

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS EFECTOS DEL CIERRE AL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA PLAYA DE PEHUÉN CO (ARGENTINA)

Noelia Belén Nieva¹, María Luján Bustos^{1,2}, Federico Ferrelli^{1,2} y María Cintia Piccolo^{1,2}

RESUMEN

Los problemas del tránsito vehicular en las playas son cada vez más graves, ya que la afluencia de visitantes durante la temporada alta genera un incremento de la erosión costera. El objetivo de este estudio fue analizar los cambios morfológicos producidos en la playa de la Reserva Geológica, Arqueológica y Paleontológica Provincial Pehuén Co-Monte Hermoso (Buenos Aires, Argentina) en dos sectores del área 2. Con el fin de comparar y evaluar el comportamiento de la playa ante la prohibición del tránsito vehicular en un sector del área 2 se realizaron perfiles de playa en forma estacional durante el período 2008-2009 (previo al cierre del tránsito) y durante el período 2022-2023. Se estudió la geomorfología, pendiente y volúmenes de los perfiles de playa y el movimiento espacio-temporal del médano frontal. Los resultados mostraron que la pendiente media tuvo un incremento de 0,4° en la inclinación del perfil. También se observó en el sector cerrado al tránsito un aumento del área de los médanos frontales de 24 ha a 29 hay una mayor acumulación de sedimentos (295,4m³) en la playa en los últimos 14 años.

Palabras clave: erosión costera; perfiles de playa; cambios geomorfológicos; impacto antrópico; tránsito vehicular; Pehuén Co (Argentina).

PRELIMINARY STUDY OF THE EFFECTS OF VEHICLE TRAFFIC RESTRICTION ON PEHUÉN CO BEACH (ARGENTINA).

ABSTRACT

The problems of vehicular traffic on the beaches are increasingly severe since the influx of visitors during the high season increases coastal erosion. This study aimed to analyze the morphological changes occurring on the beach in two sectors of Area 2 within the Pehuén Co-Monte Hermoso Provincial Geological, Archaeological, and Paleontological Reserve (Buenos Aires, Argentina). To compare and assess the beach's behavior in response to the prohibition of vehicular traffic in one sector of Area 2, beach profiles were conducted seasonally during the periods of 2008-2009 (prior to closure) and 2022-2023. Additionally, the geomorphology, slope, volumes of the beach profiles, as well as the spatiotemporal movement of the frontal dune, were studied. The results showed that the average slope increased by 0.4° in profile inclination. It was also observed in the closed sector (where traffic was restricted) an expansion of the frontal dune area from 24 hectares to 29 hectares and a more significant accumulation of sediments (295.4 cubic meters) on the beach over the last 14 years.

Keywords: coastal erosion, beach profiles, geomorphological changes, anthropic impact, vehicle traffic, Pehuén Co (Argentina).

¹ Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur (UNS).

² Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.
noeliabnieva@gmail.com – mlbustos@criba.edu.ar – fferrelli@criba.edu.ar – ofpiccol@criba.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN

La costa es un ambiente único y complejo, que se ve afectado por diversos factores naturales y antrópicos. Entre los factores naturales que moldean la costa se encuentran los procesos marinos y meteorológicos (CAVALERI *et al.*, 2018). El viento erosiona, transporta y deposita sedimentos, mientras que las olas, las corrientes litorales y las mareas influyen en la hidrodinámica de la zona costera (Lee *et al.*, 2020). Estos procesos físicos y geológicos están en constante cambio y mantienen un equilibrio dinámico que puede interrumpirse si alguno de ellos se altera (WOLF *et al.*, 2020).

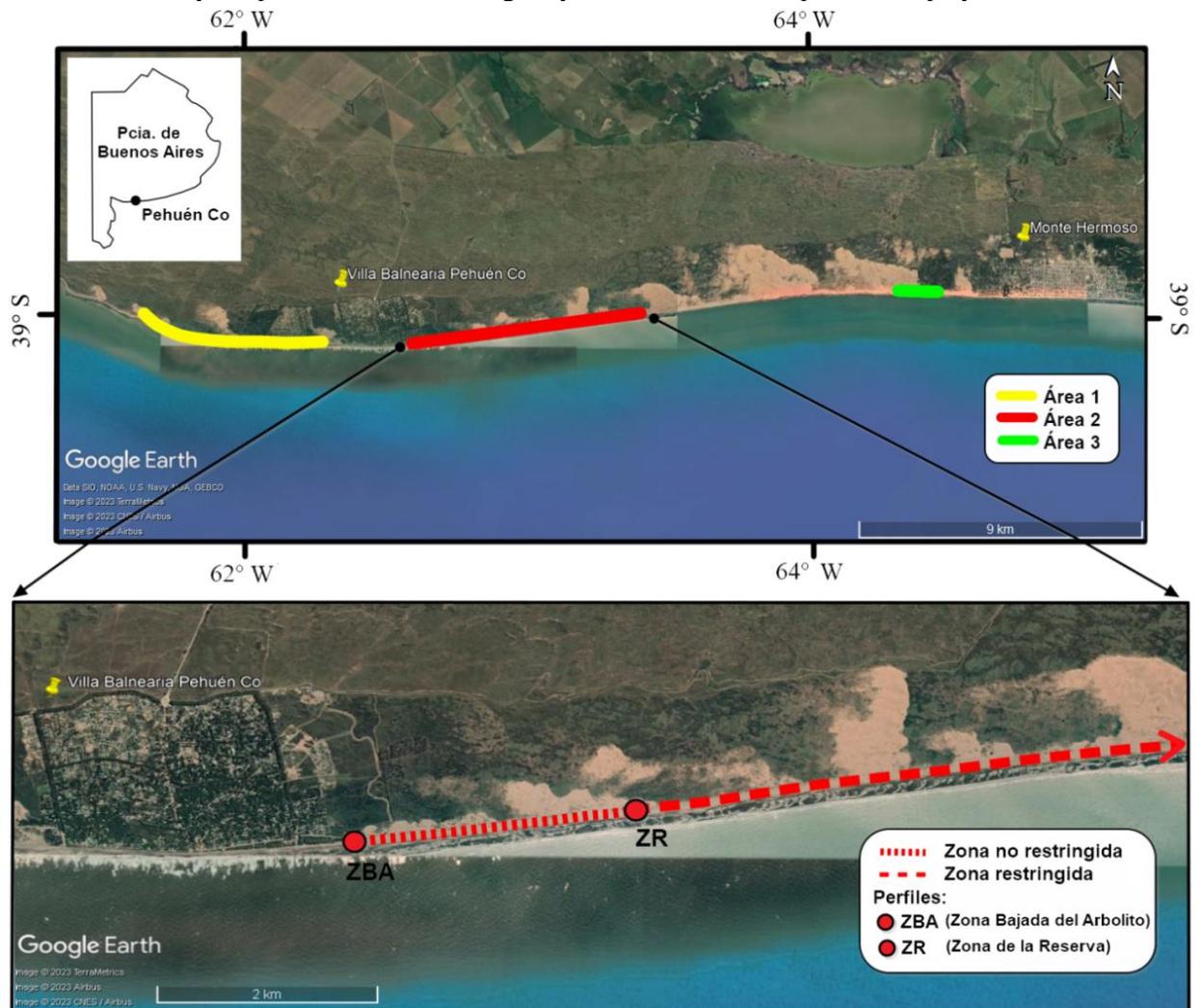
El uso de las regiones litorales se ha intensificado en los últimos años con el crecimiento de las ciudades costeras y el aumento del turismo (BIONDO *et al.*, 2020). La urbanización acelerada y sin planificación genera impactos negativos en el ambiente costero, que se degrada y se vuelve más vulnerable a los efectos de los vientos, las corrientes y las tormentas (ZHANG *et al.*, 2021).

