Guía de campo: La geología de Mar del Plata y sus alrededores

Marcia Mojica y Diego F. Muñoz



Punta Vorohué. Foto cortesía del Dr. Pedro Garzo.

Salida propuesta: 31 de octubre 08:00hs, Deán Funes 3350, Mar del Plata.

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO
"Dr. Enrique Jorge Schnack"

FACULTAD de CIENCIAS EXACTAS y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL de MAR DEL PLATA

CIENCIAS DE LA TIERRA 2024

Guía de campo: La geología de Mar del Plata y sus alrededores

Marcia Mojica[1,2] y Diego F. Muñoz[1,2]

CC BY SA

[1] Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario “Dr. Enrique Jorge Schnack” (IGCyC), Universidad Nacional de Mar del Plata - CIC PBA, Deán Funes 3350, Mar del Plata, B760AYJ, Argentina.
[2] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Godoy Cruz 2290,CABA, C1425FQB, Argentina.

Dirigido a estudiantes de la asignatura Ciencias de la Tierra perteneciente a los Profesorados en Biología, Física y Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNMDP).

Objetivo: Acercar a les estudiantes una mirada geológica para que logren interpretar el ambiente y la relación que existe entre la historia geológica y el desarrollo socioeconómico de Mar del Plata.

Introducción

La ciudad de Mar del Plata se encuentra ubicada en el sector oriental de la Provincia de Buenos Aires, cabecera del Partido de General Pueyrredon, este último alberga a unos 667.082 habitantes (Censo Argentina, 2022), que durante el verano y otros períodos vacacionales puede llegar a triplicar su población. Esta ciudad se encuentra emplazada en el extremo sudeste de un conjunto de serranías llamadas Sistema de Tandilia (al menos su parte expuesta) (Fig. 1). En este bloque, están las rocas más antiguas de Argentina. Es interesante remarcar que la historia geológica de la región se encuentra dividida, teniendo rocas ígneas y metamórficas del Paleoproterozoico (2200 Millones de años, Ma.), cubiertas por rocas sedimentarias de diferentes edades (1200-550 Ma., ~450-420 Ma., y muy recientes).

La topografía que presenta la ciudad de Mar del Plata está estrechamente vinculada con la configuración estructural del Sistema de Tandilia. En la zona central de la ciudad se da una geomorfología de bajos y lomadas (10 a 40 msnm) a causa de los bloques de la “piedra Mar del Plata”, una ortocuarcita que pertenece a lo que llamamos Formación Balcarce (~450-420 Ma.). Hacia el sur y norte las alturas topográficas van disminuyendo debido a que esta Formación queda en el subsuelo y son cubiertas por formaciones de litologías blandas y edades más recientes, con espesores variables.

Las rocas de ortocuarcita, debido a su gran dureza, le brindan a la costa marplatense las características de entrantes en forma de bahías, y salientes en forma de cabos y puntas, como Punta Inglesa, Punta Cantera y Punta Mogotes (Isla, 2006; Pereyra, 2018). En esta última, ubicada al sur de la ciudad, la formación Balcarce se encuentra sumergida y es conocida como Banco de Pescadores (Isla et al., 1986) (“la restinga”).

El drenaje superficial está caracterizado por arroyos. Algunos descargan sus aguas hacia el norte (arroyo Seco, El Cardalito, Las Chacras, Los Cueros, de los Patos, Santa Elena, Camet, La Tapera, Del Barco y Del Tigre) y se encuentran mayormente entubados. Otros drenan hacia el sur (arroyo Chapadmalal, Lobería, Corrientes, Seco y Las Brusquitas) y la mayoría se encuentran rectificados o con su cauce natural.

Sistema de Tandilia y sus formaciones

El Sistema de Tandilia (Fig. 1) se extiende a lo largo de 350 km en dirección NO-SE, desde la localidad de Olavarría hasta Mar del Plata. El basamento del Sistema de Tandilia es de composición ígneo-metamórfico y de edad paleoproterozoica, conocido como **Complejo Buenos Aires** (Di Paola y Marchese, 1975). Aflora principalmente al norte de las Sierras y está formado por una gran variedad de rocas como gneisses graníticos-tonalíticos, migmatitas, y en menor medida por mármoles y milonitas. La evolución geológica del Complejo engloba etapas de intensa actividad tectónica y magmatismo asociado.

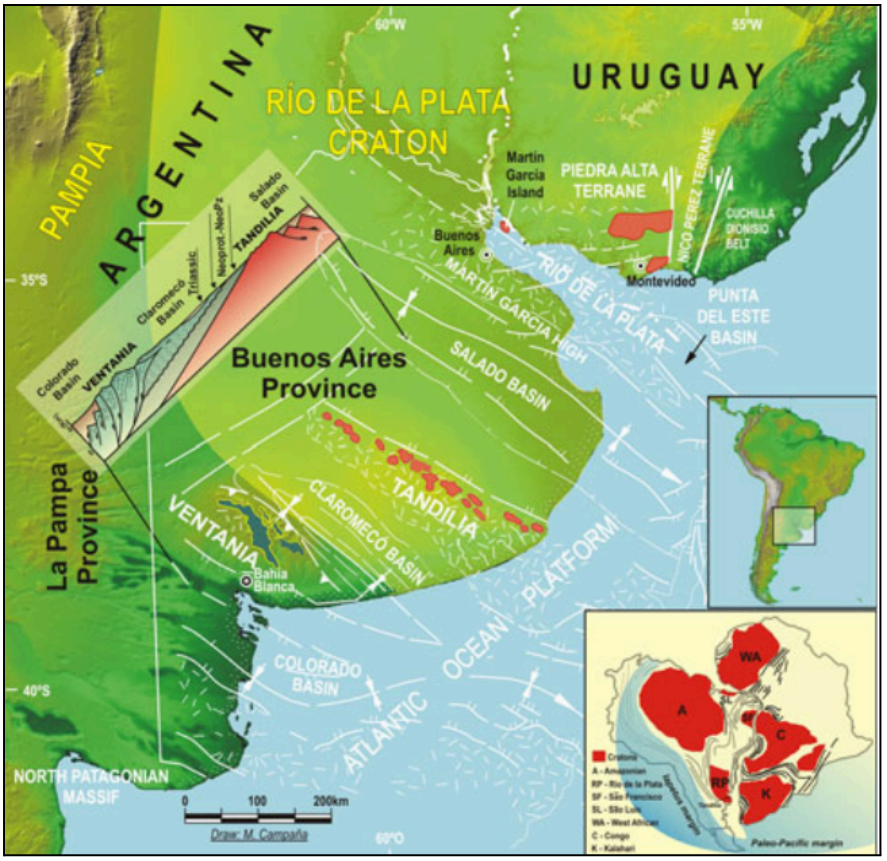


Figura 1. Mapa de ubicación del Sistema de Tandilia, tomado de Cingolani 2011.

