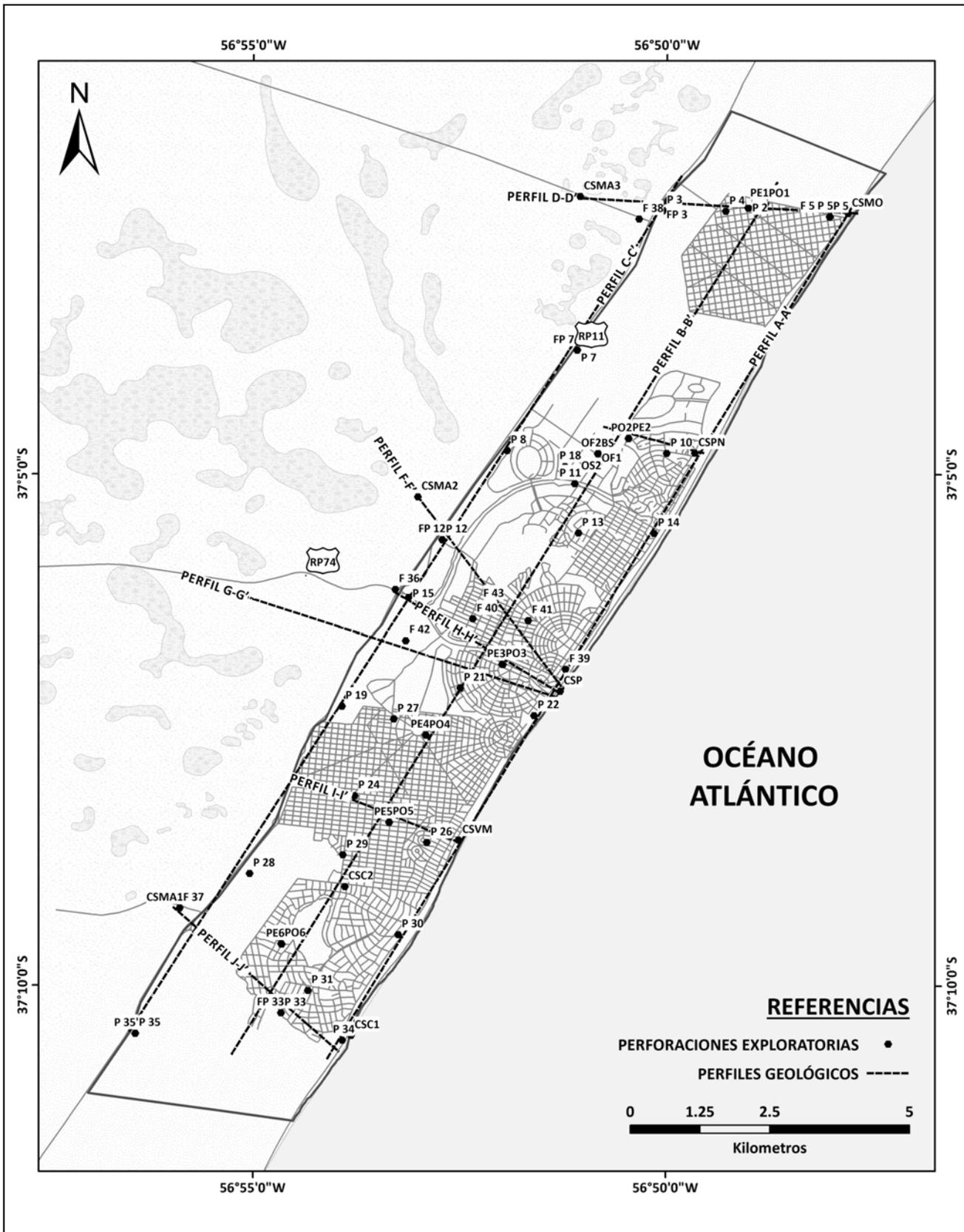


Figura 3. Mapa de localización de las perforaciones y los perfiles asociados.

