

Caracterización morfosedimentaria y ambiental de arroyos urbanos aplicada al manejo costero de Vicente López

Silvia Marcomini^{1,2}, Adonis Giorgi^{3,4}, Paula Bunicontro^{1,2}, Ana Torremorell^{3,4}, Rubén López^{1,2}

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología, Buenos Aires, Argentina

² CONICET – Universidad de Buenos Aires. Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Buenos Aires, Argentina.

³ Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (CONICET-UNLu)

⁴ Universidad Nacional de Luján. Departamento de Ciencias Básicas.

scm@gl.fcen.uba.ar

Editor: Ricardo A. Astini

Recibido: 11/03/2025

Aceptado: 15/08/2025

RESUMEN

Los sistemas costeros son altamente dinámicos y, cuando son modificados por actividades humanas, su comportamiento resulta difícil de predecir. La morfodinámica y la ecología están estrechamente interrelacionadas, por lo que su gestión requiere un conocimiento integral de ambos aspectos. Este trabajo analiza la geomorfología y la dinámica sedimentaria de los cursos fluviales formados por la progradación de la costa de Vicente López a fines de la década de 1990. Los resultados muestran que los sedimentos de estos cursos son mayormente arenas fangosas con alto contenido de materia orgánica con una gradación sedimentaria hacia la desembocadura (estuario). La calidad del agua varía estacionalmente: en verano se registran condiciones anóxicas, baja oxigenación y altos niveles de nitratos y amonio, mientras que en el resto del año predominan ambientes aeróbicos. Durante la sequía extrema de 2023 no se registraron floraciones de cianobacterias, aunque se detectaron elevados valores de amonio, demanda biológica (DBO) y química de oxígeno (DQO), posiblemente vinculados a efluentes cloacales tratados. Este estudio busca aportar información para mejorar la gestión ambiental y el manejo sostenible del vial costero de Vicente López. Se recomienda: (a) reducir la descarga de efluentes en los cursos, especialmente en verano; (b) preservar los bosques ribereños y arroyos formados en los últimos 20 años; (c) controlar la pesca en las desembocaduras; (d) implementar políticas de manejo basadas en las funciones geomorfológicas y ecológicas de los arroyos; (e) evitar la removilización de sedimentos del fondo; y (f) promover la conciencia comunitaria sobre la conservación de los ecosistemas urbanos.

Palabras clave: antropogeomorfología, ecología, contaminación, manejo costero.

ABSTRACT

Morphosedimentary models of urban drainages in the coast of Vicente López applied to environmental management.

Coastal systems are highly dynamic, and when modified by human activities, their behavior becomes difficult to predict. Morphodynamics and ecology are closely interconnected; therefore, effective management requires a comprehensive understanding of both aspects. This study analyzes the geomorphology and sedimentary dynamics of the fluvial channels formed by the progradation of the Vicente López coast in the late 1990s. The results show that the sediments in these channels are mostly muddy sands with a high organic matter content and display sedimentary grading toward the mouth (estuary). Water quality varies seasonally: during summer, anoxic conditions, low oxygen levels, and high concentrations of nitrates and ammonium are recorded, whereas aerobic environments prevail during the rest of the year. During the extreme drought of 2023, no cyanobacterial blooms were observed; however, high levels of ammonium, biochemical oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) were detected, possibly linked to treated

wastewater discharges. This study provides insights to support environmental management and promote the sustainable development of the Vicente López coastal corridor. The findings highlight the need to: (a) reduce effluent discharge into the channels, particularly during summer; (b) preserve riparian forests and stream systems that have developed over the past two decades; (c) regulate fishing activities at stream mouths; (d) implement management policies grounded in the geomorphological and ecological functions of the streams; (e) prevent disturbance of bottom sediments; and (f) enhance public awareness of the ecological value of urban green spaces and their associated ecosystems.

Keywords: anthropogeomorfology, ecology, pollution, coastal management.

INTRODUCCIÓN

La urbanización tiene un impacto significativo en las zonas costeras, ya que modifica la calidad e integridad ecológica, las condiciones físico-químicas del agua y la dinámica morfosedimentaria de los sistemas acuáticos. En el caso de la ciudad de Buenos Aires, el proceso de expansión urbana ha generado nuevas geoformas costeras que han dado lugar a sistemas ecológicos acuáticos que se adaptan rápidamente a las condiciones dinámicas del ambiente (Marcomini y López 2004, 2006). Aunque existen muchos estudios ecológicos sobre cuerpos de agua superficiales urbanos, como los trabajos de Sirolli et al. (2018, 2024), Graziano et al. (2020), Melzi et al. (2020), Saraceno et al. (2021), Giorgi et al. (2023) y Efron et al. (2014), son pocos los estudios de geología y geomorfología antrópica, y aún menos aquellos que intentan integrar varias disciplinas. Esto resalta la necesidad de un enfoque más holístico para comprender estos sistemas.

El crecimiento urbano en la costa del partido de Vicente López cambió sustancialmente la dinámica sedimentaria y la configuración costera. La progradación artificial dio lugar a la formación de nuevos cursos fluviales y lagunas artificiales, los cuales constituyen un desafío para el manejo ambiental. La particularidad que presentan estos arroyos, a diferencia de los sistemas pampeanos o urbanos de la ciudad de Buenos Aires, es que no tienen una red de drenaje natural preexistente. Por consiguiente, su dinámica de transporte sedimentario (carga y caudal) están regulados por la acción antrópica. Esto les imparte ambientes dinámico-sedimentarios y morfológicos completamente diferentes al resto de los arroyos de la pampa ondulada. Estas condiciones particulares condicionan el comportamiento ecológico de estos sistemas y su respuesta a las variabilidades climáticas.

El objetivo principal del presente estudio es proporcionar una caracterización morfodinámica de los arroyos, integrando el análisis de la calidad ambiental mediante la evaluación de parámetros ecológicos, geomorfológicos, físicos y químicos

del agua, así como de las propiedades sedimentológicas del lecho fluvial.

La investigación aborda de manera integral la evolución geomorfológica reciente, la dinámica sedimentaria, la composición fisicoquímica del agua y diversos indicadores ecológicos, con el propósito de estimar el estado ambiental de estos sistemas fluviales.

El conocimiento profundo de estos ecosistemas fluviales de origen antrópico resulta fundamental para establecer una línea de base ambiental que permita la formulación de estrategias de manejo orientadas hacia un desarrollo urbano sustentable en el corredor vial costero del partido de Vicente López, así como en otros sistemas costeros artificiales asociados al crecimiento de megaciudades litorales. Asimismo, este estudio se propone abordar los desafíos ambientales derivados de los procesos de urbanización y de la progradación artificial de la línea de costa, evaluando las alteraciones en la dinámica fluvial y proponiendo medidas de gestión y conservación acordes con los principios del desarrollo sostenible.

MARCO GEOLOGICO

La costa del partido de Vicente López se encuentra en el margen sur del estuario interior del Río de La Plata (Figura 1) y constituye un sistema costero de gran complejidad ecológica y ambiental. A nivel geomorfológico, la zona se divide en dos áreas: una terraza alta y una baja (Yrigoyen 1993). La terraza alta, situada al oeste de las vías del ferrocarril, es un terreno elevado de más de 15 m, labrado sobre limos y arcillas loésicos correspondientes a la Formación Buenos Aires (Rimoldi 2001). En cambio, la terraza baja, más cercana a la línea costera, es más vulnerable a las fluctuaciones del nivel del agua y a procesos de inundación. Esta última corresponde a un evento estuárico marino, actualmente conservado parcialmente en la costa de San Isidro, depositados sobre una plataforma de abrasión labrada sobre limos y arcillas con abundantes calcretes asignados a la Formación Ensenada.