Neoproterozoico

Por encima del Complejo Buenos Aires, se encuentran rocas del Neoproterozoico (al menos 1000 Ma. más jóvenes; ver Anexo 1) formadas por los grupos Sierras Bayas y La Providencia (Fig. 2) (Arrouy et al., 2015; Dalla Salda & Iñiguez, 1979; Gómez-Peral et al., 2023; Poiré, 1993; Poiré et al., 1984; Zalba et al., 1988). Estas rocas las podemos ver en la región centro-oeste del Sistema de Tandilia y se depositaron luego de una intensa meteorización del Complejo Buenos Aires.

El **Grupo Sierras Bayas** (Fig. 2) está compuesto por una sucesión siliciclástica-carbonática, cuya edad está comprendida entre 800-580 Ma. Las formaciones que la conforman son: Fm. Villa Mónica, Fm. Colombo, Fm. Cerro Largo, Fm. Olavarría y Fm. Loma Negra (Gómez-Peral et al., 2007, 2023; Poiré y Gaucher, 2009).

Por encima, y separada por una superficie kárstica (Gómez-Peral et al., 2023), se apoya el **Grupo La Providencia** (Fig. 2), de composiciones margosas a silicoclásticas de edades

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"
CC BY SA

entre 510-550 Ma., integrado por la Fm. Avellaneda, Fm. Alicia y Fm. Cerro Negro (Arrouy et al., 2015; Gómez-Peral et al., 2023; Scivetti et al., 2024).

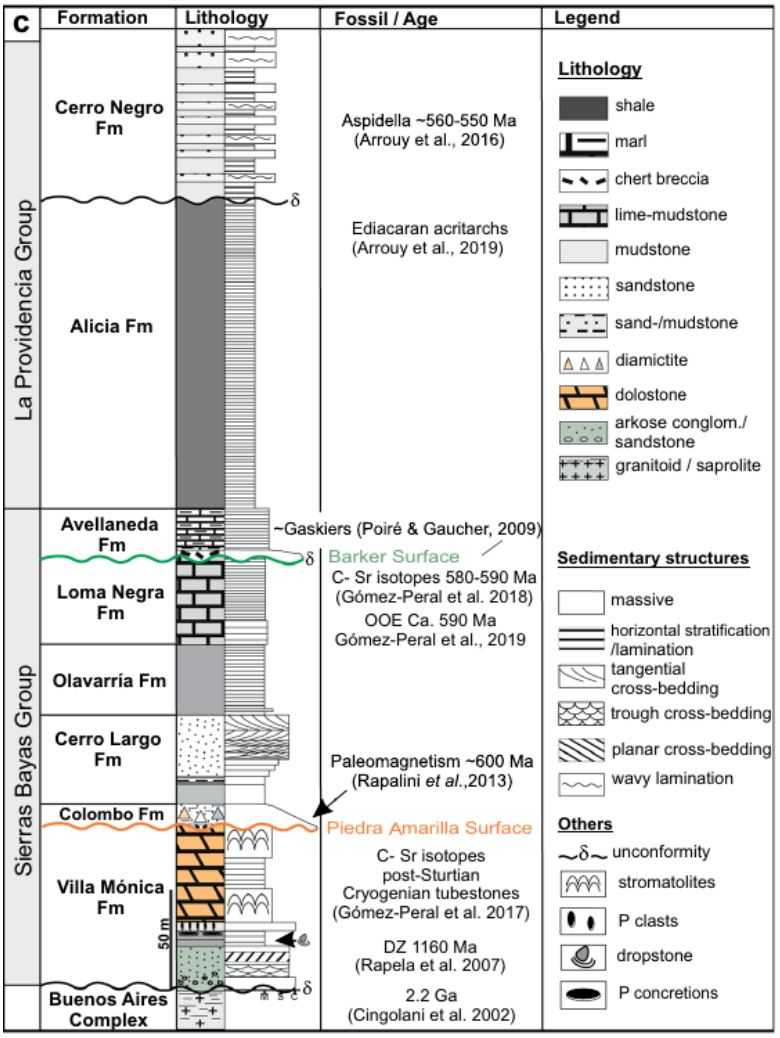


Figura 2. Columna estratigráfica generalizada de las rocas sedimentarias neoproterozoicas del Sistema de Tandilia en el área de Olavarría, con detalle de los grupos Sierras Bayas y La Providencia (tomado de Gómez Peral et al. 2023).

Paleozoico

Luego de la depositación y deformación de estas rocas neoproterozoicas, hubo un período de aproximadamente 100 Ma. sin registro sedimentario. Recién a los ~450 Ma., en algunos sectores se registran las **formaciones Sierra del Volcán y Punta Mogotes**. La Formación Sierra del Volcán se apoya sobre el basamento cristalino en el área de la localidad de Balcarce y está compuesta por rocas de origen glacial, asociadas a una glaciación que ocurrió durante el Ordovícico Tardío (Zimmermann y Spalletti, 2009; ver Anexo 1). En Mar del Plata se conoce la Formación Punta Mogotes, descrita en una perforación, compuesta por metapelitas datadas (K-Ar) en 600 Ma. (Cingolani, 2011).

