

# VARIACIONES DEL NIVEL FREÁTICO EN EL ACUÍFERO COSTERO DE VILLA GESELL, ARGENTINA: RESULTADOS PRELIMINARES

Sánchez Caro L.<sup>a,b</sup>, Carretero S.C.<sup>a,b</sup>, Fabiano M.<sup>b,c</sup>, Laurencena P.<sup>b,c</sup> e Isla F.I.<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ARGENTINA

<sup>b</sup>Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Universidad Nacional de La Plata, ARGENTINA

<sup>c</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), ARGENTINA

<sup>d</sup>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMYC), Mar del Plata, ARGENTINA

e-mail: [leonardo.sanchezcaro@gmail.com](mailto:leonardo.sanchezcaro@gmail.com)

## RESUMEN

*El Partido de Villa Gesell se ubica sobre la barrera medanosa de la Provincia de Buenos Aires. El acuífero costero representa la única fuente de agua dulce para la población. Como primera aproximación al estudio del agua freática en la zona, se realizó un total de 24 freatímetros distribuidos en los 48 km<sup>2</sup> del área de estudio, en los cuales se efectuaron mediciones de nivel freático, conductividad eléctrica y temperatura en enero y marzo de 2020. Para conocer y contrastar las condiciones hidrológicas previas a las dos campañas de medición, se calcularon balances hidrológicos de paso diario teniendo en cuenta el tipo de cobertura (bosque o médano). Los resultados muestran que los excesos de agua pueden considerarse despreciables para el período analizado. En este contexto, se registraron descensos del nivel freático de entre 5 y 35 cm, en 15 de los 17 pozos medidos en ambas campañas. Los pozos ubicados en zonas de bosque y de médano presentaron valores medios de variación de niveles similares, si bien los correspondientes a la zona de médano presentan mayor dispersión. Los pozos en zonas urbanas registraron una menor variabilidad de niveles entre enero y marzo. La conductividad eléctrica aumenta hacia la costa con un valor máximo de 542  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual resulta apto para consumo humano. El presente trabajo es una aproximación inicial al comportamiento del acuífero freático en este sector de la costa bonaerense, y es resultado de las primeras mediciones en una red de monitoreo recientemente construida. En el futuro serán instalados más freatímetros para obtener una mayor densidad de datos.*

*Palabras Clave:* Acuífero Costero, Agua Subterránea, Uso del Suelo.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras revisten una gran importancia desde un punto de vista ambiental y económico, debido a que buena parte de la población mundial se ubica cercana a la costa (Satkunas, 2008). Incluso cuando presentan pequeñas dimensiones, los acuíferos costeros constituyen fuentes de agua dulce altamente productivas para el uso humano (Custodio, 2010), sin embargo, suelen también tratarse de sistemas particularmente vulnerables a la acción antrópica. Algunos problemas comunes en Sudamérica respecto del manejo de acuíferos costeros, son la explotación intensiva del agua subterránea, la ausencia de estudios base para el manejo y planificación del uso del recurso hídrico, y la ausencia de redes de monitoreo del agua subterránea (Bocanegra, 2009).

En la costa oriental de la provincia de Buenos Aires, la expansión demográfica y la urbanización caótica de las múltiples localidades turísticas de la zona, han resultado en un aumento de la demanda de agua dulce durante las últimas décadas (Kruse et al, 2012). Varias zonas de la costa oriental bonaerense cuentan con estudios exhaustivos acerca del funcionamiento del sistema hidrogeológico costero (Carretero, 2011; Rodrigues Capitulo, 2015; Gómez, 2017 a, b), sin embargo, este no es el caso del Partido de Villa Gesell. Las localidades balnearias de este partido dependen exclusivamente del agua subterránea para el abastecimiento de la población, a su vez, la actividad turística se suma como un factor de presión sobre el recurso hídrico. Se reconoce la necesidad de contar con un estudio detallado del sistema acuífero en la zona. Mediante la instalación de una red de monitoreo, la toma sistemática de datos y la aplicación de metodologías de análisis con una perspectiva multi-enfoque, se espera obtener un producto de aplicación directa al manejo del recurso hídrico en Villa Gesell. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio preliminar del acuífero freático en Villa Gesell, analizando el comportamiento del nivel freático y la influencia que la cobertura del suelo ejerce sobre el mismo.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