La erosión es un problema que afecta a muchos sectores de la costa argentina, causado por diferentes factores. Algunos de ellos son naturales, como, por ejemplo, la dinámica natural de las costas, que se ve alterada por el cambio climático (CELLONE *et al.*, 2023). Entre los factores humanos, se pueden mencionar la extracción indiscriminada de arena, la construcción de defensas costeras, la edificación de viviendas sobre los médanos frontales y el aumento del tráfico vehicular sobre la playa (ISLA *et al.*, 2022).

En la costa de la provincia de Buenos Aires, se observa un rápido proceso de erosión debido, principalmente, a la acción constante del oleaje y al efecto de fuertes tormentas (MERLOTTO *et al.*, 2017). En este marco, se destaca la localidad costera de Pehuén Co, al sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1), dado que en la literatura se encuentran trabajos indicando procesos erosivos en sus playas (BUSTOS, 2016). En el este de esta localidad se ubica el Área 2 (Figura 1) de la Reserva Geológica, Arqueológica y Paleontológica Provincial Pehuén Co - Monte Hermoso (en adelante Reserva) que, desde su descubrimiento en 1986, es de importancia internacional por sus aportes geológicos, estratigráficos y paleontológicos. En la playa frontal y distal de esta área se pueden observar huellas y restos fósiles que están en la superficie de una capa arcillo-limosa (SCHILLIZZI, 1992). Esta capa está expuesta a la erosión natural y al daño causado por los vehículos que circulan sobre ella. Por esta razón, y para proteger este patrimonio, en Julio de 2009 el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) prohibió el paso de vehículos en la playa distal, frontal y en los primeros metros de la playa exterior de un sector del área 2 (Figura 1). Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar la evolución espacio-temporal de la costa este de Pehuén Co antes y después del cierre al tránsito en el área 2 de la Reserva con la finalidad de evaluar los impactos de esta actividad en la zona costera.

FIGURA 1

Localización de la Villa Balnearia de Pehuén Co. En la imagen superior se observa la localización de las Áreas de la Reserva Pehuén Co-Monte Hermoso. En la imagen inferior las zonas con y sin paso vehicular restringido y la ubicación de los perfiles de playa.



Fuente: Modificado de Google Earth.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva es un área natural protegida (en el marco de la Ley N° 13.994) que se encuentra en la zona costera del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Abarca una superficie de aproximadamente 2.000 ha y tiene como objetivo preservar su patrimonio natural, científico y cultural. La Reserva se compone de tres áreas: área 1, con los yacimientos “Playa del Barco” y “Las Rocas”; área 2, con el yacimiento de paleoicnitas y área 3, con los yacimientos arqueológicos (Figura 1). Las áreas 1 y 2 se sitúan en Pehuén Co, mientras que el área 3 se ubica en el partido de Monte Hermoso.

El estudio se centró en el área 2 de la Reserva, que se encuentra sobre la costa este de Pehuén Co (Figura 1). La playa de este Balneario está orientada en sentido oeste-este y se caracteriza por ser disipativa con dos o tres barras arenosas paralelas a la costa. El ancho de la costa es de 143 m y está rodeada por una línea de médanos que tiene un ancho promedio de 6 km (CALÓ *et al.*, 2014). Los médanos más alejados de la costa son de menor altura y están cubiertos de vegetación, mientras que los médanos más cercanos a la costa son de mayor altura, alcanzando alturas de más de 20 m y en algunos casos pueden estar cubiertos de vegetación (BUSTOS *et al.*, 2009b).

El nivel medio del mar es de 1,94 m sobre el nivel de referencia y las mareas presentan un régimen semidiurno, con una amplitud media de 2,30 m entre pleamar y bajamar (SHN, 2023).

El régimen de oleaje está dominado por las olas que vienen del sur, con una altura media de 0,8 m y un período promedio de 7 s, según datos obtenidos entre 2007 y 2012 por BUSTOS (2012). Los vientos del sudeste o del sudoeste, pueden aumentar la altura de las pleamares y provocar olas y corrientes litorales más intensas, generando acreción o erosión de sedimentos en la playa (BUSTOS *et al.*, 2011).

3. METODOLOGÍA

Para conocer las variaciones estacionales se realizaron perfiles de playa en cada estación del año (cuatro mediciones al año) en dos zonas del área 2, desde noviembre 2022 a junio 2023 para luego compararlos con los perfiles elaborados en los mismos meses de 2008 y 2009. Las zonas donde se relevaron los perfiles fueron las siguientes:

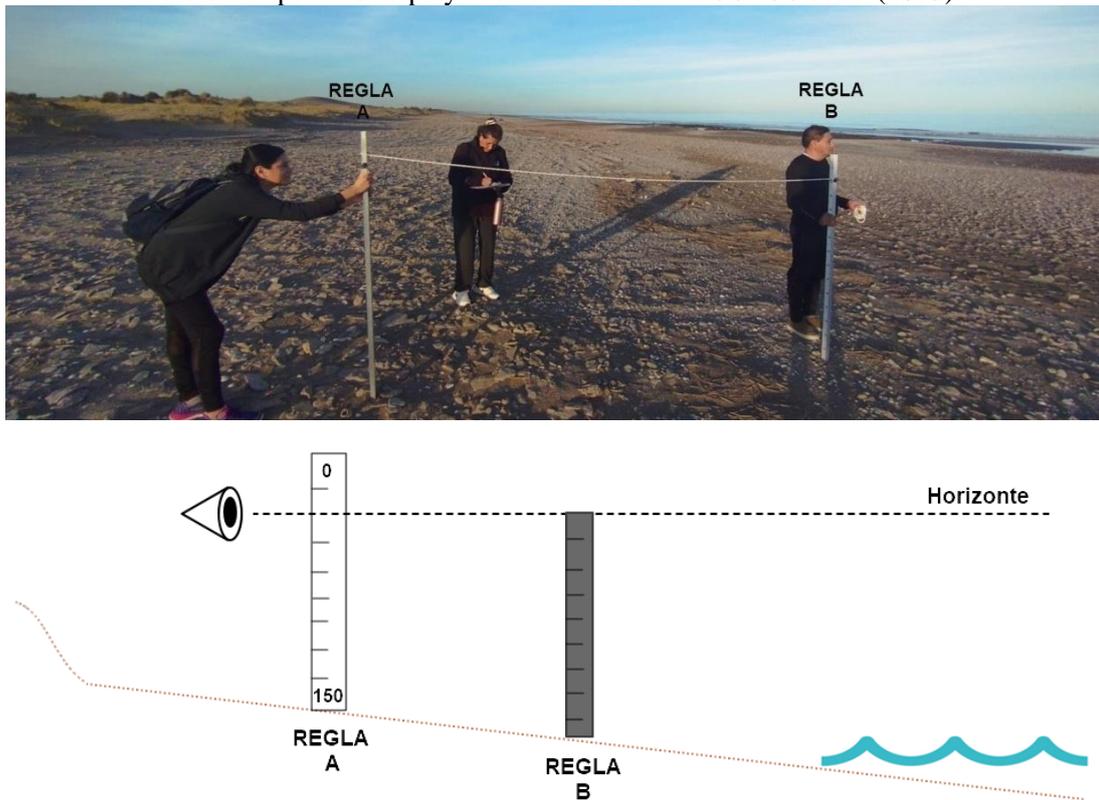
-Zona Bajada del Arbolito (ZBA): Esta zona, al este de donde finaliza la urbanización (Figura 1), se orienta de oeste-sureste a este-noreste. Los médanos se encuentran vegetados con tamariscos y tienen una altura media de 5 m (BUSTOS, 2012). Hay pocos paradores y accesos a la playa, pero es un sector que se caracteriza por ser el inicio de la zona que permite la circulación de vehículos hacia el este. Los perfiles de esta zona se hicieron a 200 m de una bajada de playa conocida como “bajada del Arbolito” y de ahí su denominación.

