

**PETROGRAFÍA DE ROCAS MIXTAS
CARBONÁTICAS-SILICOCLÁSTICAS DEL MIEMBRO PILMATUÉ
(FORMACIÓN AGRIO) EN EL CENTRO DE NEUQUÉN:
POSIBLES PROCESOS DE MEZCLA Y ÁREAS DE PROVENIENCIA**

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

JUAN MANUEL COLLAZO

Director: Dr. Ernesto Schwarz

Co-director: Gastón Álvarez Trentini

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Marzo de 2021

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo final de licenciatura realizado como requisito para optar al título de:
LICENCIADO EN GEOLOGÍA

TÍTULO DEL TRABAJO:

*Petrografía de rocas mixtas carbonáticas-silicoclásticas del
Miembro Pilmatué (Formación Agrio) en el centro de Neuquén:
posibles procesos de mezcla y áreas de proveniencia*

ALUMNO: Juan Manuel Collazo

DIRECTOR: Dr. Ernesto Schwarz

CO-DIRECTOR: Lic. Gastón Álvarez Trentini

LUGAR DE TRABAJO: Centro de Investigaciones Geológicas (CIG)

MIEMBRO DEL JURADO: Luis Antonio Spalletti y/o Lucía Gomez Peral

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	2
3. Marco geológico y estratigráfico.....	2
4. Intervalo de estudio y localidades analizadas.....	6
5. Materiales y métodos.....	7
5.1. Selección y ordenamiento de las muestras.....	7
5.2. Metodología de caracterización de las muestras.....	11
6. Características petrográficas generales.....	15
6.1. Localidad Cerro Mesa.....	15
6.2. Localidad Río Salado.....	18
6.3. Localidad El Mangrullo.....	20
7. Síntesis de resultados y tendencias verticales.....	23
7.1. Localidad Cerro Mesa.....	23
7.2. Localidad Río Salado.....	25
7.3. Localidad El Mangrullo.....	27
8. Interpretaciones y Discusión.....	28
8.1. Componentes terrígenos.....	28
8.2. Componentes no esquelatales (ooides).....	29
8.3. Componentes esquelatales (crinoideos).....	31
9. Conclusiones.....	32
10. Agradecimientos.....	33
11. Referencias bibliográficas.....	34

1. Introducción

Los ambientes sedimentarios de mezcla carbonática-silicoclástica pueden ser definidos como aquellos sectores de la superficie terrestre en donde existe una interacción de sedimentos silicoclásticos y carbonáticos de forma coetánea en el espacio y tiempo (sistemas mixtos, Goldhammer, 2003; Mount 1984) o bien de forma alternante en el tiempo y el espacio (secuencias mixtas, Van Siclen, 1964).

Los componentes terrígenos (también denominados silicoclásticos o extracuenciales) son los elementos que provienen de la alteración y fragmentación de rocas continentales preexistentes en la corteza terrestre (Garzanti, 1991). Por su parte, los granos carbonáticos son materiales de origen químico o bioquímico de carácter netamente intracuencial, y pueden a grandes rasgos dividirse entre componentes esqueléticos y no esqueléticos (Folk, 1959). Ambos tipos de sedimentos se movilizan y mezclan intensamente en diversos ambientes marinos alrededor del globo, en dependencia directa con los patrones hidrodinámicos y morfológicos característicos de cada sector de un sistema sedimentario determinado. En consecuencia, las formas de interacción entre ambos tipos de sedimentos y sus modelos de facies resultantes suelen ser relativamente complejos (Mount, 1985). Por lo tanto, estudiar y comprender la proveniencia, los modos de movilización y los procesos de mezcla de los componentes intra y extracuenciales permitirá modelar y reconstruir de forma más eficiente los modelos sedimentarios analizados. Esta tarea, muchas veces compleja, requiere de análisis sedimentarios detallados, consistentes y comparables entre sí.

En la Cuenca Neuquina, ubicada en el centro-oeste de la Argentina, existen numerosos ejemplos de sucesiones mixtas mesozoicas. La gran mayoría de las unidades del Grupo Mendoza, en particular las formaciones Vaca Muerta, Quintuco, Mulichinco y Agrío poseen excelentes registros de sucesiones mixtas (Schwarz et al., 2018). En este trabajo se analiza una sucesión específica dentro del Miembro Pilmatué de la Formación Agrío (Valanginiano-Hauteriviano) en la región central de la Provincia de Neuquén. Dicho intervalo, de unos 60 m de potencia, se compone mayormente de areniscas mixtas entrecruzadas de gran escala conformadas por diferentes contribuciones de componentes extracuenciales, esqueléticos y no esqueléticos (Veiga y Schwarz, 2017). Este intervalo discreto se registra en distintas localidades del centro de Neuquén, pero posee sus mejores expresiones en los alrededores de Mariano Moreno, en la localidad denominada Cerro Mesa.

El estudio petrográfico de detalle de los depósitos representativos de este intervalo estratigráfico del Miembro Pilmatué, así como de las sedimentitas equivalentes ubicadas más al

este en el subsuelo, permitirán exponer sus características composicionales y texturales, para luego proponer los posibles mecanismos de mezcla para este caso de estudio.

2. Objetivos

Los principales objetivos de este estudio para las secciones analizadas del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio son:

- 1) Caracterizar y establecer las proporciones relativas de los componentes silicoclásticos y carbonáticos pertenecientes a los intervalos de las tres localidades analizadas.
- 2) Determinar si existen cambios composicionales y texturales a lo largo de las secciones analizadas tanto en el tiempo como en el espacio (verticalidad y lateralidad).
- 3) Identificar posibles zonas de producción y/o de aporte de los componentes principales analizados (terrígenos, esqueléticos y no esqueléticos).
- 4) Definir e interpretar los principales procesos involucrados en la mezcla de los sedimentos carbonáticos y silicoclásticos.

3. Marco geológico y estratigráfico

La Cuenca Neuquina está ubicada en la región occidental de la República Argentina, entre los 35° y los 40° de latitud sur, abarcando parte de las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa y Río Negro. Está limitada al oeste por las provincias geológicas de la Cordillera Principal y Norpatagónica, al noreste por los bloques de San Rafael y de Las Matras, y al sureste por el Macizo Norpatagónico (**Fig. 1a**). La Cuenca Neuquina posee potentes sucesiones sedimentarias Mesozoicas de naturaleza marina (principalmente del Jurásico y Cretácico Temprano), como también de naturaleza continental (Cretácico Tardío) expuestas tanto en el subsuelo como en la superficie (**Fig. 1b**).

La Formación Agrio (Weaver, 1931) constituye la más joven de las unidades del Grupo Mendoza. Se encuentra apoyada, mediante una importante superficie transgresiva regional, sobre depósitos clásticos continentales, transicionales o marinos de la Formación Mulichinco; mientras que por encima se hallan depósitos carbonáticos, clásticos y evaporíticos de la Formación Huitrín. La Formación Agrio se compone predominantemente de pelitas (lutitas, lutitas

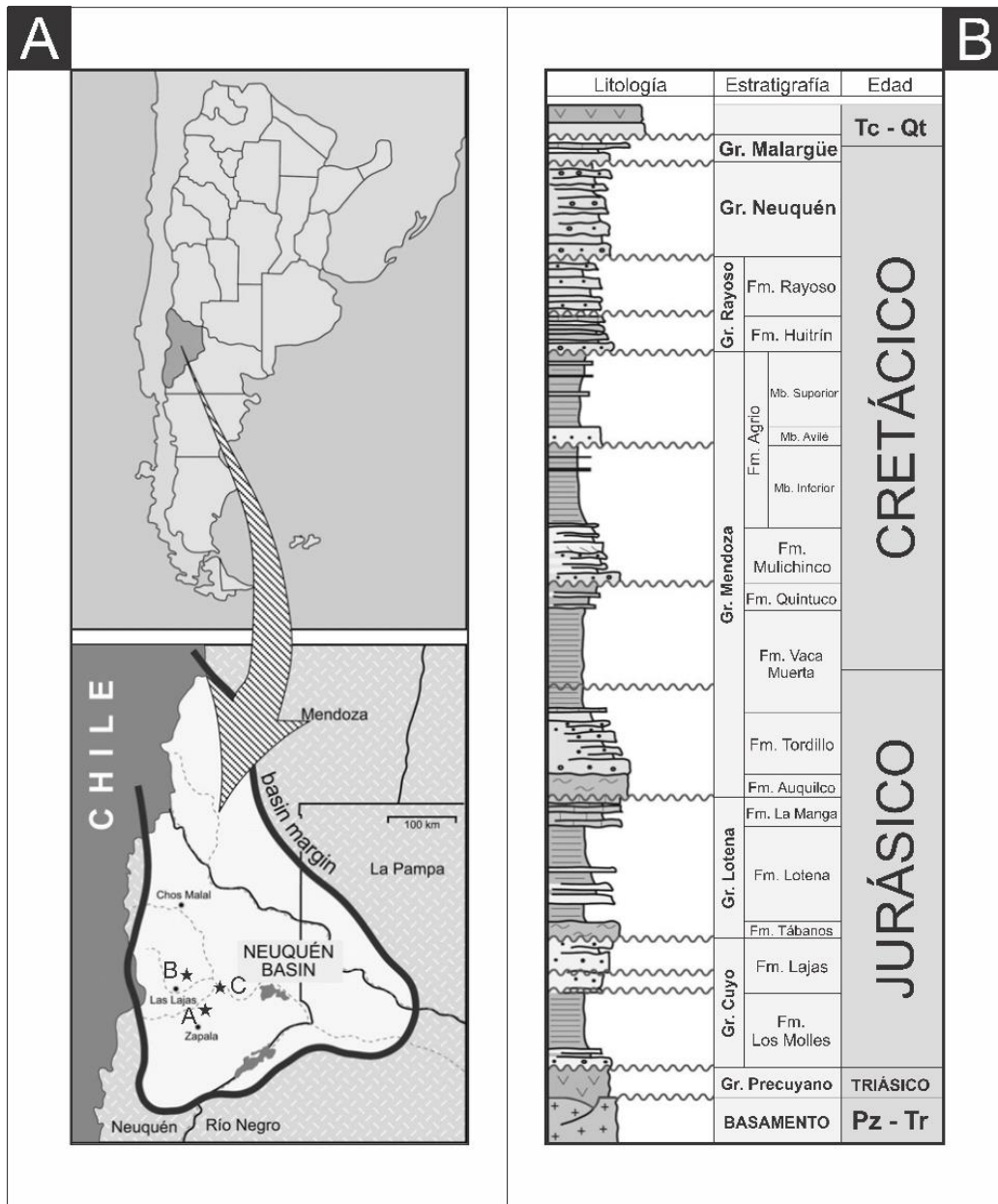


Figura 1. a) Mapa de ubicación de la Cuenca Neuquina **A:** Localidad de Cerro Mesa; **B:** Localidad de Río Salado; **C:** Localidad El Mangrullo). **b)** Estratigrafía del relleno sedimentario de la Cuenca Neuquina (modificado de Arcuri et al. (2005).

limosas, fangolitas y limolitas), intercaladas con sedimentitas carbonáticas (micritas, margas carbonatos bioclásticos), areniscas y escasos conglomerados finos. Su mayor desarrollo espacial se registra a lo largo del sector occidental de la Cuenca Neuquina, con un espesor superior a los 1.500 m en algunos sectores. A la Formación Agrio se la suele dividir en tres miembros (Spalletti et al., 2011): el miembro Pilmatué (Agrio Inferior) y el Miembro Agua de la Mula (Superior) están característicamente por espesas sucesiones de lutitas oscuras de ambiente marino, intercaladas

por calizas y areniscas. Por su parte, el Miembro Avilé (Agridio Medio) expone sedimentitas eminentemente silicoclásticas y arenosas de ambiente continental (Veiga et al., 2011).

El Miembro Pilmatué se caracteriza por presentar sedimentitas de composición mixta, portadoras de variables proporciones de componentes carbonáticos y silicoclásticos. Esta unidad tiene un amplio desarrollo areal, y su espesor alcanza en ciertos lugares los 700 metros de potencia. Su base está marcada por una importante profundización con respecto a los depósitos continentales o marinos subyacentes de la Formación Mulichinco (Schwarz et al., 2018). En su parte superior, los depósitos son truncados por sedimentitas continentales (fluviales y eólicas) del Miembro Avilé (Schwarz et al., 2021). Granulométricamente el intervalo suele estar dominado por sedimentitas finas (fangolitas) típicas de ambientes marinos distales, excepto hacia el sector oriental de la cuenca en donde la granulometría es mayor y refleja condiciones fluviales (Formación Centenario) (**Fig. 2a**).

Los depósitos hauterivianos del Miembro Pilmatué en una región amplia del norte de Neuquén (localidades Loma Rayoso-San Eduardo, **Fig. 2b**) han sido interpretados recientemente como un sistema sedimentario mixto de *shoreface* a *offshore*, dominado por procesos de tormentas (Schwarz et al., 2018). Dentro de este sistema de acumulación se determinó que el mayor grado de mezcla de sedimentos carbonáticos y silicoclásticos se producía en las regiones proximales (interpretada como *shoreface superior*), así como en las más distales (sector de cuenca) del mismo. A su vez, estos autores determinaron que en las regiones proximales la mezcla está dada por granos de arena silicoclástica de tamaño arena fina a muy fina junto a ooides de tamaño arena fina a mediana y otros bioclastos (principalmente bivalvos) de variado tamaño y origen. Por su parte, en las zonas distales solo se produce mezcla de materiales silicoclásticos tamaño arcilla y limo fino, junto con componentes esqueléticos pequeños (nanofósiles) y otros organismos (Ramírez et al., 2020; Moore et al., 2020).