El Partido de Villa Gesell es uno de los 135 partidos de la Provincia de Buenos Aires. se encuentra emplazado en la región geomorfológica conocida como cordón costero, en la costa atlántica de bonaerense (ver Fig. 1), centrado en las coordenadas 37° 15' S y 57° 56' O. La zona de estudio abarca los sectores urbanizados y/o forestados del Partido de Villa Gesell, que incluyen la localidad homónima (cabecera del Partido) al noreste y las localidades de Mar de las Pampas y Mar Azul, hacia el sudoeste. Hacia el noroeste, fuera de los límites del cordón costero, dentro de la llanura continental, se encuentra el partido de General Madariaga. En el año 2010, Villa Gesell contaba con 31.730 habitantes (INDEC, 2010). Se estima que la población estable del Partido para el año 2020 es de aproximadamente 38.000 habitantes (INDEC, 2020a). Además, al tratarse de una zona balnearia, debe tenerse en cuenta el aumento estacional de la población debido a la avenida turística en la época estival: entre los meses de enero y febrero, el Partido de Villa Gesell recibe entre 130.000 y 170.000 turistas (2014-2017) (INDEC, 2020b). El cordón costero presenta en esta región poco más de 3 km de ancho; y en el sector central las dunas se elevan hasta aproximadamente 20 msnm (Bértola, 2002; Marcomini, 2002). El área de estudio se encuentra dentro de la Región II definida por el Consejo Federal de Inversiones (CFI, 1990). Esta región presenta características geomorfológicas particulares, que tienen un fuerte impacto en su comportamiento geohidrológico. Rodrigues Capitulo, 2015 definió un modelo hidrodinámico para la localidad de Pinamar, que forma parte de la Región II y se ubica a pocos kilómetros del área de estudio. Según este modelo, la recarga de agua subterránea es de índole local y directa a partir de las precipitaciones. Dada la alta permeabilidad del sustrato arenoso, se considera nulo el escurrimiento superficial, de forma tal que los excesos de agua contribuyen en su totalidad a la infiltración. Una vez alcanzada la zona saturada, el agua se mueve desde la zona central del cordón hacia ambos bordes del mismo. Del lado oeste, una zona de interface separa el agua dulce del cordón costero del agua salobre contenida en los sedimentos de la llanura continental. Del lado este, se registra una interface entre el agua dulce y el agua salada del mar. Esta última fue identificada en el Partido de Villa Gesell por Hurtado et al, 1987 mediante la realización de estudios geoelectrónicos.

En esta zona el acuífero freático se aloja en el cordón arenoso, el cual se originó durante el Holoceno como resultado de la acción conjunta de procesos costeros y procesos eólicos vinculados a la generación y migración de dunas costeras (Isla et al, 1996; Violante y Parker, 1992; Violante et al, 2001). El acuífero costero constituye la única fuente de agua potable para la población.

