

Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente • N.º 51 • 2024 • ISSN 2422-5703 • <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revista-asagai>
Di Martino C. y Vecchi L.G.
Expansión urbana de Bahía Blanca: caracterización territorial del área periférica oeste de la ciudad
e019, <https://doi.org/10.59069/na9h6a80>

Expansión urbana de Bahía Blanca: caracterización territorial del área periférica oeste de la ciudad

Urban expansion of Bahía Blanca: territorial characterization of the western peripheral area of the city

 Claudina Di Martino^{1,2,3*}   Laura Gabriela Vecchi^{1,4} 

* Contacto

Recibido: 7 de marzo de 2024 ▪ Aceptado: 13 de septiembre de 2024 ▪ Publicado: 16 de octubre de 2024

Resumen

La ciudad de Bahía Blanca se encuentra en plena expansión y crecimiento, por lo que surge la necesidad de llevar a cabo una planificación adecuada y un organizado ordenamiento territorial. De esta manera, se busca prevenir y/o mitigar las consecuencias derivadas de la interacción entre el terreno a ocupar y las obras civiles y usos del suelo que se realizarán durante su desarrollo. Si bien existen datos en el área sobre las propiedades del suelo (hidrología superficial y subterránea, granulometría, geomorfología, usos), es necesario un estudio integrado de las mismas ya que sus interrelaciones definen el comportamiento del terreno. En la presente investigación se propone realizar la cartografía correspondiente mediante un GIS (Sistema de Información Geográfica) a partir de los datos disponibles y nuevos resultados obtenidos sobre uso del suelo y características litológicas, sedimentológicas y geomorfológicas del terreno estudiado. Este estudio es considerado de interés para el área, la cual constituye una posible zona de expansión de la ciudad.

El software utilizado permitió volcar resultados y datos en forma de capas y visualizarlas simultáneamente, llevando a cabo un estudio eficiente. Los condicionantes encontrados para evaluar la aptitud del sustrato para futuras urbanizaciones fueron principalmente la presencia de agua, la litología y la geomorfología del sector, que funcionan como factores de control de riesgos como eventos de colapso y expansividad de suelos y anegamiento del terreno.

1 Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca

2 Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires - Universidad Nacional del Sur).

3 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca.

4 Instituto Argentino de Oceanografía (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas - Universidad Nacional del Sur), Bahía Blanca.

Palabras clave: análisis integrados, expansión urbana, sistema de información geográfica.

Abstract

The city of Bahía Blanca is undergoing significant expansion and growth, creating a need for proper planning and organized land use management. This aims to prevent

and/or mitigate the consequences arising from the interaction between the land to be occupied and the civil works and land uses planned for its development. Although there is existing data on soil properties (surface and groundwater hydrology, granulometry, geomorphology, land uses), an integrated study is necessary as their interrelations define the behavior of the land. This research proposes to create the corresponding mapping using GIS (Geographic Information System) based on available data and new results obtained on land use and the lithological, sedimentological, and geomorphological characteristics of the studied terrain. This study is of interest to the area, which represents a potential expansion zone for the city.

The software used allowed for the integration of results and data into layers and their simultaneous visualization, enabling an efficient study. The main factors found to evaluate the suitability of the substrate for future urban developments were the presence of water, lithology, and geomorphology of the area, which act as risk control factors such as collapse events, soil expansiveness, and land flooding.

Keywords: integrated analysis, urban expansion, Geographic information system.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la condición de expansión urbana, así como la sustentabilidad de las urbes, es una discusión que adquiere cada vez más relevancia. Si bien los aspectos ambientales, sociales y económicos son pilares fundamentales a la hora de evaluar o planificar la expansión, las condiciones del terreno y su aptitud geotécnica e ingenieril son de similar importancia, y están relacionadas con las anteriores. La calidad de la vida en una urbe está ligada a una expansión programada y sujeta a las características del terreno que constituirá el soporte del sector a ocupar. Con respecto a la gestión territorial en la ciudad de Bahía Blanca, en el año 2010 fue sancionado el Plan Director del Pe-riurbano Bahiense (Ordenanza N° 15637) que autoriza la habilitación de nuevos desarrollos suburbanos en las periferias (Urriza y Garriz, 2014). Según estos autores se puede apreciar un espacio periurbano discontinuo y fragmentado debido a una importante disponibilidad de tierras vacantes correspondientes a un espacio, para el avance urbano, lo cual implicará cambios en el paisaje y la aparición de nuevos conflictos ambientales.

Surge la necesidad de realizar un estudio integrado de los parámetros que condicionen la respuesta geológica e ingenieril del terreno que permita identificar posibles consecuencias negativas. Este estudio contribuirá con información útil al momento de planificar una expansión urbana segura, que contemple posibles riesgos geológicos, algunos identificados en otros sectores de la ciudad por distintos autores, como inundaciones (Schefer, 2004; Carrica, 1998; Cerana y Varela, 2013, Mastrandrea y Pérez, 2022) y ocupación de suelos expansibles y susceptibles al colapso (Caló et al., 1999; 2000; 2004) y suelos con problemas de erosión (Zavala et al., 2005).

El objetivo principal que se propone en esta investigación es construir una base de datos y la cartografía correspondiente que constituya una herramienta a la hora de establecer lineamientos para diagramar un modelo sustentable

y seguro de expansión urbana en un sector del área oeste de la ciudad de Bahía Blanca. Los datos utilizados serán las variables del terreno que influyen y condicionan su comportamiento ingenieril y geotécnico. Los datos se gestionan a través de un sistema de información geográfica cuya importancia radica no solo en la posibilidad de analizarlos en forma integrada sino también continua, permitiendo la actualización de datos y estudio de sus cambios y evolución a través del tiempo.

ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Bahía Blanca es cabecera del partido homónimo y se encuentra ubicada al sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). El distrito de Bahía Blanca está integrado por las localidades de Cabildo, General Daniel Cerri e Ingeniero White y limita con las jurisdicciones de Villarino, Tornquist, Coronel Pringles y Coronel Rosales, siendo su superficie de 2.300 km². Conformando el centro urbano con mayor desarrollo del suroeste bonaerense, cuenta con un puerto de aguas profundas cuyo canal de navegación (canal Principal) permite el ingreso de grandes buques, posibilitando el flujo comercial nacional e internacional y se encuentra dentro de una importante zona industrial, por lo que presenta un gran potencial de expansión en cuanto a infraestructura urbana, portuaria y obras civiles complementarias. Para este trabajo se toma como área de estudio un sector ubicado al oeste de la ciudad de Bahía Blanca, la cual constituye una zona factible de ocupar.