-Zona de la Reserva (ZR): se ubica a 2 km al este de la bajada del Arbolito (Figura 1) y es un sector que desde julio del 2009 se encuentra cercado con alambres de forma perpendicular a la playa que prohíben el paso de los vehículos hacia el este. La playa tiene una orientación de oeste-sudoeste a este-noreste. Se caracteriza por estar rodeada de médanos semivegetados que no superan los 3 m de altura y, detrás de ellos, se encuentran médanos vivos con una altura de 5 m que se mueven constantemente (BUSTOS *et al.*, 2011).

Cómo han transcurrido catorce años desde la última medición de los perfiles, la zona de la Reserva mostró cambios en la posición y configuración de los médanos. El mojón que se usó para medir los perfiles en 2008-2009 estaba situado en un médano frontal móvil que con el paso del tiempo se trasladó, por lo que, para evitar nuevamente esta pérdida se cambió el punto de inicio del perfil de playa. El nuevo mojón se ubicó a 50 m del mojón anterior sobre un médano de menor altura, pero fijado con vegetación. Además, durante el año 2005, sobre el espaldón de este médano se colocaron ramas de poda (tipo enquinchados) con el fin de generar médanos artificiales para resguardar los yacimientos de paleoicnitas de la erosión. Estas trampas de arena coincidieron con los perfiles que se trazaron en 2008/2009, por ello la zona del espaldón estuvo más desarrollada en esos años. Estos médanos artificiales se erosionaron por la falta de mantenimiento y por las fuertes tormentas hasta su desaparición completa entre 2009/2010. Por este motivo el análisis de los perfiles de la zona de la Reserva se realizó del pie del médano hacia el mar.

Las coordenadas geográficas y la altura sobre el nivel del mar de cada mojón se obtuvieron con un EmlidReach RS+ RTK GNSS. Los perfiles de playa se realizaron con el método desarrollado por BUSTOS *et al.* (2013). Este método, que modifica el de Emery (1961), permite conocer los cambios de la playa en función del tiempo. Para ello, se emplearon dos reglas graduadas de 150 cm cada una. La distancia entre las reglas varió entre 150 y 600 cm dependiendo de las geoformas de la playa, es decir, a mayor variabilidad de geoformas menor distancia entre las mediciones (BUSTOS *et al.*, 2013) (Figura 2). Se realizó el trazado de los perfiles en sentido transversal a la playa, desde los mojones, que eran puntos fijos de referencia que marcan el inicio del perfil sobre la cresta del médano frontal, hasta un metro por debajo de la línea de agua durante bajamar (BUSTOS y FERRELLI, 2022). Los datos medidos con las reglas se registraron en una planilla, así como otras características particulares del lugar como la hora de bajamar, la presencia o ausencia de clastos, conchillas, afloramientos rocosos, huellas vehiculares y hora de inicio y finalización de cada perfil.

FIGURA 2
Medición de perfiles de playa con el método de BUSTOS *et al.* (2013)



Fuente: Foto de los autores, enero 2023.

Con el programa Grapher 6.1.21, se elaboraron los perfiles de playa a partir de la información recopilada en el terreno y se calcularon las áreas a partir del pie del médano. El volumen se determinó con un ancho de playa fijo e igual a 1 m y una longitud marcada por el perfil más corto.

La pendiente, se obtuvo haciendo la diferencia entre la cota del primer punto sobre el mojón y la cota del último punto del perfil, dividiendo el resultado por la longitud total del perfil. Luego, según el criterio del MOPUT (1991), que se adapta mejor a las zonas planas, se establecieron diferentes rangos de pendiente: plana (de 0° a 1°), ligeramente suave (de 1° a 3°), suave (de 3° a 5°), moderada (de 5° a 15°) y fuerte (mayor a 15°).

Para completar el análisis, se elaboraron tablas para ambos sectores que permitieron visualizar la distribución de las geoformas, tales como bermas, canales, barras, afloramientos rocosos y médanos artificiales en los distintos perfiles estacionales (verano, otoño, invierno y primavera). Estas tablas incluyeron perfiles cóncavos cuando no se observaban geoformas de acumulación en los perfiles.

Por último, para observar el efecto de la acción antrópica sobre el avance del médano frontal, se comparó el área que este ocupaba en los años 2010 y 2023 usando imágenes de Google Earth. Se eligió la zona de la Reserva donde se colocó el alambrado para observar el movimiento del médano con y sin intervención antrópica.