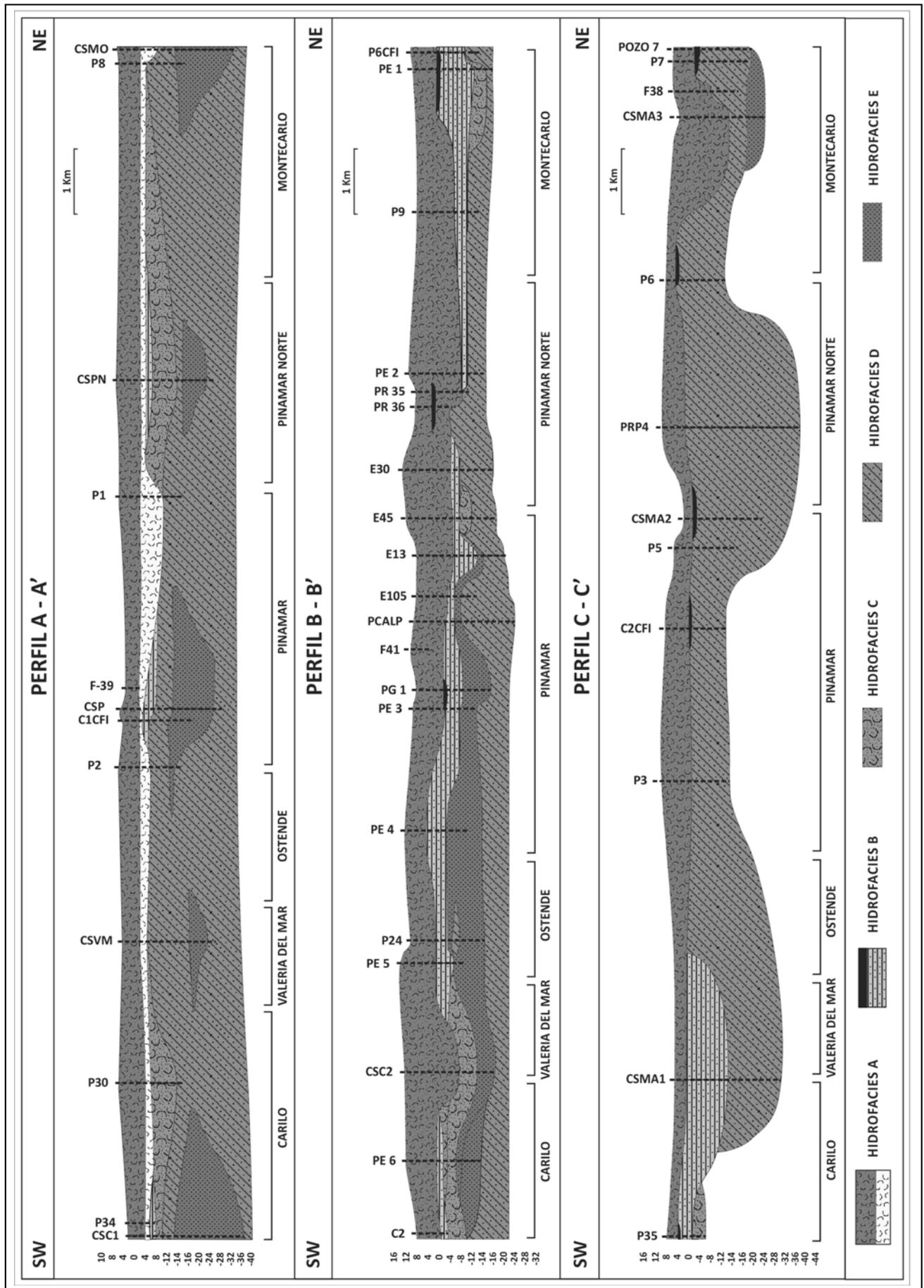


Figura 4. Perfiles A-A', B-B' y C-C' (Modificado de Rodrigues Capitulo y Kruse, 2016).

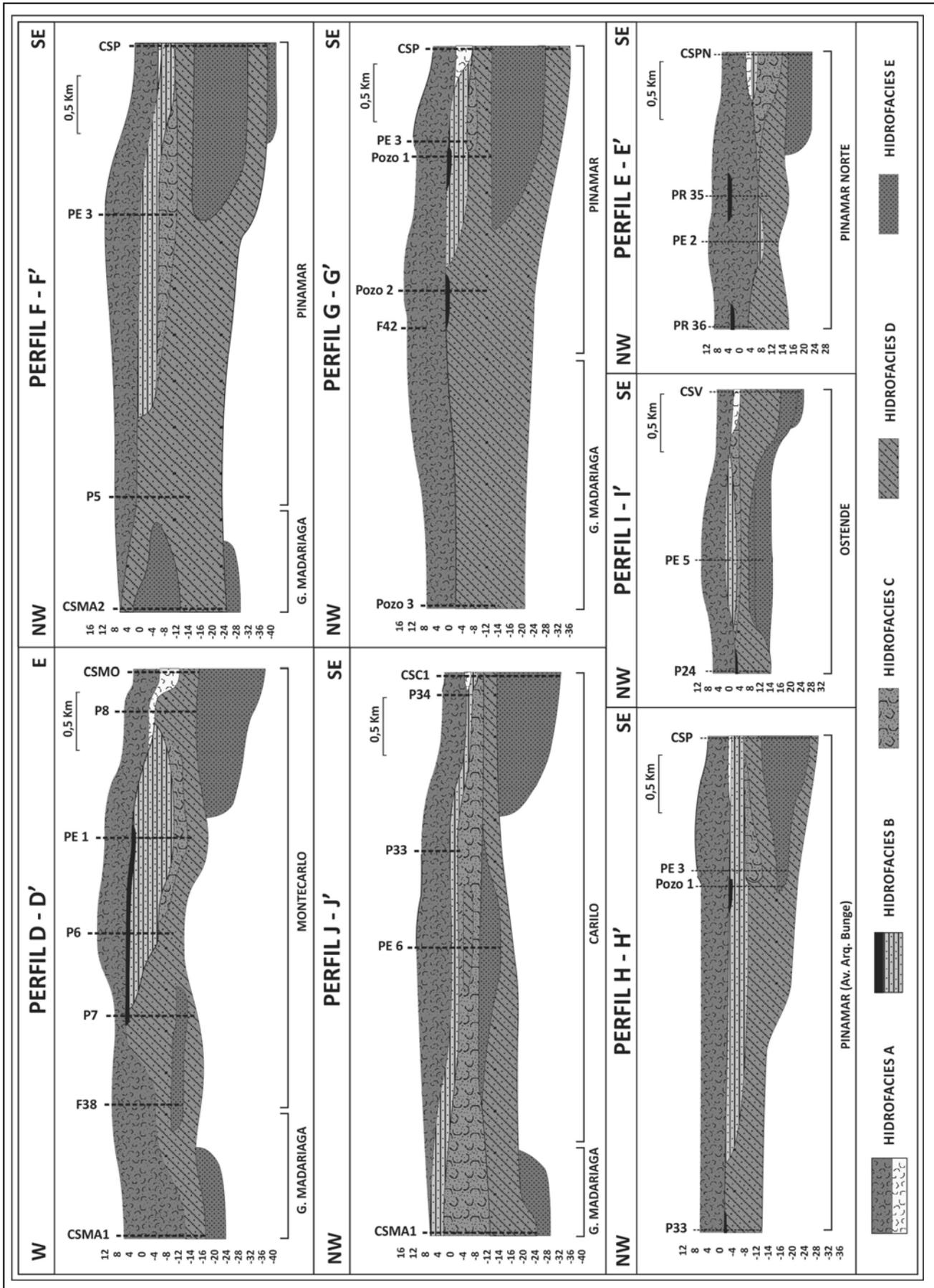


Figura 5. Perfiles D-D', E-E', F-F', G-G', H-H' e I-I' (Modificado de Rodriguez Capitulo y Kruse, 2016).

Geológicamente el sistema comprende:

- Pleistoceno superior (Estadios I y II), que incluye a “limos arcillosos con intercalaciones carbonáticas” con interdigitaciones de lentes o mantos de “arena muy fina”.
- Holoceno temprano (Estadio III), que abarca el desarrollo coetáneo de “arenas medianas” relacionadas a barreras transgresivas y “arcillas grises con intercalaciones arenosas” formadas en un ambiente de baja energía el cual estaría restringido solo al sector sur. El paisaje correspondiente para este intervalo se correspondería con el de lagunas internas y costas microtidales (*Nichols y Allen, 1981*) parcialmente aisladas del sistema marino. En este ámbito, la actividad marina predomina sobre los procesos continentales, ya sea por la acreción de las barreras areno-conchilíferas en sentido vertical, como también la creación de aperturas temporales de canales (Inlets) que permiten el ingreso de agua de mar al sistema de lagunas internas o albuferas entre otras geoformas. En los sectores más aislados de la dinámica marina se habrían desarrollado incipientes suelos y pantanos los cuales han sido descritos en este trabajo como horizontes orgánicos. En concordancia con los escenarios planteados por *Violante et al. (2001)* e *Isla et al. (1996)*, este tipo de ambientes habrían ocurrido tanto durante el proceso transgresivo como en el regresivo. Dicha condición explicaría la alternancia de las arenas y las arcillas observada en algunas perforaciones.
- Holoceno tardío (Estadio IV), representado por las “arenas finas” de la cadena de médanos actual.