La paleocuenca que incluye el sector de estudio de este trabajo fue delimitada a partir de la utilización de la función del software QGis y su herramienta específica r.watershed (Figura 1). Si bien por una cuestión operativa del software utilizado se toma la cuenca completa para el procesamiento de datos, el área de expansión considerada abarca la parte de la misma que se encuentra al sur de la latitud 38° 61' (Figura 1).

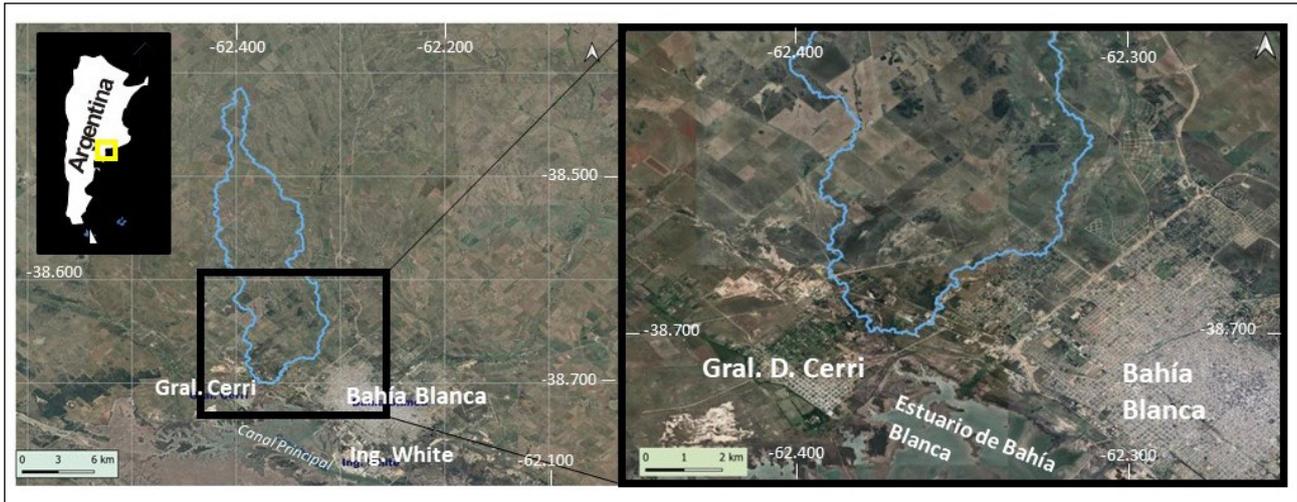


Figura 1. Localización del área de estudio. Delimitación de la cuenca de estudio. Elaboración propia. Fuente QGIS 3.28

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

Entre los antecedentes, y a los efectos de este trabajo, se utiliza la carta de unidades geoambientales (Caló et al., 1999). La misma establece la relación entre las características geomorfológicas y las formaciones sedimentarias presentes en el área de la ciudad de Bahía Blanca, definiendo tres áreas geomorfológicas para el área de Bahía Blanca. La Peniplanicie, extendida hacia el norte desde la cota de 60 metros hasta los 100 metros, constituida por limos loessoides con depósitos de calcreto correspondientes a los denominados "sedimentos pampeanos" (Fidalgo et al., 1975). Hacia el sur y oeste y desde los 60 metros, hasta aproximadamente la cota de 10 metros, se desarrolla la Llanura aluvial, formada por la coalescencia de conos aluviales y constituida por sedimentos arenosos, limosos, gravas cuarcíticas y en parte tosca recementada, asignadas a la Fm. Bahía Blanca aluvial (González, 1984). Hacia el este y entre las cotas de los 70 metros y los 10 metros se ubica el Coluvio-aluvio, donde los canales o torrenteras de escurrimiento de las aguas provenientes de la planicie superior se encuentran rellenos con arenas sueltas finas con matriz arcillosa, con abundantes clastos de toscas de variado tamaño en la sección inferior y que pasan hacia arriba a arenas y limos con rodados de tosca recementados y tosca neógena. Estos sedimentos, que se encuentran cubiertos por depósitos eólicos limosos y arenosos, pertenecen a la Fm. Bahía Blanca coluvial (González, 1984). En el sector sur, desde la cota de los 10 metros hacia el litoral, se localiza la Llanura de marea emergida y que se corresponde con la Fm. Maldonado, donde los depósitos son de arena muy fina y arcillas con porcentajes variables de esmectitas, limos arenosos y limos arcillosos de albuferas y lagunas costeras. Los depósitos de valle están conformados por los sedimentos de origen fluvial depositados en los valles labrados por los arroyos Napostá Grande y Saladillo de García, que corresponden a la Fm. Luján (Fidalgo, 1983) y que son principalmente arenas muy finas que pasan hacia arriba a limos arenosos o arcillosos.

En el año 2004, Caló et al. asocian a la zona de llanura de inundación a suelos expansivos, con contenidos de arcilla elevados y variables, que cambian su estructura en contacto con el agua o en períodos de sequía. Este fenómeno es atribuido en parte a las variaciones en la posición del nivel freático en épocas muy secas seguidas por otras de grandes lluvias como consecuencia de los cambios en las condiciones meteorológicas. Por otro lado, la zona del Coluvio-aluvio, es caracterizada por la presencia de suelos poco densos de tipo colapsables, originados en el relleno de torrenteras que debido a su poca consolidación pierden su estructura por saturación. Este sector es muy variable lateralmente en distancias cortas en virtud de su morfología.

Zanello et al. (2022) presentan una caracterización hidrogeológica preliminar de la ciudad. Definen un escaso espesor no saturado en la Llanura de marea, lo que supone un nivel freático variable al localizarse en la zona de costa, y por lo tanto la predisposición a la expansión y contracción de arcillas con un consecuente cambio de volumen del terreno.