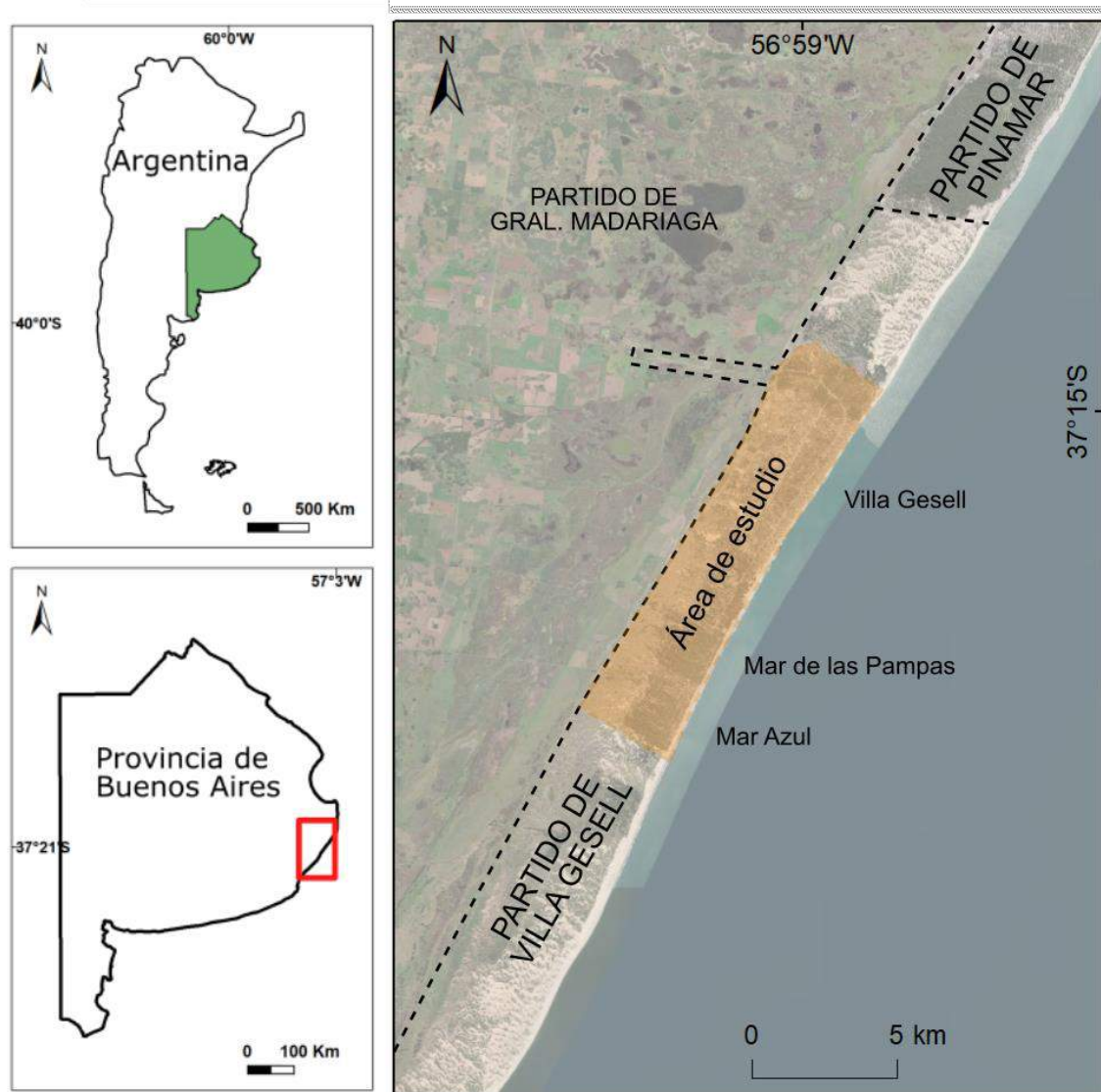


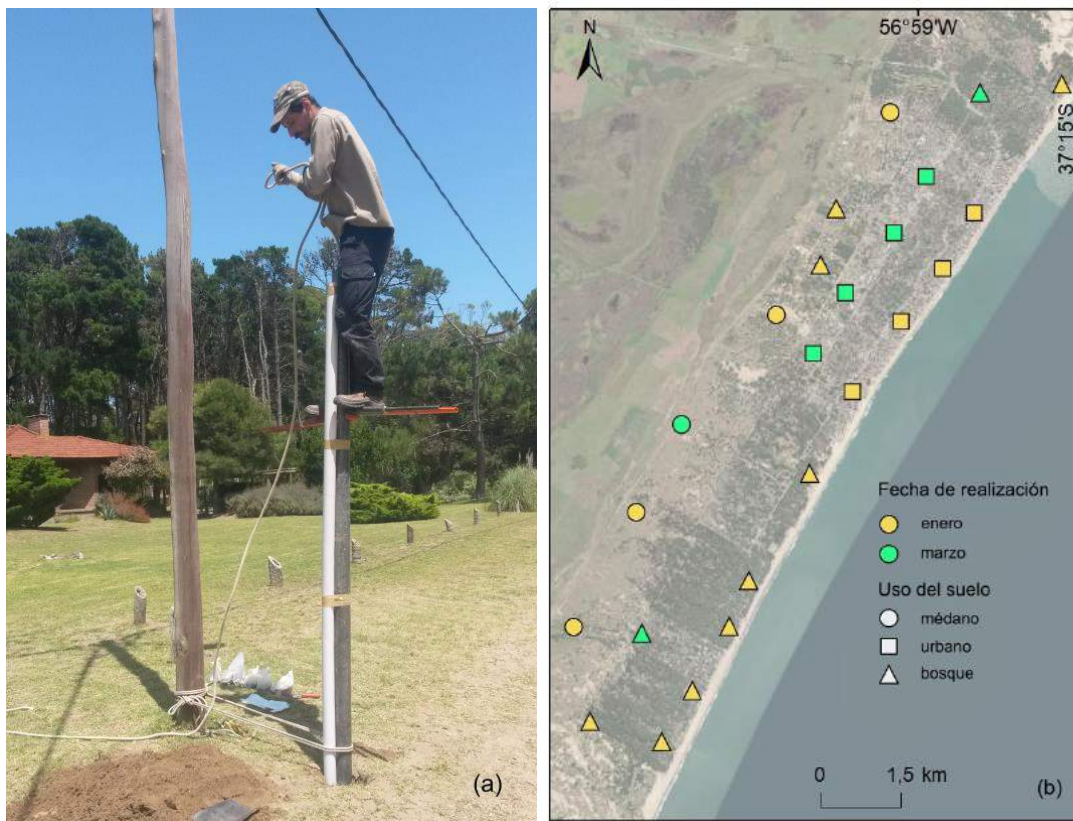
Figura 1. Ubicación del área de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, se realizaron tareas de campo para la obtención de datos, y una posterior elaboración de los mismos a través de software especializado.

Se llevaron a cabo dos campañas durante los meses de enero y marzo de 2020. En la primera, se perforaron 17 freáticos distribuidos entre las localidades del Partido de Villa Gesell. Para las perforaciones, se empleó el método de hincado de cañería y remoción de material con broca dentada (ver Fig. 2a). Se instalaron freáticos de PVC de 63 mm de diámetro, ranurados manualmente con sierra de acero cada 5 cm, aproximadamente. Las perforaciones alcanzaron una profundidad de entre 3,5 y 5,5

metros. En la segunda campaña, y mediante el mismo método, se adicionaron 7 pozos más a la red de monitoreo. A su vez, se tomaron datos de profundidad y conductividad eléctrica del agua in situ de los freáticos realizados previamente. Para la medición de la conductividad, se utilizó un conductivímetro portátil modelo PCD-431 de Lutron. La Fig. 2b muestra la ubicación de los 24 freáticos perforados, distribuidos sobre los 48 km<sup>2</sup> del área de estudio. La implementación del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) en marzo de 2020, forzó la interrupción de la segunda campaña. Debió postergarse la realización de parte de los pozos, así como la nivelación altimétrica de los mismos. Por esto último, el tratamiento y análisis de los datos de nivel freático obtenidos sólo pudo ser llevado a cabo en términos de profundidad desde la superficie topográfica.