En el extremo sureste del Sistema de Tandilia, donde se encuentra ubicada la ciudad de Mar del Plata, no se registran afloramientos de las secuencias sedimentarias y el Complejo ígneo-metamórfico descritos anteriormente. Por lo que durante la salida de campo solo se observarán las formaciones descritas a continuación.

Por encima de estas formaciones, del basamento y de las sedimentitas del Proterozoico se apoya en discordancia la **Formación Balcarce**, cuya edad ha sido ampliamente

discutida, con propuestas que van desde el Cámbrico al Silúrico (Borrello, 1966; del Valle, 1987; Halpern et al., 2022; Poiré, 1987; Poiré et al., 2003; Poiré & del Valle, 1996; Seilacher et al., 2003; ver Anexo 1).

Se trata de una secuencia de sedimentos silicoclásticos, donde predominan areniscas dominadas por cuarzo (ortocuarcitas) y en menor medida conglomerados y pelitas. Hasta el momento no se conocen restos fósiles de organismos. Sin embargo es mundialmente conocida por la presencia de trazas fósiles (Borrello, 1966; del Valle, 1987, p. 198; Gutiérrez et al., 2017; Halpern et al., 2022; Poiré et al., 2003; Poiré & del Valle, 1996; Seilacher, 2005; Seilacher et al., 2003). Actualmente la edad de la Fm. Balcarce se la referencia al Silúrico por la presencia de las trazas fósiles *Cruziana bonariensis* y *Arthrophycus alleghaniensis* (Seilacher, 2005). Teniendo en cuenta la sedimentología, estratigrafía e icnología, los depósitos de la Fm. Balcarce fueron interpretados como formados en ambientes marinos (playa a plataforma interna) en una plataforma epicontinental dominada por mareas e influenciada por tormentas, donde se han identificado al menos cinco ciclos sedimentarios asociados a cambios en el nivel del mar (del Valle, 1987; Poiré et al., 2003; Poiré & Spalletti, 2005).

Cenozoico

En el área, las rocas consolidadas más jóvenes que se reconocen son las pertenecientes a la Formación Balcarce (faltan aproximadamente 420 Ma. de registro; ver Anexo 1). Esto está relacionado con la apertura del océano Atlántico que comenzó hacia fines del Jurásico (180 Ma.) y el levantamiento tectónico de las Sierras de Tandilia. Esto favoreció que haya predominado la erosión por sobre la depositación, plasmado en una ausencia de registro geológico (Donna 2020).

Durante el Plioceno y Pleistoceno tardío (ver Anexo 1), el nivel del mar estuvo 100 m por debajo del nivel actual, propiciando el desarrollo de ambientes continentales. Luego, hace 19.000 años comenzó un período de derretimiento de glaciares que conlleva a un aumento del nivel del mar. Aquí comenzaron las tendencias transgresivas (el mar inunda el continente), registradas por pulsos.

Las formaciones cuaternarias se han descrito a partir de su contenido faunístico y se encuentran en afloramientos de los acantilados marinos de las localidades de Monte Hermoso, Quequén, Centinela del Mar y Mar del Plata. La edad de estas formaciones están relacionadas a las “edades de mamífero” (Fig. 3).

En los acantilados de la ciudad de Mar del Plata se registran las siguientes formaciones correspondientes al Plioceno-Pleistoceno medio (Beilinson, 2011; Isla et al., 2015; Kraglievich, 1952; Zárate y Fasano, 1989; Fig. 4):

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"

CC BY SA

E.I.O.	Edades de mamíferos	Unidades estratigráficas	Paleoambiente
1 6 ka.	Platense	Fm. Mar Chiquita ★	Playa, estuario
2	Lujanense	Fm. Lobería	Eólico (loess)
		Fm. Santa Isabel ★	Canales fangosos
		Fm. Arroyo Seco	Planicie aluvial, eólico (loess)
5e 120 ka.		Fm. Puerto Mar del Plata ★	Playa, barrera
6	Ensenadense	Fm. Miramar	Planicie aluvial con niveles eólicos (loess)
	Marplatense (Uquiense)	Fm. San Andrés ★	Planicie aluvial
		Fm. Vorohué	Canales fluviales
2,5 Ma.		Fm. Barranca de los Lobos	Fluvial a eólico (loess)
3,5 Ma.	Chapadmalense	Fm. Chapadmalal ★	Eólico (loess) a fluvial

Figura 3. Formaciones (Unidades estratigráficas), edades e interpretación ambiental. Las estrellas indican unidades datadas por métodos absolutos y las unidades grises corresponden a interglaciales. EIO: Estadios isotópicos del oxígeno. Modificado de Isla et.al, 2005.