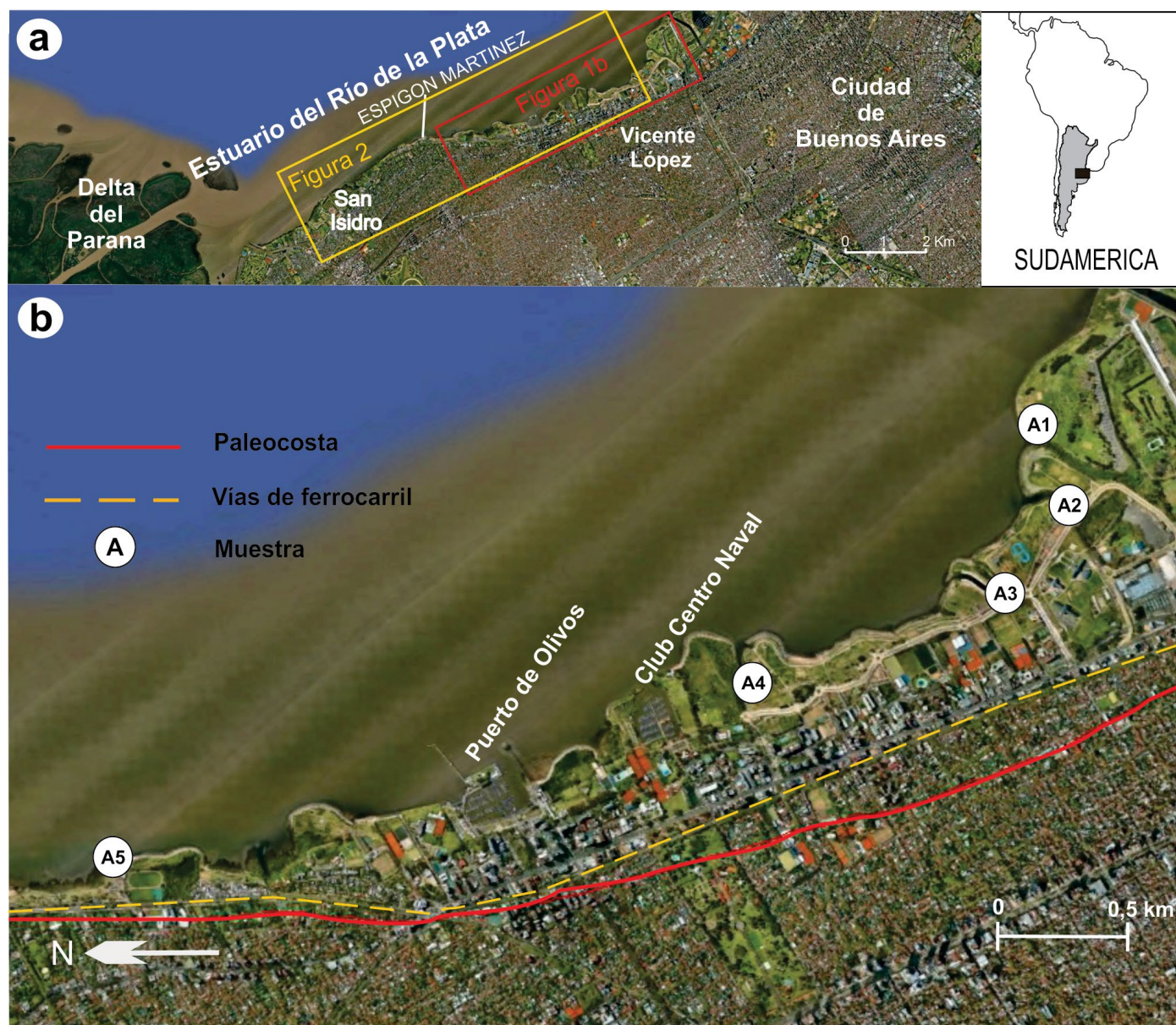


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. a) vista regional y b) imagen ampliada con los puntos de muestreo utilizados en el monitoreo temporal.

Los rasgos geomorfológicos del sector litoral corresponden a una costa de acumulación estuárica, influenciada por dos direcciones de corrientes litorales, que varían según las condiciones climáticas. Los vientos del cuadrante norte o noreste generan una descarga fluvial hacia el sureste, transportando sedimentos fangosos del delta del Paraná, mientras que las sudestadas provocan una deriva litoral inversa, con transporte de sedimentos arenosos por tracción y saltación en la zona costera (Marcomini y López 2004, 2006). Contrariamente, los sedimentos provenientes de los sistemas fluviales del Paraná y Uruguay forman una pluma de sedimentación que se dispersa en el estuario, avanzando hacia el exterior en invierno y retrayéndose en verano (Piola et al. 2000). Las anomalías de

precipitación en las cuencas del Paraná y Uruguay, asociadas con los períodos de El Niño, incrementan significativamente la descarga fluvial (Depetris et al. 1996, Mechoso y Pérez-Iribarren 1992).

Un factor clave en la dinámica litoral es la variabilidad del nivel del agua del estuario, influenciada principalmente por las mareas y las forzantes climáticas. El régimen de marea es semidiurno micromareal, con una amplitud que varía entre 0,59 y 1,09 m y una amplitud de marea media de 0,58 m (SHN 2025). A pesar de ser micromareal, la variabilidad del nivel del agua puede ser significativa, alcanzando hasta 2,8 m en tormentas ordinarias y más de 4 m en eventos extraordinarios. Los datos históricos en el puerto de Buenos Aires registran

ascensos de hasta 4,40 m y descensos de -1,97 m durante eventos extraordinarios (Pereyra et al. 2001).

MÉTODOS

Se realizaron tres campañas de muestreo en la zona costera de los principales arroyos de la costa de Vicente López. La primera en primavera (24 de noviembre de 2022), la segunda durante el verano (10 de enero de 2023) y la tercera en invierno de 2023 (10 de julio de 2023). En las mismas se tomaron muestras de aguas superficiales y sedimentos de fondo. Las dos primeras mediciones fueron realizadas en bajante donde la altura del estuario para el Puerto de Olivos fue de 0,1 m y en condiciones de viento norte. El muestreo de verano coincidió con una de las sequías más importantes de los últimos 100 años en la región pampeana. La campaña de invierno fue durante un evento de sudestada normal con la altura del estuario máxima de 1,6 m.

Los muestreos fueron diseñados para caracterizar el comportamiento de los cursos de agua y para determinar su calidad ambiental. La disposición de los sitios de muestreo se observa en la figura 1 b.

La evolución morfológica de los arroyos se realizó mediante el análisis geomorfológico comparativo empleando fotos aéreas antiguas del Servicio de Hidrografía Naval, imágenes satelitarias de Google Earth y mapas históricos. Los sedimentos de fondo fueron extraídos durante la campaña de verano con una draga tipo Snapper. El análisis granulométrico se realizó en el Laboratorio de Sedimentología de la Universidad de Buenos Aires. Los mismos fueron tamizados en húmedo para determinar las fracciones de grava, arena y fango. Cada fracción fue analizada con la lupa binocular y se elaboraron cortes delgados para determinar la composición y tipo de material cuyas láminas fueron analizadas con un microscopio Leica DM750P y fotografiadas con una Cámara Leica DFC295 para finalmente procesarlas con el software Leica Application Suite 4.12. También se calculó el contenido de materia orgánica. Para determinar el tamaño de grano de las fracciones finas se empleó el analizador de partículas CILAS 1190, propiedad del Servicio de Hidrografía Naval. Para dicho análisis las muestras fueron tratadas con agua oxigenada al 30% de dilución y posteriormente tamizadas con malla de 2000 micrones removiendo el material mayor a esta medida.

Los parámetros físicos y químicos del agua como pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura y potencial oxido reducción se midieron en el campo con un multianalizador marca Hanna, mientras que la turbidez con un turbidímetro

marca Hach modelo 2100Q. A su vez, se estimó, en el laboratorio del Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable de la Universidad Nacional de Luján, el contenido del material particulado total (MPS) y orgánico (MO), carbono disuelto (DOC), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitratos, amonio, nitrógeno total y fosfatos en el agua.

La caracterización del agua se hizo considerando el Índice de Calidad de Agua (ICA) según Beron (1984). En el cálculo del índice se utilizaron los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, cloruros, amonio y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). El índice de calidad se calculó en base a la sumatoria de los valores de las variables mencionadas y fluctúa entre 1 y 10, siendo estos valores indicadores de menor y mayor calidad, respectivamente. La ecuación utilizada es:

$$I.C.A. = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Donde q_i corresponde a cada uno de los parámetros y w_i indica el peso de esos parámetros. Ambos se detallan en la Tabla 1. Un valor del ICA de 10 indica calidad excelente del agua, 8-9 calidad muy buena, 7 calidad buena, 4-6 regular y 1-3 calidad mala, similar a un cloacal

RESULTADOS

Evolución geomorfológica de cursos superficiales y progradación costera

La costa de Vicente López ha experimentado transformaciones significativas debido al relleno antrópico a lo largo de los años. El análisis geomorfológico histórico ha sido importante para entender la magnitud de estas alteraciones debido a la urbanización y el relleno. A continuación, se describen los principales cambios registrados. La figura 2, muestra el Plano de los Caminos de la Costa en 1781, y es clave para comprender como era la configuración de la zona antes de la intervención humana. En esta imagen, el achurado resalta el paleoacantilado, que representaba la línea de costa natural antes de los cambios. Hacia el estuario, se puede observar la planicie estuarial de baja pendiente, un terreno que carecía de cursos fluviales. Además, la imagen muestra cómo el paleoacantilado estaba cortado por un solo cañadón a la altura de la localidad de Martínez, siendo probablemente el único curso fluvial en ese momento. Entre 1930 y 1980, las playas de Vicente López fueron uno de los principales balnearios de la zona norte, como se ilustra en la figura 3. Durante este período, la zona costera aún conservaba las geoformas ori-