Por otro lado, Zavala et al. (2005) hacen un estudio mencionando distinto tipo de redes de drenaje en el sur de la provincia de Buenos Aires y definen redes de drenaje de crisis, a las cuales denominan tipo R2. Estas redes en la actualidad se encuentran inactivas y las formas de erosión localizadas en las áreas de captación se presentan tapizadas por depósitos arenosos del Holoceno, constituyendo los mejores suelos de la región. Las redes tipo R2 se encuentran desconectadas del área serrana y aunque, actualmente, no presentan actividad en lo referente al drenaje superficial, actúan como importantes áreas de captación para el drenaje subterráneo luego de precipitaciones importantes. Por este motivo, la localización y mapeo de las mismas es de vital importancia para definir zonas con riesgo de anegamiento en áreas urbanas de la ciudad de Bahía Blanca.

Por otro lado, el análisis detallado de la morfología de las áreas de captación de las redes tipo R2 ha permitido asimismo identificar bruscos cambios en el patrón de erosión,

los cuales siguen en general una orientación este-oeste. Estos cambios estarían relacionados a la actividad de escalones de falla que estuvieron activos durante el Pleistoceno tardío.

Asimismo, la paleocuenca definida está constituida por redes de drenaje antiguas que posiblemente podrían además asociarse a paleocanales presentes en el subfondo del estuario de Bahía Blanca definidos por Aliotta et al. (2017).

METODOLOGÍA

Con la finalidad de caracterizar geotécnicamente el terreno para la posible expansión urbana de la ciudad de Bahía Blanca hacia el sector oeste y así detectar la posibilidad de ocurrencia de riesgos geológicos, se realizó el relevamiento de la bibliografía que contiene datos afines a esta investigación. A partir de la misma se realizó la cartografía correspondiente mediante el software seleccionado.

El procesamiento de datos, su análisis y obtención de resultados para este trabajo se realizó mediante la utilización de geotecnologías, definidas por Berry (1999) como aquellas aplicaciones tecnológicas que utilizan la ubicación espacial para visualizar, medir, almacenar, recuperar, mapear y analizar características o fenómenos que ocurren en la Tierra.

Para esta investigación se utilizó un software libre que permite cargar, ordenar y visualizar de manera superpuesta y sincrónica datos relacionados con la respuesta geológica del terreno para poder gestionarlos, editarlos y analizarlos de manera integrada, y diseñar mapas geoespaciales con los mismos. El Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizado es el QGIS, que permite manejar formatos raster y vectoriales, así como bases de datos.

Los parámetros influyentes en las características del suelo para futuros asentamientos y/o construcción de obras civiles son presentados mediante el SIG en diferentes capas, que permite relacionarlos entre sí y analizarlos en conjunto, identificando las combinaciones que podrían condicionar o cambiar las características geotécnicas del suelo y del subsuelo. La validez e importancia de la metodología utilizada para esta investigación recae en la simplicidad de su operación y en el detalle que ofrece combinar los diferentes datos e información.

Si bien diversos autores estudian estos parámetros o capas de forma independiente, se realizó una cartografía que permita analizarlos y visualizarlos de manera integrada, abierta a que nueva información pueda ser sumada a la misma.

Con el objeto de conocer las características litológicas y texturales particulares de las unidades geoambientales consideradas en el área de estudio se llevó a cabo un muestreo sedimentológico. De esta forma, fueron colectadas doce muestras en sectores representativos de las mencionadas unidades. Los sitios en los cuales se extrajeron las muestras fueron posicionados con GPS.

Los materiales fueron procesados en el laboratorio de Sedimentología del Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur y para su análisis granulométrico se siguió la metodología estándar de Folk (1974). Los sedimentos fueron tamizados cada medio grado phi utilizando un vibrador mecánico Frisch Analysette 3 Pro. En aquellas muestras con proporciones importantes de sedimento fino la caracterización granulométrica se realizó mediante un equipo de difracción láser, Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, Reino Unido) del Laboratorio de Geología del Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS).

El tratamiento estadístico de las muestras de sedimento se realizó con el software GRADISTAT (Blott y Pye, 2001), teniendo en cuenta los parámetros según Folk y Ward (1957) y se obtuvieron los valores de selección, media, mediana, curtosis y asimetría. Los porcentajes de arena, limo y arcilla se consideraron para nominar a los materiales de cada una de las muestras analizadas siguiendo la clasificación para mezclas granulométricas de Folk et al. (1970).

Se realizó un análisis del uso actual del suelo a partir de un modelo de elevación digital (Arc Second Global SRTM 1) mediante la clasificación por cobertura del método de puntos y polígonos, diferenciando suelos desnudos, suelos cultivados y sectores con vegetación arbórea; factores relevantes a la hora de planificar un ordenamiento territorial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación por cobertura del suelo. Método de puntos y polígonos

Si bien el área tiene una urbanización incipiente producto del inicio de la expansión hacia el sector considerado, los resultados obtenidos por este método fueron insuficientes para elaborar un patrón representable por el software utilizado. Esta clasificación resultó por lo tanto ineficiente ya que la respuesta espectral de los distintos patrones establecidos arrojó ser semejante en algunos casos (Figura 2).

CURVAS DE NIVEL Y RED DE DRENAJE

Utilizando el software mencionado y a partir de una capa MDE (Modelo Digital de Elevación) correspondiente se construyeron las curvas de nivel, con tres equidistancias diferentes (3, 10 y 15 m). Previamente se realizó la corrección del MDE con la herramienta raster r.mapcalc.simple (Capa MDE Corregida). Por una cuestión de claridad para la visualización del mapa y análisis de los datos se trabajó con la capa de equidistancia 15 m. Las mismas definen una pendiente general hacia el sur y la red de drenaje del sector de la cuenca estudiado. Asimismo, se destaca el límite de la cuenca inactiva mencionada (Figura 3).