4. RESULTADOS

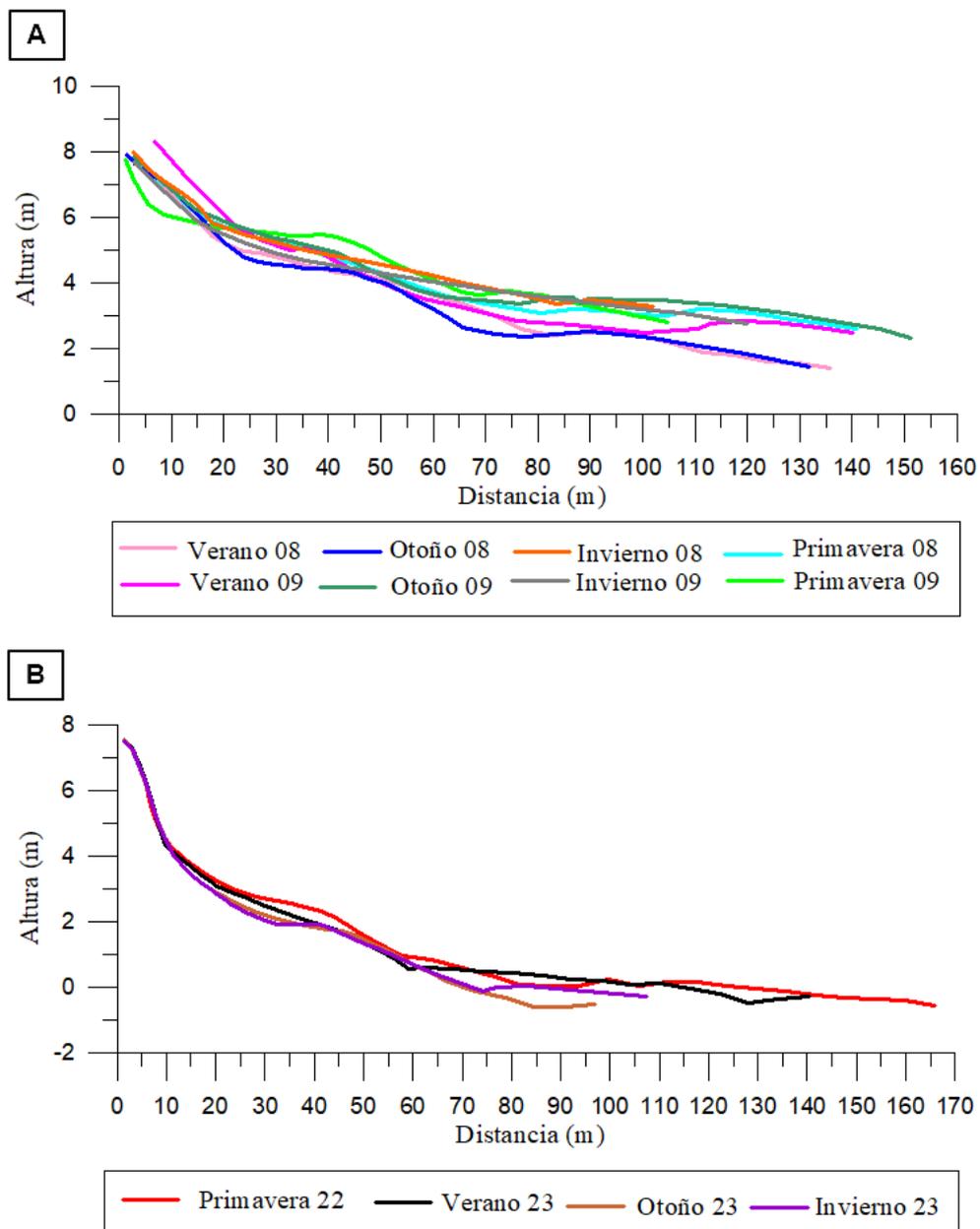
Los resultados se presentan de forma organizada en dos secciones, ZBA y ZR (Figura 1). Para cada una de ellas, se presenta un análisis morfosedimentario detallado.

4.1. ZONA BAJADA DEL ARBOLITO (ZBA)

Esta zona es la más próxima a la urbanización y con libre circulación vehicular. Los perfiles realizados en 2022-2023 (Figura 3), se caracterizaron por presentar geofomas de acumulación en la zona de playa frontal como barras y bermas, en las estaciones de primavera, verano y otoño (cuadro 1). Se observaron bermas muy desarrolladas en todas las mediciones. Si se compara con el período 2008-2009 (Figura 3A), las bermas también se formaron en verano, otoño y primavera. En invierno, previo al cierre del tránsito, los perfiles siempre tuvieron forma cóncava, diferente de los perfiles posteriores al cierre. Con respecto a los canales y las barras, mostraron variaciones estacionales dependiendo el año de medición. Los canales se formaron en las estaciones de verano y otoño del 2008 y en la primavera del 2009. Las barras de lavado fueron más frecuentes en el 2009, con registros en el verano, el otoño y la primavera, mientras que en el 2008 sólo hubo un registro en el otoño (cuadro 1).

FIGURA 3

Perfiles de playa de la ZBA.A) Perfiles del año 2008-2009. B) Perfiles del año 2022-2023



CUADRO 1
 Geformas presentes en cada estación para los perfiles de la ZBA

Estación del año	Berma	Canal	Barra de lavado	Afloramientos rocosos descubiertos	Perfil cóncavo
Verano 08					
Otoño 08					
Invierno 08					
Primavera 08					
Verano 09					
Otoño 09					
Invierno 09					
Primavera 09					
Primavera 22					
Verano 23					
Otoño 23					
Invierno 23					

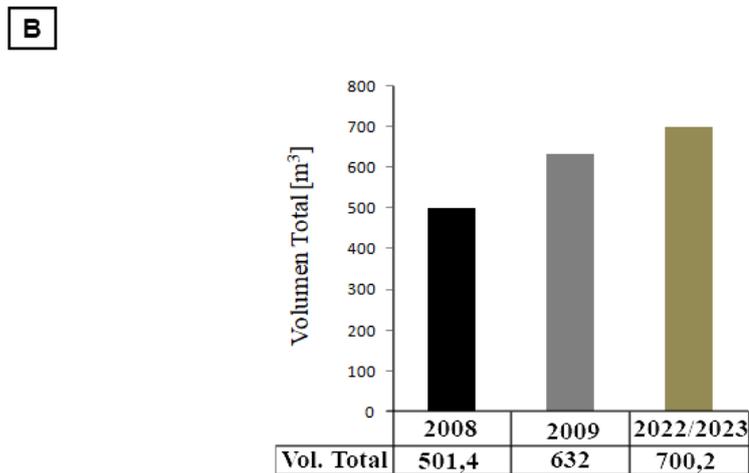
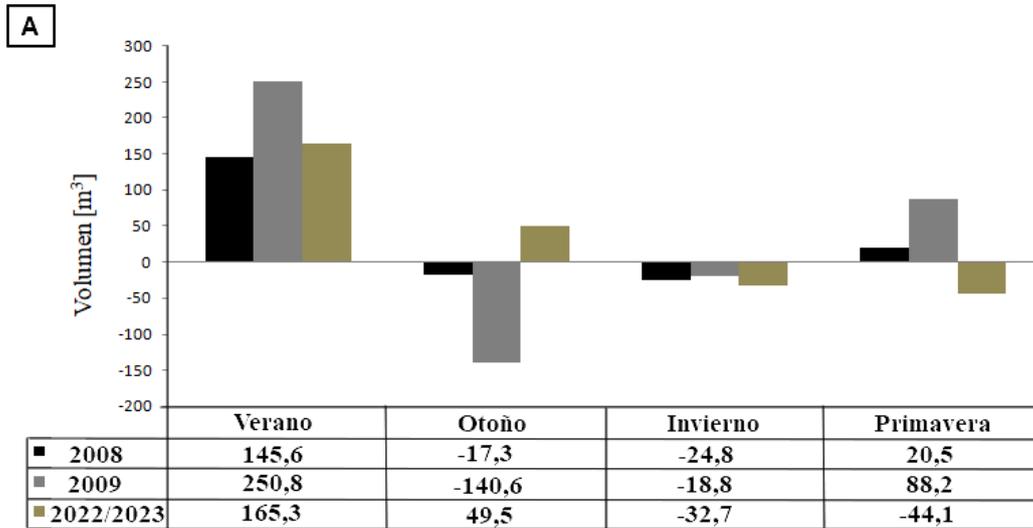
Los afloramientos rocosos se mantuvieron descubiertos durante todas las mediciones de 2022-2023. Durante las mediciones de 2008-2009 también se encontraban descubiertos, excepto en el invierno que permanecían cubiertos por arena (Cuadro 1). Esto coincide con las formas de perfil cóncavo por lo cual se presume que los sedimentos fueron llevados por acción natural de las olas de la playa distal a la frontal, representando los típicos perfiles denominados de tormenta.