Por otra parte, dentro del intervalo valanginiano del Miembro Pilmatué (**Fig. 2b**), también se han identificado depósitos arenosos mixtos carbonáticos-silicoclásticos, ricos en restos de crinoideos (Lazo et al., 2012), con dominio de estructuras entrecruzadas de gran escala (Veiga y Schwarz, 2017). Este intervalo se expone en áreas de afloramientos conocidos como Cerro Mesa, Sierra de la Vaca Muerta y Río Salado (**Figs. 1a y 3b**). En particular para la localidad Cerro Mesa, Veiga y Schwarz (2017) realizaron un estudio facial y paleoambiental pormenorizado. A diferencia de lo hallado en los depósitos hauterivianos del norte, las facies aquí sugieren una acumulación de arenas mixtas, pero en ambientes profundos y fuertemente vinculados con la generación de grandes dunas debido a corrientes mareales rotativas (Veiga y Schwarz, 2017).

También existen diferencias en los componentes carbonáticos esqueléticos, ya que estos provienen mayormente de restos de crinoideos. Por lo tanto, se hace necesario comprender cuáles son los mecanismos de mezcla en este sistema de dunas mareales de *offshore*.

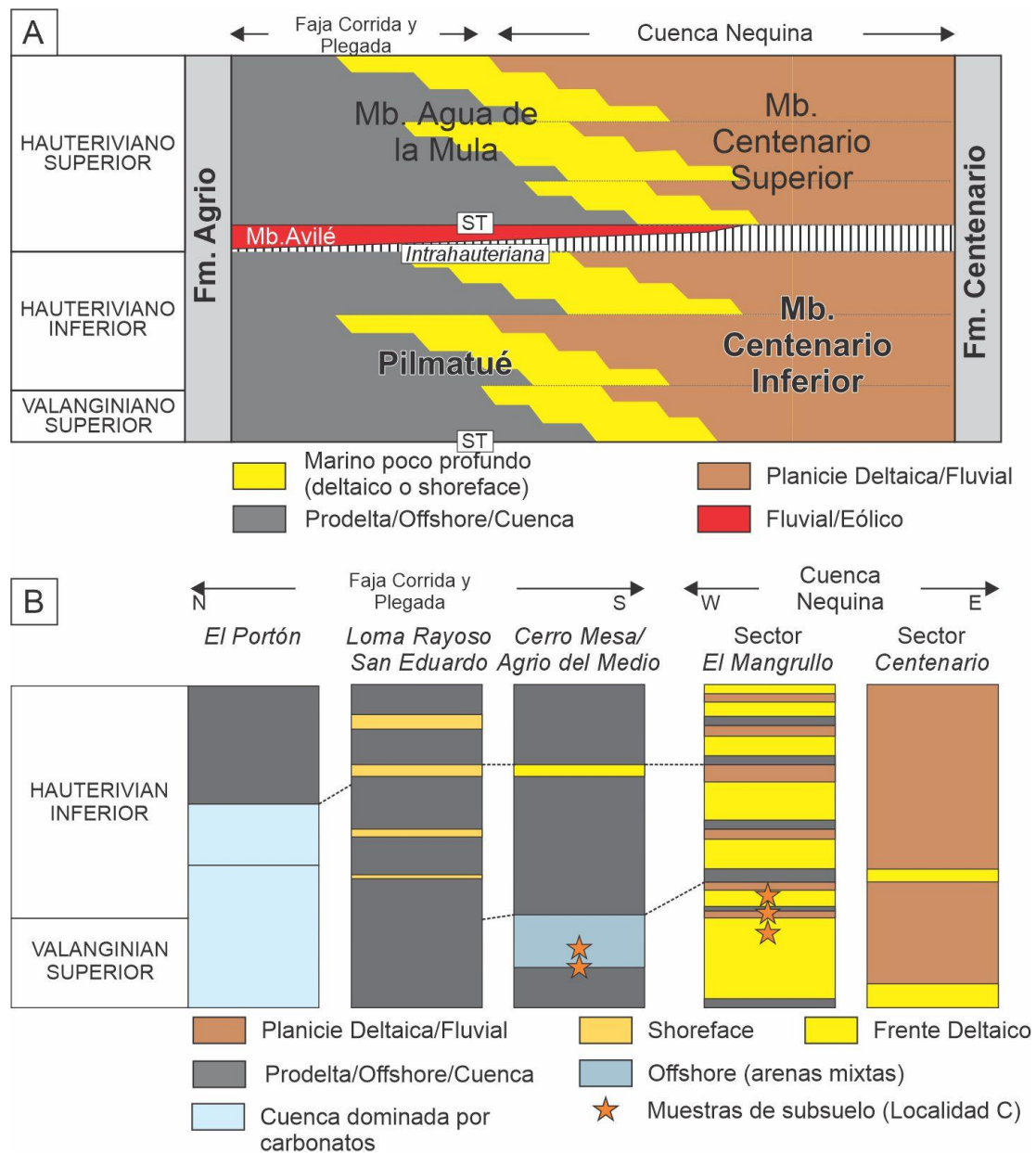


Figura 2. a) Diagrama cronoestratigráfico simplificado para el Valanginiano tardío - Hauteriviano temprano en la Cuenca Neuquina, mostrando las relaciones estratigráficas laterales entre el Miembro Pilmatué y el Miembro Centenario Inferior. **b)** Secciones sedimentarias simplificadas del Miembro Pilmatué – Centenario Inferior a lo largo de la cuenca (modificado de Schwarz et al., 2021).

4. Intervalo de estudio y localidades analizadas

Para la realización de este trabajo se recurrió a la información relevada en dos localidades de estudio de superficie pertenecientes al Miembro Pilmatué. Por un lado, el sector denominado Cerro Mesa (Localidad A) y por otro el sector Río Salado (Localidad B) (**Fig. 3a**). Además, se tuvo en cuenta el desarrollo del intervalo equivalente en El Mangrullo, en el subsuelo al este de las otras localidades, el cual fue catalogado como (Localidad C).

La localidad Cerro Mesa está situada a 20 km al noreste de la ciudad de Zapala (**Fig. 3b**), en el centro de la provincia de Neuquén. Específicamente, se localiza entre el Cerro Negro (al oeste) y la Ruta Provincial N°16 hacia el este. Estructuralmente forma parte de un antiforme, doblemente buzante en dirección noreste-suroeste (**Fig. 3c**), que expone afloramientos de rocas continentales y marinas de edad Cretácica, principalmente de las formaciones Quintuco, Mulichinco y Agrio (Olivo et al., 2016). En esta localidad se realizó recientemente un estudio facial de detalle de las sedimentitas (Veiga y Schwarz, 2017), así como de la taxonomía y preservación de los crinoideos (Lazo et al., 2020).

Por su parte, la localidad Río Salado se encuentra a unos 70 km al norte de la ciudad de Zapala (**Fig. 3a**) y unos 30 km al noreste de la localidad de Las Lajas. Se accede a ella por la Ruta Nacional N°40, retomando luego por la antigua ruta que sigue la traza del Río Salado (**Fig. 3b**). Esta serranía compone un antiforme que se desarrolla en dirección suroeste-noreste, con buzamiento hacia el noreste. Desde el núcleo hacia afuera se exponen rocas de la parte superior de la Formación Quintuco, así como la casi totalidad de las formaciones Mulichinco y Agrio.

Finalmente, la localidad El Mangrullo se encuentra conformada por la sucesión presente en el subsuelo del área de exploración homónima, propiedad de Pampa SA. Allí fueron descriptas facialmente y secuencialmente las sedimentitas del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio (Schwarz et al., 2018b). Más recientemente, Schwarz et. al. (2021) (**Fig. 2a**), propusieron una correlación entre dicha área de subsuelo y las localidades de afloramiento. Las sedimentitas analizadas petrográficamente en este estudio corresponderían a la Secuencia 1, que según dicha correlación serían temporalmente equivalentes al intervalo mixto presente en la localidad Cerro Mesa y alrededores (**Fig. 2b**). La sucesión de la Secuencia 1 sería de edad valanginiana superior.

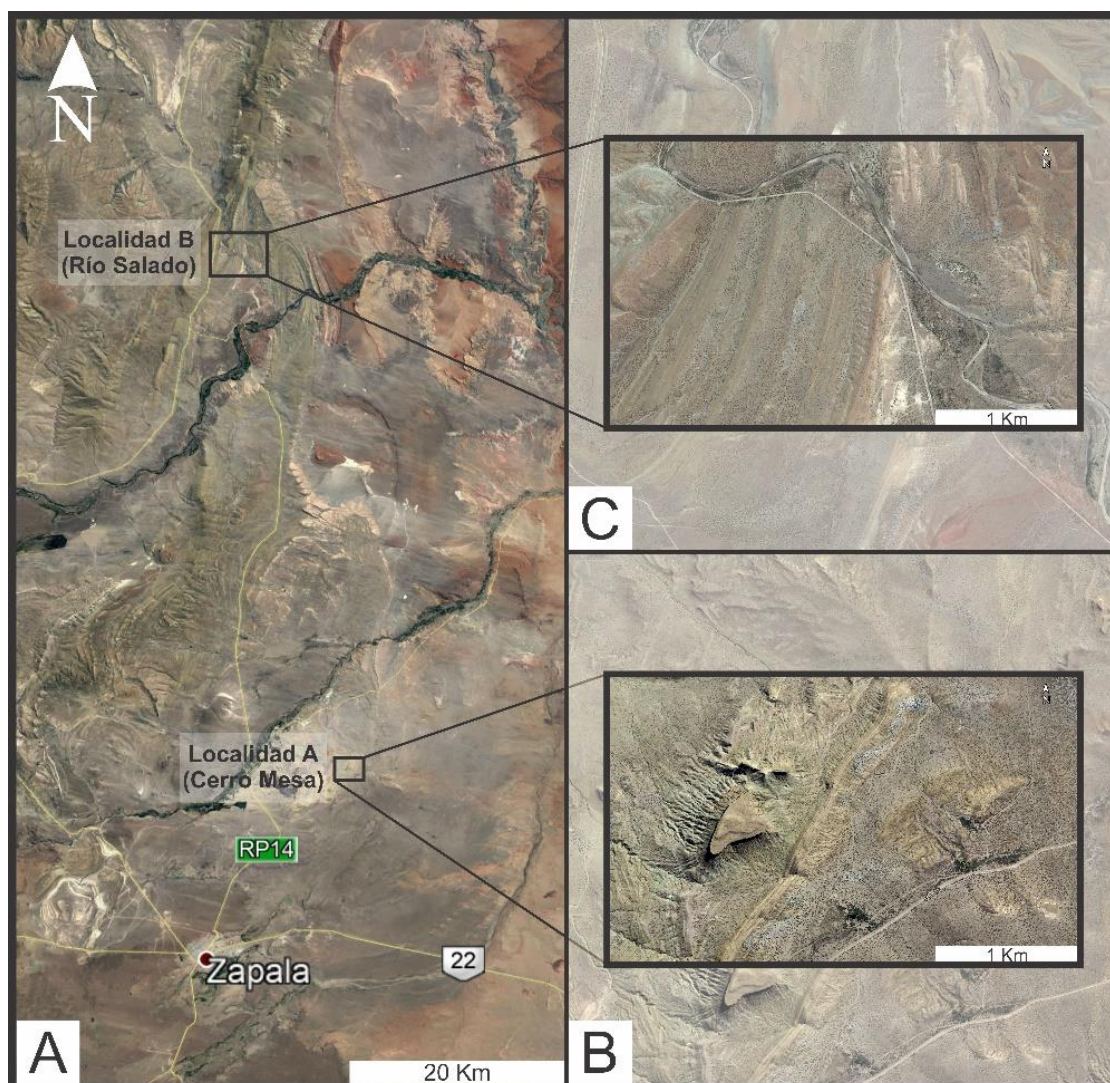


Figura 3. a) Localización de las zonas de estudio. b) Detalle de Localidad A (Cerro Mesa). c) Detalle de Localidad B (Río Salado).

5. Materiales y métodos

5.1. Selección y ordenamiento de las muestras

Para el desarrollo de esta TFL se recurrió a la utilización de perfiles sedimentológicos pertenecientes a un set de información relevada por Veiga y Schwarz (2017) para la zona de Cerro Mesa (**Fig. 4**). En base a los perfiles nombrados como A y E se generó un perfil integrador, tomando la parte somera del perfil A y la profunda del perfil E (**Fig. 5**).

Paralelamente al set de información compuesto por los perfiles sedimentológicos, se cuenta con una serie de muestras representativas de la sucesión, sobre las que se efectuaron cortes petrográficos (**Tabla 1**) que fueron estudiados durante este proyecto. El análisis y los resultados del estudio petrográfico fueron organizados en tablas de Excel de acuerdo con su orden estratigráfico de base a techo. Además, se respetó el código de colores para las facies planteadas por los autores de los perfiles (**Fig. 4**). En cuanto a parámetros relevados para los componentes terrígenos se consideraron principalmente a la granulometría, selección, angulosidad y composición, en tanto que para los no esqueléticos (ooides principalmente en este estudio) se indicó su granulometría máxima, diámetro del núcleo, tipo de corteza, forma externa, composición de su núcleo y relación aritmética núcleo-corteza.

Las muestras se distribuyen de la siguiente manera entre las localidades

- Localidad Cerro Mesa: 18 muestras.
- Localidad Río Salado: 7 muestras.
- Localidad El Mangrullo: 5 muestras.

Para los cortes delgados de la Localidad de Cerro Mesa (Localidad A), se recurrió a la nomenclatura de asignación de facies de Veiga y Schwarz (2017). Las asociaciones de facies propuestas por los autores son: FA1 (zonas con fangos de *offshore*), FA2 (zonas de sedimentación heterolítica), FA3 (zonas arenosas con óndulas) y FA4 (zonas con dunas de arena), (**Fig. 4**). Vale destacar que a las muestras utilizadas de la Localidad Río Salado no se les asignó un código de facies, ya que solo se las analizó textural y composicionalmente, y no contaban con un estudio facial previo. Para las muestras de la Localidad El Mangrullo, se respetó el código de asociaciones de facies propuesto por Schwarz et al., 2018b, quienes identificaron e interpretaron depósitos arenosos asignados a canales distributarios (verde), así como depósitos de frentes deltaico fluvio dominado (azul) y con influencia de olas (rosa). Todos estos depósitos reflejarían el desarrollo de sistemas deltaicos ubicados al este de los campos de dunas subácueos reconocidos en el oeste (Schwarz et al., 2021).