La aplicación de este esquema desde un punto de vista hidrogeológico posibilita reconocer las siguientes hidrofacies (Figura 6):

- A (arena fina con conchilla): acuífero que contiene a la zona no saturada y a la capa freática. Los espesores oscilan entre los 2 y los 15 m. Los valores de T y K promedio son de 174 m²/d y 20 m/d respectivamente, mientras que el almacenamiento (S) es de 0,10.
- B (arcilla gris con intercalaciones arenosas): nivel acuitado entre la hidrofacies A y C con espesores máximos de 12 m. Los valores de T' y K' son de 1x10⁻⁴ m/d, 1x10⁻⁵ d⁻¹ en cada caso.
- C (arenas medianas): nivel acuífero con espesores que alcanzan los 12 m en el sector central. Los rangos de transmisividad y permeabilidad van de los 45 y los 70 m²/d y de 10 y los 20 m/d, mientras que el de almacenamiento es de 1x10^{-3/4}.
- D (limos arcillosos con intercalaciones carbonáticas): nivel acuitado entre las hidrofacies C y E con valores de T' y K' son de 1x10^{-2/3} m/d, 1x10^{-3/4} d⁻¹ en cada caso y cuyos espesores máximos alcanzan los 40 m.
- E (lentes arenosas muy finas): unidad acuífera incluida en forma de lentes de hasta 20 m de espesor dentro de las hidrofacies D. Los valores de T y K se sitúan entre los 15 y los 150 m²/d y entre los 4 y 40 m/d, mientras que el almacenamiento se encuentra en el rango de 1x10^{-3/4}.

Este sistema hidrogeológico se caracteriza por su continuidad hidráulica con una variada conexión entre los niveles

acuíferos, la cual es función de la presencia y variaciones en el espesor de los niveles acuitados.

Los resultados obtenidos para San Clemente (sector norte) y Pinamar (sector sur) permiten advertir diferencias en los grados de expresión y desarrollo de los tipos litológicos en cada caso. Desde un punto de vista práctico, estas diferencias condicionan el desarrollo de dos sistemas hidrogeológicos, que, si bien pertenecen a la misma geoforma, presentan esquemas de funcionamiento diferentes.

El sector norte (Partido de La Costa), el nivel acuífero que abastece a la población se encuentra restringido exclusivamente a la hidrofacies A y C cuya potencia en forma conjunta raramente supera los 12 m. El basamento hidrogeológico en esta área lo constituye un paquete arcilloso que limita al agua dulce de las salobres que caracterizan al sistema acuífero profundo.

El sistema en el sector sur se compone de 3 niveles acuíferos. Las hidrofacies A, C, representan a ciclos sedimentarios del Holoceno mientras que la hidrofacies E es de génesis Pleistocena superior. Estos 3 niveles acuíferos son explotados en forma simultánea constituyendo, en función de la existencia y composición de los niveles de menor permeabilidad (acuitados), un sistema hidráulico interconectado cuyo espesor útil alcanza al menos los 45 m de espesor

Población y desarrollo turístico

En los últimos 40 años se ha producido un constante aumento de la población con diferentes tasas de crecimiento según los sectores. La densidad poblacional es mayor en el sector sur (Pinamar 390 hab/km²) que en el norte (La Costa 280 hab/km²) con un total de 25.728 habitantes para el primero y 69.633 para el segundo (*INDEC, 2010*). Se destaca que en el sector sur en el periodo 1991-2001 el incremento fue de más del 100%.

El turismo que se produce en la época estival, especialmente en enero y febrero hace que la población se incremente más de 10 veces la población normal de la región. En el sector norte la influencia de turistas puede superar los 2.700.000 de habitantes en su superficie de 249 km², mientras que, en el sur, los 1.000.000 de habitantes en un área de 66 km²

El lugar de residencia de los turistas que visitan el área de estudio es principalmente de la capital del país (ciudad de Buenos Aires) y de provincia de Buenos Aires, en una menor proporción del interior del país (10%) y extranjeros (1%). El grupo vacacional para ambos lugares se compone preferentemente por familias (60-74%) seguido en orden por parejas (20-27%) y amigos (6-10%).

La condición laboral del visitante es principalmente de personas en actividad con empleo, siendo mayor el porcentaje en Pinamar. La diferencia encontrada es que en el Partido de La Costa hay un mayor porcentaje de jubilados, resultando menor la cantidad de visitantes ocupados respecto de Pinamar lo cual implica un menor poder adquisitivo y de inversión en la región.

El poder adquisitivo del turista del sector sur es mayor que del sector norte. Si bien en ambos casos el mayor porcentaje (30-36%) de los turistas tienen ingresos medios, en el caso del sector sur un 20% corresponde a un segmento de altos ingresos y resulta la diferencia más importante con el sector norte.

En los dos sectores la mayoría de los turistas permanecen 15 días en el destino, pero en el sur el porcentaje es mayor (47%) que en el norte (23%). Estadías de una semana le siguen en el

orden, donde el 25% de los visitantes eligen esta duración para sus vacaciones. Se destaca que en el sector sur el 10% permanece más de un mes mientras que en el norte este valor no llega al 5%.

Si bien el cordón costero se caracteriza por la actividad turística en toda su extensión, existen diferencias en cuanto a los productos turísticos que en él se explotan. En términos generales sus principales atractivos incluyen entre otros, los centros comerciales, la actividad balnearia y deportiva desarrolladas en el continente (golf), en el mar (windsurf, kite, etc.) y en el sector de dunas (motocross y travesías 4x4).