**Figura 2.** a. Realización de perforaciones manuales. b. distribución final de los freáticos.

Los datos obtenidos se volcaron en ArcGIS 10.2.2 para su elaboración y posterior interpretación. Se generaron mapas de profundidad de nivel freático para enero y marzo, de isovariación de nivel entre ambas mediciones, además de un mapa de conductividad para marzo. En todos los casos, el algoritmo utilizado para la interpolación de datos puntuales fue Nearest Neighbor.

Para conocer el contexto climático e hidrológico en el cual se enmarcan las mediciones de pozo, se realizaron balances hídricos según Thornthwaite y Mather, 1955, a partir de datos diarios de precipitación del Servicio Meteorológico Nacional en Villa Gesell, desde enero de 2019 hasta marzo de 2020. Se consideraron tres tipos de cobertura: médano (suelo arenoso con escasa vegetación o sin ella), bosque (suelo cubierto por un bosque de coníferas) y urbano.

Se usaron valores medios diarios de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), estimados con la ecuación FAO Penman–Monteith, 1998. La evapotranspiración potencial (ET<sub>c</sub>) se calculó mediante la Ec. (1):

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

donde ET<sub>c</sub> es la máxima evapotranspiración de la cobertura; ET<sub>o</sub> es la evapotranspiración de referencia y K<sub>c</sub> es el coeficiente de cultivo o de cobertura.

La capacidad de campo (CC) media del suelo dominado por arena fue de 160 mm/m, según Falasca y Forte Lay, 2006, que definen un valor de 140 y 180 mm hasta una profundidad de 1 m a lo largo de la costa arenosa bonaerense. En el caso del médano, la profundidad efectiva asignada para el balance fue de 0,25 m y por lo tanto quedó definida una CC de 40 mm, dado que el efecto de la evapotranspiración no puede penetrar más profundo. En el caso del bosque, debió tenerse en cuenta una exploración de raíces de más de 1 m, ya que se trata de un bosque bien establecido, por ello, se asignó una profundidad de 1,25 m, que derivó en una CC de 200 mm en el balance. Se asumió que la intercepción contribuye en un 100% a la evapotranspiración (ET)

Se determinaron valores de K<sub>c</sub> de acuerdo a FAO, 1998. Para la zona de médano se consideraron valores variables a lo largo del año, entre 0,45 en verano, y 1,2 en invierno. Para la zona de bosque se tomó K<sub>c</sub>=1 constante todo el año (FAO, 1998; Besteiro, 2014).

Los valores de ET<sub>o</sub> y K<sub>c</sub> adoptados fueron procesados con el software AGROAGUA v.5.0 (Forte Lay et al, 1995), con la precipitación diaria como dato de entrada. De esta manera, se obtuvieron los excesos diarios correspondientes a las zonas de bosque y médano, entre diciembre de 2019 y marzo de 2020. Los excesos para la zona urbana fueron estimados, siguiendo el criterio de Carretero et al, 2014, como un 15% del valor de excesos para la zona de médano.

Los datos de variación del nivel freático y de conductividad eléctrica fueron agrupados de acuerdo al tipo de cobertura del suelo presente en la zona del freático correspondiente. Esto permitió evaluar el comportamiento de las variables de interés según dicho criterio, y plantear hipótesis acerca del posible control que las diferentes coberturas pueden tener sobre el nivel freático y la conductividad eléctrica en el acuífero freático de Villa Gesell.

## RESULTADOS

### Comportamiento de los niveles freáticos

La Tabla I muestra los balances hídricos para las coberturas de médano, bosque y urbano. Previo al trabajo de campo, los mayores excesos corresponden a la cobertura de médano, mientras que la zona urbana presenta excesos mínimos. Entre campañas, los excesos en la zona de médano disminuyen un 71%, con la correspondiente reducción de los excesos en zona urbana, que pasan a ser prácticamente nulos. La zona de bosque no presentó excesos durante el período considerado.

**Tabla I.** Balances hídricos para las zonas de bosque y médano, y excesos estimados para la zona urbana, para el periodo diciembre de 2019 y marzo de 2020. Todos los valores están expresados en mm.