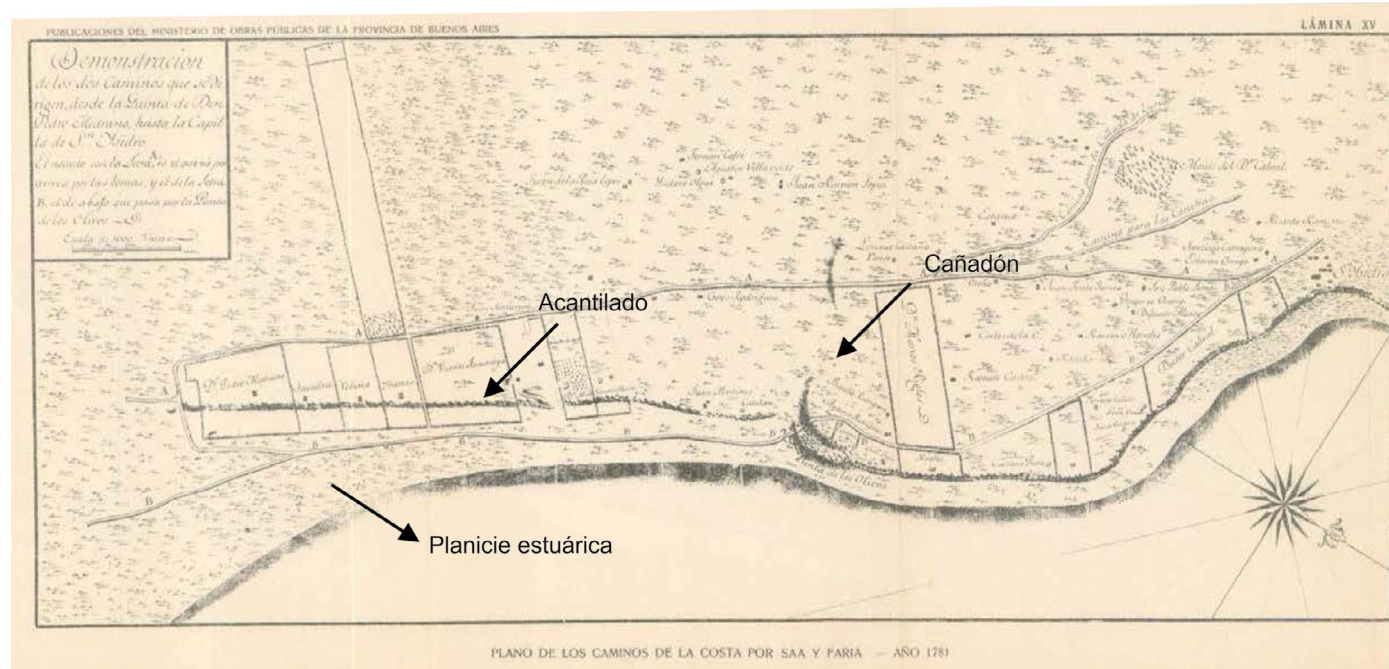


Figura 2. Plano de los caminos de la costa por SAA y Faria Año 1781 Museo, Biblioteca y Archivo Histórico Municipal de San Isidro Dr. Horacio Beccar Varela <https://www.quintalosombues.gob.ar/biblioteca-archivo/>. Morfología costera original. Nótese el único cañadón que desembocaba en la costa, el paleoacantilado (achurado) y la planicie estuárica.

ginales propias del estuario. La playa era disipativa, con una pendiente muy baja y se extendía aproximadamente unos 250 metros. Estaba compuesta por arena muy fina, característica de las playas de la región. Se pueden observar una plataforma de abrasión irregular labrada sobre los sedimentos del Ensenadense (Figura 3 a) y la playa disipativa con

una morfología de canales y barras (*ridge and runnel*) (Figura 3 b y c). Sin embargo, con el tiempo, el uso recreativo de la costa perdió popularidad, lo que permitió la expansión de la urbanización y un avance costero entre 300 y 350 m. Como resultado, las morfologías originales de la playa quedaron completamente sepultadas bajo el material de relleno. Este



Figura 3. Los bañistas de la playa pública de Olivos. Buenos Aires, 1936. Fotografía publicada en #CarasyCaretas N°1946. Archivo General de La Nación. AR-AGN-CyC01-f-278-408951. Se distingue la playa disipativa original con la topografía típica de barras longitudinales y canales. a. Plataforma de abrasión. b. Crestas de las barras. c. Canal.

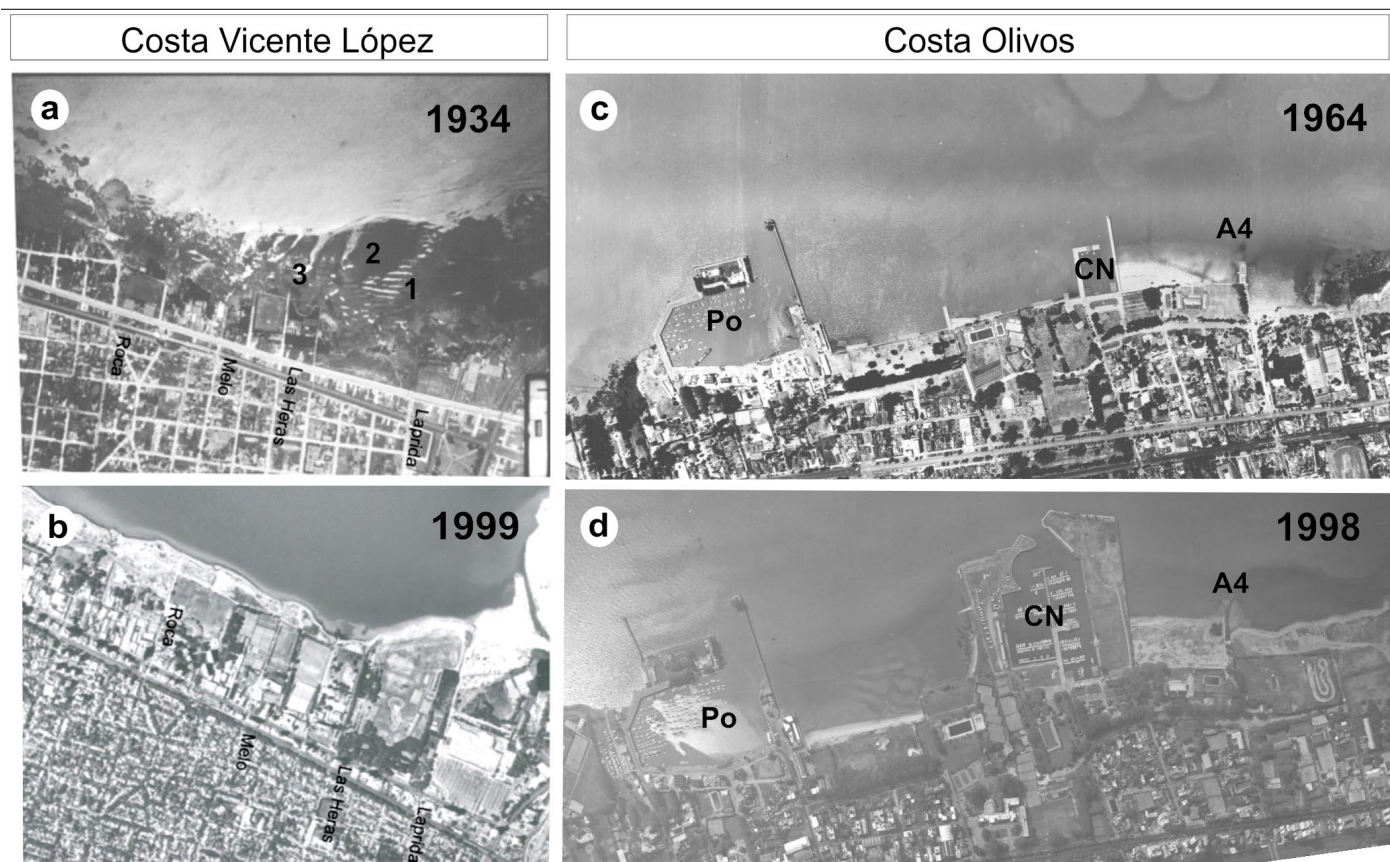


Figura 4. Comparación de fotografías aéreas para la costa de Vicente López y Olivos, antes de la construcción del vial costero. 1. Modelo de playa disipativa multibarra originarias del estuario. 2. Canales de retorno, 3. Plataforma de abrasión, Po Puerto de Olivos, CN Club Centro Naval, Canal Yrigoyen (A4).

cambio en la configuración costera se refleja claramente en la figura 4, evidenciando cómo la intervención humana transformó la morfología natural de la costa de Vicente López.

A principios de 1920 comenzaron las primeras modificaciones en la configuración de la costa con la construcción del Puerto de Olivos, inaugurado en 1922, y del Club Centro Naval (Figura 4c). Estas obras de infraestructura no solo cambiaron la dinámica física de la costa, sino que también tuvieron un impacto directo sobre la morfología y la ecología de la zona como puede observarse en la figura 4 c y d, que ilustran los cambios entre 1964 y 1998. La construcción de estos puertos implicó el relleno artificial de áreas costeras y la creación de estructuras como escolleras y muelles. Éstas interrumpieron la deriva litoral produciendo acumulación natural de sedimentos a su alrededor, generando nuevos depósitos de playas antrópicas que dan lugar a nuevas sucesiones ecológicas, y progradación costera natural (Figura 4 c) y a sistemas costeros compartimentados de baja energía como diques utilizados como amarras (Figura 4 d).

A fines del siglo pasado, se observa una nueva extensión del relleno en la costa de Vicente López, impulsada por la construcción del Paseo de la Costa, un proyecto realizado por el municipio entre 2002 y 2004. Este desarrollo urbanístico

no solo alteró la línea costera, sino que también dio lugar a la creación de nuevos cursos fluviales o canalizaciones en respuesta al diseño de relleno proyectado en el Plan Director para la zona ribereña del partido de Vicente López. Como resultado de este proceso, se generaron cuatro arroyos superficiales en la zona sur (Vicente López) y uno en la zona norte (Olivos). Estos arroyos tienen sus cabeceras en las calles Alfonsín (A1), Laprida (A2), Las Heras (A3), e Yrigoyen (A4), y al norte, en la calle Paraná (A5) (Figuras 1 y 5). Todos estos arroyos tienen una forma rectilínea, un régimen permanente y desembocan en el estuario del Río de la Plata. Además, muchos de estos cursos están alimentados por pluviales subterráneos, lo que influye en su dinámica hidráulica y en la cantidad de agua y tipo de sedimento que transportan. Es importante destacar que los arroyos de las calles Alfonsín e Yrigoyen no han sufrido grandes modificaciones morfológicas desde su formación. En los últimos 20 años, se ha observado que en sus márgenes se ha desarrollado una selva marginal, característica de estos ambientes litorales, lo que sugiere que estos ecosistemas han comenzado a adaptarse a las nuevas condiciones creadas por las modificaciones humanas en la zona (Figura 5 y 6). En la figura 6 se destacan las características geomorfológicas que presentan estos cursos pluviales

Tabla 1. Variables utilizadas para el cálculo del ICA (Berón, 1984). Se agrega el puntaje correspondiente a cada variable de acuerdo a su rango de variación. El índice es el promedio de los puntajes de las variables consideradas.