En la figura se observa que las formas de erosión general siguen una orientación este-oeste. La red de drenaje está conformada por un sistema fluvial con dirección preferencial

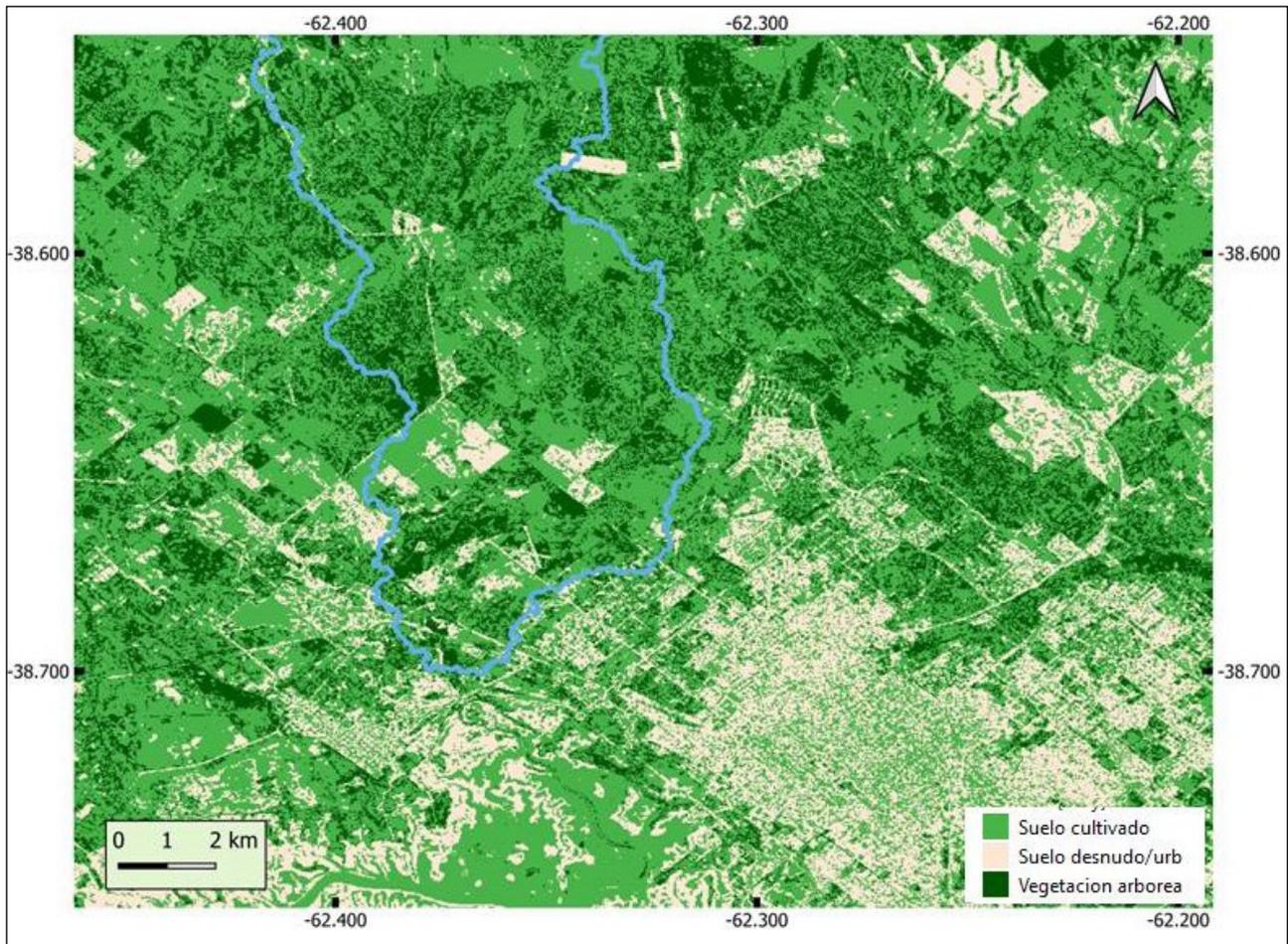


Figura 2. Clasificación por cobertura del suelo. Elaboración propia. Fuente QGIS 3.28

norte- sur, integrada de oeste a este por el río Sauce Chico y los arroyos Saladillo de García, Saladillo o Dulce y Napostá Grande. En particular en el área de estudio el arroyo Saladillo o Dulce atraviesa el sector de la cuenca analizada. Este curso de agua es destacado sobre la imagen obtenida con el software QGIS puesto que no es definido claramente por el programa. El arroyo fluye en un valle de escasa dimensión siguiendo la pendiente regional. El mismo se une en la zona sur al arroyo Saladillo de García que desemboca en el sector interno del estuario de Bahía Blanca pasando a conformar un canal de marea. En este sector, al igual que lo que ocurre con otros cursos de agua, las llanuras mareales y marismas permiten la interconexión del drenaje continental con el marino. De esta forma, tributarios temporarios de pequeñas dimensiones incorporan agua al escurrimiento sólo durante precipitaciones locales, integrándose como porciones de cabecera de tributarios que se comportan como cursos mareales menores.

Las formas de drenaje desarrolladas en el área, incluyendo a las inactivas, son de relevante importancia ya que las mismas podrían comportarse como áreas de captación para el escurrimiento superficial y como áreas de intersección con el nivel freático luego de precipitaciones importantes. Dichas áreas, por lo tanto, pueden constituirse en zonas de erosión, depositación y anegamiento en futuras áreas ur-

banas. Por consiguiente, se desataca que la antigua red de drenaje podría representar vías de escurrimiento superficial preferencial en caso de reactivación por precipitaciones extraordinarias.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

En función de los parámetros geográficos considerados por Caló et al. (1999) y los resultados arrojados de los mapas de curvas de nivel, red de drenaje y unidades geoambientales construidos con QGIS, se definen en el área de estudio las cuatro unidades geomorfológicas correspondientes (Figura 4). En la zona norte y más elevada se delimita la Peniplanicie, mientras que hacia el sur y descendiendo, según las pendientes, el Coluvio-aluvio la Llanura aluvial. Finalmente, en la zona más baja y costera, se circunscribe la Llanura de marea emergida. De esta manera quedan delimitadas las áreas susceptibles a riesgos geológicos constituidos por la presencia de suelos colapsables y suelos expansivos en la zona de Coluvio-aluvio y Llanura de marea, respectivamente. El nivel freático cercano a la superficie en el área de la Llanura de marea favorecería las variaciones de volumen en suelos asociados a la misma. Esto queda representado en el área de la cuenca correspondiente a la Llanura de marea, donde se define un escaso espesor no saturado y un nivel freático variable por