Las mediciones realizadas en esta zona mostraron que la pendiente media se mantuvo constante en $1,8^\circ$ tanto en 2008-2009 como en 2022-2023. Este ángulo indica que la inclinación siguió siendo ligeramente suave.

La variación estacional del volumen sedimentario en el período 2008-2009, indicó que, en los meses de verano y primavera, hubo una ganancia de sedimentos, mientras que, en los meses de otoño e invierno, hubo una pérdida de sedimentos (Figura 4A). Siendo el perfil de verano del 2009 el que más sedimento ganó ($250,8\text{m}^3$). Por el contrario, el otoño de 2009 fue el que más sedimento perdió ($-140,6\text{m}^3$). En tanto, en el período 2022-2023, hubo una ganancia de sedimentos en verano ($165,3\text{m}^3$) y otoño ($49,5\text{m}^3$) y pérdidas en invierno ($-32,7\text{m}^3$) y primavera ($-44,1\text{m}^3$) (Figura 4A).

FIGURA 4

A) Variaciones estacionales en los volúmenes de sedimento. B) Volumen total de sedimentos por año.



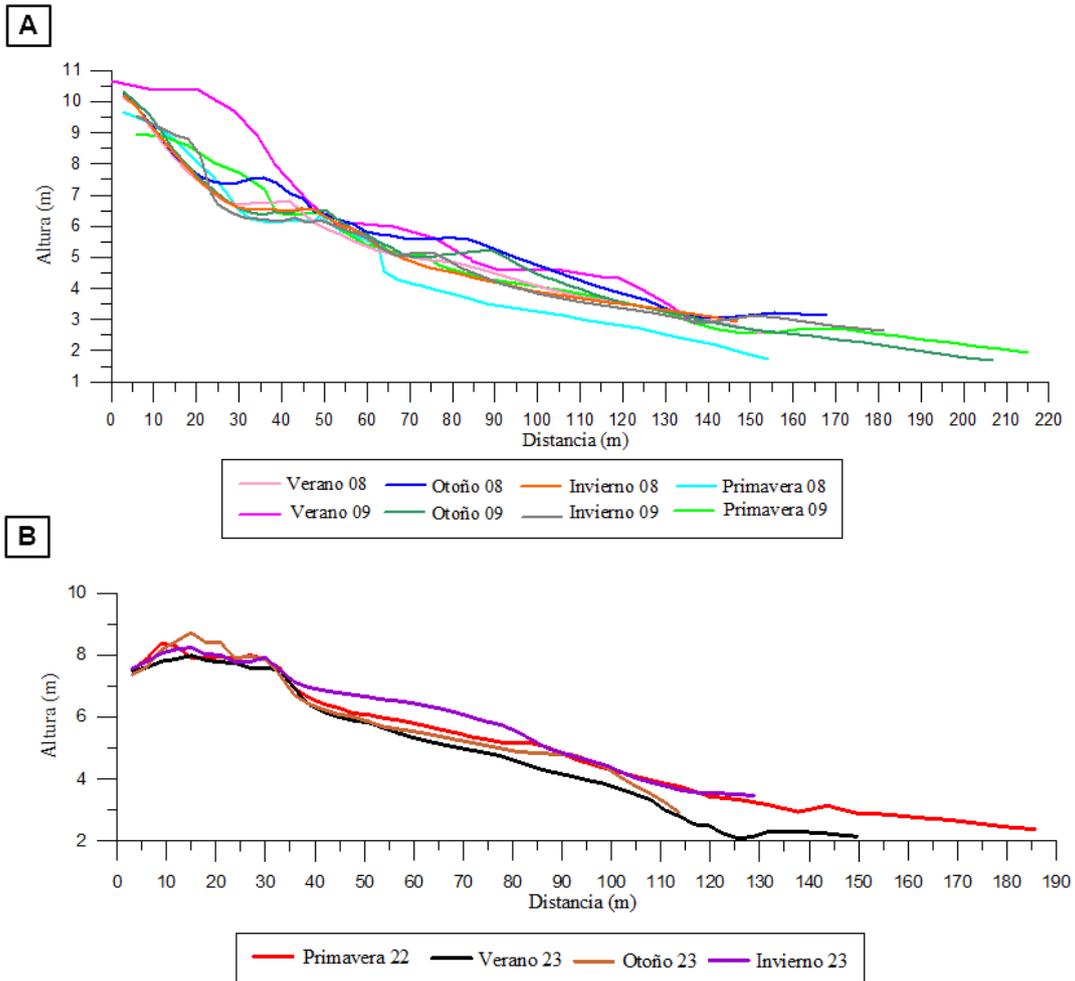
A pesar de las pérdidas registradas en el balance de sedimentos por estación en la ZBA, se observó un aumento en el volumen total de sedimentos entre los años 2008-2009 y 2023. Según los datos, el volumen total disminuyó de 501,4 m³ en el 2008 a 632 m³ en el 2009 y a 700 m³ en el período 2022-2023 (Figura 4B). Esto muestra que hubo una acumulación de sedimentos en esa zona durante los últimos catorce años, con un incremento neto de 68,2 m³.

4.2. ZONA DE LA RESERVA (ZR)

Con respecto a las geoformas observadas en los perfiles de playa realizados en la zona de la Reserva (Figura 5 y cuadro 2), en 2008 hubo bermas solo en otoño y primavera. No hubo barras ni canales en los perfiles medidos, salvo un registro de canal en otoño. Los perfiles cóncavos se dieron solo en verano e invierno. En 2009, hubo algunos cambios respecto al año anterior, la berma se observó en verano y otoño. Perfiles cóncavos se registraron solo en invierno y canales y barras solamente en primavera. En 2022-2023, las bermas estuvieron presentes en todas las estaciones excepto en verano. En otoño e invierno fueron muy voluminosas. Los canales se presentaron en primavera y verano, en esta última estación acompañados también por barras de lavado. En este período no hubo registro de perfiles cóncavos. Los afloramientos de rocas se encontraron descubiertos en ambos períodos de estudio, excepto en invierno de 2008.