Temperatura		Cloruros		N-Amoniaco		D.B.O		Oxígeno disuelto		Saturación de Oxígeno	
°C	Peso	mg/l	Peso	mg/l	Peso	mg/l	Peso	mg/l	Peso	% sat	Peso
0 - 17,5	10	0 - 50	10	0 - 0,2	30	0-2	30	> 90 - 105	10	> 9	10
> 17,5 - 19,5	9	>50 - 150	7	> 0,2 - 0,5	24	> 2-4	27	> 80 - 90	8	> 8 - 9	8
> 19,5 - 21,5	7	>150 - 300	5	> 0,5 - 1,0	18	> 4-6	24	> 105 - 120	8	> 6 - 8	6
> 21,5 - 23,0	5	>300 - 620	3	> 1,0 - 2,0	12	> 6-10	18	> 60 - 80	6	> 4 - 6	4
> 23,0 - 25,0	3	>620	0	> 2,0 - 5,0	6	> 10-15	12	> 120	6	> 1 - 4	2
> 25,0	1			> 5,0 - 10,0	3	> 15-25	6	> 40 - 60	4	0 - 1	0
				> 10,0	0	> 25-50	3	> 10 - 40	2		
						> 50	0	0 - 10	0		

en la actualidad. En la figura 6a se observa un curso que, si bien se ha generado con avance costero artificial, evolucionó en forma natural destacándose el desarrollo de especies de plantas vasculares adaptadas al lecho del margen de los arroyos y en los albardones de la selva marginal con desarrollo de un bosque de gran porte que ocupa una franja de unos 25 m bordeando el arroyo. Por otro lado, la figura 6b, muestra un curso intervenido con márgenes acorazados con paredones inclinados de hormigón.

Los otros arroyos fueron modificados por la intervención humana. El Laprida (A2) permaneció en su estado natural hasta 2004, luego fue intervenido con relleno artificial en 2005, y en 2008 se construyó un nuevo canal artificial de 15 metros de ancho, con acorazamientos de gaviones de bloques (Figura 5). El canal de la calle Las Heras (A3), evolucionó de forma natural hasta 2018 desarrollando una selva marginal (Figura 5). Sin embargo, a finales de ese año, se construyó un nuevo canal por dragado, 50 metros al norte, lo que provocó el abandono del antiguo canal formando un nuevo ecosistema (Figura 5, NE).

En la zona norte (Calle Paraná) el desagüe se distingue en el año 2009, donde la costa se empieza a rellenar formando un cabo y en 2010 se construye el drenaje actual.

Análisis textural y composicional de los sedimentos

La mayoría de los sedimentos de fondo de los arroyos están compuestos por arenas fango gravosas (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Contenido de fracción detrítica y orgánica en los sedimentos del fondo de los arroyos.

Muestra	Grava		Arena	
	Fracción detrítica	Fracción orgánica	Fracción detrítica	Fracción orgánica
A1	0%	100%	5%	95%
A2	70%	30%	70%	30%
A3	70%	30%	80%	20%
A4	50%	50%	70%	30%
A5	100%	0%	100%	0%

Tienen en general entre un 50 y un 70 % de arena y entre 50 y 20 % de fango. Los fangos están conformados por un 78% de limo y un 22 % de arcilla. La fracción de grava está subordinada y representa entre el 2 y el 8 % de la muestra. El incremento del contenido de grava en el arroyo Paraná (Figura 1b, A5) se debe a que está entubado hasta la desembocadura y por consiguiente su sedimentación está dominada por el oleaje y las condiciones mareales. La muestra correspondiente a este sector conforma una grava areno fangosa con un 75 % de grava, 20 % arena y 5 % de fango.

Los análisis realizados por el método Cilas muestran que los sedimentos de fondo están compuestos en promedio por un 12% de arcilla, 42 % de limo y 47 % de arena (Figura 7). Presentan una población polimodal con una moda principal en arena mediana (250 micrones) y secundarias en limo grueso (50 micrones), limo medio (16 micrones) y arcilla muy fina (0,3 micrones). Son muy pobremente seleccionadas (2,55), con asimetría muy positiva (0,193) y mesocúrtica (0,758). Es-

Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Fango (%)	Clasificación	Ubicación
A1	8	47	45	Arena fango gravosa	Parque de Los Niños
A2	2	88	10	Arena levemente gravosa	Laprida
A3	6	69	25	Arena fango gravosa	Las Heras
A4	6	76	18	Arena fango gravosa	Yrigoyen
A5	75	20	5	Grava areno fangosa	Paraná

Tabla 3. Clasificación textural de los sedimentos de fondo de los arroyos monitoreados.



Figura 5. Comparación de la evolución de los arroyos en los últimos 20 años. Nueva canalización del curso A3 con revestimiento de hormigón y abandono del canal original generando un nuevo ecosistema (NE). Ensanchamiento del canal A2 (2). Formación de selva marginal canales (SM).

tos resultados indican una muy baja energía de transporte.

La composición de los sedimentos que conforman estos

arroyos es muy variada (Figura 8) estando compuestos por una fracción detrítica y gran contenido de materia orgánica



Figura 6. Comparación entre un curso artificial con una evolución natural (a) y otro intervenido con defensas (b). Obsérvese la generación del bosque en galería asociado a la evolución natural.

(Tabla 2). La materia orgánica en la fracción arena está formada por semillas, restos de hojas, ramas, agregados fangosos y algunos gastrópodos (Figura 8 g), mientras que en la fracción grava principalmente por restos de ramas y hojas (Tabla 2). La fracción detrítica de la grava se compone de materiales provenientes de la construcción como clastos de hormigón, fragmentos líticos, ladrillo, vidrio y asfalto. En el resto de los arroyos la fracción arenosa está integrada por más de un 70% de material detrítico, en el cual predomina el cuarzo

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos para evaluar la calidad ambiental del agua de los arroyos en el verano de 2023. Según los valores ICA de calidad del agua, 10 es excelente, 8-9 muy buena, 7 calidad buena, 4-6 regular, 1-3 calidad mala. Durante el mes de enero de 2023, todos los arroyos presentaron una calidad de agua deficiente, similar a la de aguas residuales, lo que representa un grave problema ambiental.

Parámetros medidos	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
Oxígeno (mg/L)	0,08	0,13	5,45	3,4	0,68
% saturación	0,2	1,3	68	41,6	8,7
Temperatura (°C)	26,7	26	25,9	25,2	24,1
Conductividad (uS/cm)	781,1	596,6	549,4	898,5	736,7
pH	7,33	7,57	7,7	7,47	7,46
Turbidez (NTU)	51,6	64,9	49,1	61,2	37,2
Secchi (%)	100	100	100	100	100
DOC (mg/l)	23,23	35,25	13,49	21,92	32,10
MPS (mg/L)	3,53	0,009	0,035	0	0,009
MO (mg/L)	3,536	0,019	0,023	0,007	0,01712
MI (mg/L)	0	0	0,01228	0	0
DQO (mg O2/l)	107,5	99,5	120	121	111
DBO (mg O2/l)	27	25,64	11,904	15,168	27,56
Amonio (mg/l)	1848	1336	312	942,4	804,8
Fosfato (mg/l)	0,376	0,343	0,079	0,215	0,174
Nitratos (mg/l)	0,308	0,477	1,480	1,860	0,321
ICA	1,4	1,7	3,3	2,5	2,6

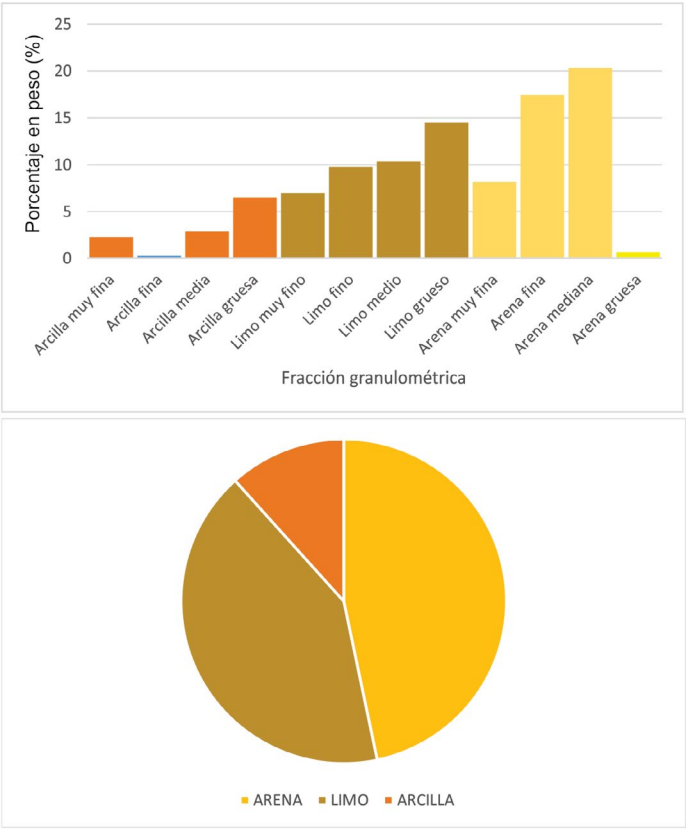


Figura 7. Composición textural de los sedimentos por método Cilas.