MUESTRAS POR LOCALIDADES		
Localidad A	Localidad B	Localidad C
CM-0	RSA-4	1418.27
CM-1	RSA-5	1427.96
CM-2	RSA-6	1445.56
CM-3	RSA-7	1462.96
CM-4		1468.05
CM-5		
CM-6		
CM-7		
CM-8		
CM-9		
CM-10a		
CM-10b		
CM-11		
CM-12		
CM-13		
CM-14		
CM-15		
CM-20		
CM-21		
CM-22		

Tabla 1. Muestras de las localidades Cerro Mesa (A), Río Salado (B) y El Mangrullo (C).

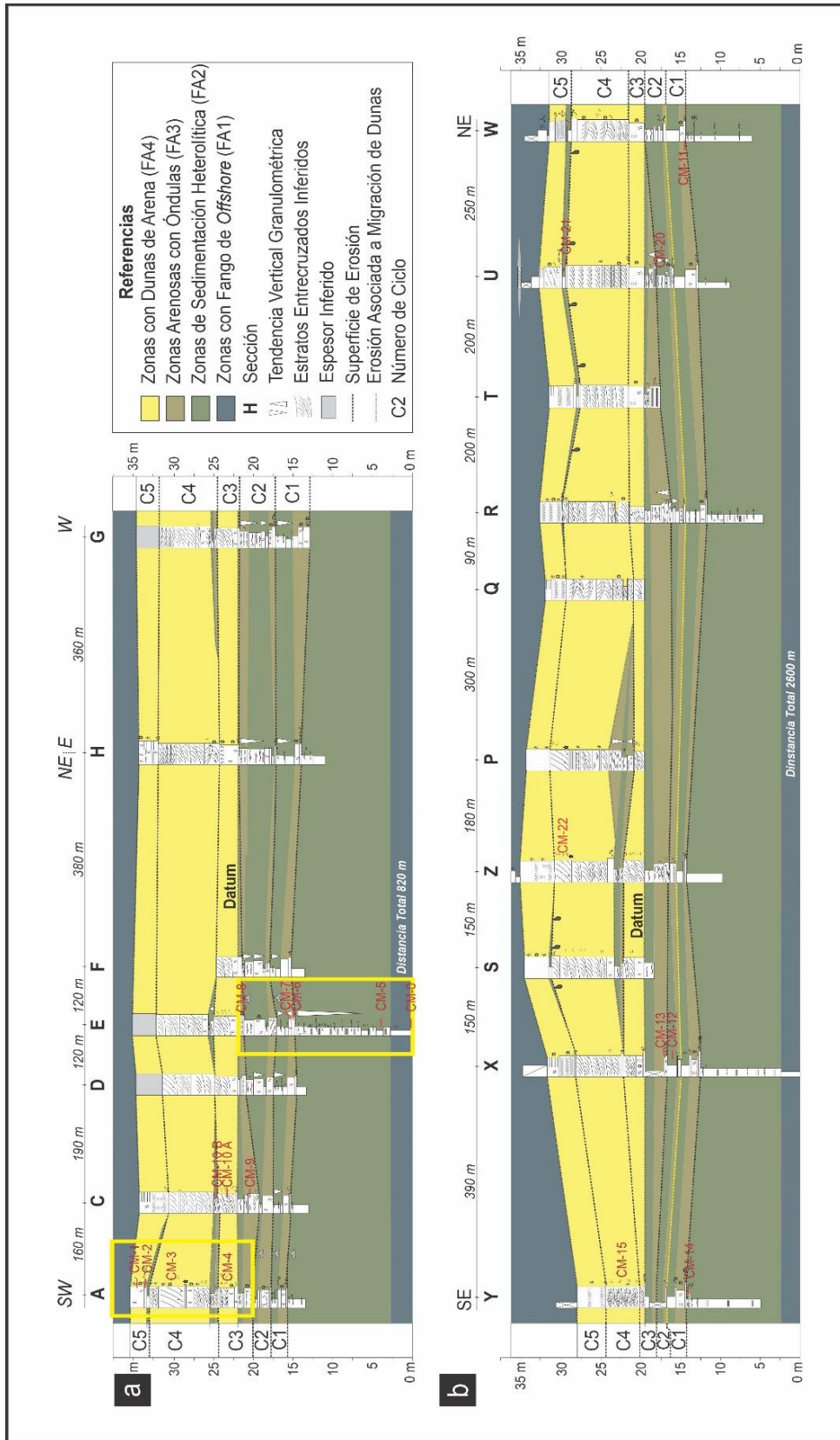


Figura 4. Perfiles sedimentológicos realizados en el Cerro Mesa.
Modificado de Veiga y Schwarz (2017).

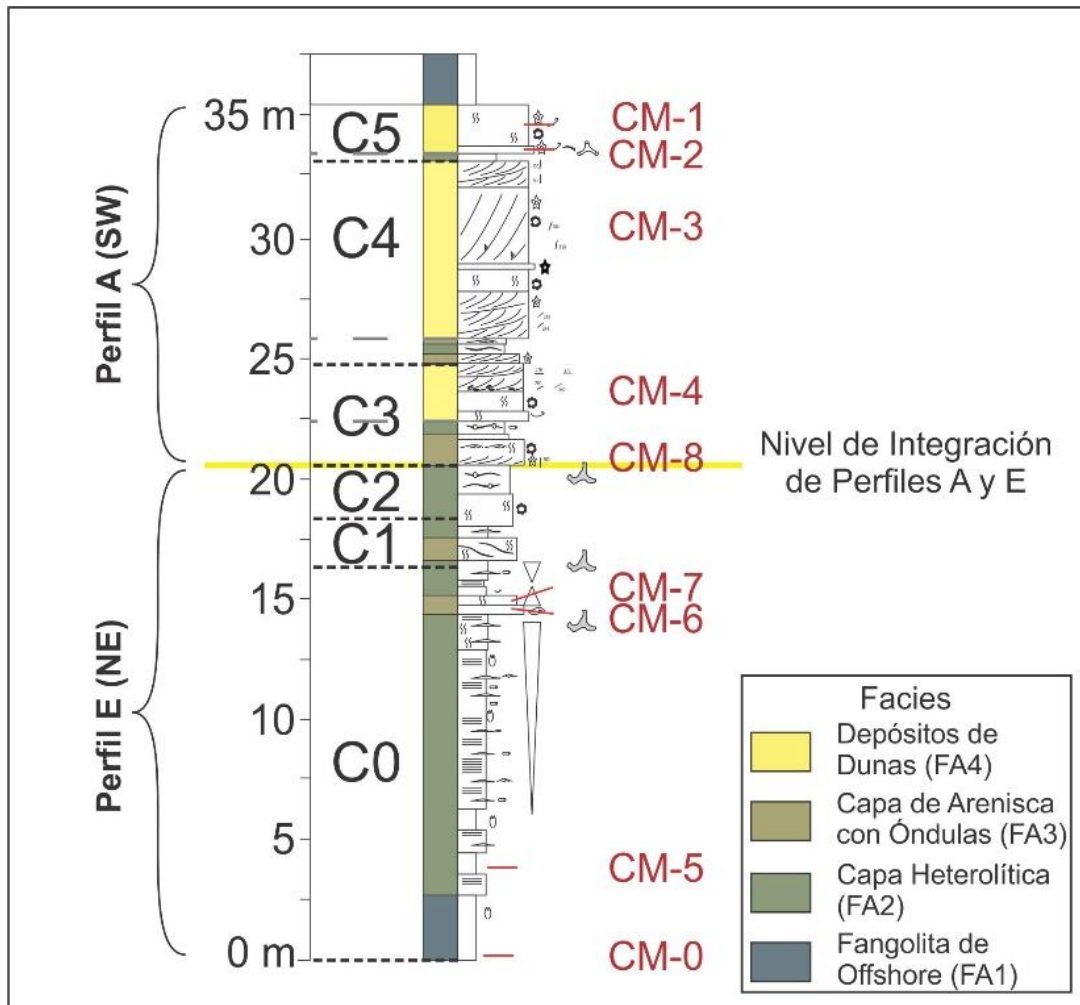


Figura 5. Integración esquemática de perfiles sedimentarios para la Localidad A.

5.2. Metodología de caracterización de las muestras

La caracterización de las secciones delgadas se llevó a cabo en base a la metodología propuesta por Álvarez-Trentini y Schwarz (2018). En primer lugar, se realizó una breve descripción petrográfica convencional para cada corte, arribando luego a una primera clasificación. A continuación, se procedió a la toma de fotografías de alta resolución, para exponer los componentes principales de cada sección. Luego se realizaron paneles integradores de varias fotografías, que se analizaron mediante programas informáticos de acceso abierto, tales como el J-MicroVisión (análisis granulométricos ejemplo en Fig. 6), el programa Past (análisis estadístico de bioclastos, ejemplo en Fig. 7), y el Rock-Ar (análisis de abundancia y composicional, ejemplo en Figs. 8 y 9). Seguidamente, se efectuaron para cada muestra conteos de 50 terrígenos, 30 ooides, y todos los bioclastos de crinoideos presentes, para un área representativa de cada una de ellas en el panel fotográfico. En los pocos casos en los que no se

contó con esas cantidades de granos, se analizó la cantidad total existente de cada uno de tales componentes. De esta manera se obtuvo la composición modal de terrígenos libres y de componentes intracuencales (bioclastos, agregados, intraclastos, matriz micrítica, etc.). Entiéndase como terrígenos libres a aquellos granos de dicha composición que están presentes en una roca de composición mixta y no poseen recubrimientos de ningún tipo.

Como se mencionó anteriormente, se obtuvieron distintos parámetros para cada muestra como ser: abundancia total y recalculada de terrígenos vs. ooides, así como tamaños mínimos, máximos y promedios para los componentes principales. De esta forma se pudo arribar en primer lugar a dos parámetros estadísticos esenciales: tamaño medio (mm y phi) y selección. Para los terrígenos y bioclastos se definió, además, su grado de redondez.

Los componentes aloquímicos no esqueléticos (ooides) se analizaron teniendo en cuenta diversos aspectos: tamaño promedio (en mm y phi), forma (ovoidal, subcircular o circular), tipo de corteza (laminar o radial), tipo de núcleo (simple o compuesto), composición del núcleo (cuarzo, feldespato no calcosódico, feldespato calcosódico, bioclasto o fragmento carbonático), diámetro del núcleo (mínimo y máximo, aparentes), redondez del núcleo, tipo de bordes externos del ooide (regular o irregular desgastado/fragmentado) y relación aritmética corteza-núcleo. Por su parte, dadas sus características, los componentes esqueléticos de crinoideos se analizaron teniendo en cuenta tres parámetros: abundancia total, tamaño promedio (en mm) y forma (discoidal o prolado).

Toda la información obtenida de las muestras fue agrupada en tablas de Excel (**Tablas 2 a 8**). El orden elegido se rigió en primer lugar de acuerdo con sus facies correspondientes y su posición estratigráfica. Esto tiene la ventaja de brindarnos la posibilidad de hacer comparaciones válidas entre muestras semejantes. Además, es útil para entender los cambios a lo largo del tiempo de una misma facies y cómo fue la dinámica de los mecanismos de transporte y acumulación de los sedimentos en cuestión. A su vez, de esta manera se pudieron hacer inferencias de potenciales cambios en las áreas fuente de los sedimentos.

Paralelamente, se les asignaron denominaciones sedimentológicas específicas a todas las muestras analizadas de las tres localidades. Para ello se recurrió a la clasificación de rocas mixtas silicoclásticas-carbonáticas propuesta por Mount (1985). Esta clasificación tiene como principal propósito caracterizarlas con precisión y entender la historia de la roca. Se basa en un tetraedro en cuyos vértices se encuentra el 100 % de: arena silicoclástica, carbonatos autóctonos, fango micrítico y fango silicoclástico. En su interior es posible determinar diferentes poliedros. Para clasificar a las muestras en cuestión se utilizó la porción interna del tetraedro delimitada

en sus vértices por los componentes dominantes (**Fig. 8**). A su vez, se realizaron una serie de diagramas resumiendo esquemáticamente los resultados con el fin de facilitar la comparación tanto dentro de un grupo de muestras como así también entre las localidades.

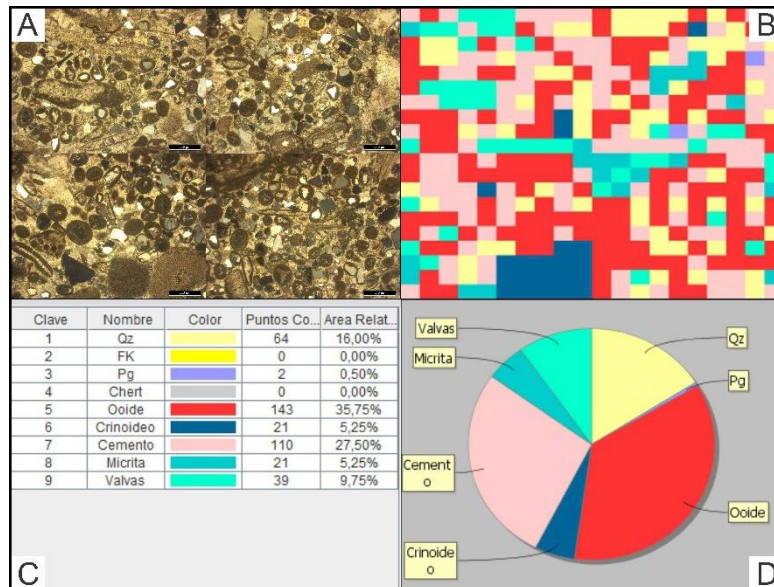


Figura 6. Ejemplo de la metodología empleada para el análisis volumétrico y composicional de las muestras; **a)** Panel de fotografías de la muestra CM-2; **b)** Conteos composicionales realizados en base al panel; **c)** Tabla con componentes contabilizados; **d)** Gráfico de torta con los porcentajes de los componentes ploteados.