FIGURA 5

Perfiles de playa de la ZR. A) Perfiles del año 2008-2009. B) Perfiles del año 2022-2023



CUADRO 2

Geoformas presentes en cada estación para el perfil de la zona de la Reserva.

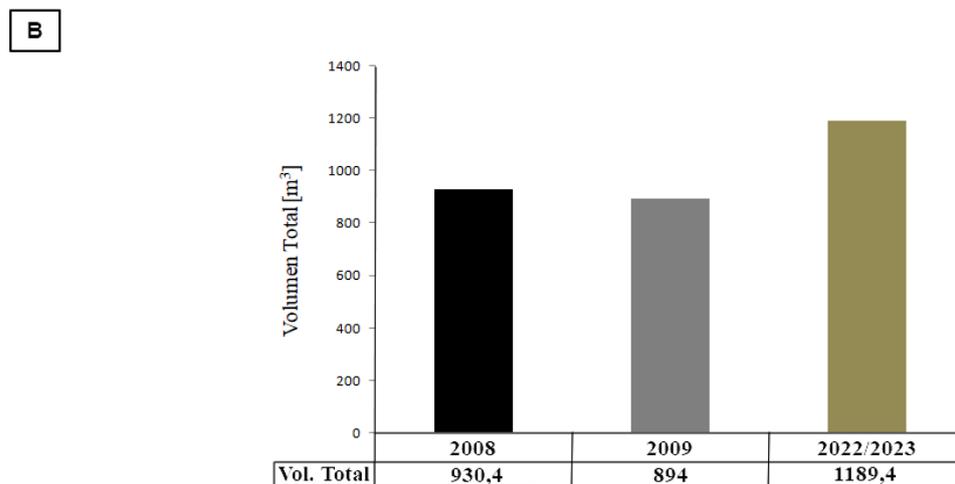
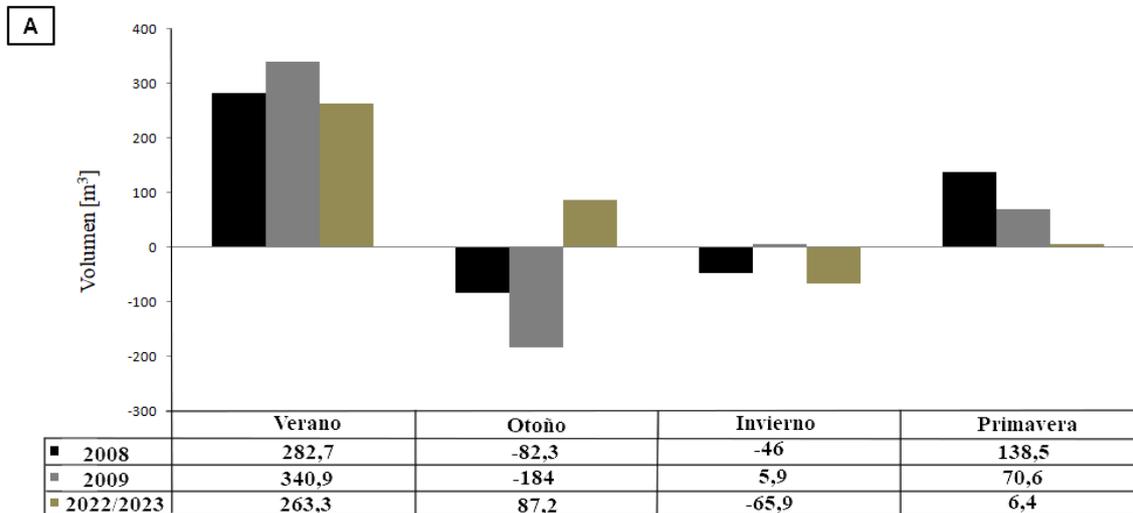
Estación del año	Berma	Canal	Barra de lavado	Afloramientos rocosos descubiertos	Médano artificial	Perfil cóncavo
Verano 08						
Otoño 08						
Invierno 08						
Primavera 08						
Verano 09						
Otoño 09						
Invierno 09						
Primavera 09						
Primavera 22						
Verano 23						
Otoño 23						
Invierno 23						

La pendiente media calculada en los perfiles de playa entre los años 2008-2009, fue $1,6^\circ$. En tanto, en las mediciones de 2022-2023, la pendiente media se elevó a 2° . Esto significó un aumento en la inclinación del perfil de $0,4^\circ$. Sin embargo, la pendiente en la ZR sigue siendo ligeramente suave.

La variación estacional del volumen sedimentario tuvo similar comportamiento en los períodos de estudio (Figura 6A). En verano y primavera todas las mediciones presentaron ganancias de sedimentos. Los mayores volúmenes se observaron en el verano siendo 300 m^3 aproximadamente, mientras que en primavera fueron normalmente menores a 100 m^3 . Si bien en invierno prevaleció la pérdida de sedimentos, los volúmenes no superaron los -70 m^3 , incluso en 2009 hubo ganancia de sedimentos ($5,9\text{ m}^3$) pero no fue significativa. El otoño presentó las mayores diferencias entre períodos, mientras que en los años 2008-2009 mostró pérdidas de sedimentos significativas ($-82,3\text{ m}^3$ y -184 m^3 , respectivamente) y en 2023 se registró una ganancia de sedimentos de $87,2\text{ m}^3$ (Figura 6A).

FIGURA 6

A) Variaciones estacionales en los volúmenes de sedimento. B) Volumen total de sedimentos por año.



El volumen total de sedimentos decreció desde 930 m^3 en 2008 a 894 m^3 en 2009 y luego a 1189 m^3 en el período 2022-2023 (Figura 6B). Estos datos sugieren que la zona de la Reserva ha tenido un proceso de erosión y acreción, ya que en el 2009 se produjo una pérdida de sedimentos de -36 m^3 respecto al año anterior. Sin embargo, después de catorce años, hubo una ganancia neta

de sedimentos de $295,4\text{m}^3$, la cual fue significativamente superior a la registrada en el sector de ZBA ($68,2\text{ m}^3$).

En este sector también se realizó el análisis del movimiento del médano frontal. Al comparar las imágenes de Google Earth correspondientes a los años 2010 y 2023 del médano frontal sin vegetación, se observó un aumento del área de 24 ha a 29 ha. Este crecimiento se produjo principalmente hacia el oeste y el noroeste, evidenciando en este sector, que la medida de restricción redujo la presión antrópica sobre el cuerpo del médano y por ende, hubo una tendencia al aumento de la superficie del mismo (Figura 7).

FIGURA 7

Imágenes de Google Earth donde se observa el área de cobertura del médano frontal en la zona de la Reserva. A) imagen del año 2010. B) imagen del año 2023



Fuente: Modificado de Google Earth.