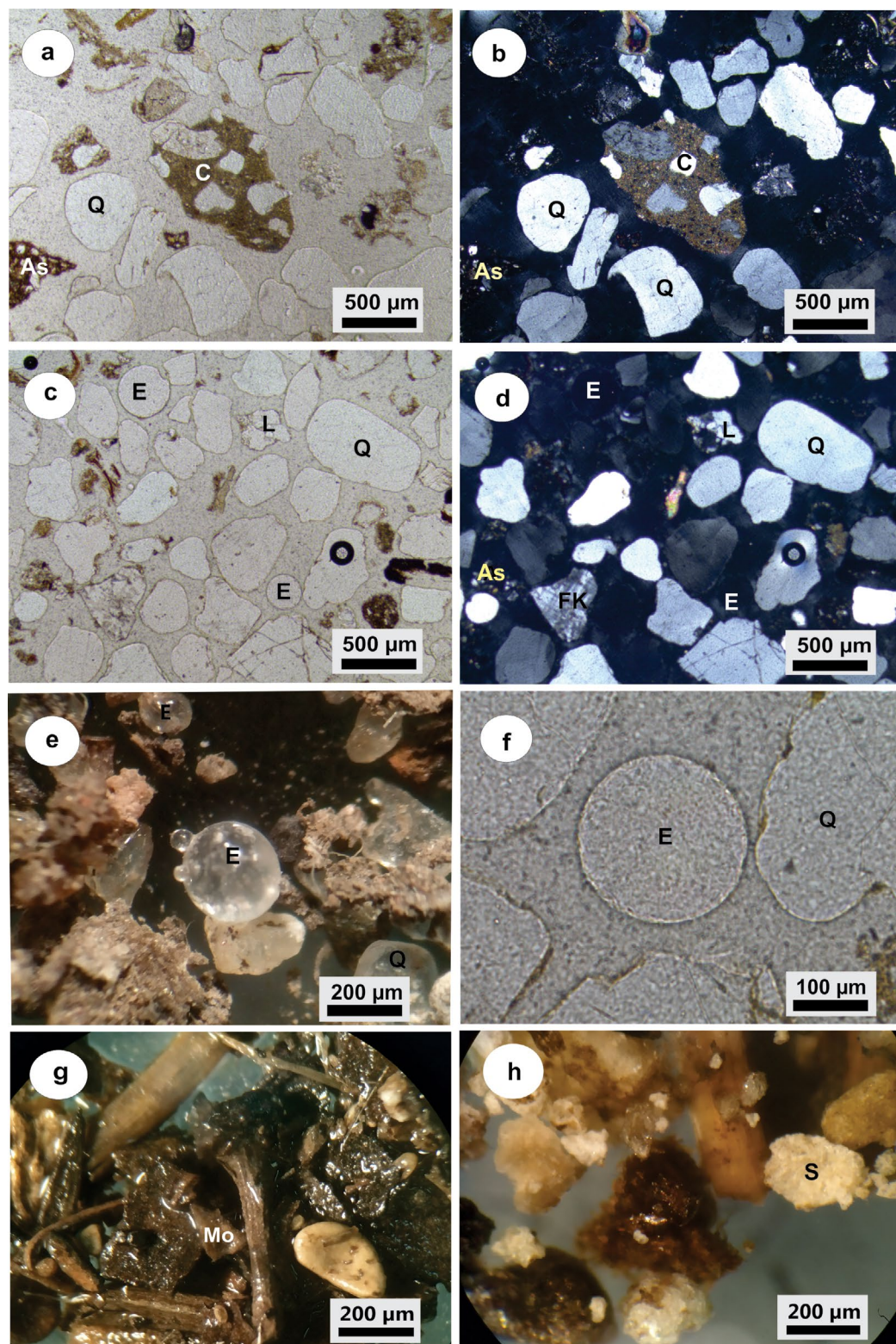


Figura 8. Composición detrítica y orgánica de los sedimentos de fondo. a, b, c y d. cortes petrográficos de la fracción arenosa. e. Vista en lupa de las microesferas (E) halladas en el canal A2. f. Imagen de la microesfera (E) en corte petrográfico. g. Vista en lupa de la fracción flotante con restos de hojas, tallos, ramas, semillas y raíces. h. Vista en lupa de los precipitados salinos. Q. Cuarzo, C. Hormigón, L. Fragmento lítico. Fk. Feldespato potásico. S. sales precipitadas, Mo materia orgánica, As. Asfalto.

y en menor medida se distinguen fragmentos líticos (Figura 8 d), agregados de hormigón (Figura 8 a), ladrillo, asfalto (Figura 8 a, b, c, d), vidrio, plásticos, restos de conchillas de bivalvos y gastrópodos. Un caso particular se observa en el arroyo Laprida (A2), en el cual se ha detectado un alto contenido de microesferas de vidrios (Figura 8 e y f) que se utilizan como

abrasivo en la construcción.

La fracción flotante está integrada por materia orgánica formada por restos de tallos, hojas, bivalvos y muy escaso material detrítico. El contenido vegetal aumenta en aquellos arroyos que desarrollaron selva marginal (Figura 8 g). En la muestra correspondiente al canal Laprida (E2) se distinguió

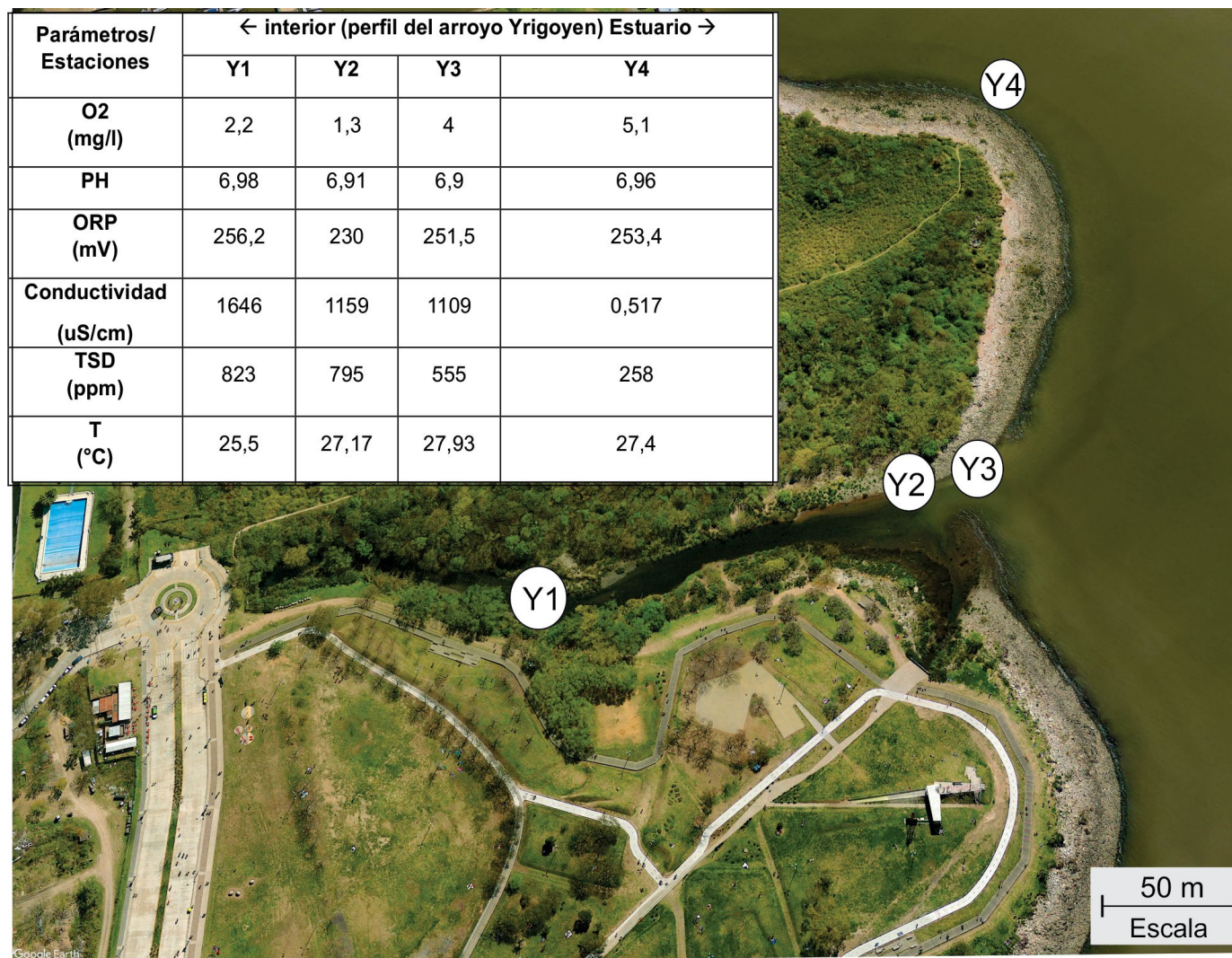


Figura 9. Variaciones longitudinales de los parámetros fisicoquímicos a lo largo del arroyo Yrigoyen (A4) el 24 de noviembre de 2022. El resto de los arroyos ha mostrado un comportamiento semejante.

la presencia de agregados cristalinos blanquecinos de sales precipitadas (Figura 8 h), posiblemente producto del precipitado de sales de vertidos en los pluviales.