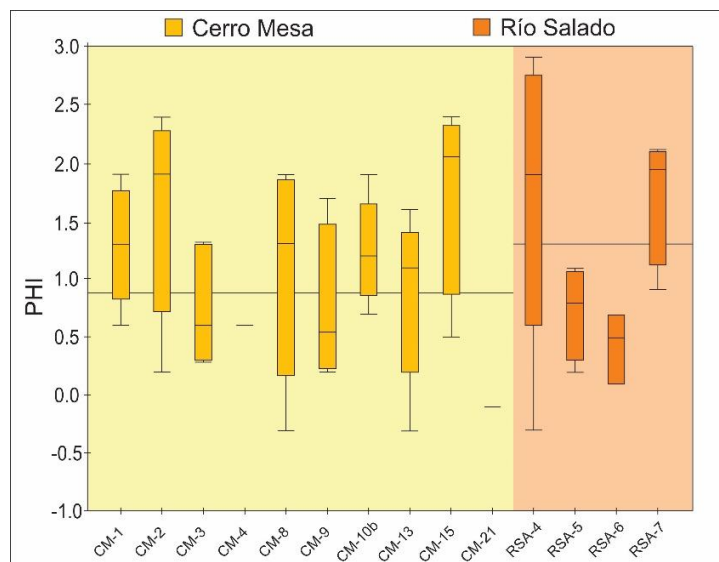


Figura 7. Gráfico de tipo Box-Plot, donde se muestra la amplia distribución granulométrica (pobre selección) de los bioclastos de crinoideos de la Localidad Cerro Mesa y Río Salado.

Localidad A: Cerro Mesa																									
Secuencia	Muestra	Terrígenos							Ooides																
		Granulometría en mm (Media)	Selección (Desvío)	Angularidad %				Composición			Tipo de Núcleo	Corteza	Forma			Diámetro Externo Medio			Comp. Núcleo						
				A	SA	SR	R	Qz	Ch	Fk			Pg	C	SC	Ov	Ooide	Núcleo	Núcleo/Ooide	Qz	Ch	Fk	Pg	Bc	CO ₂
C5	CM-1	0,188	0,149	58	26	12	4	86	2	10	2	Simple	Laminar	40	57	3	0,199	0,159	0,803	60	0	13	7	20	0
	CM-2	0,146	0,048	74	14	12	0	82	0	18	0	Simple	Laminar	57	37	7	0,231	0,147	0,638	37	10	26	0	27	0
	CM-21	0,158	0,045	62	26	10	2	72	18	6	4	Simple	Laminar	23	67	10	0,222	0,142	0,638	54	20	3	3	13	0
C4	CM-3	0,197	0,072	70	18	12	0	76	4	14	6	Simple	Laminar	0	63	37	0,267	0,178	0,668	37	27	3	0	3	0
	CM-15	0,185	0,075	74	22	4	0	78	14	2	6	Simple	Laminar	33	53	13	0,657	0,189	0,288	70	17	7	0	0	6
	CM-10b	0,175	0,068	58	24	14	4	84	12	0	4	Simple	Laminar	57	30	13	0,292	0,193	0,661	30	43	4	3	3	17
C3	CM-4	0,151	0,072	66	22	10	2	72	4	16	8	Simple	Laminar	40	57	3	0,211	0,150	0,709	37	40	17	0	3	3
	CM-10a	0,161	0,042	70	12	16	2	62	12	8	18	Simple	Laminar	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	0
	CM-8	0,140	0,088	72	14	10	4	64	26	4	6	Simple	Laminar	67	30	3	0,271	0,165	0,609	47	33	3	0	7	10
C2	CM-9	0,127	0,046	86	6	8	0	80	10	6	4	Simple	Laminar	60	27	13	0,288	0,191	0,661	40	20	7	3	13	17
	CM-13	0,264	0,148	50	13	33	4	92	8	0	0	Simple	Laminar	57	37	7	0,329	0,185	0,561	41	30	3	3	0	23
	CM-20	0,137	0,032	72	18	10	0	64	18	8	10	Simple	Laminar	7	80	13	0,146	0,097	0,663	40	33	7	3	7	10
C1	CM-12	0,124	0,032	82	14	2	2	78	10	0	12	Simple	Laminar	20	70	10	0,140	0,100	0,717	50	30	0	10	0	10
	CM-7	0,146	0,050	66	18	14	2	68	16	10	6	Simple	Laminar	50	47	3	0,193	0,129	0,666	44	17	13	3	3	20
	CM-6	0,177	0,072	68	26	4	2	74	8	12	6	Simple	Laminar	63	37	0	0,263	0,180	0,687	54	20	3	3	7	13
C0	CM-11	0,080	0,025	90	24	12	4	90	4	0	6	Simple	Laminar	53	37	10	0,114	0,075	0,662	30	17	10	3	10	30
	CM-14	0,122	0,029	68	26	6	0	64	16	6	14			0	0	0	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	
	CM-5	0,075	0,040	56	16	24	4	86	0	8	6			0	0	0	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	
	CM-9	0,043	0,031	34	24	24	18	100	0	0	0			0	0	0	0,000	0,000	0,000	0	0	0	0	0	

Tabla 2. Análisis textural y composicional de los terrígenos, y textural de ooides, para Cerro Mesa.

Localidad A: Cerro Mesa															
Composición Volumétrica Porcentual Estimada															
Transecta	Perfil	Muestra	TERRÍGENOS				Σ TERR	Terr vs. Ooid	ALOQ-NO ESQ	Ooid vs. Terr	ALOQ-ESQ		Σ ALOQ-ESQ	CEMENTO	MATRIZ
			Qz	Fk	Pg	Chert					Crinoideos	Valvas			
SW-W	A	CM-4	43,3	0,8	1,0	3,3	48,3	62	29,5	38	1,75	3,5	5,25	11	6
		CM-3	26,0	0,3	1,0	0,0	27,3	44	35	56	4,5	8,5	13	19,25	5,5
		CM-2	16,0	0,0	0,5	0,0	16,5	32	35,75	68	5,25	9,75	15	27,5	5,25
		CM-1	18,8	0,0	0,5	0,0	19,3	32	41,75	68	2,5	5,75	8,25	17,25	13,5
		CM-8	5,0	0,0	1,0	2,8	8,8	26	25	74	3,25	20	29,25	20,25	16,75
	E	CM-7	49,0	0,5	2,0	4,8	56,3	79	15,25	21	0	8,5	8,5	12,5	7,5
		CM-6	30,8	0,0	1,0	5,3	37,0	53	33	47	0	5,5	5,5	17,25	6,75
		CM-5	6,8	0,0	0,0	0,0	6,8	100	0	0	0	0	0	6,5	86,75
		CM-10b	25,0	0,0	0,5	5,0	30,5	49	31,5	51	3,75	12,5	16,25	16,5	5,25
		CM-10a	72,5	0,5	2,8	12,5	88,3	100	0	0	0	0	0	3	8,75
SE-NE	W	CM-9	8,5	0,3	0,0	2,8	11,5	31	25,5	69	5,25	24	29,25	23,5	10,25
		CM-11	38,5	0,0	1,0	5,3	44,8	70	19,25	30	0	13,25	13,25	8	14,75
		CM-0													
	X	CM-12	46,8	0,0	2,5	8,0	57,3	100	0	0	0	4,75	4,75	12,25	25,75
		CM-13	7,3	0,0	0,5	1,3	9,0	25	27,25	75	16,5	16,5	33	22,75	8
		CM-14	63,3	0,3	1,0	15,5	80,0	100	0	0	0	3,5	3,5	7,25	9,25
		CM-15	22,0	0,0	0,8	3,3	26,0	39	41,5	61	2,5	12,5	15	15,5	2
Y	CM-20	43,8	0,0	1,8	11,8	57,3	96	2,5	4	0,25	0,25	0,25	28	12	
	CM-21	26,3	0,0	1,5	4,5	32,3	44	41,25	56	2,25	9	7,25	18,75	0,5	

Referencias				
Qz	Cuarzo	A	Anguloso	FA1
Ch	Chert	SA	Subanguloso	FA2
Fk	Feldespató No Calcosódico	SR	Subredondeado	FA3
Pg	Plagioclasa	R	Redondeado	FA4

Tabla 3. Composición (abundancia porcentual) para las muestras seleccionadas de Cerro Mesa.

Localidad B: Río Salado																								
Muestra	Granulometría en mm (Media)	Selección (Desvío)	Terrígenos				Composición					Tipo de Núcleo	Corteza	Forma			Diámetro Externo Medio			Comp. Núcleo				
			A	SA	SR	R	Qz	Ch	Fk	Pg	C			SC	Ov	Ooide	Núcleo	Núcleo/Ooide	Qz	Ch	Fk	Pg	Bc	CO ₂
RSA-7	0,098	0,038	68	30	2	0	83	17	0	0	Simple	Laminar	23	53	24	0,322	0,185	0,576	57	20	0	0	3	20
RSA-6	0,135	0,047	82	14	2	2	88	2	0	10	Simple	Laminar	27	43	30	0,236	0,131	0,555	57	20	3	0	0	20
RSA-5	0,130	0,024	72	26	0	2	94	0	0	6	Simple	Laminar	20	20	60	0,103	0,064	0,621	80	20	0	0	0	0
RSA-4	0,182	0,043	62	22	14	2	84	6	4	6	Simple	Laminar	39	26	35	0,206	0,143	0,694	43	26	0	4	0	26

Tabla 4. Análisis texturo-composicional para los terrígenos y los ooides de muestras Río Salado.

Localidad B: Río Salado													
Composición Volumétrica Porcentual Estimada													
Muestra	Qz	Fk	Pg	Chert	Σ TERR	Terr vs. Ooid	Ooides	Ooid vs. Terr	Crinoideos	Valvas	Σ ALOQ-ESQ	CEMENTO	MATRIZ
RSA-3	64	13	0	8	85	100	0	0	0	0	0	5	10
RSA-4	47	0	6	12	65	87	10	13	15	0	15	0	10
RSA-5	63	5	4	8	80	94	5	6	10	0	10	0	5
RSA-6	30	0	0	5	35	70	15	30	5	15	20	0	30
RSA-7	5	0	0	0	5	6	80	94	5	0	5	10	0
RSA-8	71	4	5	10	90	100	0	0	0	0	0	0	10
RSA-9	37	0	5	13	55	100	0	0	0	0	0	15	30

Tabla 5. Composición (abundancia porcentual) para las muestras seleccionadas de Río Salado.

6. Características petrográficas generales

Mediante el desarrollo del estudio petrográfico de todas las muestras analizadas y el tratamiento estadístico de dicho análisis, se pudieron obtener una serie de resultados petrográficos detallados. A continuación, se enunciarán las características texturo-composicionales de los elementos analizados por localidad y en el siguiente orden: terrígenos, ooides y bioclastos de crinoideos. A su vez, se añaden los nombres de las sedimentitas según la clasificación de Mount (1984) (**Fig. 8**).

6.1. Localidad Cerro Mesa

Los conteos de los componentes terrígenos y ooides de esta localidad se presentan en las **Tablas 2 y 3**. Los principales atributos de las mismas se ejemplifican en la **Figura 9a y b**.

6.1.1. Componentes terrígenos

- En lo que hace a su contribución porcentual, los terrígenos componen entre el 9 y 88 % sobre el total de las muestras, evidenciando una alta variabilidad en su abundancia (promediando 36,5 %).
- Con respecto a la composición de esos terrígenos, se trata principalmente de partículas de cuarzo (5 a 72,5 % sobre el total, promedio 30,5 % del total) y chert (0 a 15,5 %, promedio 4,7 %), y en menor medida de feldespatos potásicos y calco-sódicos (0 a 3,25 %, promedio 1,14 %).
- En términos generales, los clastos visibles tienen una granulometría mínima de 0,043 mm (limo grueso), máxima de 0,26 mm (arena mediana) y promedio de 0,15 mm (arena fina).
- Además, todos los clastos de las muestras tienen un desvío estándar promedio muy bajo (0,05 mm; limo grueso), es decir que presentan una muy buena selección.
- La angulosidad de los clastos ronda por lo general entre los términos angulosos (66 % del total) y subangulosos (19 % del total).
- La relación de contribución recalculada de terrígenos vs. ooides es 60 vs. 40 %.

6.1.2. Componentes no esqueléticos (ooides)

- En lo que hace a su contribución porcentual, los ooides componen hasta el 41,25 % sobre el total de las muestras, evidenciando una alta variabilidad (promediando 22,4 %).

- Su granulometría externa promedio posee valores mínimos de 0,114 mm (arena muy fina a fina) hasta valores máximos cercanos a 0,66 mm (arena gruesa), mientras que el promedio es 0,25 mm (arena fina superior).
- El desvío estándar de la granulometría promedio es de 0,127 mm.
- La forma externa de los ooides es en general subcircular (49 %), seguida de circular (42 %) y subordinadamente de ovoidal (9 %).
- En la totalidad de las muestras (100 %), la corteza es de tipo laminar.
- Respecto al tipo de núcleo, la gran mayoría son simples (99 %).
- En cuanto a la composición de los núcleos, se trata principalmente de granos de terrígenos: cuarzo (45 % sobre total), chert (24 %) y feldespatos potásicos + calcosódicos (13 %). Por otro lado, los núcleos carbonáticos componen en total el 18 % de los núcleos.
- La granulometría promedio de los núcleos es de 0,152 mm (arena fina).
- El desvío de la granulometría de los núcleos es de 0,037 mm (limo grueso).
- Relación entre tamaño externo promedio vs. tamaño del núcleo es de 0,64.
- La relación de contribución recalculada de ooides vs terrígenos es de 40 vs. 60 %.

6.1.3. Componentes esqueléticos (crinoideos)

Los conteos de los componentes de crinoideos de esta localidad se presentan en las **Tablas 3 y 8**. Los principales atributos de tamaño se muestran en la **Figura 7**, mientras que ejemplos al microscopio de los mismos se presentan en la **Fig. 10**.