En términos generales las playas del sector norte son amplias y llanas y se extienden entre 100 a 150 metros de ancho. En algunas localidades este paisaje está siendo afectado por procesos erosivos, lo cual ha llevado a su reducción junto con la cadena de médanos activos afectando a la actividad balnearia. Se destaca el sector entre Nueva Atlantis y Punta Médanos por poseer playas casi inexploradas. El sector norte no se caracteriza por poseer una gran superficie de bosques. Existen dos clubes de golf, uno en Santa Teresita con un predio de 54 Ha de exuberante vegetación y otro ubicado en Costa Esmeralda al sur de Punta Médanos.

En el sector sur (Partido de Pinamar), el principal atractivo turístico lo constituyen los bosques de coníferas, los cuales

abarcan más de la mitad de la superficie total. Este tipo de cobertura le otorga al sector un paisaje distintivo el cual permite combinar elementos propios con otros que son típicos de otras regiones geográficas. Esta situación representa un atractivo adicional relacionado con el sector inmobiliario y de la construcción.

De manera paralela y asociada al turismo la proliferación de emprendimientos inmobiliarios es una de las actividades que más se ha desarrollado durante las últimas 5 décadas. El sector norte cuenta solo con cuatro emprendimientos inmobiliarios de tipo barrio cerrado de reducida superficie (Figura 6, Tabla 1). Al sur de Punta Médanos se encuentran en desarrollo otros tres emprendimientos de mayor extensión y oferta de servicios. En estos emprendimientos se advierte la existencia de lagunas artificiales alimentadas por la capa freática y en muchos casos utilizadas como reserva para riego de los espacios públicos.

El sector sur (partido de Pinamar), cuenta con numerosos emprendimientos urbanísticos de mediana y gran envergadura de los cuales los más relevantes se muestran en la Figura 6 y Tabla 1. Este tipo de emprendimientos contemplan también la creación de cuerpos de aguas superficiales los cuales deben ser alimentados permanentemente mediante el bombeo de perforaciones de agua subterránea.

Tabla 1: Distribución de emprendimientos urbanísticos por sector.

Sector	District	Emp. Urbanísticos Nº	Area emprendimiento urbanístico (km ²)	Σ Area emprendimiento urbanístico (km ²)	Σ Area emprendimiento urbanístico / Area Partido
Norte	Partido de La Costa (Norte)	1	0.92	2.54	0.010
		2	0.21		
		3	1.34		
		4	0.07		
	Partido de La Costa (Sur)	5	9.96	27.33	0.11
		6	7.25		
		7	10.11		
Sur	Partido de Pinamar	8	0.03	3.73	0.053
		9	0.06		
		10	1.20		
		11	0.05		
		12	1.55		
		13	0.22		
		14	0.52		
		15	0.10		

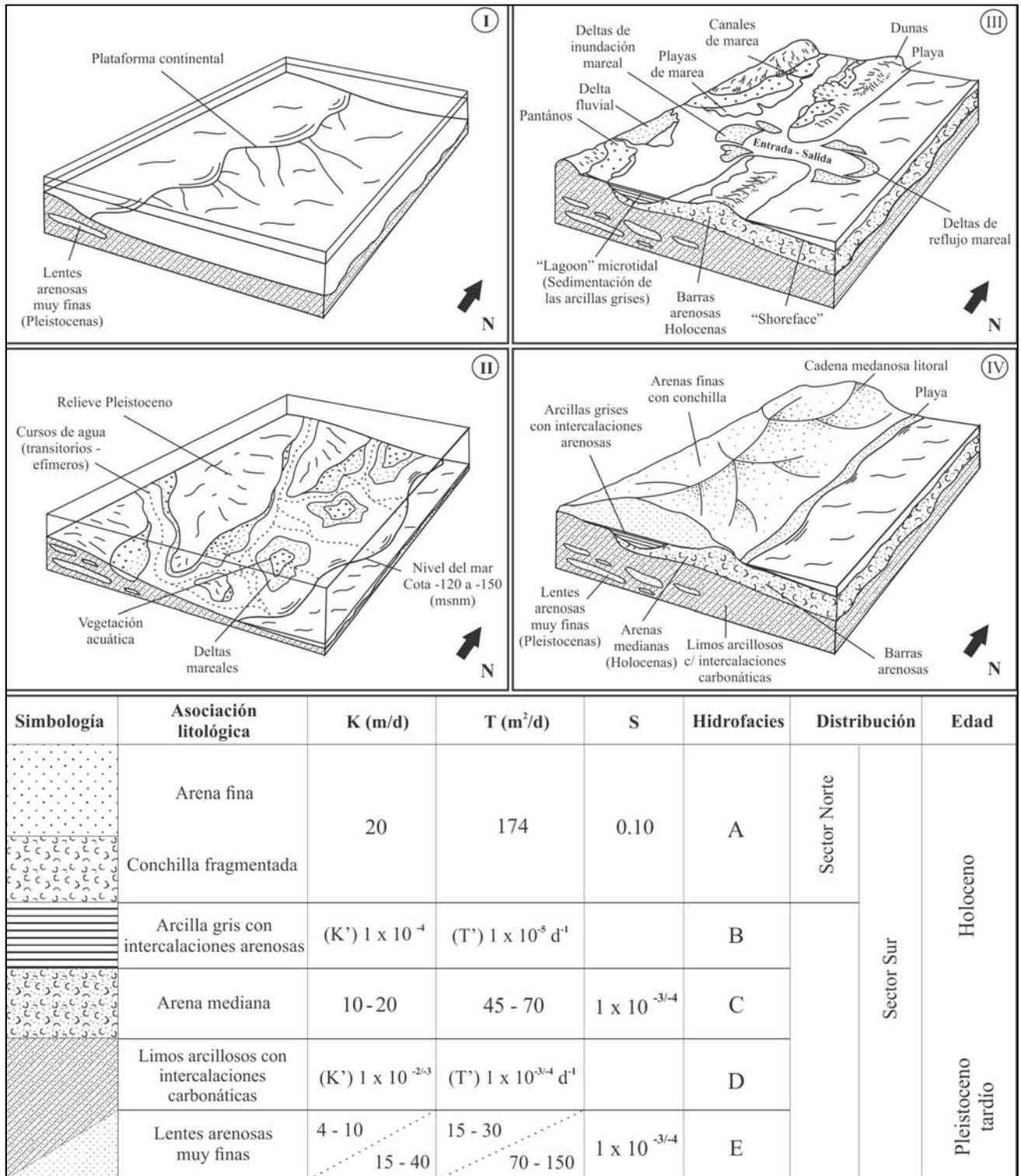


Figura 6. Esquema geológico evolutivo para el Pleistoceno superior - Holoceno (Sup). Esquema hidrogeológico (Inf).