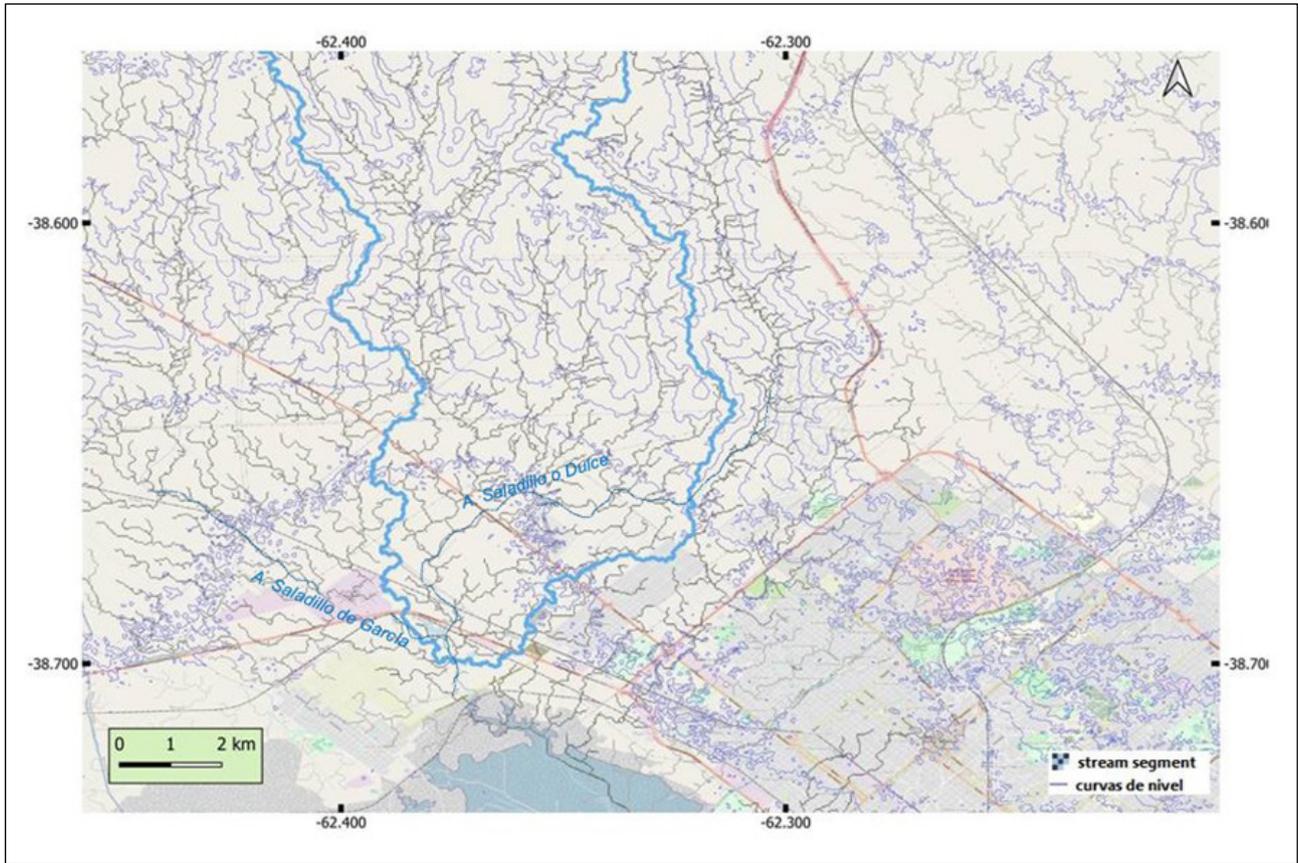


Figura 3. Curvas de nivel y red de drenaje. Elaboración propia. Fuente QGIS 3.28

localizarse en la zona de costa, confirmando la predisposición a la expansión y contracción (Di Martino et al., 2022).

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DEL ÁREA

El análisis en laboratorio y gabinete de los materiales obtenidos en las labores de campo permitió reconocer las características generales de los sedimentos del área. Los valores de los parámetros estadísticos texturales de selección,

media, mediana, asimetría y curtosis calculados para los sedimentos son expresados en la tabla 1. Asimismo, los datos de los análisis de los sedimentos fueron integrados a las unidades geomorfológicas definidas con anterioridad (Figura 5).

De acuerdo con los relevamientos y observaciones en el sector norte del área de estudio, se reconoce la Peniplanicie. Las muestras extraídas para esta unidad se corresponden con las muestras (M) M1A, M1B y M3. La M1A y M1B se recolectaron en una calicata (Figura 6a). La M1A representa un nivel de roca carbonática fuertemente cementada, la denominada toska. Se observa con base cubierta y con unos 50

Tabla 1. Parámetros estadísticos de las muestras de sedimentos.

Muestra	Selección ϕ	Media ϕ	Mediana (ϕ)	Curtosis ϕ	Asimetría ϕ
M1B	1,816	3,939	3,531	1,382	0,428
M2	2,198	4,789	4,193	0,889	0,406
M4	2,609	4,312	3,595	0,959	0,391
M5	2,447	5,579	5,260	0,758	0,205
M6	1,646	3,679	3,460	1,512	0,350
M7	2,531	6,223	6,066	1,128	-0,030
M8	2,327	6,183	5,987	0,826	0,115
M9A	1,131	3,127	3,089	1,694	0,256
M9B	0,997	2,813	2,789	1,490	0,220
M10	2,165	3,804	3,173	1,375	0,475