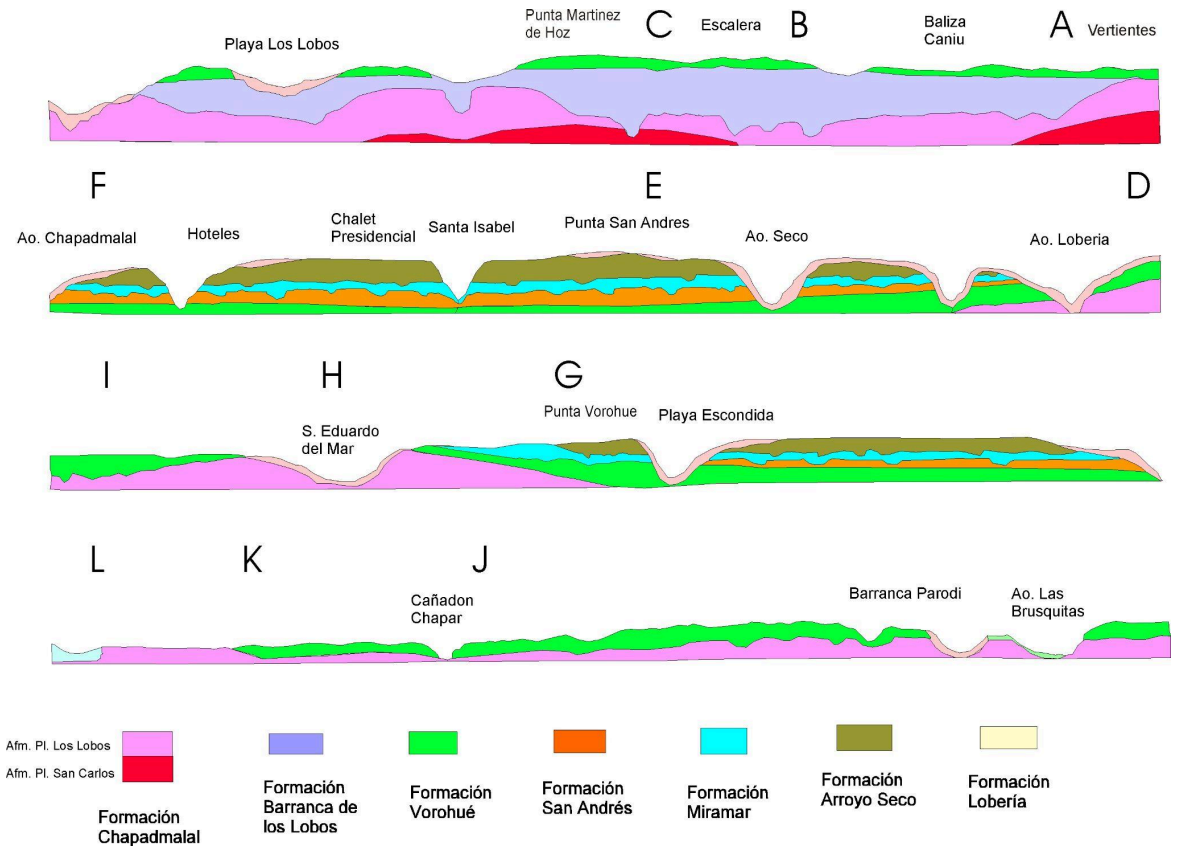


Figura 4. Perfiles estratigráficos de los acantilados entre Los Acantilados y Miramar. Extraído de Isla et al., 2015.

-**Formación Chapadmalal**: Edad mamífera correspondiente al Chapadmalense (3,5 a 2,5 Ma.). Se trata de una secuencia de sedimentos limosos arcillosos a arenosos finos. Con ausencia de arenas y gravas cuarzosas provenientes de Tandilia. La presencia de depósitos calcáreos se reduce a los niveles de paleosuelos en forma de bancos macizos observados en las capas superiores. Luego de este paleosuelo, en discordancia erosiva se registran arcillas con impactitas datadas en 3,3 Ma (Schultz et al., 1998). Esta Formación registra una una transición de ambiente eólico (loess) a fluvial con el relleno de canales y formación de suelos (paleosuelos).

-**Formación Barranca de Los Lobos**: Corresponde a los años inferiores de la edad mamífera Marplatense (Fig. 3). Se trata de secuencias arcillosas grises verdosas de un ambiente lacustre, a limos arenosos laminados con concreciones calcáreas. Se separa de la anterior con una fuerte discordancia erosiva debido a las incisiones de canales. Se interpreta como una transición de ambiente fluvial a eólico (loess).

-**Formación Vorohué**: Corresponde a las edades medias del Marplatense. Se trata de una sucesión de brechas y limos arenosos que en algunos sectores son capas de limos masivos separados por niveles de tosca. Hacia el sur existe en la base un nivel de toba y limo verde con brechas con óxidos de Fe y Mn. Se registran paleocuevas de roedores y dasipódidos (mulitas). La interpretación ambiental que se le da es de canales fluviales y lacustres.

-**Formación San Andrés**: Corresponde a las edades superiores del Marplatense. Se trata de limos masivos a laminados de colores castaños a verdes y usualmente limitada por dos horizontes de tosca. Esta Formación registra ambientes de planicie aluvial.

Hacia el Pleistoceno superior las formaciones no presentan una gran continuidad espacial, afloran y presentan mayores espesores en la zona norte de Mar del Plata. De acuerdo con el sitio, la secuencia sedimentaria continuará con las formaciones Miramar (ensenadense), **Arroyo Seco**, Santa Isabel y Lobería, estas últimas de edad Lujanense. Se tratan de secuencias arenosas con gran cantidad de estructuras de estratificación entrecruzada, en artesa y capas planas. La **Formación Miramar** posee niveles de cenizas volcánicas (Isla, 2004). La **Formación Santa Isabel** posee niveles de conglomerados con clastos de tosca y sabulitas volcánicas conformando paleo relieves de canales. La **Formación Lobería** (bonaerense) cubre a estos depósitos con limos arenosos sin estratificaciones. Ambas formaciones se encuentran atravesados por paleocuevas de hasta 1,5 m de diámetro. La interpretación ambiental entre las formaciones pasa de un ambiente de planicie aluvial-lagunar con niveles loéssicos a canales fangosos y luego depósitos eólicos de loess.

-**Formación Puerto Mar del Plata** (Isla, 1999): Se trata de secuencias de areniscas y calizas coquinoides de grano medio a grueso. Se han encontrado valvas de del bivalvo *Glycymeris longior,* pelecípodos, gasterópodos, crustáceos y poliquetos indeterminados. Estos depósitos marinos corresponden a ambientes de playa y barrera.

-**Formación Mar Chiquita** (Schnack et al., 1982): Sedimentos vinculados a las oscilaciones del nivel del mar que sucedieron durante el Holoceno. Según la litología se trata de depósitos compuestos mayormente por bioclastos de moluscos y arena media. En algunos sectores de antiguas lagunas compuestos por limos arcillosos grises a verdes. Su

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"

CC BY SA

contenido faunístico se reduce a valvas de pelecípodos y gasterópodos. Paleoambientalmente se la interpreta cómo de playas y lagunas costeras con canales de marea y marismas.