Dinámica y sedimentación de los arroyos

La dinámica de los arroyos presenta dos zonas diferenciadas. Una zona apical donde dominan la descarga pluvial con condiciones anóxicas, sedimentos fangosos, agregados orgánicos, con escasez de material detrítico y estancamiento; y otra zona en la desembocadura, donde se evidencia la influencia del estuario del Río de La Plata, tanto en los parámetros físicos y químicos del agua como en la sedimentación (Figura 9). El agua del estuario tiene una salinidad que varía entre 500 y 600 microS/cm y un pH de aproximadamente 7, un total de sólidos disueltos (TSDT) de 250 a 310 ppm y conforma un ambiente aeróbico con potencial de óxido reducción (ORP) de 250 a 310 mV.

Los canales pluviales tienen mayor salinidad (600 a 1800 microS/cm) y sólidos disueltos (300 a 900 ppm). Se observó que estos valores son muy variables en el tiempo y dependen fundamentalmente de la carga orgánica e inorgánica que arrojan los canales pluviales, de la temperatura ambiental y de las lluvias. Por lo general, forman ambientes anóxicos, en especial durante el verano, con valores de potenciales de óxido reducción de -40 a 150 mV.

Lo que respecta a las condiciones morfodinámicas, los sedimentos del fondo de los arroyos están conformados por arenas fangosas con alto contenido de materia orgánica en particulados finos que forman coloides. Hacia la desembocadura el ambiente cambia y se observa una zona de sedimentación diferencial entre los márgenes y el centro del canal. Se detecta un ambiente mareal dominado por sedimentos fangosos orgánicos conformando una planicie de marea (Figura 10, Pm), un sector de playa intermareal areno gravosa

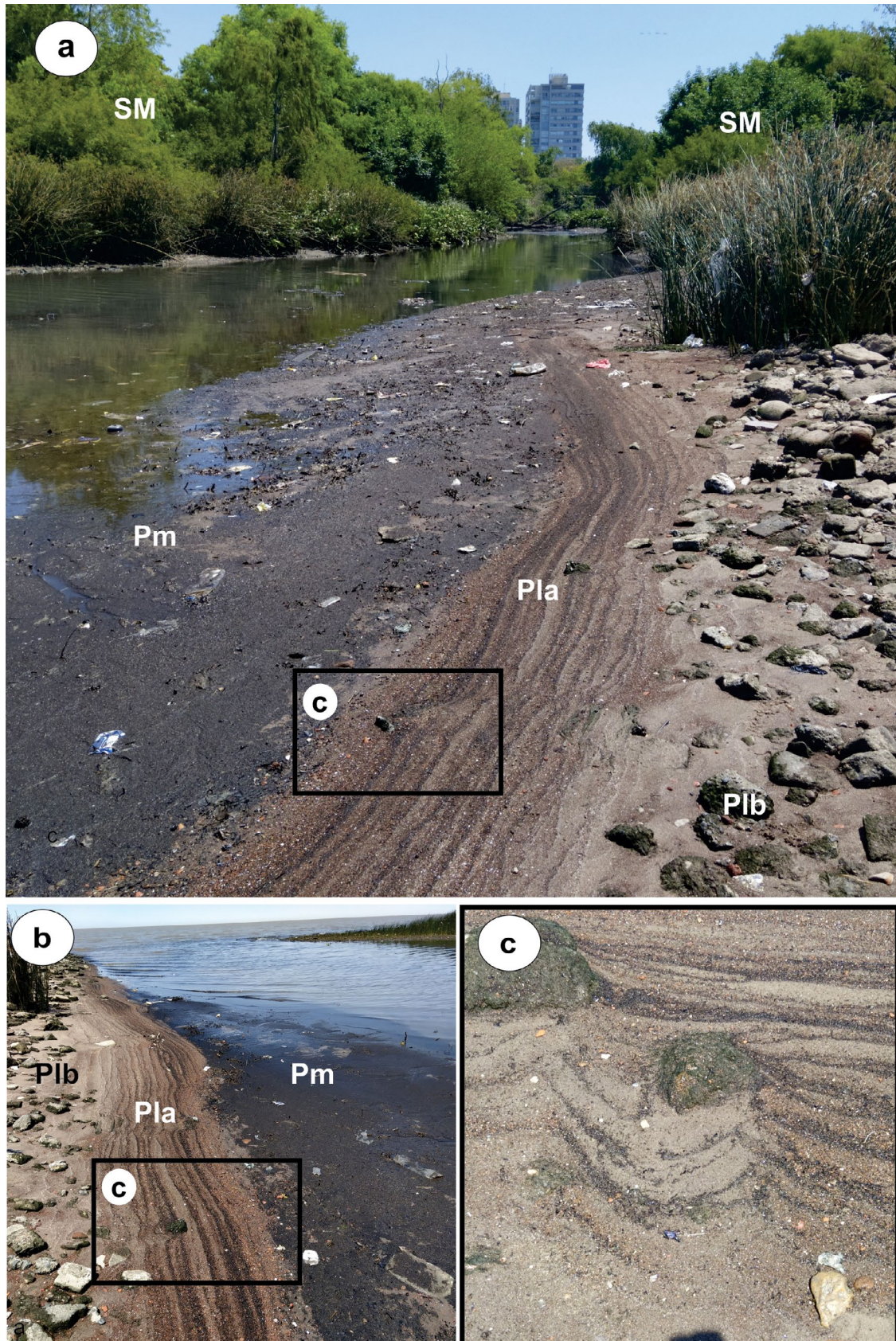


Figura 10. (a y b) Morfologías de los tramos distales y proximales de los canales del Arroyo Yrigoyen. Pla: playa arenosa, Plb: Playa de bloques, Pm: Planicie mareal fangosa, SM: selva marginal. (c) Microformas de difracción en la playa indicadoras de acción de oleaje.

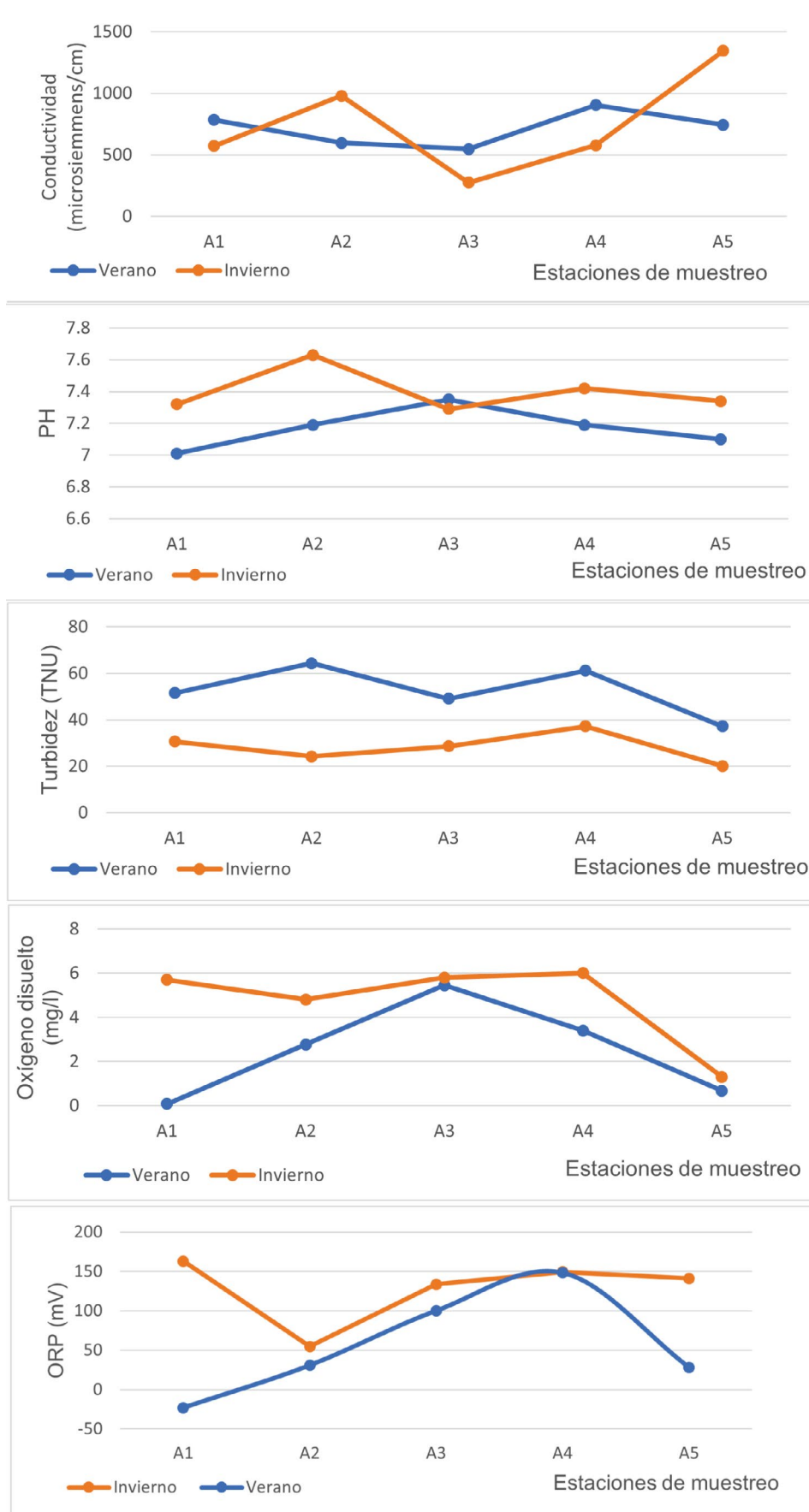


Figura 11. Variación estacional de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial de los arroyos.

(Figura 10, Pla) con claras estructuras de dominio de oleaje como topografía rítmica y microformas de difracción generadas a partir de desprendimientos de intraclastos de la planicie fangosa (Figura 10 c) y un sector supramareal integrado por una berma de tormenta de bloques redondeados (Figura 10 Plb). También en la desembocadura se presenta una mezcla de salinidad incrementando la floculación del material particulado fino.