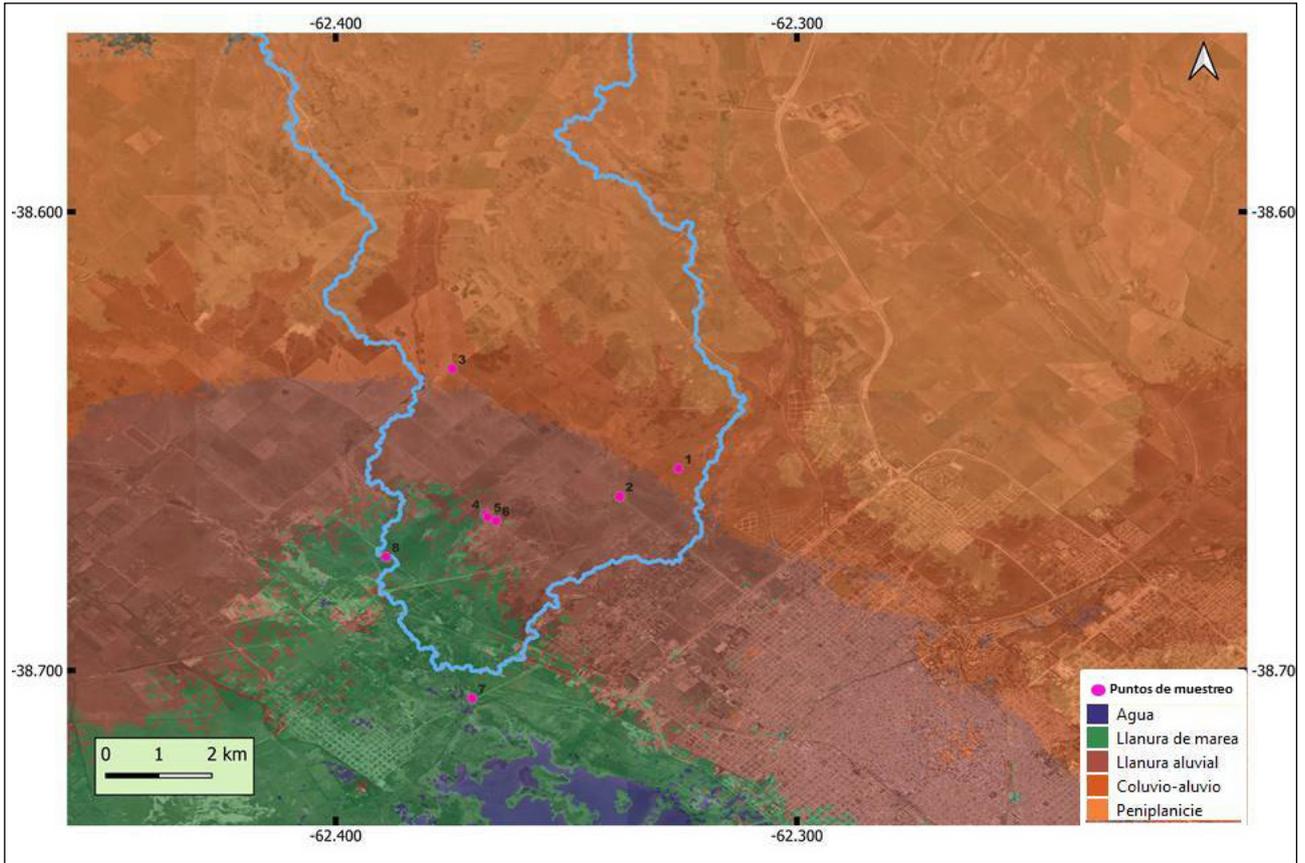


Figura 4. Unidades Geomorfológicas y puntos de muestreo sedimentológico. Elaboración propia. Fuente QGIS 3.28

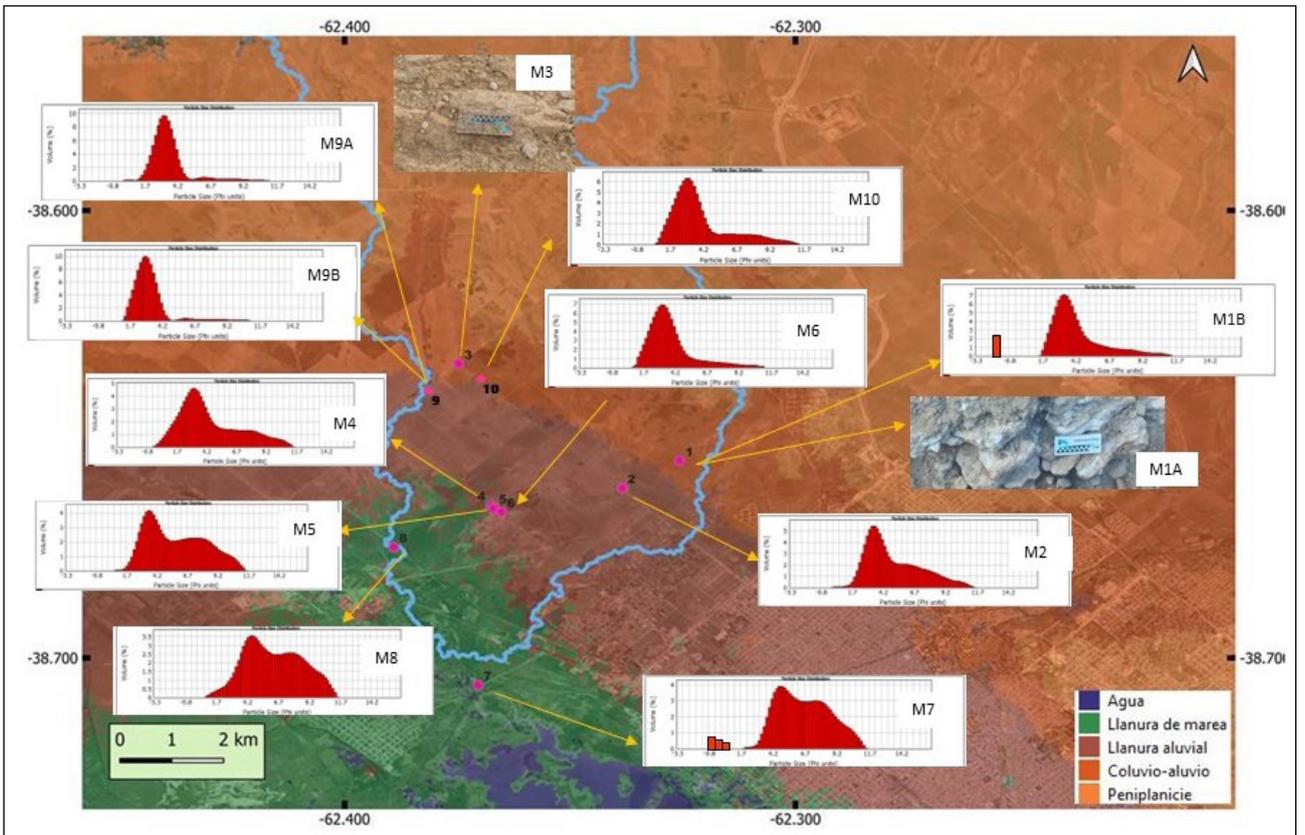


Figura 5. Localización de los puntos de muestreo y curvas de frecuencia de los sedimentos. Ubicación de los materiales consolidados estudiados.