Ambiente litoral

Durante el Holoceno (ver Anexo 1), ocurrieron importantes fluctuaciones en el nivel del mar. Esto favoreció que en el área costera de la provincia de Buenos Aires se formaran tres grandes barreras medanosas: La Oriental que se extiende desde Punta Rasa hasta Mar Chiquita que fue emplazada en ambientes estuarinos; la Austral desde Miramar hasta Baterías se montó sobre antiguos acantilados, y la de Patagones desde Bahía San Blas hasta Punta Redonda (Isla, 2006).

La franja litoral entre Mar Chiquita y Miramar, que comprende enteramente al partido de General Pueyrredón, se encuentra en la zona de acantilados que separa la barrera medanosa Oriental de la Austral. Las composiciones litológicas de los acantilados varían entre rocas de ortocuarcitas (Fm. Balcarce), y formaciones de sedimentos cenozoicos (sedimentos pampeanos). Las primeras, debido a su cualidad de gran dureza, colocan al extremo austral del Sistema de Tandilia como una saliente frente al resto del litoral bonaerense de composiciones más blandas y topografías más bajas, por lo tanto menos resistentes a la energía de las olas y el viento . Por otro lado, los sedimentos pampeanos están representados por los acantilados que se desarrollan al sur y norte de la ciudad. Poseen alturas de hasta 30 m y en algunos sitios están cubiertos por médanos. Debido a la composición litológica y los procesos de diagénesis temprana y pedogénesis, estas son formaciones más friables por lo que presentan una menor resistencia a la erosión litoral.

Los acantilados, al erosionarse de forma diferencial, posibilitan la formación de pequeñas playas cerradas denominadas playas en bolsillo (Bértola, 2006; Isla et al., 2001; Merlotto et al., 2017). Sin embargo, en la zona del Faro de Punta Mogotes se produce una acumulación de arenas a causa de la saliente del Banco de Pescadores, facilitando el desarrollo de playas más amplias.

Los acantilados de rocas más blandas son vulnerables a las sudestadas (grandes tormentas del sur) produciendo su retroceso año tras año. Se ha registrado una tasa de erosión de 1 m/año para las costas del norte y de 0,5 m/año para las del sur (Isla et al., 2018). Sin embargo la erosión se incrementa debido a la incorrecta intervención humana: construcciones de puertos, escolleras, movimientos de arenas, estructuras de protección locales, entre otros (Bértola, 2006; Isla et al., 2018; Merlotto et al., 2017; Mojica et al., 2023; Pontrelli Albisetti et al., 2014).

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"

CC BY SA

Salida de campo

A continuación se muestra el mapa de ubicación de los sitios de la salida de campo (Fig. 5) y una breve explicación de lo que se verá allí.

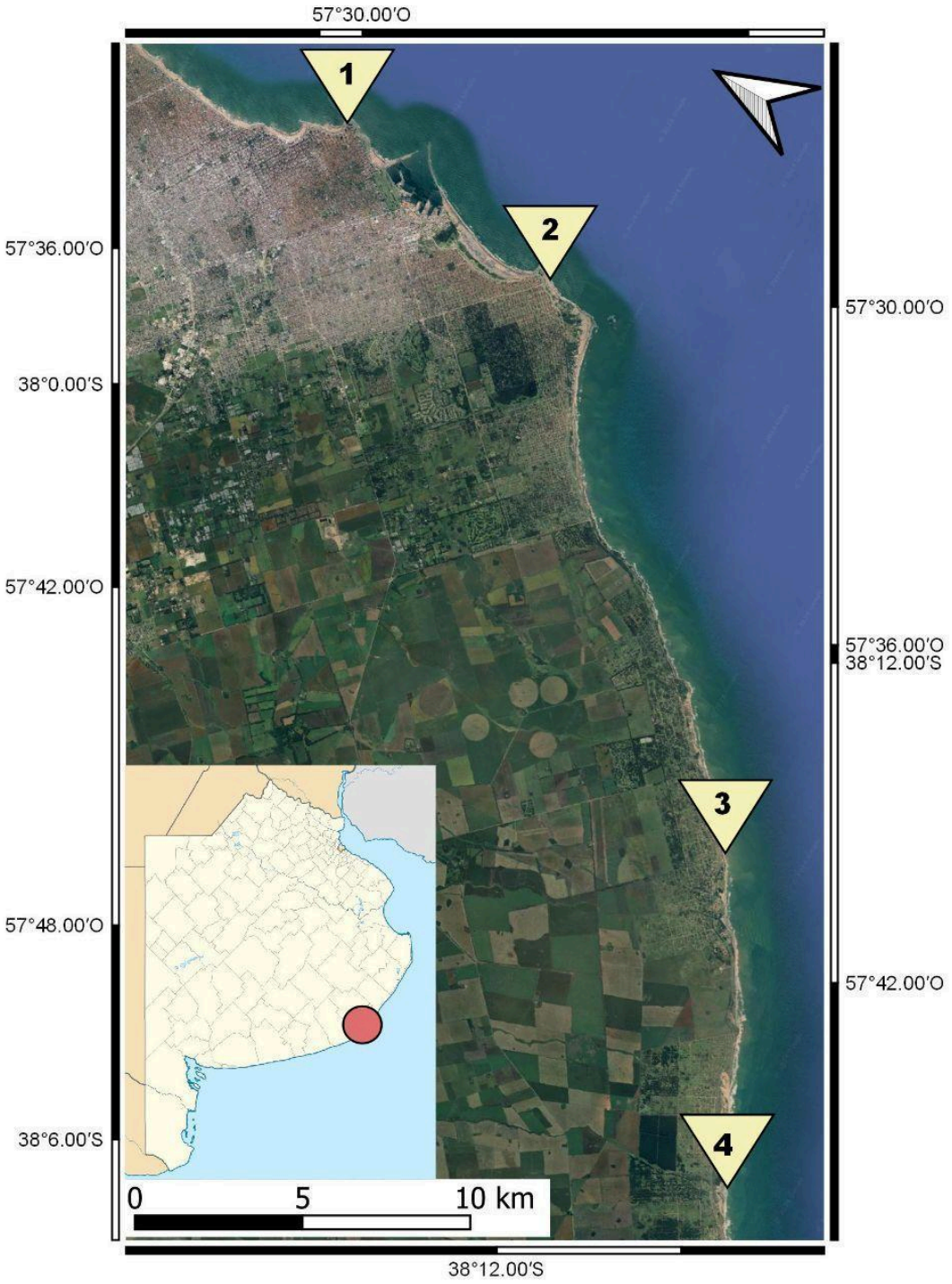


Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios a recorrer. 1, Cabo Corrientes; 2, Punta Cantera; 3, Playa Santa Isabel; 4, Arroyo Las Brusquitas.