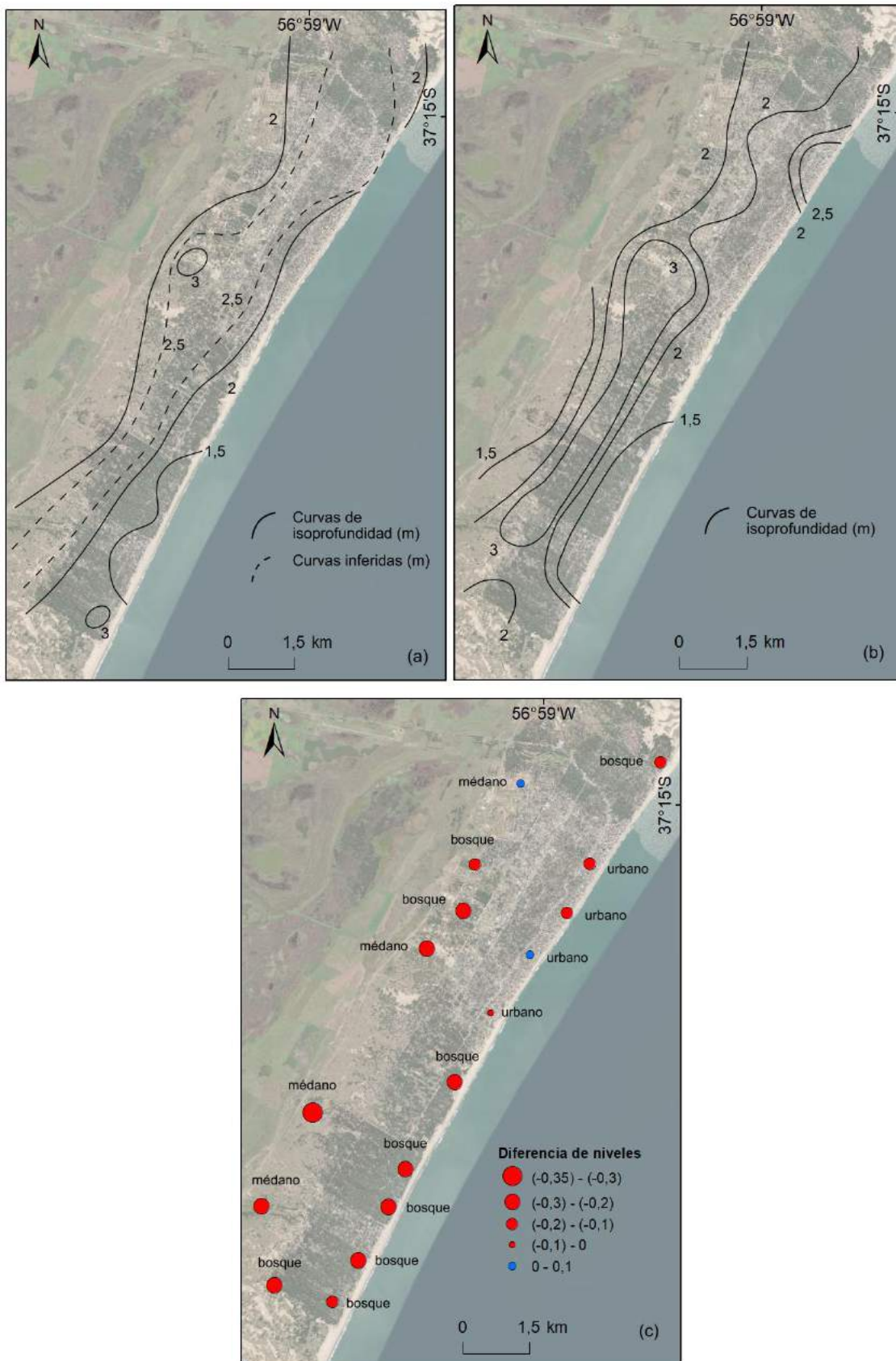
	P <sup>1</sup>	Médano			Bosque			Urbano
		ETP <sup>2</sup>	ETR <sup>3</sup>	Excesos	ETP	ETR	Excesos	Excesos
Previo a primera campaña (dic 2019-ene 2020)	145	75,6	34,6	85	153	83,7	0	12,8
Entre campañas (ene-mar 2020)	112	161	95,9	24,5	289,4	173,5	0	3,7

<sup>1</sup>Precipitación; <sup>2</sup>Evapotranspiración Potencial; <sup>3</sup>Evapotranspiración Real.

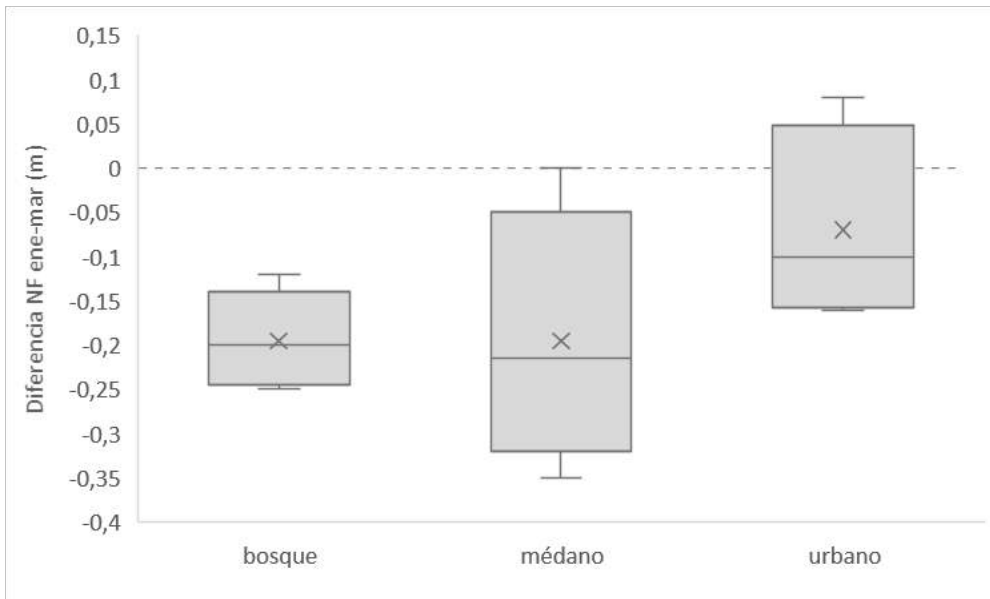
Se obtuvieron mapas de isoprofundidad del nivel freático a partir de 17 mediciones en enero (ver Fig. 3a), y 24 en marzo (ver Fig. 3b). En ambos casos, las curvas de isoprofundidad se orientan de forma aproximadamente paralela a la costa. Se observan, en líneas generales, mayores profundidades en la zona central del cordón costero, y menores hacia sus bordes. Los mapas muestran una profundización del nivel freático entre enero y marzo. En enero, las áreas con profundidades mayores a 3 m son más restringidas, mientras que, en marzo, esta área ha aumentado significativamente. También se observa que las curvas de 2 m se desplazan hacia el centro del cordón medanoso.