Variación estacional de los parámetros físicos y químicos del agua

El agua de los cursos estudiados presentó variaciones estacionales durante el año 2023 (Figura 11). Los parámetros más sensibles fueron la turbidez, el potencial oxido reducción, el pH y el oxígeno disuelto. Se observó que, durante el verano, los ambientes se tornan anóxicos, disminuye el oxígeno disuelto, el pH y aumenta la turbidez. Durante la sequía extrema del verano de 2023, los cursos formaron ambientes anóxicos con valores de potenciales de óxido reducción en el agua entre -40 a 150, salinidad de 600 a 900 microS/cm, pH entre 7 y 7,35, sólidos disueltos totales entre 300 a 400 ppm y oxígeno disuelto de 0,1 a 5 mg/l. El agua tenía también altos contenidos de nitratos, amonio, carbono orgánico total y nitrógeno total disueltos y bajo contenido de fosfatos. Los valores de DQO y DBO se encontraron en concentraciones cercanas a los límites admitidos para efluentes cloacales. Sin embargo, estos parámetros experimentaron variaciones a lo largo del año monitoreado, observándose que, en la primavera de 2022, la mayoría de los cursos eran aeróbicos (oxidantes), con valores de potencial de óxido-reducción de 232 mV y con salinidad mayor con valores de 1710 microS/cm, al igual que el contenido de oxígeno disuelto.

El muestreo de invierno se llevó a cabo durante un evento de sudestada normal y el estuario alcanzó una crecida ordinaria (inferior a 1,8 m) con una altura máxima de 1,6 m. Los cursos que mostraron mayores variabilidades fueron el Laprida y Paraná. El primero (A3) presentó características muy particulares en ambas estaciones. Se observó en la zona de descarga (Canal entubado) una disminución muy marcada de la turbidez, teniendo la descarga aguas muy claras con una variación de la turbidez de 3,7 a 24,2 NTU. También la temperatura fue mayor (19,5 C a 16,7 C), al igual que el total de sólidos disueltos (incrementó casi al doble 864 ppm), la salinidad de 979 a 1728 microS/cm y el ORP de 55 a 97. Los valores de pH y oxígeno disuelto no presentaron variaciones significativas. Se distinguió la presencia de peces como indicadores de alto contenido de nutrientes.

Por otro lado, el agua de descarga del arroyo Paraná presentó una disminución significativa en el contenido de oxígeno

(1,3 mg/l), al igual que el anterior, y un marcado aumento de la conductividad (1345 microS/cm), contenido de sólidos disueltos totales y temperatura, a pesar de que la desembocadura se encontraba inundada y expuesta a una importante acción del oleaje, lo que debería diluir la salinidad y oxigenar el agua. Los arroyos de las calles Alfonsín (A1), Las Heras (A3) e Yrigoyen (A4) mostraron las mejores condiciones ambientales con altos contenidos de oxígeno disuelto (entre 5-6 mg/l), conductividades entre 275 y 578 microS/cm y SDT 285 entre 289.

Los principales parámetros indicadores de baja calidad ambiental fueron el incremento de la salinidad, la disminución en el contenido de oxígeno, el incremento en la temperatura y ORP. La transparencia del agua fue alta, con un 100% de profundidad del disco de Secchi y el material en suspensión fue bajo, a excepción del A1 que presentó valores más altos. El carbono orgánico disuelto (COD) fue similar en los 5 arroyos. El ICA fue muy bajo en los cinco arroyos, el mayor valor de ICA resultó en A3 y el menor en A1, indicando una contaminación muy elevada en todos los arroyos (ICA menor a 4).

Los arroyos de las calles Laprida e Yrigoyen tuvieron baja calidad ambiental todo el año, mientras que el de la calle Alfonsín solo en verano, debido al funcionamiento activo del Parque de Los Niños.

Los arroyos A1 y A2 en verano de 2023 (Tabla 4) mostraron concentraciones de oxígeno disuelto y saturación extremadamente bajas, lo que indica condiciones anóxicas o hipoxias severas y altos niveles de amonio, DBO y DQO, lo que sugiere alta carga orgánica y procesos de descomposición activa. Asimismo, el ICA muy bajo (1,4 y 1,7) indica mala calidad del agua (Tabla 4). El pH registrado fue levemente alcalino variando entre 7,3 y 7,7 en todos los arroyos.

Las aguas de los arroyos en general presentaron transparencia hasta el fondo. Esto se debió a la baja profundidad de los arroyos y a que el recorrido de los mismos expuestos a la radiación solar es de poca distancia lo que impide la proliferación de cianobacterias antes de desembocar en el Río de La Plata. Las altas concentraciones de Amonio (NH_4^+) en especial en A1 y A2 (Tabla 4) hace suponer que el arroyo está alimentado por efluentes cloacales que son ricos en ese ion. Dado que el recorrido es en gran parte subterráneo eso evita la oxidación a nitratos. Las bajas concentraciones de fosfatos probablemente se deban a la mezcla o dilución con agua subterránea o agua corriente.

DISCUSIÓN

Los arroyos que conforman la costa de Vicente López son

sistemas modernos que se formaron en su mayoría luego de la construcción del Paseo de la Costa, llevado a cabo por el Municipio de Vicente López entre los años 2002 y 2004. Esto significa que tienen una edad aproximada de 20 años. A partir de ese momento, algunos de estos cursos han tendido a equilibrarse con el medio natural, mientras que otros continúan siendo modificados por el hombre. Es importante entender la dinámica de estos nuevos cauces para poder planificar el manejo ambiental de los mismos. El caudal y la carga de estos arroyos está regulada por los vertidos urbanos y por las precipitaciones. En consecuencia, su dinámica va a depender no solo de las variabilidades climáticas, sino que también del manejo del agua en la zona urbana aledaña a su zona de recarga. Los principales vertidos urbanos provienen de la depresión de napas empleada para mantener el nivel freático bajo para la construcción de edificios o garages subterráneos, o en otros casos, de la descarga de residuos cloacales tratados. En consecuencia, a las variabilidades geomorfológicas descriptas anteriormente se le suman cambios de caudal, carga y parámetros físico-químicos propios del manejo del agua en el sector urbano. La mezcla de aguas ocurre durante las sudestadas, cuando el agua del estuario ingresa a los arroyos o bien, durante vientos fuertes provenientes del cuadrante noreste, que favorecen el ingreso de agua dulce. Por otro lado, la descarga aumenta durante las precipitaciones. Se ha detectado que el agua de descarga tiene una salinidad elevada, considerablemente mayor que la del estuario. Esto podría estar relacionado con el vertido de efluentes cloacales tratados o del agua proveniente de la depresión de napas. Los resultados obtenidos indican que la mayor variación en los parámetros del agua se debe a un exceso en el vertido de efluentes cloacales.

El comportamiento morfodinámico y ecológico de estos nuevos arroyos urbanos es muy diferente al de la mayoría de los arroyos pampeanos, al igual que la textura y composición de los sedimentos de fondo. Si se compara con los arroyos Escobar y Garín (Gallardo 2024), estos presentan una cantidad semejante de arcilla (13 % y 16 %, respectivamente), mayor cantidad de limo (50 % y 60 %) y menor cantidad de arena (22 % a 35 %). Asimismo, en la fracción arenosa domina la arena fina (100 μm), mientras que en los arroyos antrópicos predomina la arena mediana (500 μm). El aumento en el tamaño de grano sugiere que los sedimentos en los arroyos antrópicos provienen de la degradación de hormigón (Marcomini y López 2021), a diferencia de los arroyos naturales, cuyos sedimentos se originan de la erosión de los sedimentos loésicos del Pampeano. Esto da lugar a una diferenciación clara en la textura y composición entre ambos tipos de arroyos.

La calidad ambiental de los nuevos cursos fluviales urba-

nos depende principalmente de los efluentes urbanos (efluentes cloacales, industriales, agua de depresión de napas). Durante la sequía extrema del verano de 2023, los arroyos no presentaron floraciones de cianobacterias, evento frecuente en otros cursos fluviales pampeanos. Este hecho podría atribuirse a los bajos contenidos de fosfato soluble y a la baja irradiancia debido a que funcionan como cursos subterráneos en gran parte del recorrido. Sin embargo, en algunos arroyos se detectaron altos valores de amonio, DBO y DQO provenientes de efluentes cloacales tratados por las plantas urbanas que podrían afectar la calidad del agua de la zona litoral.

Durante el periodo estival, los cursos de agua desarrollaron condiciones anóxicas, favorecidas por la reducción en el caudal y el aumento de la carga orgánica. El análisis de la columna de agua evidenció elevadas concentraciones de nitratos, amonio, carbono orgánico disuelto (COD) y nitrógeno total disuelto (NTD), junto con niveles relativamente bajos de fosfatos, lo que sugiere un desequilibrio en la relación N:P y una potencial limitación fosfórica para el desarrollo fitoplanctónico. Gran parte de los arroyos de Vicente López tienen aportes de vertidos urbanos provenientes principalmente del tratamiento de efluentes cloacales. Estos vertidos incrementan durante todo el año la salinidad, el aporte de nutrientes, el total de sólidos disueltos y el potencial óxido reducción y disminuyen el contenido de oxígeno. Los principales arroyos afectados en el periodo de muestreo fueron el de la calle Paraná (A5) y Laprida (A2). El Arroyo de la calle Alfonsín (A1) mostró una calidad ambiental variable a lo largo del año, siendo buena en primavera e invierno, y decayendo drásticamente en verano, debido principalmente al aumento de la carga contaminante generada por las actividades recreativas del Parque de los Niños durante el verano, alcanzando un índice de calidad del agua (ICA) similar a la de un efluente cloacal. Si bien la contaminación altera los parámetros físicoquímicos del agua, en especial durante el verano, los efectos se manifestaron durante todo el año.