- En lo que hace a su contribución porcentual, los crinoideos conforman entre el 0 % y el 16,5 % del total de las muestras, promediando un 3,34 %.
- Su tamaño externo mínimo es de 0,35 mm (arena mediana), el máximo de 1,09 mm (arena muy gruesa), y el promedio de 0,6 mm (arena gruesa).
- Respecto a su forma externa, puede decirse que el 65 % del total son alargados y el 35 % son discoidales.

6.1.4. Clasificación

Se expone la clasificación de las muestras según Mount (1985) en la **Figura 8**. Se puede observar que la mayoría de las muestras de esta localidad son clasificadas como calizas aloquímicas arenosa. Subordinadamente, algunas muestras se clasifican como areniscas micríticas por su participación de fango carbonático. Finalmente, dos muestras se denominan respectivamente como roca micrítica y arenisca silicoclástica (**Fig. 8**).

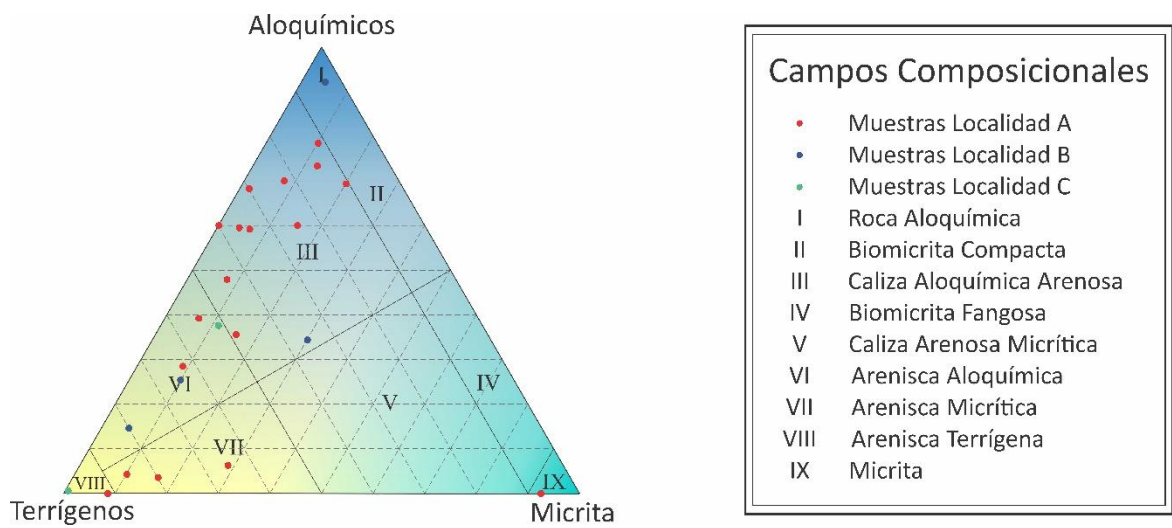


Figura 8. Triángulo composicional con la ubicación de la mayoría de las muestras mixtas analizadas (modificado de Mount, 1985) en las tres localidades. A la derecha se indican los nombres de los distintos campos.

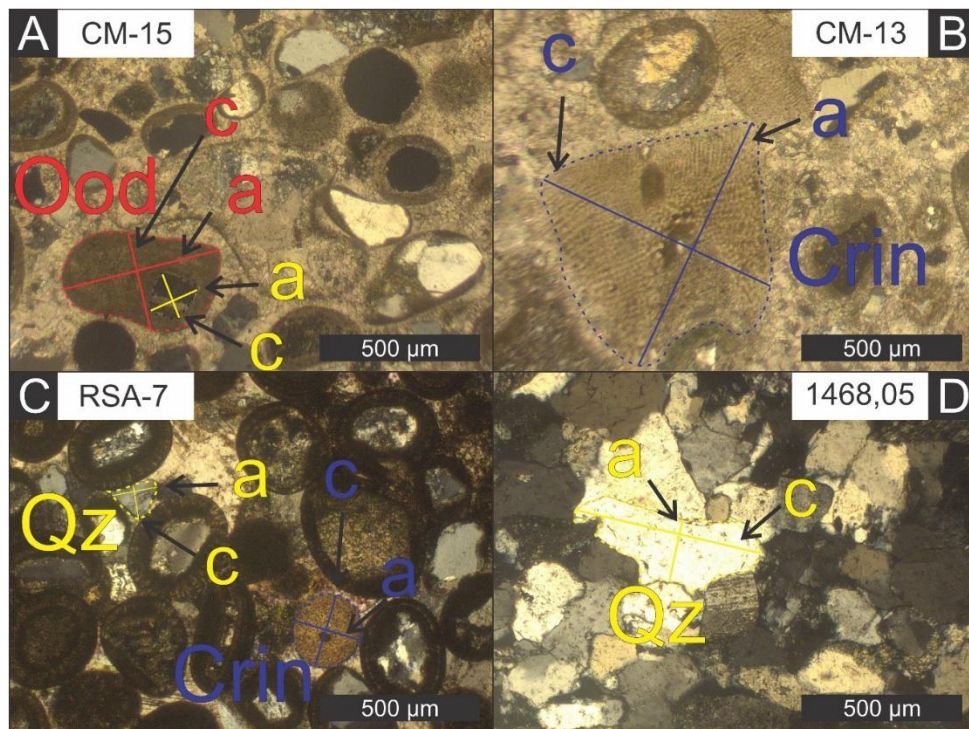


Figura 9. Paneles fotográficos donde se observan algunos de los elementos analizados junto a sus características aritméticas: **a)** Muestra CM-15 (Cerro Mesa) **b)** Muestra CM-13 (Cerro Mesa) **c)** Muestra RSA-7 (Río Salado); **d)** Muestra 1468,05 (El Mangrullo).

6.2. Localidad Río Salado

Los conteos de componentes terrígenos y ooides de esta localidad se presentan en las **Tablas 4** y **5**. Los principales atributos al microscopio se muestran en la **Figura 9c**.

6.2.1. Componentes terrígenos

- En lo que hace a su contribución porcentual, los terrígenos componen entre el 5 y el 90 % sobre el total de las muestras, evidenciando una alta variabilidad en su abundancia (promediando 59,3 %).
- Con respecto a la composición de esos terrígenos, se trata principalmente de partículas de cuarzo (5 a 71 % sobre el total, promedio 45,29 % del total) y chert (0 a 13 %, promedio 8 %), y en menor medida de feldespatos potásicos y calco-sódicos (0 a 10 %, promedio 5,7 %).
- En términos generales, los clastos visibles tienen una granulometría mínima de 0,098 mm (arena muy fina), máxima de 0,182 mm (arena fina) y promedio de 0,136 mm (arena fina).
- Además, todos los clastos de las muestras tienen un desvío estándar promedio muy bajo (0,034 mm; limo grueso), es decir que presentan una muy buena selección.
- La angulosidad de los clastos ronda por lo general entre los términos angulosos (71 % del total) y subangulosos (23 % del total).
- La relación de contribución recalculada de terrígenos vs. ooides es 80 vs. 20 %.

6.2.2. Componentes no esqueléticos (ooides):

- En lo que hace a su contribución porcentual, los ooides componen entre el 0 y el 80 % sobre el total de las muestras, evidenciando una alta variabilidad (promediando 15,7 %) (**Tabla 5**).
- Su granulometría externa promedio posee valores mínimos de 0,103 mm (arena muy fina a fina) hasta valores máximos cercanos a 0,322 mm (arena mediana), mientras que el promedio es 0,217 mm (arena fina superior).
- El desvío estándar de la granulometría promedio es de 0,09 mm (arena muy fina).
- La forma externa de los ooides es en general ovoidal (37 %), seguida de subcircular (36 %) y subordinadamente de circular (27 %).
- En la totalidad de las muestras (100 %), la corteza es de tipo laminar.
- Respecto al tipo de núcleo, la gran mayoría son simples (99 %).

- En cuanto a la composición de los núcleos, se trata principalmente de granos de terrígenos: cuarzo (59 % sobre total), chert (22 %) y feldespatos potásicos + calcosódicos (2 %). Por otro lado, los núcleos carbonáticos componen en total el 17 % de los núcleos.
- La granulometría promedio de los núcleos es de 0,131 (arena fina).
- El desvío de la granulometría de los núcleos es de 0,05 (limo grueso).
- Relación entre tamaño externo promedio vs. tamaño del núcleo es de 0,612.
- La relación de contribución recalculada de ooides vs terrígenos es de 20 vs. 80 %.

6.2.3. Componentes esqueléticos (crinoideos)

Los conteos de los componentes de crinoideos de esta localidad se presentan en la **Tablas 8**. Los principales atributos al microscopio se muestran en la **Figura 10**.

- En lo que hace a su contribución porcentual, los crinoideos conforman entre el 0 y el 15 % del total de las muestras, promediando 5 %
- Su tamaño externo mínimo es de 0,35 mm (arena mediana), el máximo de 1,09 mm (arena muy gruesa), y el promedio de 0,58 mm (arena gruesa).
- Respecto a su forma externa, puede decirse que el 64,8 % del total son alargados y 35,2 % son discoidales.

6.2.4. Clasificación

De las siete muestras seleccionadas para la Localidad Río Salado, se clasificaron según Mount (1985) las cuatro de naturaleza mixta. De las cuatro muestras mixtas analizadas, dos de ellas se clasifican mayormente como areniscas aloquímicas dado el bajo contenido de fango carbonático, y de las dos restantes, una se clasifica como caliza aloquímica arenosa y la otra como roca aloquímica, debido a su alto contenido en aloquímicos (**Fig. 8**).

Localidad	Muestra	Volumen / Total	Tamaño (mm)	Forma %	
				Discoidal	Prolado
A	CM-1	2,5	0,427	66,7	33,3
	CM-2	5,25	0,390	25	75
	CM-3	4,5	0,624	0	100
	CM-4	1,75	0,652	0	100
	CM-8	9,25	0,566	50	50
	CM-9	5,25	0,648	0	100
	CM-10b	3,75	0,438	40	60
	CM-13	16,5	0,627	45,5	54,5
	CM-15	2,5	0,345	25	75
	CM-21	2,25	1,085	100	0
B	RSA-4	15	0,430	55,6	44,4
	RSA-5	10	0,618	50	50
	RSA-6	5	0,754	33,4	66,6
	RSA-7	5	0,324	50	50

Tabla 8. Tabla que expone la abundancia relativa y la textura de los clastos de crinoideos para las localidades Cerro Mesa (A) y Río Salado (B).

6.3. Localidad El Mangrullo

Los conteos de componentes terrígenos y ooides de esta localidad se presentan en las **Tablas 6 y 7**. Los principales atributos al microscopio se muestran en la **Figura 9d**.

6.3.1. Componentes Terrígenos

- En términos de su a su contribución porcentual, los terrígenos componen entre el 76 % (porcentaje recalculado sin tener en cuenta el contenido de cemento) y 100 % sobre el total de las muestras, evidenciando una alta variabilidad en su abundancia (promediando 90,5%).
- Con respecto a la composición de esos terrígenos, se trata principalmente de partículas de cuarzo (43,25 a 77,75 % sobre el total, promedio 67,85 % del total) y chert (7 a 24 %, promedio 18,4 %), y en menor medida de feldespatos potásicos y calco-sódicos (2,25 a 8,25 %, promedio 4,1 %) (**Tabla 7**).
- En términos generales, los clastos visibles tienen una granulometría mínima de 0,202 mm (arena fina), máxima de 0,294 mm (arena mediana) y promedio de 0,27 mm (arena mediana).
- Además, todos los clastos de las muestras tienen un desvío estándar promedio muy bajo (0,04 mm; limo grueso), es decir que presentan una muy buena selección.
- La angulosidad de los clastos ronda por lo general entre los términos angulosos (74 % del total) y subangulosos (16 % del total).
- La relación de contribución recalculada de terrígenos vs. ooides es 96,8 vs. 3,2 %.

6.3.2. Componentes no esqueléticos (ooides):

- En términos de su contribución porcentual,, los ooides componen entre el 0 y el 8 % sobre el total de las muestras, evidenciando una baja variabilidad (promediando 2,6 %).
- Su granulometría externa promedio posee valores mínimos de 0,166 mm (arena fina) hasta valores máximos cercanos a 0,233 mm (arena fina superior), mientras que el promedio es 0,199 mm (arena fina).
- El desvío estándar de la granulometría promedio es de 0,047 mm (limo grueso).
- La forma externa de los ooides es en general angulosa (74 %), seguida de circular (16 %) y subordinadamente de ovoidal y regular (10 %).
- En la totalidad de las muestras (100%), la corteza es de tipo laminar.
- Respecto al tipo de núcleo, la gran mayoría son simples (99 %).

Localidad C: Subsuelo																								
Muestra	Terrígenos										Ooides													
	Granulometría en mm (Media)	Desvío de c/muestra	Angularidad %				Composición				Tipo de Núcleo	Corteza	Forma			Diámetro Externo Medio			Comp. Núcleo					
			A	SA	SR	R	Qz	Ch	Fk	Pg			C	SC	Ov	Ooide	Núcleo	Núcleo/Ooide	Qz	Ch	Fk	Pg	Bc	CO ₃ ²⁻
1418,27	0,288	0,086	58	26	16	0	62	24	4	10														
1427,96	0,202	0,067	80	12	6	2	74	16	0	10														
1445,56	0,294	0,093	64	24	10	2	70	20	2	8														
1462,96	0,263	0,076	84	12	4	0	80	14	0	6	Simple	Laminar	0	30	70	0,166	0,128	0,773	70	30	0	0	0	0
1468,05	0,292	0,086	86	8	4	2	76	20	0	4	Simple	Laminar	14	29	57	0,233	0,144	0,617	57	43	0	0	0	0

Tabla 6. Tabla texturo-composicional para los terrígenos y los ooides seleccionados de El Mangrullo.