1. Cabo Corrientes - Afloramientos de Formación Balcarce (Paleozoico)
   38°1'0.01"S 57°31'27.40"O
   En la primera parada se verán las estructuras de sedimentación (Fig. 6 izq.) y trazas fósiles (Fig. 6 der.) de la Formación Balcarce.



Figura 6. Afloramientos de la Formación Balcarce en el cabo Corrientes. Izq.) Areniscas con estratificación entrecruzada. Der.) Trazas fósiles.

2. Punta Cantera - Afloramientos de Formación Balcarce (Paleozoico)
   38°4'59.44"S 57°32'13.08"O
   En la playa se observará un afloramiento donde se podrán ver diferencias granulométricas y de estructuras sedimentarias (Fig. 7).



Figura 7. Afloramientos de la Formación Balcarce en la punta Cantera. Areniscas y conglomerados con estratificación entrecruzada y convoluta.

CC BY SA

3. Playa Santa Isabel - Formaciones San Andrés, Miramar y Vorohué (Pleistoceno) 38°11'48.59"S 57°40'20.04"O
   Desde la playa se observarán las cuevas de la antigua megafauna y algunas superficies erosivas registradas en los acantilados (Fig. 8).



Figura 8. Afloramientos del Pleistoceno en la playa Santa Isabel. Izq.) Banco de erosión en afloramientos de la Formación Vorohué, acantilado con las formaciones Santa Isabel, Arroyo Seco y Lobería. Der.) detalle de una cueva rellena.

4. Arroyo Las Brusquitas - Formaciones Chapadmalal (Playa Los Lobos) y Vorohué (Plioceno-Pleistoceno-Holoceno)
   38°14'42.77"S 57°46'35.10"O
   En el afloramiento de las plataformas de abrasión se observan restos de escorias y tierras cocidas de un posible impacto de meteorito en depósitos del Plioceno (Fig. 9 izq.). En las márgenes del arroyo Las Brusquitas existen secuencias intercaladas de sedimentos marinos y lacustres del Holoceno (der.) con restos de organismos *in situ* y otros transportados.



Figura 9. Afloramientos Plioceno-Holoceno en el arroyo Las Brusquitas. Izq.) Escorias de aspecto vítreo y vesicular dentro de la Formación Chapadmalal (Donna, 2020). Der.) intercalación de depósitos marinos y estuarinos con contenido fósil.

CC BY SA

Agradecimientos

Esta guía de campo fue redactada para la cátedra de Ciencias de la Tierra perteneciente al Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario “Dr. Enrique Jorge Schnack” de la Universidad Nacional de Mar del Plata y la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. La autora y el autor expresan su agradecimiento a Federico Isla, Germán Bértola y Flavia Donna por la lectura crítica y sugerencias realizadas en una versión previa. Agradecemos además al Consejo Directivo del IGCyC por avalar la impresión de ejemplares.

Bibliografía

Arrouy, M. J., Poiré, D. G., Gómez-Peral, L. E., & Canalicchio, J. M. (2015). Sedimentología y Estratigrafía del Grupo La Providencia (nom. Nov.): Cubierta superior Neoproterozoica, Sistema de Tandilia, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, *22*(2), 171–189.

Beilinson, E. (2011). *Estratigrafía secuencial de alta resolución y análisis arquitectural de cuerpos en sistemas fluviales de la aloformación Punta San Andrés (Plio-Pleistoceno), Barrancas de Miramar-Mar del Plata* [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de La Plata.

Bértola, G. R. (2006). Morfodinámica de playas del sudeste de la provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, *13*(1), 31–57.

Borrello, A. V. (1966). *Paleontografía Bonaerense; Fascículo V. Trazas, restos tubiformes y cuerpos fósiles problemáticos de la Formación La Tinta, Sierras Septentrionales Provincia de Buenos Aires* (p. 150). Comisión de Investigación Científica.

Censo Argentina. (2022). *INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina*. https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-165

Cingolani, C. A. (2011). The Tandilia System of Argentina as a southern extension of the Río de la Plata craton: An overview. *International Journal of Earth Sciences*, *100*, 221–242.

Dalla Salda, L., de Barrio, R. E., Echeveste, H. J., & Fernández. (2005). El basamento de las Sierras de Tandilia. *Geología y Recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires*. 16° Congreso Geológico Argentino, La Plata.

Dalla Salda, L., & Iñiguez, A. M. (1979). La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. *Actas I*, 539–550.

del Valle, A. (1987). Nuevas trazas fósiles en la Formación Balcarce, Paleozoico Inferior de las Sierras Septentrionales: Su significado cronológico y ambiental. *Revista del Museo de La Plata (N.S.), Paleontología*, *IX*(52), 19–41.

Di Paola, E. C., & Marchese, H. G. (1975). Relación entre la tectosedimentación, litología y mineralogía de arcillas del Complejo Buenos Aires y la Formación La Tinta (provincia de Buenos Aires). *Revista Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, *5*(3–4), 45–58.

Donna, F. (2020). Historia geológica del partido de General Alvarado. *Publicaciones del Museo de la vida rural de General Alvarado Serie “Naturaleza”, 1*, 1–8.

Gómez-Peral, L. E., Arrouy, M. J., Raigemborn, M. S., Ferreyra, C., Penzo, V., Sial, A. N., & Poiré, D. G. (2023). Two karst events bounding drastic changes in the Neoproterozoic Tandilia Basin history, Argentina: Paleogeographic relevance. *International Journal of Earth Sciences*, *112*, 1503–1525.