Las variaciones de profundidad del nivel freático entre enero y marzo fueron medidas en 17 pozos, y oscilaron entre +8 y -35 cm. Quince pozos mostraron un descenso entre enero y marzo, uno no mostró variaciones y uno mostró un ascenso del nivel freático de 8 cm (ver Fig. 3c). De acuerdo a lo observado, los 112 mm de precipitaciones acumuladas y los excesos asociados (24,5 mm) no fueron suficientes para producir el ascenso de la capa freática entre mediciones en el ambiente de médanos. En otras zonas costeras como el Partido de La Costa, considerando mediciones de paso mensual, en términos generales si las precipitaciones acumuladas entre las fechas de relevamientos son inferiores a 60 mm, no se registra una elevación en los niveles freáticos (Carretero y Kruse, 2012). Es decir, que no se manifiesta una respuesta detectable entre un relevamiento y el siguiente si el total de las precipitaciones están por debajo de dicho valor. En Villa Gesell este parámetro todavía no ha sido determinado por encontrarse en la etapa inicial de las investigaciones.

Se observan diferencias en el comportamiento del nivel freático al analizar las variaciones de acuerdo al uso del suelo (ver Fig. 4). Los pozos ubicados en zona de bosque y médano presentan la misma variación promedio, sin embargo, en la primera se observa una menor dispersión de los datos. En la zona de médano se encuentra el único pozo que no mostró variaciones de nivel entre campañas. La presencia de valores negativos y relativamente uniformes en la zona de bosque es congruente con la ausencia de excesos que el balance hídrico arrojó para este tipo de cobertura. La zona urbana muestra una variación promedio más cercana a 0 que las anteriores, es decir, registra un menor descenso de niveles freáticos, e incluye al único freatómetro en el cual se identificó un aumento del nivel freático. Respecto de esto último, los excesos estimados para este tipo de cobertura (3,7 mm entre campañas) no serían suficientes para justificar un ascenso del nivel freático de 8 cm. Debe considerarse la posibilidad de una recarga artificial por actividad antrópica (riego, pérdidas en cañerías, etc.).



**Figura 3.** a. mapa de isopropundidad del nivel freático en enero, b. en marzo, y c. diferencia de nivel entre enero y marzo.



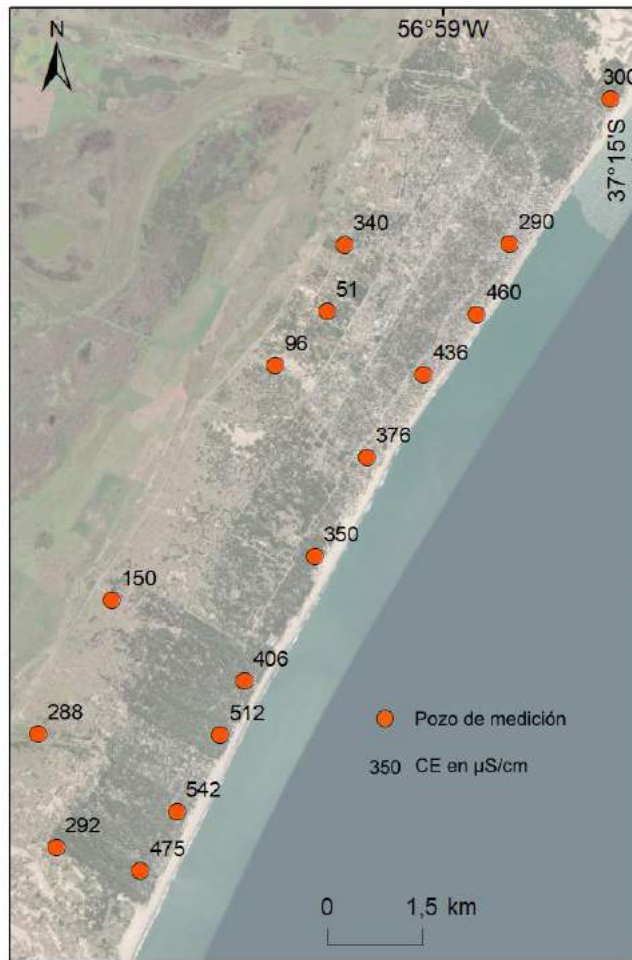
**Figura 4.** Diagramas boxplot de los datos de variación del nivel freático agrupadas según la cobertura del suelo.