Tal como se puede advertir las actividades desarrolladas en este sector albergan, en relación al sector norte del cordón costero, a un segmento social reducido que, en términos generales, posee un mayor poder adquisitivo, como lo reflejan las estadísticas relevadas por la secretaría de turismo del Partido.

En Punta Médanos, que según el límite político pertenece al Partido de La Costa (norte), las características naturales son asimilables a las del Partido de Pinamar (sur). Una mayor

disponibilidad del recurso hídrico ha posibilitado el planteo de paisajes de tipo boscoso, jardines que demandan riego y conservación de lagunas tanto de valor ornamental como para el desarrollo de actividades náuticas. La presencia de importante forestación en estos emprendimientos (Figura 7) contribuye con la idea de que este sector no se diferencia del área natural donde se desarrolla Pinamar reforzando la idea de que la geomorfología es el factor que condiciona el desarrollo económico.

La relación entre la superficie del sector sur y la totalidad de emprendimientos es de 0,053 mientras que para el norte es de 0,01 (Tabla 1). El sector sur estaría ofreciendo mejores condiciones para el desarrollo de estas urbanizaciones. Por otro lado, en Punta Médanos, la relación (0,11) es superior a los otros dos casos, resultando que, a futuro, esta área prácticamente inexplorada hasta hace unos pocos años, se transformará en una urbanización de relevancia.

Relación entre factores socioeconómicos y disponibilidad de agua asociada a la evolución paleoambiental

Existen una serie de relaciones entre la evolución paleoambiental regional de los dos sectores con la distribución de los recursos hídricos subterráneos y el rol de estos últimos como factor condicionante del crecimiento y desarrollo vinculado al sector turístico e inmobiliario.

En los dos sectores analizados, el crecimiento poblacional se destaca como un indicador común del desarrollo socioeconómico. A su vez, se reconoce una similitud en los sistemas acuíferos del cordón costero ya que comparten una historia geológica similar. Los factores geodinámicos, han condicionado la distribución de los sedimentos Pleistocenos-Holocenos, que son portadores de la única fuente disponible de agua en cada sector. Sin embargo, existen diferencias entre el sector norte y el sector sur que influyen en el desarrollo de las actividades socioeconómicas.

El sector norte se caracteriza por una menor densidad poblacional, siendo la afluencia turística cubierta por personas con menor poder adquisitivo, menor posibilidad de inversión y tiempo de permanencia durante sus períodos de descanso. En la época turística la concentración de población alcanza a 10.000 hab/km². Los emprendimientos urbanísticos están restringidos debido a que el recurso de agua dulce disponible es de menor magnitud y está destinado, mayormente, al abastecimiento a la población no dejando margen para la generación de lagunas, o riegos. Además, existe una escasa cobertura en la distribución de agua potable a la población.

Los rasgos geomorfológicos diferenciales en el sector norte se asocian a un espesor acuífero de agua dulce relacionado con el Holoceno que no supera los 12 m y un nivel freático que se ubica por encima de los 3 m b.b.p. Las reservas reguladoras disponibles son del orden de 42 mm/km. Las unidades hidrogeológicas tienen prácticamente la mitad del espesor que, en el sector sur, y se registra una zonación química vertical que disminuye la disponibilidad del reservorio de agua dulce.

A diferencia de lo que ocurre con lo descrito en el sector norte, el sector sur (Pinamar) se caracteriza por una mayor densidad poblacional, reconociéndose un progreso más acelerado. En los meses de verano se estima una concentración de población de 15.500 hab/km². El perfil del turista presenta un alto poder adquisitivo invirtiendo más en la región y vacacionando por más días. El servicio de abastecimiento de agua potable presenta una mayor cobertura (45%). Las inversiones en emprendimientos inmobiliarios asociados al turismo son de mayor envergadura. La urbanización contempla, además de su propio desarrollo, diferentes comodidades para el esparcimiento que implican un mayor consumo de agua (campos de golf, spa, jardines y canchas de polo). Asimismo, existe una tendencia arquitectónica en las últimas décadas a la creación de cuerpos lagunares artificiales que, si bien son impermeabilizados en su lecho, requieren de un constante aporte de agua a los efectos de mantener su volumen. En este sector se registran importantes

desarrollos urbanísticos, por ejemplo, Pinamar cuenta con 5 espejos de agua con un área promedio de 4200 m², mientras que Punta Médanos posee 4 cuerpos lagunares cuya superficie media supera los 10000 m².

La evolución paleoambiental explica las diferencias hidrogeológicas que apoyan estas características. En el sector sur, el perfil hidrogeológico con disponibilidad de agua dulce alcanza 45 m de profundidad y representa a dos eventos transgresivos regresivos ocurridos durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno. La posición media del nivel freático supera los 6 m b.b.p. Como consecuencia de la potencia de los depósitos arenosos (capas acuíferas), adquieren una mayor importancia las reservas de agua dulce disponibles, resultando que las reservas reguladoras alcanzan un valor de 77 mm/km. Las dunas naturales fueron modificadas por forestación, lo que se traduce en una modificación del balance hidrológico natural resultando que los excesos se reducen casi a la mitad en un suelo forestado respecto de un suelo arenoso desnudo. La existencia de los bosques de coníferas se sostiene debido a la presencia de mayores reservas de agua en este sector.

La relación consumo y área de los EU (Figura 8) permite advertir que en la mayoría de los casos el consumo diario se encuentra por debajo de los 1000 m³ salvo los casos 6 y 7 los cuales se localizan en el Partido de La Costa (sur, sector de Punta Médanos). Llama la atención el consumo calculado para el emprendimiento 7 cuyo volumen es mayor a 10.000 m³/d mientras que el caso 5, si bien presenta prácticamente la misma superficie, dicho valor es 28 veces menor (370 m³/d). La principal diferencia reside en la planificación y uso del suelo para cada EU, en el caso de la urbanización 7 la proyección de habitantes alcanza los 35.000, e incluye un campo de golf y una zona hípica con cancha de polo la cual supone una demanda mayor de agua para irrigación. En cambio, el emprendimiento 5 no alcanza a los 1500 habitantes. Este proyecto arquitectónico ha sido orientado hacia la conservación de mayores sectores de duna y de ambiente natural.