Figura 6. a) Calicata en punto de muestreo 1. b) Material aflorante de la Peniplanicie, M3. c y d) Llanura aluvial. e) Arroyo Saladillo, sector depósitos de valle fluvial.

cm de espesor. Se presenta en capas de estructura masiva a difusamente laminada. Por otra parte, la M1B representa a los sedimentos del estrato superior que consiste en una arena limosa (con 2,6 % de grava) donde la fracción arena muy fina es la dominante (31 %). El sedimento es pobremente seleccionado con una distribución leptocúrtica y una asimetría muy negativa. La M3 por su parte, es definida como una roca muy cementada del tipo costra calcárea (tosca). La misma presenta variaciones texturales de manera lateral y vertical. En la posición relevada se presenta aflorante y se distingue con clastos de tamaño grava de variada composición y de fábrica principalmente matriz-soportada. Asimismo, aparece parcialmente masiva, con estructuras de tipo enrejado y con presencia de concreciones. (Figura 6b).

La unidad definida como Llanura aluvial es la que se presenta con una extensión superficial mayor en la zona de estudio. (Figuras 6c y 6d). El sedimento de la M6 es clasificado como arena limosa y presenta un 32 % de arena muy fina, una selección pobre, una distribución muy leptocúrtica y una asimetría positiva. Asimismo, en la zona oeste fueron extraídas las muestras M9A (cota 27) y M9B (cota 25) que presentan arenas con estructura masiva y con algunos clastos aislados de tosca de tamaño grava. Parcialmente la arena aparece con laminación paralela horizontal o levemente inclinada. La M9A corresponde a una arena con selección pobre, asime-

tría positiva y con una distribución muy leptocúrtica. La M9B representa la misma unidad que pudo ser reconocida en un corte de carretera a unos 2,5 m por debajo de M9A. Este sedimento presenta características semejantes a la M9B y es clasificada como arena la cual es mayormente fina y muy fina (75,7 %) si bien tienen una selección moderada y una distribución leptocúrtica. Hacia el norte se encuentra la M10 que se caracteriza por presentar una arena limosa muy pobremente seleccionada de asimetría muy positiva y un valor de curtosis que la describen como leptocúrtica.

Asociada a esta unidad de la Llanura aluvial se encuentran los Depósitos de valle fluvial, que en el sector de estudio corresponden al Arroyo Saladillo o Dulce (Figura 6d). Se tomaron muestras de sedimento para ser analizadas en distintas porciones del trazado del arroyo. La M2 ubicada en la cota 20 m, representa un sedimento limo arenoso con selección muy pobre, distribución platicúrtica y asimetría muy positiva. Hacia el sur, a una cota de 10 m se posiciona la M4 que es una arena limosa, muy pobremente seleccionada, con valor de curtosis señalando una distribución mesocúrtica y una asimetría muy positiva. A unos 50 m perpendicularmente sobre el margen del arroyo se obtuvo la M5 que se presenta como limo arenoso muy pobremente seleccionado y que se caracteriza por una distribución platicúrtica y una asimetría positiva.



Figura 7. a) Vista en planta de la Planicie de marea emergida. b) Planicie de marea emergida surcada por un canal fluvio-marino. c) Área con sustrato de material removido y de relleno.

En la zona sur se encuentra el tramo inferior del depósito fluvial donde en la cota 8,5 m se extrajo la M8. El sedimento consiste en un limo arenoso de selección muy pobre, con asimetría positiva y con un valor de curtosis que la define como platicúrtica. Cabe mencionar que este sector es una zona de transición fluvio-marina donde el curso fluvial labra la denominada Planicie de marea emergida.

En la Planicie de marea emergida el sedimento consiste en un limo arenoso (M7) con elevada proporción de arcilla (23,2 %). El material es muy pobremente seleccionado, de distribución leptocúrtica y simétrica. Se destaca en estos sedimentos la presencia de componentes de origen biogénico como pequeñas valvas y caparzones de origen marino. En las observaciones de campo de esta unidad se distinguieron grietas de desecación provocadas por la deshidratación, contracción y fractura del sustrato producto de su elevado contenido arcilloso (Figura 7a). En el sector se reconocen canales de diversas dimensiones que constituyen el paisaje y son parte de la red de drenaje del ambiente de transición (Figura 7b).

Asimismo, en la zona costera, el desarrollo industrial y portuario altera las características naturales del sedimento, hallándose material de relleno antrópico removido. El mismo consiste en una mezcla variable de arena fangosa con presencia de escombros y en menor proporción materiales metálicos y plásticos similares a los ya mencionado por Di

Martino et al. (2022) como Tipo IV. Este material es usado como relleno o redistribuido aleatoriamente en la zona sur del área de estudio (Figura 7c).

ANÁLISIS INTEGRADO DE DATOS GEOMORFOLÓGICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS

De acuerdo con los relevamientos realizados, las observaciones de campo, el resultado de los análisis sedimentológicos y las características topográficas, se redefinen en el área de estudio las mismas unidades geomorfológicas establecidas por Caló et al. (1999), aunque observando algunas particularidades. Por lo que, si bien en la cartografía arrojada por Qgis estas unidades quedan definidas en base a datos topográficos, se propone adaptar para el área estudiada los límites de las mismas en función de los datos integrados a lo largo de la investigación.

Los datos de sedimentos y sedimentitas relevados en la zona norte, que se asocian a la unidad Peniplanicie fueron reconocidas en cotas menores a las definidas por Caló et al. (1999).

Por otro lado, en la zona de estudio la unidad Coluvio-aluvio se caracteriza por presentar pendientes suavizadas y a diferencia de lo que se observa en la zona urbana de Bahía Blanca, no se reconocieron en el campo depósitos

de conos aluviales y materiales con componentes texturales más gruesos. Esto sugiere una coalescencia de conos de muy baja pendiente que se interdigitan con los depósitos conspicuos de la Llanura aluvial.