### Distribución de la conductividad eléctrica

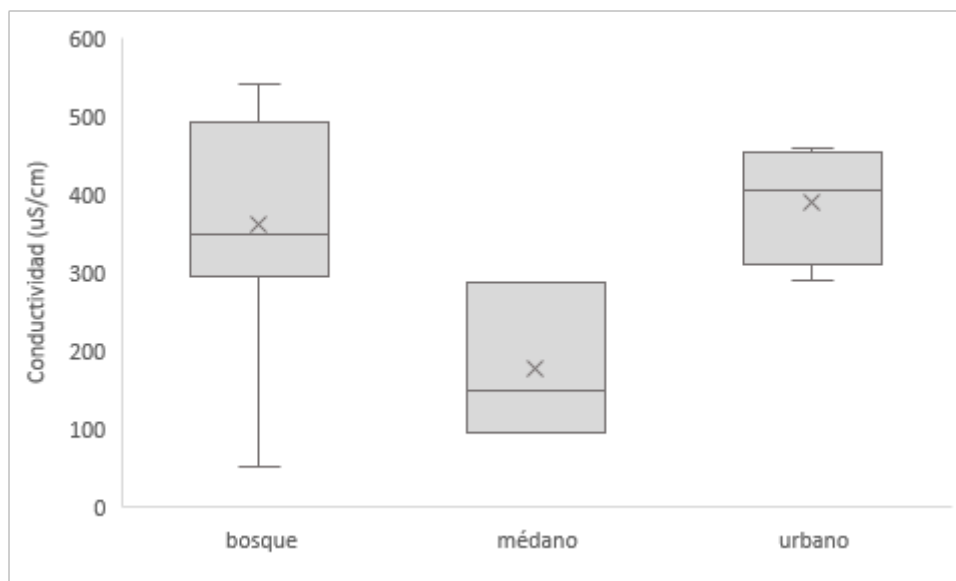
Se obtuvieron valores de conductividad eléctrica entre 51 y 542  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ver Fig. 5). El valor máximo de conductividad puede considerarse apto para consumo humano. Los valores de conductividad eléctrica obtenidos no muestran influencia de una posible intrusión salina, sin embargo, se trata de pozos someros. Hurtado et al, 1987 identificaron la posición de la interface agua dulce-agua salada mediante métodos geoelectricos, descartando en aquel momento la presencia de procesos de intrusión salina en Villa Gesell. No obstante, han transcurrido más de tres décadas desde la realización de este trabajo. Si bien los resultados del presente estudio indican que el acuífero freático no presenta influencia de agua salada, para conocer las condiciones en las cuales se encuentra actualmente dicha interface, debería contarse con perforaciones profundas en zonas cercanas a la costa.

De acuerdo al uso del suelo, la conductividad eléctrica es marcadamente menor en la zona de médano respecto de las otras dos (ver Fig. 6). La zona urbana presenta el mayor promedio y menor desvío estándar. La zona forestal presenta un promedio semejante al de la zona urbana, y también el valor máximo de conductividad detectado. Por otro lado, presenta también el mayor desvío estándar de las tres zonas, por lo cual no es posible definir un control de la forestación sobre la conductividad eléctrica del agua freática.





**Figura 5.** Conductividad eléctrica.



**Figura 6.** Diagramas boxplot de los datos de conductividad eléctrica agrupados según la cobertura del suelo.

## CONCLUSIONES

Se realizó un trabajo básico para comenzar el estudio sistemático del acuífero freático en el Partido de Villa Gesell, como lo es la construcción de una red de monitoreo del agua subterránea mediante la perforación de freatómetros. Se instaló un total de 24 freatómetros de entre 3,5 y 5,5 metros de profundidad, distribuidos en los 48 km<sup>2</sup> del área de estudio.

A partir de la toma de datos de nivel freático en enero y marzo, se obtuvo un registro de las variaciones de nivel en cada pozo durante el verano. Los resultados muestran un claro descenso del nivel freático, dado que 15 de los 17 pozos medidos en ambas campañas presentaron variaciones de nivel negativas.

Los valores de conductividad eléctrica se encuentran dentro de un rango aceptable para el consumo humano. No se registró la presencia de agua salada en los primeros metros del acuífero freático, sin embargo, se reconoce la necesidad de contar con perforaciones profundas cercanas a la costa para descartar la posibilidad de un proceso de intrusión salina.

La cobertura del suelo condiciona el comportamiento de las variables estudiadas en el acuífero freático. Las zonas de bosque y médano presentan variaciones promedio de nivel freático similares, aunque en la primera, la dispersión de los datos es menor. La zona urbana presenta un menor descenso promedio, e incluye un pozo en el que se registró un aumento del nivel freático.

Respecto de la conductividad eléctrica, la zona urbana mostró valores significativamente mayores que la zona de médano. La cobertura de bosque mostró una gran dispersión de los datos, por lo que no es posible definir un control unívoco de este tipo de cobertura sobre este parámetro en los primeros metros del acuífero freático.

El presente trabajo constituye una primera aproximación al estudio del sistema acuífero costero en Villa Gesell. Si bien la instalación de freatómetros se vio interrumpida por la implementación del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio en el mes de marzo de 2020, se proyecta la realización de más perforaciones, que aumentarán la densidad de datos de la red de monitoreo.

## REFERENCIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes and D., Smith, M. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). *FAO Irrigation and Drainage. Paper No 56*, 300, (1998).
- Bértola, G.R., Isla, F.I., Cortizo, L.C. y Turno Orellano, H.A. Modelo sedimentario de la barrera medanosa al norte de Villa Gesell (provincia de Buenos Aires) – de aplicación hidrogeológica. *Lat Am J Sedimentol Basin Anal*, 9 (2), 109-126, (2002).
- Besteiro, S.I. *Evaluación de la influencia hidrológica de forestaciones en la llanura pampeana*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, 2014.
- Bocanegra, E., Da Silva, G.C., and Custodio, E. State of knowledge of coastal aquifer management in South America. *Hydrogeol J* 18, 261–267 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0520-5>
- Carretero, S. *Comportamiento hidrológico de las dunas costeras en el sector nororiental de la provincia de Buenos Aires*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2011 [http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id\\_document=ARG-UNLPTPG-0000002075&request=request](http://sedici.unlp.edu.ar/search/request.php?id_document=ARG-UNLPTPG-0000002075&request=request)

- Carretero S. y Kruse E. Relationship between precipitation and water-table fluctuation in a coastal dune aquifer: northeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina. *Hydrogeol J* 20, 1613–1621 (2012) DOI: 10.1007/s10040-012-0890-y
- Carretero, S., Braga, F., Kruse, E. and Tosi, L. Temporal analysis of the changes in the sand-dune barrier in the Buenos Aires Province, Argentina, and their relationship with the water resources. *Appl Geogr*, 54, 169-181, (2014).
- Consejo Federal de Inversiones. *Evaluación del recurso hídrico subterráneo en la región costera atlántica bonaerense*, Buenos Aires, Consejo Federal de Inversiones, 1990.
- Custodio, E. Coastal aquifers of Europe: an overview. *Hydrogeol J* 18, 269–280 (2010).
- Falasca S. and Forte Lay, J.A. *Actualización de la evapotranspiración de referencia por el método de Penman–Monteith en la República Argentina*. Congreso de AADA, La Plata, Argentina, 2006.
- Forte Lay, J.A., Aiello, J.L. and Kuba, J. *Software AGROAGUA v.5.0.*, Veternik, Serbia, 1995.
- Gómez L., Carretero S., Kruse E. Caracterización hidrogeológica preliminar de la localidad de Mar del Tuyú (Provincia de Buenos Aires). *Anales de trabajos completos de XXVI CONAGUA, Eje H - Agua, sociedad, cultura y educación* 74 – 81 (2017a).
- Gómez L., Carretero S., Vera F., and Kruse E. Cambios en la infiltración del médano costero asociado a variaciones en el uso del suelo (Mar del Tuyú, Partido de La Costa). *2º Jornadas Bonaerenses sobre Conservación de Ambientes y Patrimonio Costero*, 46-47 (2017b).
- Hurtado, H., Meleguer E. y Werner, N. Prospección hidrogeológica por métodos geoelectricos en el acuífero de Villa Gesell. Aplicación del programa CORTES. *Convenio INCYTH-Municipio de Villa Gesell*, Ezeiza. 31, 1987.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina), 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Disponible en <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-CensoProvincia-999-999-06-868-2010> (último acceso: 20/10/2020)
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina), 2020a. Proyección por Departamento. Disponible en <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-24-119> (último acceso: 24/10/20).
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina), 2020b. Turismo y Ocupación Hotelera 2020. Disponible en <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-13-56> (último acceso: 24/10/20).
- Isla, F.I., Cortizo, L.C. and Schnack, E.J. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quat Sci Rev* 15, 8-9, 833-841 (1996).
- Kruse, E., Carretero, S., Pousa, J. and Guaraglia, D. Critical problems for the fresh water supply to summer resorts on the eastern coast of the Buenos Aires province, Argentina. *En Rossi, A.E. y Miranda, L.S. (Editores), Argentina: Environmental, Geographical and Cultural Issues*, Hauppauge, New York, USA, Nova Science Publishers, 105-120 (2012).
- Marcomini, S.C. *Morfodinámica, sedimentología, geomorfología ambiental y sus alteraciones antropogénicas en costas de dunas del noreste de la provincia de Buenos Aires*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 2002.
- Rodrigues Capitulo, L. *Evaluación geohidrológica en la región costera oriental de la provincia de Buenos Aires. Caso de estudio: Pinamar*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Argentina, 2015. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42/browse?authority=30187&type=author>
- Rodrigues Capitulo, L., Carretero, S. and Kruse, E. Impact of afforestation on coastal aquifer recharge. Case study: eastern coast of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Environ Earth Sci*, 77 (74), (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7258-0>
- Satkunas, J. Geoscientific information and environmental management - case of Lithuania in European context. *33rd International Geological Congress. Abstract CD EME-02 Role of geoscience in governance for sustainable development and human security*. Oslo. Norway (2008).
- Thornthwaite, C. and Mather, J. The water balance. *Climatol*, 8, 1–37, (1955).

- Violante, R. y Parker, G. Estratigrafía y rasgos evolutivos del Pleistoceno medio a superior – Holoceno en la llanura costera al sur de Villa Gesell, Provincia de Buenos Aires. *Rev Asoc Geol Argent* 47 (2), 215-228, (1992).
- Violante, R., Parker, G. y Cavallotto, J. L. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la Bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Rev Asoc Geol Argent*, 56 (1), 51-66, (2001).