Si el área de los EU se ubica por debajo de la línea de tendencia es interpretada como una región en la cual los emprendimientos muestran consumos sustentables o que el impacto al ciclo hidrológico es aceptable. Se podría establecer que, en términos generales, los emprendimientos presentan un nivel de consumo acorde con la superficie abarcada. No es así el caso del proyecto 7, en donde al evaluar dicha relación se advierte que representará a futuro una situación en donde el recurso hídrico se verá fuertemente afectado. Se podría comprometer las reservas útiles explotables no descartando, además, la aparición de problemáticas asociadas con una inversión de gradientes hídricos a partir de conos de depresión o un avance de la interfase agua dulce - salada.

CONCLUSIONES

Las diferencias en la historia geológica del cordón costero del este de la Provincia de Buenos Aires condicionan las reservas de agua subterránea dulce. Ello tiene consecuencias directas en las características del desarrollo urbano y territorial. La comparación de dos sectores (norte y sur) muestra indicadores contrastantes en relación a la actividad turística.

El análisis comparativo de las actividades turísticas de dos zonas costeras (sector norte y sector sur) posibilitó relacionar la influencia del recurso hídrico subterráneo, única fuente de abastecimiento a la población, con el desarrollo socioeconómico de ambos sectores.

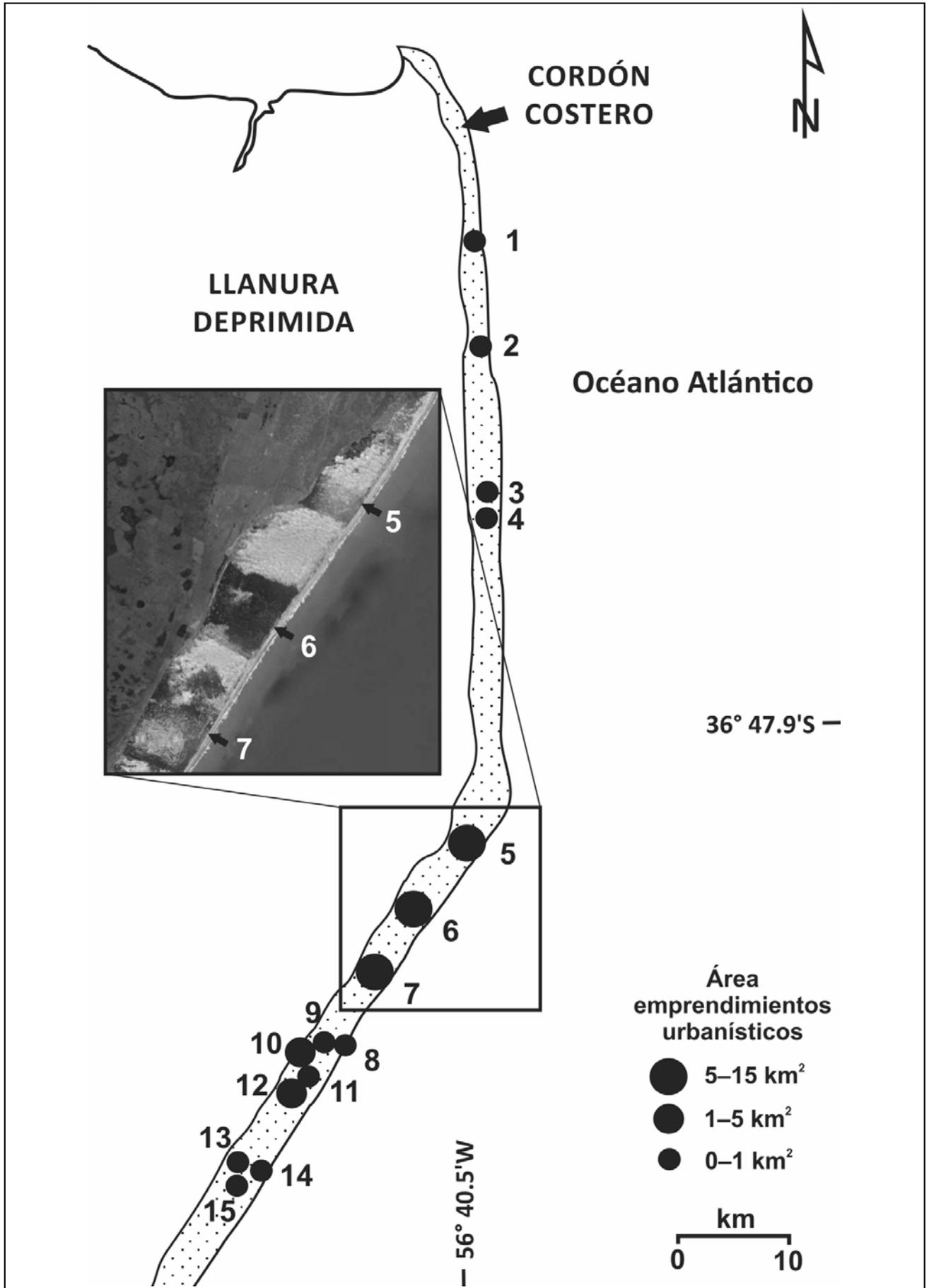


Figura 7. Distribución de los emprendimientos urbanísticos, áreas y relaciones entre superficies.