Localidad C: Subsuelo													
Composición Volumétrica Porcentual Estimada													
Muestra	TERRÍGENOS				Σ TERR	ALOQ-NO ESQ	Ooides	ALOQ-ESQ	ALOQ-ESQ	ALOQ-ESQ	Σ ALOQ-ESQ	CEMENTO	MATRIZ
	Qz	Fk	Pg	Chert									
1418,27	73,75	3,8	4,5	18	100	0	0	0	0	0	0	0	
1427,96	71,75	0,8	3,5	24	100	0	0	0	0	0	0	0	
1445,56	72,75	0	3,75	23,5	100	0	0	0	0	0	0	0	
1462,96	43,25	0	2,25	7	52,5	5	0	0	0	0	31,25	11,25	
1468,05	77,75	0	2,75	19,5	100	0	0	0	0	0	0	0	

Referencias					
Qz	Cuarzo	A	Anguloso	CD	Canales Distributarios
Ch	Chert	SA	Subanguloso	FD	Frente Deltaico
Fk	Feldespato No Calcosódico	SR	Subredondeado	FDO	Frente Deltaico con Influencia de Olas
Pg	Plagioclasa	R	Redondeado		

Tabla 7. Tabla composicional para las muestras El Mangrullo.

- En cuanto a la composición de los núcleos, se trata principalmente de granos de terrígenos: cuarzo (64 % sobre total) chert (36 %).
- La granulometría promedio de los núcleos es de 0,136 (arena fina).
- El desvío de la granulometría de los núcleos es de 0,011 mm, lo que muestra una alta selección de los núcleos.
- Relación entre tamaño externo promedio vs. tamaño del núcleo es de 0,68.
- La relación de contribución recalculada de ooides vs terrígenos es de 3,2 % vs. 96,8 %.

6.3.3. Componentes esqueléticos (crinoideos)

Las muestras pertenecientes a la localidad El Mangrullo no presentan bioclastos de crinoideos.

6.3.4. Clasificación

Según Mount (1985), las muestras de esta localidad son clasificadas mayormente como areniscas silicoclásticas (cuatro casos), y en un caso como arenisca aloquímica (Fig. 8).

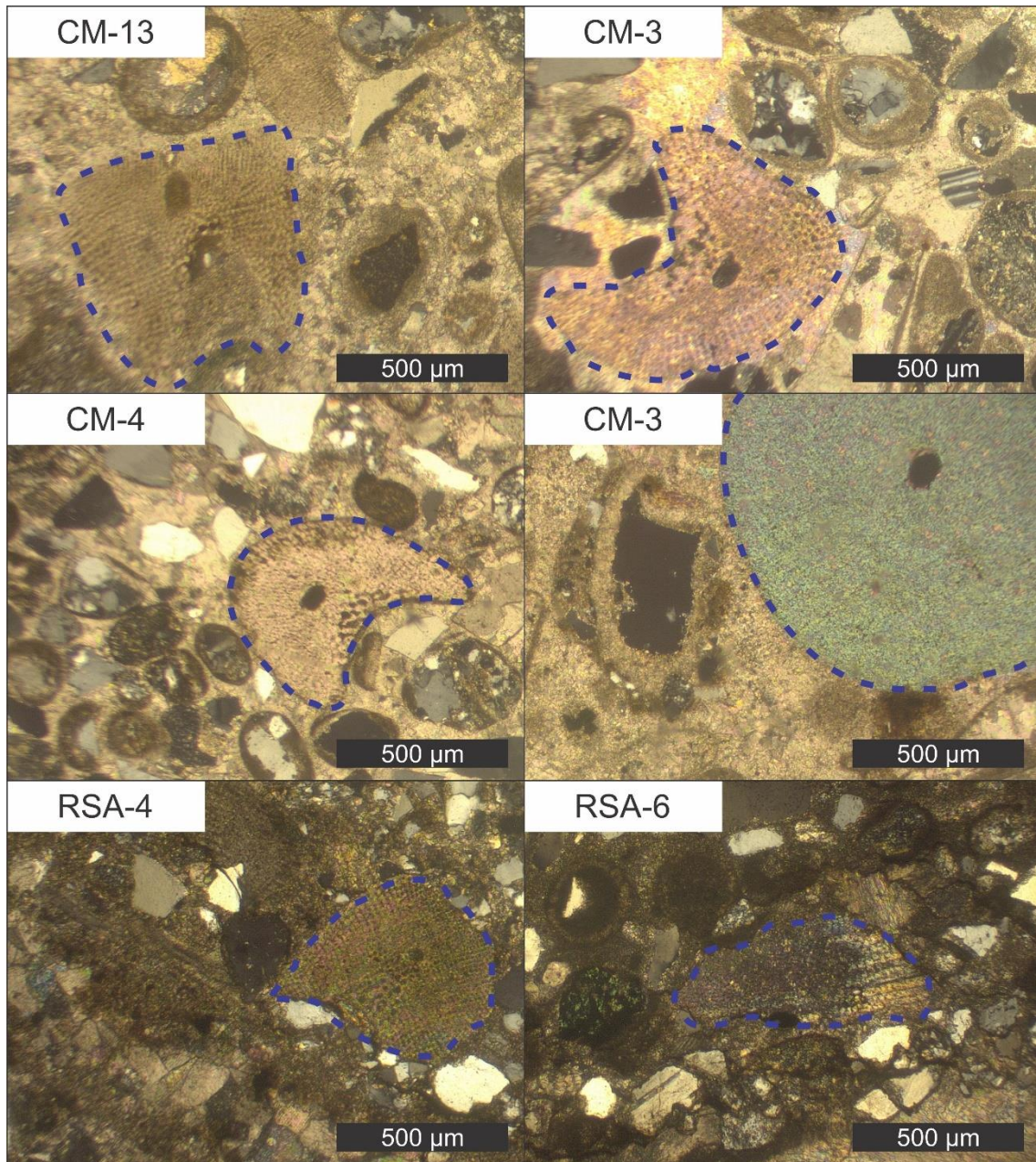


Figura 10. Paneles fotográficos donde pueden observarse distintas muestras ricas en fragmentos de crinoideos.

7. Síntesis de resultados y tendencias verticales

7.1. Localidad Cerro Mesa

Los componentes terrígenos libres varían significativamente su contribución en esta localidad y en eso no parece haber una directa relación con las facies, ya que en las tres principales asociaciones de facies (dunas, con óndulas y heterolítica) parece haber importantes fluctuaciones desde ser dominantes, a estar subordinados a los componentes carbonáticos. (Tabla 3, Fig. 8). A pesar de esa variabilidad de abundancia, las muestras de las distintas facies arrojaron una muy buena selección. Por lo tanto, esto apunta a procesos de transporte selectivo como mencionara Veiga y Schwarz (2017) para las distintas facies.

Por otra parte, se analizó la evolución de los terrígenos libres para las muestras de la Localidad Cerro Mesa en la vertical. Tanto respecto a su textura como a su composición, no se aprecian cambios muy consistentes en este sentido. Sin embargo, si se realiza una observación minuciosa, podrá notarse una leve tendencia vertical de aumento en el tamaño de grano, que va desde arena muy fina superior en la base (0,07 mm) hasta arena fina superior hacia el techo (0,19 mm). Respecto a la angulosidad de los terrígenos, esta aumenta levemente hacia el techo (desde 50 % de clastos angulosos aproximadamente en la base, hasta 70 % hacia el techo). En cuanto a su composición, existe una tendencia poco marcada de aumento en el contenido de cuarzo (desde 60-70 % cercano a la base, hasta 70-80 % hacia el techo). Estas características y tendencias pueden verse de forma resumida en la **Figura 11**.

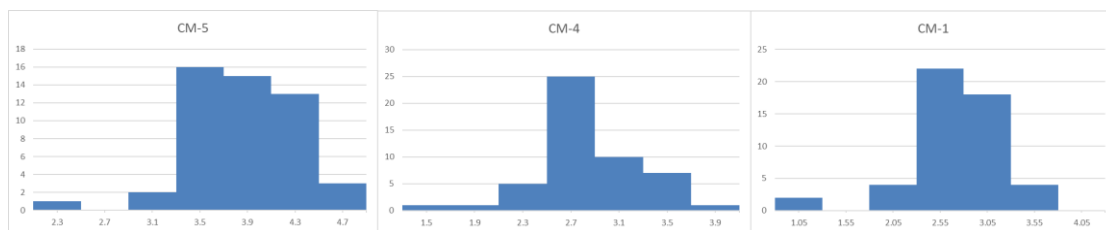


Figura 11. Distribución granulométrica de algunos terrígenos libres correspondientes a las muestras: CM-5 (base de la sucesión), CM-4 (zona media de la sucesión) y CM-1 (techo de la sucesión). En el Eje X se pueden observar las granulometrías expresadas en PHI; en el Eje Y se puede observar las frecuencias observadas.

La gran mayoría posee formas circulares y subcirculares, una corteza laminar y un núcleo simple. Un aspecto muy relevante para este estudio es la comparación entre los terrígenos libres y los núcleos de los ooides que se encuentran en la misma muestra. En este sentido, se puede notar una fuerte semejanza en cuanto a la granulometría de los núcleos vs. los terrígenos libres: núcleos de ooides: 0,152 mm vs. terrígenos libres: 0,148 mm. La **Figura 12** ejemplifica para una muestra, el grado de similitud entre ambas variables. De manera adicional, la composición entre ambos tipos de poblaciones es muy similar, con un amplio dominio de cuarzo en los dos casos. La relación entre tamaño externo promedio vs. tamaño del núcleo es de 0,64. En otras palabras, la generación de la corteza laminar para constituir el ooide representa un crecimiento de alrededor de casi el doble del diámetro original del núcleo.

Los fragmentos de crinoideos, si bien muy llamativos a primera inspección en un corte delgado (**Fig. 10**), nunca representan más del 16 % del total de ésta y sus mayores contribuciones se registraron en depósitos asignados a las asociaciones 3 y 4 (**Tabla 8**). Dado que estos fragmentos poseen el mayor tamaño dentro de las partículas presentes (por lo general arena gruesa a muy gruesa), su presencia en las asociaciones que representan la mayor energía de las corrientes mareales es consistente con su transporte como la fracción sedimentaria más gruesa. El análisis de variación vertical de crinoideos no arrojó ninguna tendencia considerable en cuanto a tamaño, forma o grado de abrasión de los fragmentos.

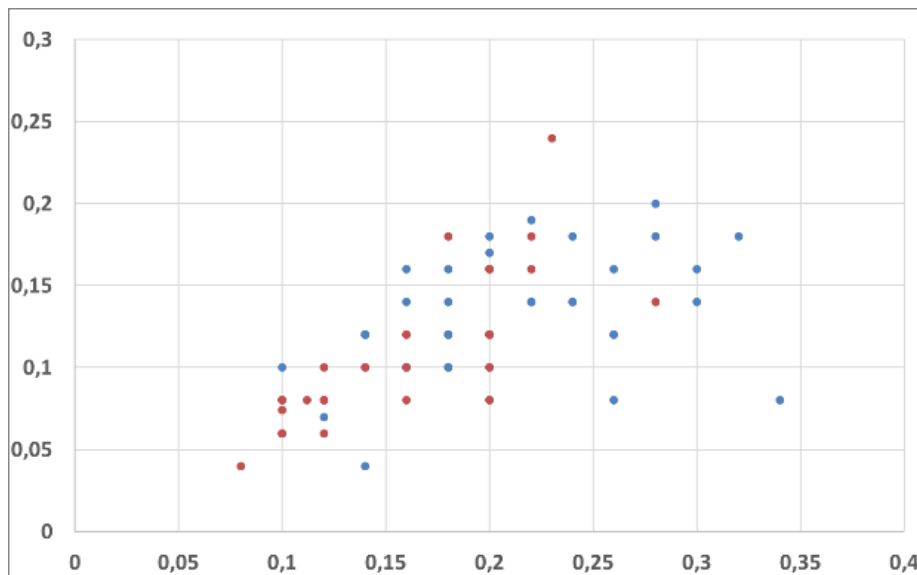


Figura 12. Ejemplo de la correlación entre la granulometría de terrígenos libres y núcleos de ooides. Muestra CM-1, 22 ooides contabilizados. Se pueden observar en color azul y rojo, los terrígenos y los núcleos de los ooides contabilizados, respectivamente. En el eje X figura el diámetro mayor en mm y en el eje Y el diámetro menor, ambos en mm.

7.2. Localidad Río Salado

En tres de las cuatro muestras mixtas analizadas en esta localidad se registra una alta participación silicoclástica, en donde los componentes terrígenos libres aportan entre 70 y 94% del total de la roca y el resto es aportado mayormente por ooides (Tabla 5). Es decir que en líneas generales el grado de mezcla en estas facies sería menor al observado en Cerro Mesa. Sin embargo, excepcionalmente se registra una muestra en donde hay un 94% de ooides y sólo 6% de terrígenos (RSL-7), lo que representa una relación mayor a la observada en todas las muestras mixtas de Cerro Mesa, cuya muestra con mayor relación ooides/terrígenos es CM-13, con alrededor de un 75% de ooides (**Tabla 3**). Todo esto puede sugerir que en términos generales en las regiones marinas representadas por Río Salado el grado de mezcla de componentes era menor y menos frecuente que en Cerro Mesa, pero que en condiciones excepcionales se podían producir fenómenos de concentración de componentes no esqueléticos. En términos especulativos, esta concentración de ooides podía generarse en momentos de bajo suministro de terrígenos en dichos sectores marinos.

Por otra parte, se analizó la evolución vertical de los terrígenos en las cuatro muestras analizadas en detalle. Se aprecia que el tamaño promedio disminuye ligeramente hacia el techo, desde valores de arena fina (0,182 mm) a arena muy fina (0,098 mm) (**Fig. 13**). Otros parámetros como la angulosidad y la proporción de cuarzo sugieren tendencias menos claras, aunque podrían estar vinculadas con esta ligera disminución de tamaño.