El índice de calidad de agua (Tabla 4) presentó valores por debajo a los registrados en la cuenca del Río Luján (ICA promedio en R. Luján: 4,8) (Torremorell et al. 2022), evidenciando el efecto de la sequía sobre los arroyos, con valores similares a efluentes antrópicos que no son diluidos con aguas naturales. Ni la sudestada habitual ni la acción del oleaje logran dispersar de forma inmediata los contaminantes vertidos al cuerpo de agua, lo que favorece su acumulación en las zonas costeras. En este contexto, resulta necesario reducir la carga contaminante proveniente de los efluentes cloacales, a fin de mitigar los efectos negativos sobre la calidad del agua y los procesos ecológicos asociados.

La composición detrítica de los sedimentos de fondo de

los arroyos está constituida casi exclusivamente por restos de materiales urbanos o provenientes de la degradación del hormigón y de materiales vítreos. En los cursos donde se desarrolla la selva marginal la fracción detrítica orgánica es mayor.

El alto contenido de materia orgánica en los sedimentos y de partículas en el agua, junto con el elevado contenido de fango, fija los contaminantes en el fondo, por lo que no es recomendable resuspenderlos.

Las sudestadas generarían aportes de propágulos que producirían una “naturalización” de la zona costera en la desembocadura de los arroyos. Por otro lado, como se destacó, el aporte de los arroyos hacia el Río de La Plata consiste en materia orgánica tanto particulados como disueltos con distintos grados y tiempos de descomposición que estarían introduciendo materiales orgánicos junto con nutrientes en solución. Ambos tipos de compuestos aportarían a la carga de contaminantes en la zona costera del Río de La Plata que no llega a mezclar ni reducirla. Además de la calidad del agua, los arroyos presentan riberas que en algunos casos (A1 y A4) han recuperado cierto grado de naturalidad y en otros han sido totalmente eliminadas. La conservación de áreas ribereñas es un aspecto importante por cuestiones paisajísticas, recreativas, de regulación de temperatura del agua, control de la radiación incidente y también para reducir el grado de impermeabilización.

La alta carga de materiales orgánicos particulados y disueltos que caracteriza el agua y los sedimentos de estos arroyos hace que los peces ingresen para alimentarse, lo cual favorecería la biomagnificación de los contaminantes.

El avance artificial de la costa y la pérdida de las geoformas originales tienen importantes implicancias para la gestión de los ecosistemas costeros y la calidad ambiental de la zona, ya que alteran tanto las dinámicas sedimentarias como las ecológicas, lo que debe ser considerado en futuras estrategias de conservación y desarrollo urbano sostenible.

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados del estudio, se recomienda:

- Disminuir el vertido de efluentes tratados inadecuadamente a los cursos, especialmente durante el verano.
- Conservar los arroyos y las selvas marginales generadas en los últimos 20 años.
- Controlar el vertido de efluentes durante el funcionamiento del Parque de los Niños en verano.
- Controlar las actividades de pesca en la desembocadura de los arroyos.
- Establecer políticas de manejo y control de los arroyos

acorde con sus funciones geomorfológicas y ecosistémicas.

- Concientizar sobre la importancia de la conservación de estos nuevos sistemas antrópicos en el desarrollo del parque urbano.

El presente estudio constituye un aporte relevante para la comprensión de la génesis y evolución geomorfológica de los cursos pluviales modernos, así como de su dinámica sedimentaria. Además, proporciona una línea de base ambiental que permite caracterizar el comportamiento hidromorfológico de los arroyos bajo condiciones de sequía extrema. Dado que varios de estos sistemas fluviales evidencian condiciones de baja calidad ambiental, se recomienda la implementación de un programa de monitoreo sistemático y periódico de la calidad del agua. Esta estrategia permitirá identificar tendencias temporales, evaluar el grado de impacto antrópico y establecer medidas eficaces de control y mitigación de contaminantes.

Finalmente, se espera que estos estudios sirvan como una base ambiental para la gestión y manejo del espacio del vial costero de Vicente López.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue financiado con fondos aportados por la Universidad de Buenos Aires con los subsidios UBACYT 20020170100389BA y 20020220200079BA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berón, L. 1984. Evaluación de la calidad de las aguas de los Ríos de La Plata y Matanza-Riachuelo mediante la utilización de índices de calidad de agua. Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental. Ministerio de Salud y Acción Social. 38 pp., Buenos Aires.
- Depetris, P.J., Kempe, S., Latif, M. y Mook W.G. 1996. ENSO controlled flooding in the Parana River (1904–1991). *Naturwissenschaften* 83: 127–129.
- Efron, S., Thais, A.J., de Cabo, L.I., Dos Santos A. y Graziano, M. 2014. Evaluación de la capacidad de auto-depuración de un arroyo urbano y el uso de macrófitas nativas como estrategia de restauración. *Biología Acuática* 30 (3):275-285.
- Gallardo, I. 2024. Geología e impacto de las alteraciones antrópicas en el medio natural del partido de Escobar, provincia de Buenos Aires Trabajo Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires (inédita) 131p., Buenos Aires.
- Giorgi, A., Domínguez, E. y Gómez, N. 2023. Técnicas de monitoreo para ecosistemas fluviales de la Argentina. 1a ed. Consejo Nacional Investigaciones Científicas Técnicas. CONICET. 268 p., Buenos Aires.
- Graziano, M., Giorgi, A. y Feijóo, C. 2020. Science of the Total Envi-

- ronment Multiple stressors and social-ecological traps in Pampean streams (Argentina): A conceptual model. *Science Total Environment* 765: 142785.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 2004. Generación de nuevos ecosistemas litorales por albardones de relleno en la costa de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (2): 261-272.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 2006. La línea de costa del Río de la Plata. En: Isla I. y Lasta C. (eds.), *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires*. EUEM, 85-112, Mar del Plata, Buenos Aires.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 2011. Historia de la costa de Buenos Aires: *Ciencia Hoy* 21, 123: 41-48.
- Marcomini, S.C. y López, R.A. 2021. Dinámica morfosedimentaria de las playas antrópicas de la Ciudad de Buenos Aires, ¿posibles registros costeros del Antropoceno?. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 78 (1): 61-74.
- Mechoso, C.R. y Pérez-Iribarren, G. 1992. Streamflow in southeastern South America and the Southern Oscillation. *Journal of Climate* 5: 1535-1539.
- Melzi, F.R., Sirolli, H. y Picca, P.I. 2020. Vegetación de un área polderizada del Río de la Plata en la Ciudad de Buenos Aires: La Reserva Ecológica Ciudad Universitaria - Costanera Norte. *Darwiniana*. Nueva serie 8 (2): 460-478.
- Pereyra, F., Marcomini, S., López, R., Merino M. y Nabel, P. 2001. Caracterización del medio físico de la Ciudad de Buenos Aires y Área Metropolitana. *Convenio FCEyN-Universidad de Buenos Aires y Secretaría de Planeamiento Urbano GCBA*. (Inédito) 214 p. y 10 mapas, Buenos Aires.
- Piola, A.R., Campos, E.J.D., Moller Jr, O.O., Charo, M. y Martínez C.M. 2000. Subtropical shelf front of eastern South America, *Journal of Geophysical Research* 105: 6566- 6578.
- Saraceno, M., Gómez Lugo, S. y Ortiz, N. 2021. Unraveling the ecological processes modulating the population structure of *Escherichia coli* in a highly polluted urban stream network. *Nature Scientific Report* 11: 14679. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94198-1>
- Rimoldi, H.V. 2001. Carta Geológico-Geotécnica de la Ciudad de Buenos Aires. Primera parte: Carta Geológica y Base de datos de Estudios Geotécnicos. Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento Territorial. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Dirección de Geología Regional y Aplicada 1 (3). 64 p. Buenos Aires.
- Servicio de Hidrografía Naval, 2025. https://www.hidro.gov.ar/oceanografia/Tmareas/Form_Tmareas.asp
- Sirolli, H., De Miguel, A. y Chaparro, G. 2018. Diagnóstico de situación y recomendaciones para la implementación de la Reserva Ecológica Ciudad Universitaria - Costanera Norte. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 76 p. Buenos Aires.
- Sirolli, H., Zapata, L. y Urruzuno, P. 2024. Inventario holotaxa de la biodiversidad de la Reserva Ecológica Costanera Sur (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina). *Historia Natural (tercera serie)* 14 (2):181-202.
- Torremorell, A.M., Mastrángelo, M.M., Padulles, M.L., Rodríguez Castro, C., Vilches, C., Hegoburu, C., Riva, P., Sánchez Caro, A., Zunino, E., Mauad, M., Vega, B., Rocha, L., Poretti, T. M., Casset, A., Camilli, E., Pighin A. y Giorgi, A. 2022. Río Luján: Deterioro de la calidad del agua desde sus nacientes. Págs. 145-150. En: Bohn V., Díaz, M.S., Estrada, V.G., Martínez, A.M., Piccolo, M.C. y Siniscalchi, A.G. (eds), *XI Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos*. 2022 Libro digital. 487 pp. Universidad Nacional del Sur. ISBN: 978-987-1648-45-0.
- Yrigoyen, M. 1993. Morfología y Geología de la ciudad de Buenos Aires. *Actas Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería* 7: 7-38.