CONSIDERACIONES FINALES

Las unidades descritas para la ciudad de Bahía Blanca han sido adoptadas y ajustadas con las correspondientes propuestas o sugerencias de modificaciones en el área de estudio. La conjunción de los datos ha permitido comparar y reconocer límites y rasgos de las unidades geomorfológicas en dicha área.

Las nuevas unidades definidas, de características homólogas a las definidas en estudios previos, sugieren nuevos sectores posibles de urbanización con presencia de suelos colapsables y expansibles.

El principal factor desencadenante de los riesgos geológicos definidos en el área (suelos colapsables, suelos expansibles y anegamientos) es la presencia de agua, por lo que es necesario definir la profundidad del nivel freático y estudiar sus fluctuaciones. Asimismo se deben considerar las redes de drenaje antiguas, que constituyen en la actualidad y por su morfología vías preferenciales para el escurrimiento de agua. Se definen a su vez como factores condicionantes a la litología y la geomorfología del sector.

El resultado obtenido en esta investigación permitirá calificar la aptitud ingenieril del terreno de una manera completa para acompañar el desarrollo y la expansión de la ciudad de Bahía Blanca hacia el sector considerado de manera sustentable. Asimismo, por considerarse un ambiente dinámicamente activo, este trabajo propone hacer un segui-

miento de la variación de valores de los parámetros estudiados, no solo para alcanzar el objetivo sino para que pueda sostenerse en el tiempo. De esta manera esta base de datos será de utilidad para formar parte de una gestión continua y ser soporte, a lo largo del tiempo, de un proyecto abierto, evolutivo y adaptable a los cambios de la realidad social y ambiental que acompañe la expansión de la ciudad y alrededores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur y a su Laboratorio de Sedi-mentología, al Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires - Universidad Nacional del Sur) y al Laboratorio de Geología del Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS).

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Todas las autoras contribuyeron a la concepción y el diseño del estudio. La preparación del material, la recopilación y el análisis de datos fueron realizados por Claudina Di Martino y Laura Gabriela Vecchi. El primer borrador del manuscrito fue escrito por Claudina Di Martino y todas las autoras comentaron las versiones anteriores del manuscrito. Todas las autoras leyeron y aprobaron el manuscrito final.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Las autoras declaran que no existe algún conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliotta, S. Ginsberg, S.S., y Vecchi, L.G. (2017). Paleocanales pleistocenos en el subsuelo marino del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *17º Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – COLACMAR 2017*. Anais dos Resumos, p. 296-1297. ISBN: 978-85-66184-06-8. Balneário Camboriú. SC/Brasil.
- Berry, J.K. (1999). GIS Technology in Environmental Management: a Brief History, Trends and Probable Future. *Handbook of Global Environmental Policy and Administration*.
- Blott, S.J. y Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Caló, J., Fernández, E., Marcos, A. y Aldacour, H. (1999). Construcción de mapas geológicos ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un Sistema de Información Geográfico. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Número 13, p. 1-10
- Caló, J., Fernández, E., Marcos, A. y Aldacour, H. (2000). Mapas temáticos de la ciudad de Bahía Blanca y problemas edilicios asociados. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Número 15, p. 30-40.

- Caló, J., Fernández, E., Marcos, A. y Sequeira, M. (2004). Medidas de mitigación de los impactos ambientales producidos por lluvias intensas en la ciudad de Bahía Blanca. *SINERGIA 2004. XVII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, III Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos, VIII Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente y Quinta Reunión Sobre Preparación y Uso de Mapas Temáticos. Córdoba, Argentina. Actas CD SINERGIA 2004.* 13 pp.
- Carrica, J. (1998). Hidrología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires (*Tesis Doctoral inédita*). Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Bahía Blanca.
- Cerana, J. L. y Varela, H. (2013). Propuesta de revalorización del arroyo Napostá partir de su integración a la dinámica urbana de la ciudad de Bahía Blanca. Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional.
- Di Martino, C., Albouy, R. y Aliotta, S. (2022). Evaluación geotécnica preliminar de las unidades geológicas del frente costero portuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 48: 15–21.
- Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Pascual, R. (1975). Geología superficial de la llanura bonaerense. Relatorio VI congreso Geológico Argentino. p. 103-138.
- Fidalgo, F. (1983). Algunas características de los sedimentos superficiales de la cuenca del Río Salado y en la Pampa Ondulada. Coloquio Internacional Sobre Hidrología de Grandes Llanuras. Comité Nacional Programa Hidrológico Internacional, Olavarría, Argentina, p. 1043-1067.
- Folk, R. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Lubbock, University of Texas, 128pp.
- Folk, R.L., Andrews, P.B. y Lewis, D.W. (1970). Detrital sedimentary rock classification y nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 13: 937-968.
- Folk, R. y Ward, W. (1957). Brazos River Bara study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27, 3-27. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- González, M. (1984). Depósitos marinos del Pleistoceno superior en Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. *Noveno Congreso Geológico Argentino*, San Carlos de Bariloche, p. 538-555.
- Mastrandrea, A., y Pérez, M. I. (2022). Propuesta Metodológica para la Gestión Integral del Riesgo Hídrico: El caso de la Cuenca del Arroyo Napostá Grande (Argentina). *Papeles de Geografía*, (67), 6–26. <https://doi.org/10.6018/geografia.470311>.
- Scheffer, J. C. (2004): Los recursos hídricos y el abastecimiento de agua. Región Bahía Blanca. *CEPADE, Bahía Blanca*, 132 pp.
- Urriza, G; Garriz, E. (2014). ¿Expansión urbana o desarrollo compacto? Estado de situación en una ciudad intermedia: Bahía Blanca, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, vol. 23, núm. 2, p. 97-123. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Zanello, V., Scherger L., Lafont D., Pera Vallejos, G. y Lexow C. (2022). Características hidrogeológicas de las unidades geoambientales identificadas en la ciudad de Bahía Blanca. *Congreso XI Argentino de Hidrogeología*. Libro Actas Parte II, p. 540-547.
- Zavala, C., García, L. y Di Meglio, M. (2005). Redes de drenaje y paleoclimas en el Cuaternario del sur de la provincia de Buenos Aires. *XVI Congreso Geológico Argentino*. La Plata. Artículo N.º 156. 2pp.