Gómez-Peral, L. E., Poiré, D. G., Strauss, H., & Zimmermann, U. (2007). Chemostratigraphy and diagenetic constraints of the Neoproterozoic carbonate successions from Sierras Bayas Group, Tandilia System, Argentina. *Chemical Geology*, *237*, 127–146.

Gutiérrez, C., Pazos, P. J., & Fernández, D. E. (2017). Analysis of the ichnogenus

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO “Dr. Enrique Jorge Schnack”

CC BY SA

Herradurichnus in quartzites of the Balcarce Formation (lower Silurian) from the Tandilia System of Argentina. *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana*, *56*(2).

Halpern, K., Gouiric-Cavalli, S., Taglioretti, M. L., Farenga, M., Scaglia, F., Marcilese, L. C., & Del Río, J. L. (2022). *Raederichnus dondasi* a new trace fossil from the Early Paleozoic of Argentina reveals shoaling behavior in early fish. *Palaios*, *37*(8), 418–432.

Isla, F. I. (1999). *Hoja geológica Mar del Plata 1/250.000* (p. 25) [Informe inédito]. Secretaría de Minería de la Nación.

Isla, F. I. (2004). Entre mareas. Capítulo 1. En E. E. Boschi & M. B. Cousseau (Eds.), *La Vida entre Mareas: Vegetales y Animales de las Costas de Mar del Plata, Argentina* (1º, pp. 19–28). INIDEP.

Isla, F. I. (2006). Erosión y Defensas Costeras. En F. I. Isla (Ed.), *Manual de manejo costero para la Provincia de Buenos Aires* (1a ed., pp. 125–148). Universidad Nacional de Mar del Plata.

Isla, F. I., Bértola, G. R., Farenga, M. O., & Cortizo, L. C. (2001). Variaciones Antropogénicas de las Playas del Sudeste de Buenos Aires, Argentina. *Pesquisas em geociências*, *28*(1), 27–35.

Isla, F. I., Cortizo, L. C., Merlotto, A., Bértola, G. R., Pontrelli Albisetti, M., & Finocchietti, C. (2018). Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management policy revisited. *Ocean and Coastal Management*, *156*, 107–116.

Isla, F. I., Ferrero, L., Fasano, J. L., Espinosa, M. A., & Schnack. (1986). Late-Quaternary marine-estuarine sequences of the southeastern coast of the Buenos Aires province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, *4*, 137–157.

Isla, F. I., Taglioretti, M., & Dondas, A. (2015). Revisión y nuevos aportes sobre la estratigrafía y sedimentología de los acantilados entre Mar de Cobo y Miramar, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *72*(2), 235–250.

Kraglievich, J. L. (1952). El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Provincia de Buenos Aires. *Revista Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional Mar del Plata*, *1*, 8–37.

Massabie, A. C., & Nestiero, O. E. (2005). La estructura del Grupo Sierras Bayas en el sector norte de las sierras homónimas, noroeste de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *60*(1), 135–146.

Merlotto, A., Bértola, G. R., & Isla, F. I. (2017). Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, *26*(2), 37–72.

Mojica, M., Anfuso, G., & Isla, F. I. (2023). Evolución de la costa entre 1987-2020 para la zona sur de la ciudad de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Quaternary and Environmental Geosciences*, *14*(2), 1–14.

Pereyra, F. X. (2018). *Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino.

Poiré, D. G. (1987). *Mineralogía y sedimentología de la Formación Sierras Bayas en el Núcleo Septentrional de las sierras homónimas, partido de Olavarría, provincia de Buenos Aires* [PhD]. Universidad Nacional de La Plata.

Poiré, D. G. (1993). Estratigrafía del Precámbrico sedimentario de Olavarría Sierras Bayas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Actas 2*, 1–11.

Poiré, D. G., & del Valle, A. (1996). Trazas fósiles en barras submareales de la Formación Balcarce (Cámbrico/Ordovícico) Cabo Corrientes, Mar del Plata, Argentina. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, *4*, 89–102.

Poiré, D. G., del Valle, A., & Regalia, G. M. (1984). Trazas fósiles en cuarcitas de la Formación Sierras Bayas (Precámbrico) y su comparación con las de la Formación Balcarce (Cambro-Ordovícico), Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. *Actas 4*, 249–266.

Poiré, D. G., & Gaucher, C. (2009). Lithostratigraphy. Neoproterozoic-Cambrian evolution of the Río de la Plata Palaeocontinent. En C. Gaucher, A. N. Sial, G. P. Halverson, & H. E. Frimmel (Eds.), *Neoproterozoic-Cambrian Tectonics, Global Change and*

INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"

CC BY SA

Evolution: A focus on southwestern Gondwana (pp. 87–101). Elsevier.

Poiré, D. G., & Spalletti, L. A. (2005). La cubierta sedimentaria Precámbrica–Paleozoica Inferior del Sistema de Tandilia. *Actas 4*, 51–68.

Poiré, D. G., Spalletti, L. A., & Valle, A. D. (2003). The Cambrian-Ordovician siliciclastic platform of the Balcarce formation (Tandilia system, Argentina): Facies, trace fossils, palaeoenvironments and sequence stratigraphy. *Geologica Acta*, *1*(1), 41–60.

Pontrelli Albisetti, M., Lazarow, N., García, M., Isla, F. I., & Piccolo, M. (2014). Análisis comparativo entre el Puerto de Mar del Plata, Argentina y el Río Tweed, Australia. Técnicas de bypass como estrategia para superar la obstrucción de la deriva litoral. *Revista Geológica del Sur*, *5*(8), 42–58.

Schnack, E. J., Fasano, J. L., & Isla, F. I. (1982). The evolution of Mar Chiquita lagoon, Province of Buenos Aires, Argentina. En D. J. Colquehoun (Ed.), *Holoceno Sea-level Fluctuations: Magnitudes and Causes* (pp. 143–155). University of South Carolina.

Schultz, P. H., Zárate, M. A., Hames, W., Camilión, C., & King, J. (1998). A 3.3-Ma impact in Argentina and possible consequences. *Science*, *282*, 2061–2063.