Con respecto a los ooides presentes en la localidad Río Salado, su contribución varía entre 5 y 15% en 3 muestras y excepcionalmente en una alcanza el 80% del total de la muestra. En otras tres muestras que se describieron originalmente como areniscas silicoclásticas el estudio petrográfico confirmó la ausencia de componentes carbonáticos (**Tabla 5**). En términos generales su granulometría externa promedio varía entre 0,103 mm (arena muy fina) y 0,322 mm (arena mediana), con un promedio de 0,217 mm (arena fina superior). Es decir que los resultados estadísticos de tamaño son muy parecidos a los obtenidos para Cerro Mesa (promedio 0,25 mm). También desde un punto de vista morfológico, de su corteza y del dominio de formas simples se asemejan a los descritos en las facies de Cerro Mesa.

El otro atributo en común que muestran los ooides de Río Salado con los estudiados en Cerro Mesa, es que la comparación entre los terrígenos libres y los núcleos de los ooides que se encuentran en la misma muestra arroja valores similares, aunque la correlación grano por grano en las cuatro muestras no es tan marcada como para aquella localidad (**Fig. 14**). Considerando los valores promedios, para los terrígenos libres el promedio de tamaño en Río Salado es de

0,136mm y de 0,131 mm para los núcleos (ambos en rangos de arena fina inferior). Estos tamaños promedio son muy parecidos a los ya presentados para Cerro Mesa (0,148 y 0,152 mm, respectivamente). Dado que todos estos parámetros arrojan valores similares no es de extrañar que la relación entre tamaño externo promedio vs. tamaño del núcleo tamaño posea también valores cercanos (0,612). Es decir que nuevamente el tamaño final luego de comenzado la acreción de láminas de carbonato representa alrededor del doble del diámetro original del núcleo.

Los fragmentos de crinoideos en las rocas mixtas de Río Salado varían entre un 15 y 5 % de abundancia, y su participación decrece de la muestra inferior (RSL-4) a la superior (RSL-7, **Tabla 8**). Los tamaños promedio varían entre arena mediana y gruesa, con los máximos valores en las muestras del medio de la sucesión (RSL-5 y RSL-6). La forma externa de los bioclastos muestra proporciones similares de formas discoidales y proladas. El análisis de variación vertical de crinoideos no arrojó ninguna tendencia considerable en cuanto a tamaño, forma o grado de abrasión de los fragmentos.

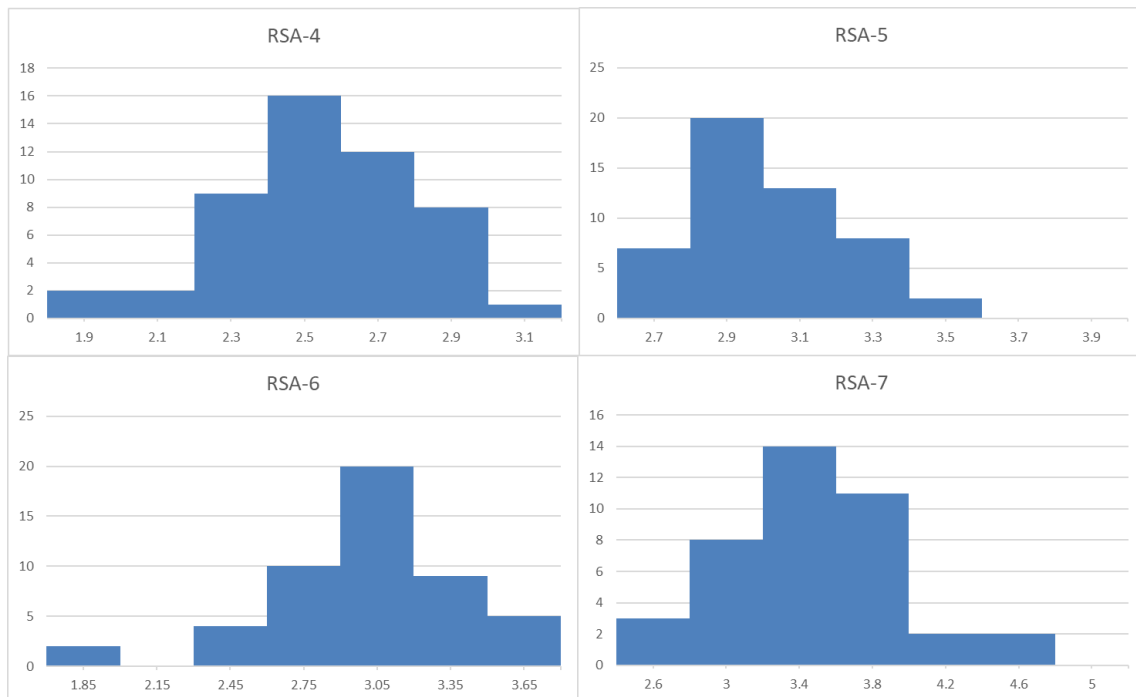


Figura 13. Histogramas de las muestras pertenecientes a la zona del Río Salado, siendo la muestra RSA-4 perteneciente a la base, las muestras RSA-5 y RSA-6 a la parte media, y RSA-7 al techo de la secuencia.

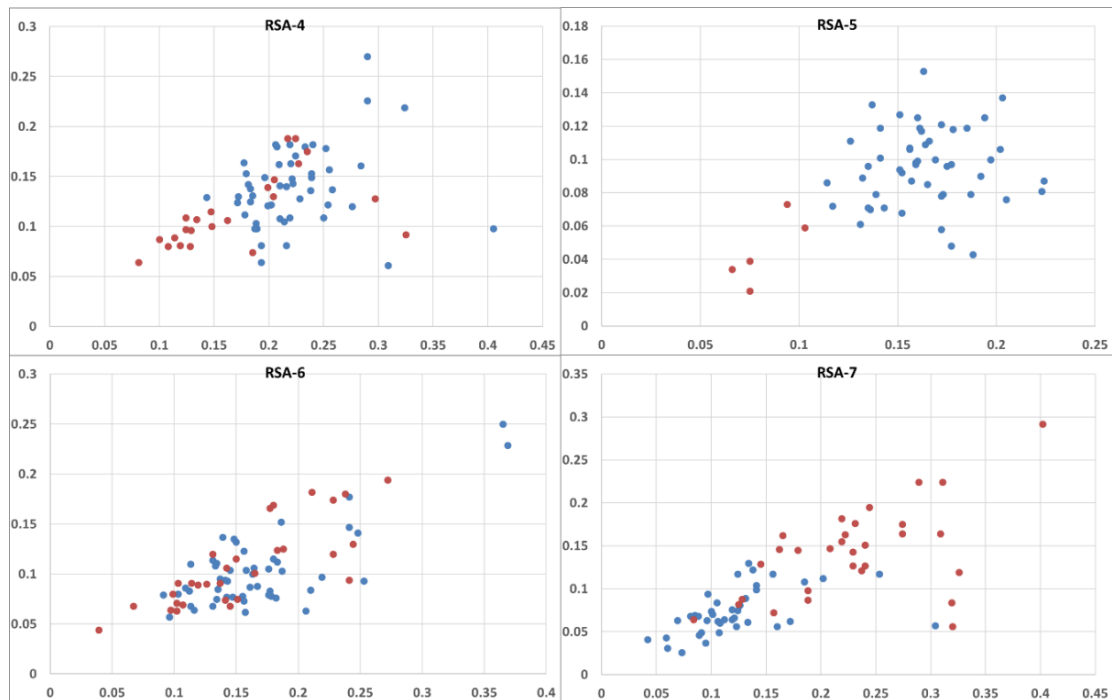


Figura 14. Gráficos de dispersión que exponen las granulometrías de terrígenos libres (puntos azules) y núcleos de ooides (puntos rojos) para las muestras de la Localidad Río Salado. El eje “X” muestra diámetro mayor (mm); y en el eje “Y” el menor (mm).

7.3. Localidad El Mangrullo

Las cinco muestras analizadas de la localidad El Mangrullo muestra un amplio predominio de componentes terrígenos, con abundancias de entre 91 a 100 %, aunque en una de ellas hay alta proporción de cemento (**Tabla 7**). Entre sus componentes prevalece el cuarzo (60-80 %) con proporciones menores de feldespatos y chert. Las granulometrías fluctúan entre arena mediana y fina, con un valor promedio de 0,27 mm, y en general la selección es muy buena en todas las muestras. No se registró ninguna tendencia clara, aunque la angulosidad parece disminuir hacia arriba. Cabe destacar que, si bien estas muestras representan sectores relativamente proximales de estos sistemas deltaicos reconocidos para el Miembro Pilmatué en esta región, las facies de frente deltaico inferior y prodelta muestran una amplia proporción de areniscas finas inferior y muy finas, es decir más en el orden de 0,100 a 0,150 mm (LCV, 2017; Schwarz et al., 2018b).

Sólo en dos muestras se reconocieron ooides, con una contribución no mayor al 8 % del total. Los ooides son simples, con corteza laminar y tamaños dominantes en arena fina

(promedio 0,2 mm) (**Tabla 6**). Sus núcleos son principalmente de cuarzo y poseen un diámetro promedio de 0,136 mm (arena fina inferior). Dada la mayor similitud entre el tamaño inicial del núcleo y el final de oolite, la relación que los vincula es algo mayor que en los ejemplos de afloramiento (0,68).

8. Interpretaciones y Discusión

Como se indica en los objetivos de este trabajo, uno de los objetivos principales luego de la obtención de los resultados principales es determinar si existen cambios composicionales y texturales a lo largo de las secciones analizadas tanto en el tiempo como en el espacio (verticalidad y lateralidad). Por lo tanto, aquí se sintetizan algunos de los principales hallazgos al comparar las distintas localidades y se comenta sobre las implicancias de dichas comparaciones.

8.1. Componentes terrígenos

El análisis composicional y textural de los componentes terrígenos efectuado sobre las muestras de las localidades de afloramiento (Cerro Mesa y Río Salado), ubicadas en la región oriental del área de estudio ha demostrado que los mismos poseen características muy similares (promedios: 0,15 mm y 0,14 mm, respectivamente). Por lo tanto, podría interpretarse que estos granos dominantes de arena muy fina (superior) provienen de la misma zona de aporte.

Por su parte, los terrígenos de los depósitos de frente deltaico y planicie deltaica analizados de la localidad El Mangrullo presentan una granulometría promedio más gruesa, alcanzando valores cercanos al doble que los de las localidades anteriores (0,27 mm, arena media inferior). Sin embargo, en la misma sucesión hay sedimentitas interpretadas como más distales (Schwarz et al., 2018b), que están compuestas por areniscas muy finas a finas, como lo demuestra un informe previo detallado del registro completa de los testigos de corona (LCV, 2017). Por lo tanto, es dable pensar que, en momentos de máxima progradación de los sistemas deltaicos, un volumen considerable de granos silicoclásticos de arena muy fina eran exportados hasta las áreas occidentales hoy representadas por los afloramientos, donde luego se mezclaban con componentes carbonáticos. Eso también explicaría por qué en la zona de El Mangrullo hay más terrígenos totales (90 %), respecto de las zonas occidentales (59 % y 36 %).

La comparación de otros parámetros medidos puede tener directa relación con estos distintos rangos granulométricos presentes entre las muestras de afloramiento y subsuelo. Por

ejemplo, la selección es mayor en los depósitos más finos del oeste y la composición también se ve afectada ya que en las facies finas tiende a concentrarse más el cuarzo.

8.2. Componentes no esqueléticos (ooides)

Las características texturales, composicionales y de selección y angulosidad de las ooides y de sus núcleos de las distintas regiones analizadas permiten hacer inferencias sobre su posible zona de generación y grados de transporte.

8.2.1. Procedencia de los ooides

En primer lugar, es importante remarcar que en los sectores ubicados al este (El Mangrullo), la proporción de ooides en la sucesión es casi nula, y donde se registran como en las muestras 1468,05 y 1462,96, su contribución es muy escasa dentro de los sedimentos (**Tabla 7**). Por lo tanto, estas evidencias sugieren que los ooides hallados en las rocas mixtas del sector occidental no provienen del sector oriental, como sí provendrían los terrígenos tamaño arena muy fina y fina como ya se discutió en el apartado anterior. Por otra parte, si se comparan las relaciones entre tamaño externo de ooides y sus núcleos terrígenos, se aprecia que los de Cerro Mesa poseen una relación promedio de 0,64 mm, mientras que los de Río Salado poseen una relación algo menor (0,61 mm). Por lo tanto, tampoco parece factible que los ooides de Cerro Mesa provengan desde el norte. En términos comparativos, también la cantidad de rocas mixtas oolíticas son mucho menos abundantes en Río Salado, que hacia el sur, por lo tanto sería poco probable que la fuente de provisión de ooides se encontrara más al norte.

Por lo tanto, quedarían dos posibles escenarios. Una opción sería que los terrígenos con una textura promedio de arena fina inferior (0,14 mm) fueran exportados de las regiones someras del este y luego quedarían durante un tiempo considerable en un sector marino intermedio entre ambas regiones. Posteriormente allí se produciría la formación de los ooides, que luego serían transportados hasta las regiones del oeste (Cerro Mesa). La segunda alternativa sería que los granos terrígenos fueran trasladados sin una interrupción significativa hasta los campos de dunas representados por los depósitos arenosos mixtos de Cerro Mesa. Una vez allí, comenzaría sobre muchos de ellos la precipitación carbonática en láminas para formar los ooides. Estas partículas crecerían bajo el movimiento de las corrientes mareales hasta alcanzar un diámetro promedio de arena fina superior (0,240 mm). Las mismas corrientes mareales los

transportarían y mezclarían con los terrígenos libres, hasta finalmente quedar conformado parte de los sedimentos mixtos de las dunas mareales. En el primer escenario los ooides serían “alóctonos” en relación al sistema de campos de dunas mareales (fuera de los mismos), mientras que en el segundo serían más autóctonos, es decir los granos habrían tenido cierto transporte, pero dentro del sistema donde se generaron y donde finalmente se hallan (campos de dunas). Si bien es difícil pensar qué escenario es más probable, hay elementos para inclinarse por uno u otro escenario. Para el primero planteado lo que aún quedaría por considerar sería cuál/cuáles fueron los procesos en zonas *offshore* que podrían haber provisto de la energía para hacer rodar los granos frecuentemente y facilitar la precipitación uniforme de láminas en la corteza de los ooides. El segundo escenario estaría reforzado por el hecho de que en Cerro Mesa el diámetro de los granos terrígenos libres es prácticamente igual que el de los núcleos de los ooides (promedio 0,150 mm), sugiriendo que la precipitación se iniciaba sobre granos que ya habían llegado a esa región.