5. DISCUSIÓN

Si bien los resultados preliminares en el área 2 no mostraron cambios sustanciales en la forma de los perfiles de playa ante la falta de tránsito vehicular, se evidenció una modificación de la zona de médanos frontales y la playa distal con la acumulación de sedimentos. Si bien, la pendiente y el balance sedimentario estacional no presentaron cambios significativos si lo hizo el volumen sedimentario de la playa durante los últimos 15 años. La ganancia de sedimentos neta anual comparando 2008/09 con 2022/23 para la ZBA fue de $68,2\text{ m}^3$ y para la ZR fue de $295,4\text{ m}^3$. Es decir, la ZR aumentó un 23 % más en la capa de sedimentos que la ZBA en estos últimos años. Esto podría estar asociado directamente a la prohibición del tránsito, debido a que desde hace más de 30 años autores como ANDERS y LEATHERMAN (1987), incluso actuales como CHEUNG et al. (2021) demuestran que la presencia de vehículos en la playa genera erosión de sedimentos, pérdidas de ecosistemas en médanos, entre otros impactos. A esto se suma estudios

como el de BERTOLA *et al.* (2021) en las playas de Villa Gesell, quienes observaron que las zonas con menor desarrollo urbano presentaban playas más anchas y con pendientes más suaves, así como mayores volúmenes sedimentarios.

Estos resultados resaltan que la medida de prohibición al paso vehicular no solo ayudaría a la protección de las huellas fósiles ante los eventos meteorológicos extremos y el eventual paso de los vehículos por vandalismo, sino que también ha contribuido a estabilizar la playa (WOLF *et al.*, 2020). Cabe destacar que el área de estudio está expuesta a riesgo de erosión medio (BUSTOS, 2016) que se incrementa por las tormentas severas y extremas que serán cada vez más intensas en esta región debido a la variabilidad climática (FERRELLI *et al.*, 2021). Esta situación podría generar mayor vulnerabilidad de las playas antes los inminentes efectos del calentamiento global. Por ello, proteger las playas y generar planes de manejo de estos espacios es esencial para preservar estos ambientes en el contexto actual del cambio climático (CELLONE *et al.*, 2023).

La playa de Pehuén Co ha demostrado una mejoría en los niveles de erosión costera a partir de una normativa que restringió el tránsito vehicular. Esto ha creado un ambiente más atractivo para los turistas, que pueden disfrutar de la playa de forma más segura y respetuosa con el ambiente.

Según PINASI y SILENZI (2019) el patrimonio se define a través de los lazos sentimentales, emocionales y afectivos que la sociedad desarrolla en relación con determinados elementos, uniéndose como parte integral de su identidad. En esta línea uno de los elementos más característicos de la playa de Pehuén Co es su patrimonio paleontológico, que se destaca con la marca turística “Pehuén Co: Cuna de Megaterios”, creada en el año 2017 (Figura 8). Esta marca buscó fomentar el turismo paleontológico, con el objetivo de diferenciarse de otros destinos de la costa bonaerense. La implementación de la marca turística desde su creación tuvo un aumento progresivo a nivel comercial y comunicativo, favoreciendo el desarrollo económico y social mediante el producto paleontológico. De este modo, se consolidó la marca y se posicionó el paleoturismo en el balneario, logrando divulgación, educación y concientización del recurso natural (GAMBAROTA *et al.*, 2022).

FIGURA 8

Marca turística de promoción de Pehuén Co



Fuente: Turismo de Coronel Rosales (2023).

Sin embargo, es importante destacar que la normativa de prohibición fue impuesta y no ha sido pensada ni replanteada por los vecinos y la comunidad local. Este es uno de los motivos que lleva a un mayor acto de vandalismo según lo han determinado BUSTOS y SIKORA FERNÁNDEZ (2019). A pesar de la presencia de guardaparques, algunas personas han roto el alambrado e ingresado a la zona restringida con vehículos 4x4 o triciclos/cuatriciclos, generando impactos negativos en la playa y los médanos frontales, como la alteración del hábitat costero, el aumento de la erosión de los sedimentos y la vandalización de los yacimientos paleontológicos y huellas fósiles (Figura 9).

FIGURA 9

A) Zona de la Reserva que protege el yacimiento de huellas prehistóricas de Pehuén Co. B y C) Guardaparque reparando los alambrados que fueron derribados por el paso de vehículos. D) Huellas vehiculares dentro del sector de la Reserva



Fuente: Noelia Nieva (A y D), 2023. Fuente electrónica (B y C): Wips. (24/01/2023). "Piden proteger las huellas entre Monte y Pehuén Co: "¡Por favor, ocúpense!". Recuperado de <https://wips.digital/2023/01/24/tiempo-libre/sociedad/piden-proteger-las-huellas-entre-monte-y-pehuen-co-por-favor-ocupense/>

Sumado a ello, las restricciones sobre esta área han generado un aumento de los visitantes a las playas del centro del balneario. Esto podría generar un aumento de la contaminación producida por las actividades de ocio que se realizan, como por ejemplo un aumento en la basura costera, especialmente plásticos y colillas de cigarrillo (CAVALERI *et al.*, 2018; BIONDO *et al.*, 2020; BUSTOS *et al.*, 2021). Tales efectos permiten repensar a las playas y las ciudades costeras como un ambiente vulnerable, expuesto a los efectos del cambio climático, el aumento del nivel del mar y a los efectos, muchas veces negativo, de las actividades turísticas.

6. CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio brindan evidencia de que el cierre al tránsito puede ser una forma eficaz de proteger a la playa de la erosión y cuidar la fauna y flora del lugar, así como también su valor arqueológico y paleontológico. Ello queda evidenciado con el aumento significativo de la ganancia neta de sedimentos registrados en este estudio al relacionar una zona urbanizada con otra sin urbanizar y cerrada al tránsito vehicular.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que las actividades humanas sobre el ambiente costero son más determinantes en el corto y mediano plazo que los cambios climáticos y oceanográficos que influyen en la costa. Por lo tanto, para mantener un correcto equilibrio de la playa en el área urbanizada y en el área natural de la Reserva es importante llevar a cabo estrategias de manejo costero. Una de las estrategias que se podría implementar es la creación de un consejo de gestión costera formado por representantes del gobierno local, organizaciones no gubernamentales y miembros de la comunidad local. Este consejo podría organizar actividades para involucrar a la comunidad en la conservación de la playa. Algunas de las acciones que se podrían implementar son la organización de talleres, foros de participación y programas de voluntariado con el fin de generar un turismo sostenible en la playa de Pehuén Co, haciendo énfasis en la educación ambiental, la reducción de la contaminación y la gestión de residuos.

Una forma de contribuir a la protección ambiental de la playa es continuar realizando monitoreos que permitan mejorar la comprensión de los impactos de la restricción al tránsito vehicular. Estos datos serían de gran utilidad para la toma de decisiones sobre el manejo sostenible y participativo de la playa de Pehuén Co.