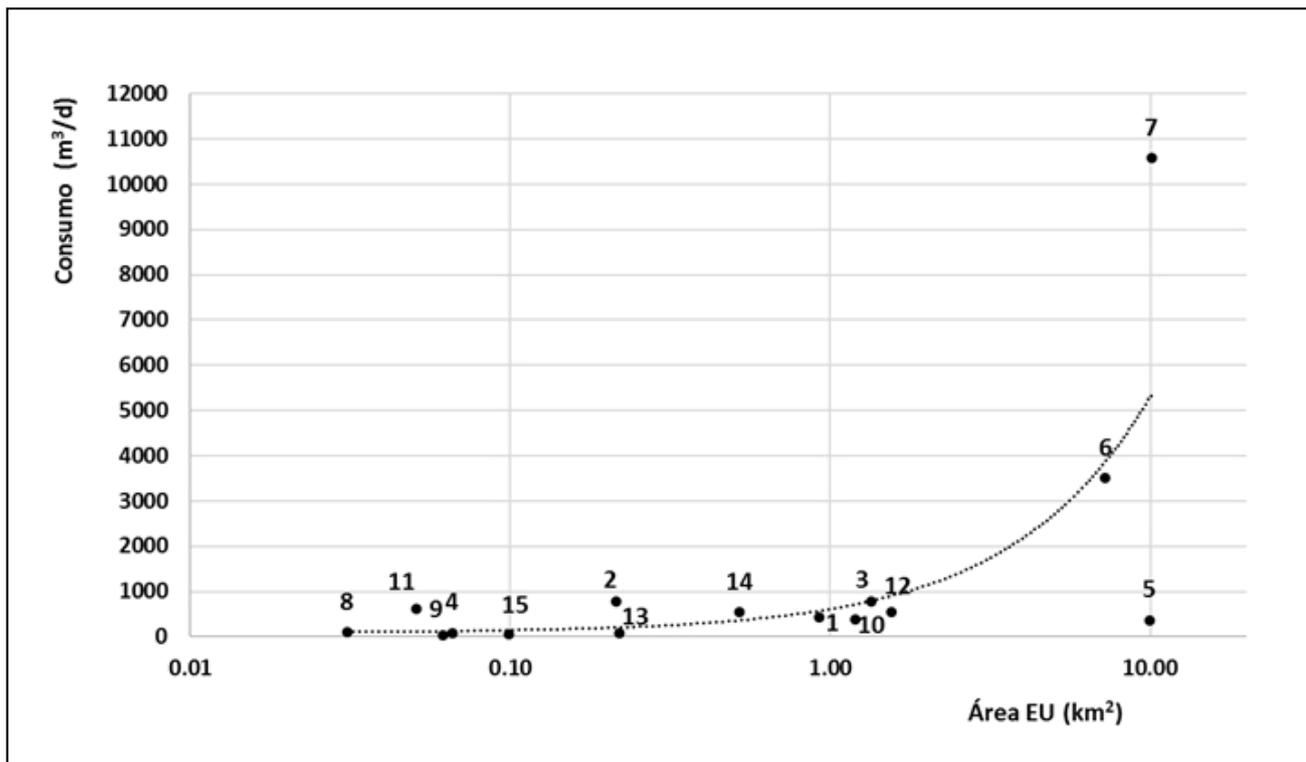


Figura 8. Relación consumo vs área de los emprendimientos urbanísticos (EU).

Asociado al marco hidrogeológico y la disponibilidad de agua dulce en el sector sur el agua subterránea explotable se asocia a la evolución paleoambiental holocena y pleistocena superior que generó 3 unidades acuíferas interrelacionadas, constituyendo un sistema cuyo espesor útil alcanza al menos los 45 m. En cambio, el sector norte se restringe a dos unidades acuíferas holocenas, cuyo espesor es del orden de 12 m.

Las características morfológicas y las mayores reservas de agua subterránea dulce del sector sur son indicadores de mejores condiciones para el crecimiento económico.

Esta situación se ve reflejada no sólo en una mayor densidad de habitantes en el sector sur, sino en un perfil del turista de alto poder adquisitivo con mayores inversiones y tiempos de estadía.

El desarrollo de complejos urbanísticos contempla la construcción y mantenimiento de lagunas artificiales y campos de golf entre otros. La forestación de bosques de coníferas, los cuales suponen una cuantiosa demanda hídrica, son considerados como una ventaja de oferta turística respecto al sector norte.

La tendencia de la relación consumo vs área EU es un indicador de base para una gestión sustentable del recurso

hídrico o para el reconocimiento de un impacto aceptable en el ciclo hidrológico. Esta relación puede constituir una pauta para alcanzar un turismo sustentable evitando los riesgos que implica la sobreexplotación de agua subterránea y la intrusión de agua salada en ambientes costeros. El desarrollo de una urbanización costera asociada a la disponibilidad de agua subterránea está condicionado por aquellos impactos negativos que pueden afectar las reservas de agua subterránea (intrusión salina, disminución de niveles de agua subterránea, contaminación por nitratos entre otros). Estudios de este tipo son necesarios también en la generación de políticas del manejo y uso del suelo, en particular en aquellos sectores en donde la producción de bienes y servicios se limita a una sola actividad. Tal es el caso de un desarrollo turístico de calidad o residencial, el cual supone una demanda considerable de agua.

El enfoque empleado puede ser utilizado por tomadores de decisiones de otras regiones con acuíferos costeros de similares características para evaluar la factibilidad de futuros emprendimientos turísticos basados en la disponibilidad del recurso hídrico asociado a la evolución paleoambiental del cordón costero.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ANDERSON, M. P., 1989.

Hydrogeological facies models to delineate large-scale spatial trends in glacial and glaciofluvial sediments. *Geological Society of American Bulletin*, Vol. 101:501-511.

ARBA (AGENCIA DE RECAUDACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES).2015.

CartoArba, visualizador de cartografía catastral.

Disponibile en <https://www.carto.arba.gov.ar/cartoArba/application>, último acceso 22 de octubre de 2015.