Scivetti, N., Arrouy, M. J., Marcos, P., Warren, L. V., Gómez-Peral, L. E., Bilmes, A., Penzo, V., & Poiré, D. G. (2024). Tectono-Stratigraphic reconstruction of the Neoproterozoic Tandilia System: An approach from subsidence analysis. *Precambrian Research*, *402*, 107290.

Seilacher, A. (2005). Silurian trace fossils from Africa and South America mapping a trans-Gondwanan seaway. *Neues Jahrbuch Für Geologie Und Paläontologie - Monatshefte*, *2005*(3), 129–141.

Seilacher, A., Cingolani, C., & Varela, R. (2003). Ichnostratigraphic Correlation of Early Palaeozoic Sandstones in North Africa and Central Argentina. *Symposium on the Sedimentary Basins of Libya 2*, 275–292.

Zalba, P. E., Andreis, R. R., & Iñiguez, A. M. (1988). Formación Las Águilas, Barker, Sierras Septentrionales de Buenos Aires, nueva propuesta estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *43*(2), 198–209.

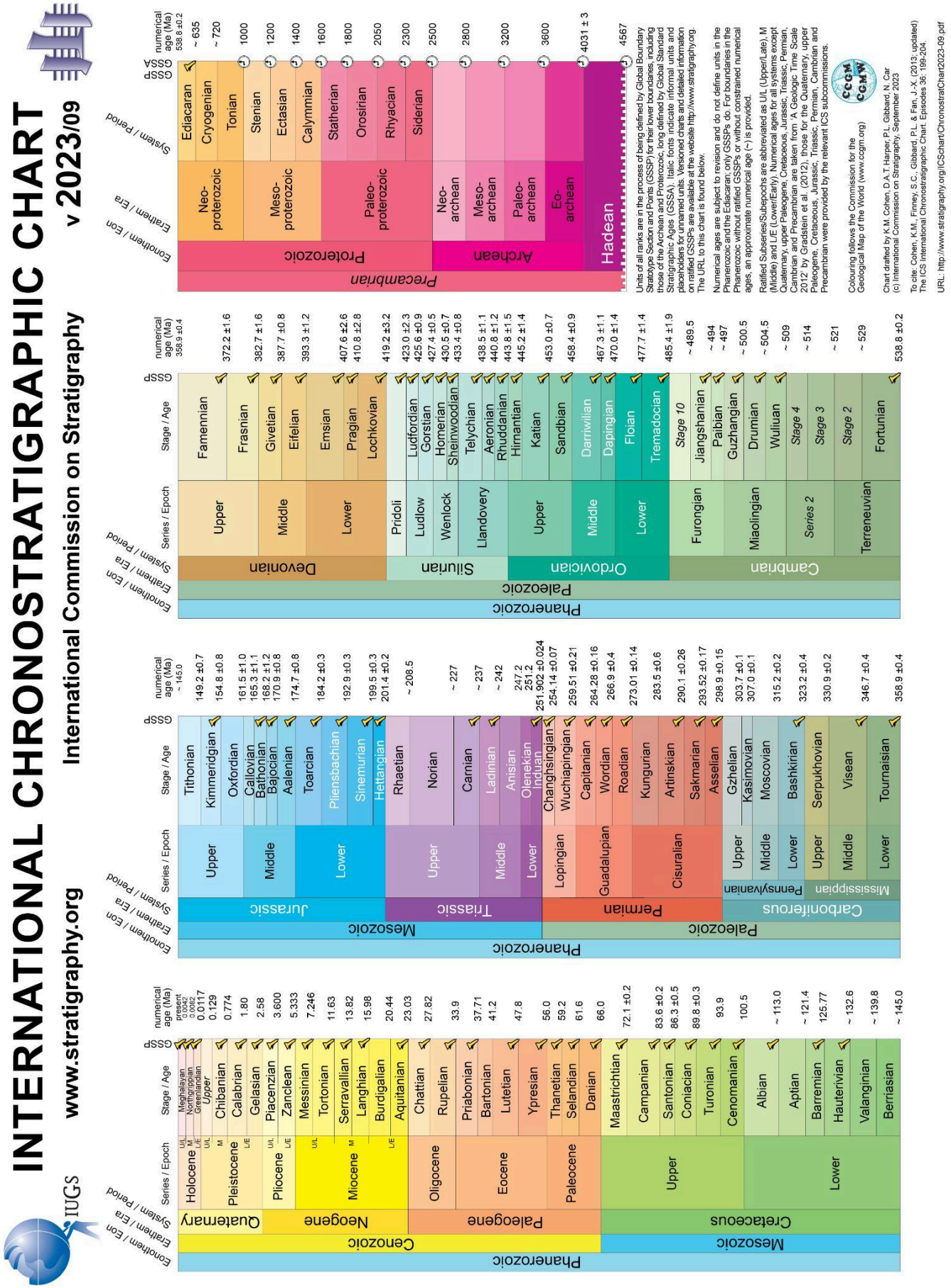
Zalba, P. E., Manassero, M., Laverret, E., Beaufort, D., Meunier, A., Morosi, M., & Segovia, L. (2007). Middle Permian Telodiagenetic Processes in Neoproterozoic Sequences, Tandilia System, Argentina. *Journal of Sedimentary Research*, *77*(6), 525–538.

Zárate, M. A., & Fasano, J. L. (1989). The Plio-Pleistocene record of the central eastern Pampas, Buenos Aires Province, Argentina: The Chapadmalal case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *72*, 27–52.

Zimmermann, U., & Spalletti, L. A. (2009). Provenance of the Lower Paleozoic Balcarce Formation (Tandilia System, Buenos Aires Province, Argentina): Implications for paleogeographic reconstructions of SW Gondwana. *Sedimentary Geology*, *219*(1–4), 7–23.

CC BY SA

Anexo 1.
Tabla cronoestratigráfica internacional tomada de https://stratigraphy.org/



INSTITUTO DE GEOLOGÍA DE COSTAS Y DEL CUATERNARIO "Dr. Enrique Jorge Schnack"
CC BY SA