7. REFERENCIAS

- ANDERS, F. J. y LEATHERMAN, S. P. (1987). "Effects of off-road vehicles on coastal foredunes at Fire Island, New York, USA". *Environmental Management*, 1987, vol. 11, p. 45-52.
- BERTOLA, G. R., TAVERNA, B. D., ANTENUCCI, C. D., MANTECÓN, C. L., PIANATANIDA, F. E. y DEL RIO, J. L. (2021): "Manual de buenas prácticas mineras en ambientes dunarios". Recuperado de <http://hdl.handle.net/11336/173512>
- BIONDO, M., BUOSI, C., TROGU, D., MANSFIELD, H., VACCHI, M., IBBA, A. y DE MURO, S. (2020): "Natural vs. Anthropoc Influence on the Multidecadal Shoreline Changes of Mediterranean Urban Beaches: Lessons from the Gulf of Cagliari (Sardinia)". *Water*, vol.12, n°12, p.3578.
- BUSTOS, M. L., PICCOLO, M. C. y PERILLO, G. M. E. (2009b): "Cambios en la geomorfología de la playa de Pehuén Co debido a la actividad de las olas el 26 de julio de 2007". *Actas de las V Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense*, p. 97-102.
- BUSTOS, M. L., PICCOLO, M. C. y PERILLO, G. M. E. (2011): "Efectos geomorfológicos de fuertes vientos sobre playas. El caso de la playa de Pehuén Co, Argentina". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, vol.37, n°1, p. 121-142.
- BUSTOS, M. L. (2012): "Estudio integrado ambiental del balneario Pehuén Co". *Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur*.
- BUSTOS, M. L., CISNEROS, M. H., PERILLO, G. M. y PICCOLO, M. C. (2013): *Métodos sencillos para la medición de perfiles de playa y observaciones costeras*. EdiUNS, Bahía Blanca, 55 pp.
- BUSTOS, M. L. (2016): "Guía metodológica para un manejo integral costero aplicado a Pehuén Co (Argentina)". *InterEspaço Revista de Geografia e interdisciplinaridade*, vol.2, n°6, p.96-121.
- BUSTOS, M. L. y SIKORA FERNÁNDEZ, D. (2019): "Relevancia del manejo participativo en áreas marinas protegidas: el caso de la Reserva Natural y Paleontológica Pehuén Co – Monte

- Hermoso (Argentina)". *COLACMAR 2019*. Congreso llevado a cabo en el XVII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, Universidad de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- BUSTOS, M. L., ZILIO, M. I., FERRELLI, F., PICCOLO, M. C., PERILLO, G. M., VAN WAARDE, G. y MANSTRETTA, G. M. M. (2021): "Tourism in the COVID-19 context in mesotidal beaches: Carrying capacity for the 2020/2021 summer season in Pehuén Co, Argentina". *Ocean & Coastal Management*, vol.206, p. 105584.
- BUSTOS, M. L. y FERRELLI, F. (2022): "Caracterización ambiental de Mar Azul y Mar de las Pampas (Buenos Aires, Argentina) a través de ciencia ciudadana". *Revista Geográfica digital*, vol.19, n° 38, p. 25-35.
- CALÓ, J., CAPUTO, R., DI MARTINO, C. y MARCOS, A. (2014): "Protección invisible de un edificio sobre la duna frontal en la playa de Pehuén Co, provincia de Buenos Aires". *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, n° 33, p. 25-32.
- CAVALERI, L., ABDALLA, S., BENETAZZO, A., BERTOTTI, L., BIDLOT, J. R., BREIVIK, Ø. y VAN DER WESTHUYSEN, A. J. (2018): "Wave modelling in coastal and inner seas". *Progress in oceanography*, vol.167, p.164-233.
- CHEUNG, S., WALKER, I. J., MYINT, S. W., DORN, R. I. (2021) "Assessing land degradation induced by recreational activities in the Algodones Dunes, California using MODIS satellite imagery", *Journal of Arid Environments*, vol. 185, p. 104334.
- CELLONE, F. A., LÓPEZ, L., BACINO, G. y BRAYER, I. (2023): "Análisis de alta resolución temporal y espacial de la hidrodinámica litoral y los cambios en la morfología de la costa en la playa El Picaflor, Punta Indio, Buenos Aires, Argentina". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol.80, n°1, p.37-52.
- FERRELLI, F., BRENDEL, A. S., PERILLO, G. M. E. y PICCOLO, M. C. (2021): "Warming signals emerging from the analysis of daily changes in extreme temperature events over Pampas (Argentina)". *Environmental Earth Sciences*, vol.80, n°12, p. 422.
- FERRELLI, F., BRENDEL, A., PICCOLO, M. C. y PERILLO, G. M. E. (2021): "Evaluación de la tendencia de la precipitación en la región pampeana (Argentina) durante el período 1960-2018". *Ra'ega - O Espaço Geográfico Em Análise*, vol. 51, p.41-56.
- GAMBAROTA, D.; MATAMALA, R. y LEONARDI, V. (2023) "Turismo naranja en el sudoeste bonaerense (Argentina): proyectos "Pehuén Co cuna de megaterios" e "Isla invisible". *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas*, n°26, p. 77-99.
- ISLA, F., PRARIO, B., MAENZA, R., BÉRTOLA, G., CORTIZO, L. y LAMARCHINA, S. (2022): "Las Sudestadas del sudeste y del sur en la provincia de Buenos Aires, Argentina y el aumento antropogénico previsto del nivel del mar". *Revista Universitaria de Geografía*, vol.31, n°1, p. 13-15.
- LEE, K. H., KIM, T. G. y CHO, Y. H. (2020): "Influence of tidal current, wind, and wave in Hebei Spirit oil spill modeling". *Journal of Marine Science and Engineering*, vol.8, n°2, p. 69.
- MERLOTTO, A., BÉRTOLA, G. R. y ISLA, F. I. (2017): "Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina". *Revista Universitaria de geografía*, vol.26, n°2, p. 37-72.
- PINASSI, A. y SILENZI, D. (2019): "Reconstruyendo el patrimonio cultural: de muelle portuario a paseo turístico-recreativo". *Ateliê Geográfico - Goiânia-GO*, vol.13, n°2, p. 30 -50.
- SERVICIO DE HIDROGRAFÍA NAVAL (SHN). www.hidro.gov.ar [consulta: Septiembre de 2023]
- SCHILLIZZI, R. A., ARAMAYO, S. A. y CAPUTO, R. (1992): "Evolución geológica del yacimiento paleoicnológico de pehuen-có (Partido de coronel rosales) provincia de Buenos Aires, Argentina". *Actas*, p.53-57.
- WOLF, J., WOOLF, D. y BRICHENO, L. (2020): "Impacts of climate change on storms and waves relevant to the coastal and marine environmental round the UK". *MCCIP Science Review*, p.132-157.
- ZHANG, Y., WU, T., ARKEMA, K. K., HAN, B., LU, F., RUCKELSHAUS, M. y OUYANG, Z. (2021): "Coastal vulnerability to climate change in China's Bohai Economic Rim". *Environment International*, vol.147, p. 106359.