8.2.2. Génesis de los ooides

Otro aspecto importante que permite analizar este trabajo es la generación y crecimiento de los ooides. Al comparar los tamaños de los núcleos de los ooides en las tres localidades (independiente de la abundancia relativa) se aprecia que el tamaño promedio de los mismos es similar y con baja dispersión: 0,136 mm en El Mangrullo, 0,152 mm en Cerro Mesa, y 0,131 mm en Río Salado. Dado que en todos los casos se hallaban granos más gruesos da la sensación que la precipitación se producía de preferencia sobre los terrígenos más finos. Esto podría deberse a que dado su menor tamaño serían los que más se podían mover, aún con las corrientes más débiles. Y debemos recordar que la generación de ooides laminares y homogéneos como los observados en este estudio requiere de granos que estén moviéndose y rotando con cierta frecuencia. No solo la génesis de ooides parece haber actuado sobre los granos más finos, sino que también parecen tener un valor de crecimiento máximo, que está expresado en este trabajo por la relación tamaño externo versus diámetro de núcleo, y que varía así: 0,57 en Cerro Mesa, 0,60 en Río Salado y 0,68 en El Mangrullo. Si pensamos que 0,5 sería un diámetro final de exactamente el doble del diámetro original, lo que se aprecia es que el crecimiento tiende a “detenerse” un poco antes de llegar a ese valor. Y el hecho de que los ooides de El Mangrullo posean el menor valor de crecimiento, también podría reforzar el hecho de que no era en esas regiones donde se daban las condiciones óptimas para su desarrollo.

8.3. Componentes esqueléticos (crinoideos)

El análisis de proveniencia de estos componentes se basa en el hecho de que no están presentes en la localidad El Mangrullo y poseen características muy semejantes en Río Salado y Cerro Mesa. En primer lugar, su proporción en las rocas mixtas de estas dos localidades es similar, con valores que varían entre 1 y 16%, y con promedios de abundancia de 8,75% en la primera y 5,35% en la segunda. En cuanto a los tamaños y selección, tampoco se hallan patrones claros. En las dos regiones hay una mala selección, con granos que varían entre arena muy gruesa y arena mediana, y los promedios arrojaron 0,53 mm para Río Salado y 0,58 mm para Cerro Mesa (arena gruesa inferior). En cuanto a la forma de los bioclastos, prevalecen formas proladas en esta última localidad mientras que en Río Salado hay igual proporción de formas proladas (53%) y discoidales (47%).

Dadas todas estas evidencias, la opción más probable es que los bioclastos de crinoideos no provengan de un área fuente alejada, sino que tengan un fuerte carácter autóctono. Esto se ve apoyado por el nivel de conservación de los bioclastos, ya que suele apreciarse la forma externa de las placas. También lo sugiere la mala selección, ya que al ser partículas originalmente de distintas partes del organismo y de diferente tamaño, la escasa distancia a la zona de producción de los mismos impide que se genere una buena selección en los depósitos. Esto también está fuertemente apoyado por los ejemplares en posición de vida en perfecto estado de conservación que se describieron para el mismo intervalo en Cerro Mesa (Lazo et al., 2020). Estos bancos con crinoideos preservados fueron atribuidos a superficies de reactivación que separan los sucesivos sets de dunas mareales subácuas. Estos autores sugieren que los crinoideos colonizaban las partes inferiores de las caras de avalancha y episódicamente podían ser enterrados completamente. Cuando ello no ocurría, es dable pensar que los fragmentos que se iban liberando de los organismos se mezclaban en la carga de fondo de las corrientes mareales y se transportaban corriente abajo. En ese sentido, los componentes de crinoideos descritos en las rocas mixtas de Cerro Mesa y Río Salado reflejan una fuente local y poco transporte, hasta mezclarse con los ooides y terrígenos para formar los depósitos mixtos más diversos aquí descritos.

9. Conclusiones

En este trabajo se llevó a cabo un análisis sistemático y exhaustivo al microscopio de la textura y la composición de numerosas sedimentitas marinas mixtas seleccionadas para tres localidades del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio (Cerro Mesa, Río Salado y El Mangrullo), con el objetivo de Identificar posibles zonas de producción y/o de aporte de los componentes principales analizados (terrígenos, esqueletales y no esqueletales), y así comprender de manera más clara los mecanismos involucrados en la mezcla de los sedimentos y su evolución.

Ante la complejidad intrínseca de los depósitos mixtos analizados, se decidió ampliar y/o generar nuevas estrategias metodológicas de caracterización petrográfica ultra-detallada orientadas a describir de forma detallada y clara las características propias de cada una de las muestras. Este proceso incluyó la clasificación de las sedimentitas según criterios de rocas mixtas. Este proceso de análisis probó ser fundamental para el entendimiento de ciertas características esenciales ligadas a los ambientes de depositación correspondientes.

Los principales resultados de este proyecto sugieren que:

1) Los componentes terrígenos analizados en los sectores occidentales del área considerada, es decir Cerro Mesa y Río Salado, poseen atributos de tamaño de grano, forma y composición que los hace muy similares entre sí. Dadas sus características y las paleogeografías disponibles para ese momento, es muy factible que dichos componentes hoy presentes en depósitos de campos mareales de offshore provengan de áreas ubicadas al este (El Mangrullo), donde se describieron areniscas medianas a gruesas formadas en ambientes deltaicos.

2) Los componentes carbonáticos no esqueletales, específicamente representados por ooides son muy comunes en Cerro Mesa, frecuentes en Río Salado y muy poco comunes en El Mangrullo. Sus tamaños promedio comúnmente están en el límite arena mediana a gruesa (0,25 mm) y sus núcleos están dominados por granos terrígenos cuyo tamaño promedio ronda los 0,13 y 0,15 mm (arena fina inferior). Dado que existe disponibilidad de granos más gruesos y más finos para funcionar como núcleos pareciera que hay cierta predilección por generar ooides sobre dichos tamaños. Además parece haber un límite de crecimiento para los ooides.

3) Dadas las características, distribución y abundancia relativa de los ooides en el área de estudio, es posible asegurar que los ooides no provienen de la región oriental (El Mangrullo), ni tampoco de áreas ubicadas más al norte del Río Salado. Se plantean dos alternativas en este trabajo: o bien se producen en una zona intermedia entre las dos estudiadas en este trabajo, o

bien se producen en los campos de dunas una vez que los granos terrígenos son exportados hasta allí. Dada la similitud de tamaño y composición entre los núcleos de los ooides y los terrígenos “libres” que se hallan junto a los ooides en estas rocas mixtas, es dable pensar que el segundo escenario es más factible.

4) Los componentes carbonáticos esqueletales analizados en este trabajo, es decir los fragmentos de crinoideos, no están presentes en la localidad El Mangrullo y poseen características muy semejantes en Río Salado y Cerro Mesa. Por lo general son un componente subordinado en estas dos localidades (1-15%), pero poseen el máximo tamaño entre los tipos de partículas consideradas, con tamaños dominantes en arena gruesa y muy gruesa (promedio 0,53-0,58 mm). A diferencia de los otros componentes muestras una mala selección, y presentan formas variadas desde discoidales hasta proladas.

5) Dadas las características, distribución y abundancia relativa de los fragmentos de crinoideos en el área de estudio, es posible asegurar que los mismos tampoco provienen de la región oriental (El Mangrullo). La integración de la información analizada en este trabajo con estudios que sugieren el desarrollo de crinoideos habitando zonas al pie de las dunas mareales (Lazo et al., 2020), permite indicar que los fragmentos que se iban liberando de los organismos se mezclaban en la carga de fondo de las corrientes mareales y se transportaban corriente abajo junto con los ooides y los granos terrígenos ya mencionados. Por lo tanto, se propone que los componentes de crinoideos descritos en las rocas mixtas de Cerro Mesa y Río Salado reflejan una fuente local y con poco transporte que quedaba confinado a las zonas de máxima energía de los campos mareales (zonas de dunas y zonas arenosas con óndulas).

10. Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento al Centro de Investigaciones Geológicas (CIC) por permitir utilizar las herramientas e instalaciones, al director Dr. Ernesto Schwarz y co-director Gastón Álvarez Trentini por apoyar, dirigir y orientar este trabajo, y a Pampa S.A. por permitir la utilización de sus datos en el desarrollo del trabajo.

11. Referencias bibliográficas

- Álvarez Trentini, G. et. al. 2018. Cuantificación y caracterización de componentes silicoclásticos y carbonáticos en la transición entre ciclos de alta frecuencia (Formación Mulichinco, Cuenca Neuquina). XVI *Reunión Argentina de Sedimentología*, Libro de resúmenes, p. 85. Roca, Argentina.
- Arcuri et al. 2005. Los lóbulos arenosos de la Formación Lotena en la sierra de Vaca Muerta, Cuenca Neuquina, Argentina. XVI *Congreso Geológico Argentino*.
- Folk, R. L. 1959. Practical Petrographic Classification of Limestones. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, v. 43, pp. 1-18.
- Garzanti, E., 1991. Non-Carbonate Intrabasinal Grains in Arenites: Their Recognition, Significance, And Relationship to Eustatic Cycles and Tectonic Setting. *Journal of Sedimentary Research*, v. 61, pp. 959–975
- Goldammer, R.K., 2003. Mixed siliciclastic and carbonate sedimentation. In Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks. *Encyclopedia of Sediments And Sedimentary Rocks*, pp. 443-447.
- Lazo, D., Bressán, Schwarz, E. y Veiga, G.D., 2020. First articulated stalked crinoids from the Mesozoic of South America: two new species from the Lower Cretaceous of the Neuquén Basin, west-central Argentina. *Journal of Paleontology*. [https://doi: 10.1017/jpa.2020.15](https://doi.org/10.1017/jpa.2020.15)
- LCV, 2017. Sondeo PBE.Nq.M-1040 (Mangrullo). (1ª a 4ª ccc). Formación Agrio, Miembro Pilmatué. Estudio sedimentológico, petrográfico, diagenético, mineralógico, de microscopía electrónica y petrofísico. 163 pp. Informe inédito.
- Moore, S. A., Birgenheier, L. P., Greb, M. D., Minisini, D., Tunik, M., & Omarini, J. (2020). Facies heterogeneity and source potential of carbonate-mudstone-dominated distal ramp deposits, Agrio Formation, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Sedimentary Research*, v. 90, pp. 533-570.
- Mount, J. F., 1984. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology*, v. 12, p. 432-435.

- Mount, J. F., 1985. Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*, v. 32, pp. 435-442.
- Olivo, M.S., Schwarz, E. y Veiga, G.D., 2016. Modelo de acumulación y evolución secuencial del intervalo cuspidal de la Formación Quintuco en su área tipo: implicancias para las reconstrucciones paleogeográficas del margen austral de la Cuenca Neuquina durante el Valanginiano. *Andean Geology*, v. 43, pp. 215-239. doi: 10.5027/andgeoV43n2-a04.
- Remírez, M., Spalletti, L.A. y Isla, M.F., 2020. Petrographic, mineralogical and geochemical characterization of fine-grained rocks of the Pilmatué Member (Upper Valanginian–Lower Hauterivian) of the Neuquén Basin (Argentina): Implications for siliciclastic input, carbonate productivity and redox conditions. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 102, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102663>.
- Schwarz, E., Veiga, G.D., Álvarez Trentini, G., Isla M.F. y Spalletti, L.A., 2018a. Expanding the spectrum of shallow-marine, mixed carbonate-siliciclastic systems: processes, facies distribution, and depositional controls of a siliciclastic-dominated example. *Sedimentology*, v. 65, pp. 158-189.
- Schwarz, E., Echevarria, C. y Veiga, G.D., 2018b. Sedimentología y estratigrafía secuencial de alta resolución de reservorios no convencionales de origen deltaico del Miembro Pilmatué (Formación Agrio, Cuenca Neuquina). En: Simposio Reservorios No Convencionales (Eds., Santiago, M., Fantín, M., Vallejo, M.D., González Tomassini, F., Estrada, S., Marchal, D., Aguirre, H., López, S.), *X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, IAPG. pp. 363-385.
- Schwarz, E., Finzel, E., Veiga, G.D., Rapela, C.W., Echevarria, A. y Spalletti, L.A., 2021. U-Pb Geochronology and Paleogeography of the Valanginian-Hauterivian Neuquén Basin: Implications for Gondwana-scale source areas. *Geosphere*, v. 17, pp. 244–270. <https://doi.org/10.1130/GES02284.1>
- Spalletti, L.A., Veiga, G.D. y Schwarz, E., 2011. La Formación Agrio (Cretácico Temprano) en la Cuenca Neuquina. En: *Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén* (Eds. Leanza, H., Vallés, J., Arregui, C. y Danieli, J.C.). Capítulo 13, pp. 145-160.
- Van Siclin, D. C., 1964. *Depositional Topography in Relation to Cyclic Sedimentation*. University of Houston, Houston, Texas.

Veiga, G.D. and Schwarz, E. 2017. Facies characterization and sequential evolution of an ancient offshore dunefield in semi-enclosed sea: Neuquén Basin, Argentina. *Geo-Mar Letters*, v. 37, pp. 411-426.

Veiga, G.D., Spalletti, L.A. y Schwarz, E., 2011. El Miembro Avilé de la Formación Agrio (Cretácico Temprano). En: Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén (Eds. Leanza, H., Vallés, J., Arregui, C. y Danieli, J.C.). Capítulo 14, pp. 161-173.

Weaver, C.E., 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. *Memoirs of the University of Washington*, I. University of Washington Press, Seattle.