- CARRETERO, S. Y KRUSE E., 2012.
Relationship between precipitation and water-table fluctuation in a coastal dune aquifer: northeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina.
Hydrogeology Journal, Vol. 20: 1613–1621.
- CARRETERO, S. Y KRUSE E., 2015.
Iron and manganese content in groundwater on the northeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina.
Environmental Earth Science, Vol. 73(5):1983–1995.
- CARRETERO, S.; KRUSE E. Y ROJO A., 2013.
Condiciones hidrogeológicas en Las Toninas y Santa Teresita, Partido de La Costa.
En: N. González, E. Kruse, M.M. Trovatto y P. Laurencena (eds) *Temas actuales en hidrología subterránea*, pp 28-35, La Plata, EDULP.
- CARRETERO, S.; PERDOMO S.; KRUSE E. Y AINCHIL J., 2016.
Respuesta eléctrica de la zonación química en un nivel acuífero en la costa arenosa oriental de la Provincia de Buenos Aires.
En: R. García y E. Mariño (eds) *Calidad del agua subterránea*, pp 93-100, Editorial Científica Universitaria - Secretaría de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de Catamarca, San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.
- CFI, 1989.
Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Regiones I y II Punta Rasa-Punta Médanos.
Provincia de Buenos Aires Informe Final. Tomo II. Geología y Geomorfología. 192 p.
- DURÁN VALSERO J.J.; FERNÁNDEZ M. L.; MATEOS RUIZ R. M. Y ROBLEDO ARDILA P.A. 2001.
Las aguas subterráneas y los campos de golf. Una aproximación Integradora.
In: Pulido Leboeuf P.A., Pulido Bosch A., Vallejos Izquierdo A. (Eds), *V Simposio sobre el Agua en Andalucía*, Vol. 2:61-68
- EL MRINI, A.; ANTHONY, E.; MAANAN, M.; TAAOUATI, M. Y NACHITE, M., 2012.
Beach dune degradation in a Mediterranean context of strong development pressures, and the missing integrated management perspective.
Ocean & Coastal Management, Vol.69: 299–306.
- GONZÁLEZ ARZAC R., PÉREZ SPINA R., GARAY R., VIZCAINO A., REMORINI G., CAMPOS A., RASCOVKY L., GARCÍA R. & BRAVO MOLINO R (1993).
Estado actual de las fuentes subterráneas en Pinamar y Villa Gesell (Primera etapa: Pinamar).
Consejo Federal de Inversiones. Administración general de obras sanitarias. 71p
- GÖSSLING, S., 2006.
Tourism and water.
En: S. Gössling, C.M. Hall (eds.), *Tourism & Global Environmental Change*, pp. 180–194, Routledge, London.
- HOF, A. Y SCHMITT, T., 2011.
Urban and tourist land use patterns and water consumption: Evidence from Mallorca, Balearic Islands.
Land Use Policy, Vol. 28: 792–804.
- INDEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA), 2010).
Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Buenos Aires.
Disponible en <http://www.indec.gov.ar>, último acceso 15 de julio de 2015.
- LYMAN G.T. 2012.
How Much Water Does Golf Use and Where Does It Come From?.
Environmental Programs, United States Golf Association. Golf's Use of Water: Challenges and Opportunities A USGA Summit on Golf Course Water Use, November 2012. Disponible en <http://usgatero.msu.edu/v11/216335.pdf>, último acceso 8 de octubre de 2015. NICHOLS M. M. y ALLEN, G. 1981. *Sedimentary processes in coastal lagoons. In Coastal lagoon research, present and future*. pp 27-80. Paris: UNESCO. *Technical Papers in Marine Science*, 33.
- PARKER G. 1991.
Caracterización geológica y geomorfológica del sector Punta Médanos-Pinamar:
Informe preliminar, provincia de Buenos Aires. 44 pp.
- PARKER G. Y VIOLANTE R. A. 1989.
Geología y Geomorfología. Regiones I y II. Punta Rasa - Faro Querandí. Provincia de Buenos Aires.
Convenio Consejo Federal de Inversiones y Servicio de Hidrografía Naval, Informe final. 141 pp.
- PERDOMO S.; CARRETERO S.; KRUSE E. Y AINCHIL J., 2013.
Identificación de la intrusión salina en Santa Teresita (Buenos Aires), mediante la aplicación de métodos eléctricos.
En: N. González, E. Kruse, M.M. Trovatto y P. Laurencena (eds) *Temas actuales en hidrología subterránea*, pp 44-49, La Plata, EDULP.
- PLANAS, A. C.; GAVIÑO NOVILLO, M.; MENDIBURO, N.; CALCAGNO, A., Y URBANO JÁUREGUI, L. (2000).
Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina. Buenos Aires:
JVP Consultores

- RODRIGUES CAPITULO, L., 2015.
Evaluación geohidrológica en la región costera oriental de la provincia de Buenos Aires.
Caso de estudio Pinamar. Tesis doctoral. La Plata: Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- RODRIGUES CAPÍTULO, L. Y KRUSE E., 2011.
Balance hidrológico en un área costera medanosa con forestación.
Caso de estudio: Partido de Pinamar (Provincia de Buenos Aires). VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la hidrología subterránea. Hidrogeología regional y exploración hidrogeológica. Actas del taller 2: 80-87, Salta.
- RODRIGUES CAPÍTULO, L. Y KRUSE E., 2016.
Relationship between geohydrology and Upper Pleistocene-Holocene evolution of the eastern region of the Province of Buenos Aires, Argentina.
Journal of South American Earth Sciences. Vol 76: 276-289
- SECRETARÍA DE TURISMO, CULTURA Y EDUCACIÓN, MUNICIPALIDAD DE PINAMAR, 2015.
Encuesta Enero-Febrero 2014. Buenos Aires, Pinamar.
Disponible en <http://www.repotur.gov.ar/handle/123456789/3875>, último acceso 22 de octubre de 2015.
- SECRETARÍA DE TURISMO, DEPORTES Y CULTURA, MUNICIPALIDAD DE LA COSTA 2015.
Encuesta de afluencia turística. Perfiles del visitante, consumo y valuación del destino turístico.
Partido de La Costa. Buenos Aires.
Disponible en <http://lacosta.tur.ar/tlc/estadisticas/encuesta-afluencia-turistica>, último acceso 22 de octubre de 2015.
- VIOLANTE R.A.; PARKER G. Y CAVALLOTTO J.L., 2001.
Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno.
Revista de la Asociación Geológica Argentina, 56 (1): 51-66



ASAGAI

ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Proyecto de estabilización del faldeo sur del cerro Chenque, Comodoro Rivadavia

Francisca, Franco M. - Pinto, Federico - Abril, Ernesto G. - Van De Velde, Germán - Alvarez Muguerza, Matías

Evaluación de las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del valle central de Catamarca

Segura, Luis - Saracho, Marta - Lobo, Patricia - Agüero, Nahuel

Regiones hidrogeológicas en la provincia de Tucumán

García, Jorge W. - Falcón, Carlos M. - D'Urso, Carlos H. - Rodríguez, Graciela V.

Estabilización de subrasante loésica con silicato de sodio líquido

Cruz, María Pía - Martin Schmädke, Ítalo - Arnaudo, Carlos - Vigilante, Nicolás

Recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires

Rodriguez Capitulo, Leandro - Carretero, Silvina - Kruse, Eduardo

Portada: Cantera abandonada de rodados en Punta Este, al sur de Puerto Madryn, provincia de Chubut. *Fotografía María Paula Bunicontro.*

**Revista de Geología
Aplicada a la Ingeniería
y al Ambiente**

