



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN GEOLOGÍA

“ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y TAFONÓMICO DE LA FORMACIÓN ROCA
(DANIANO), EN CERROS BAYOS, PROVINCIA DE LA PAMPA”

Rene Guillermo PLAA

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2009

“Al evocar imágenes de lo pasado veo cruzar a menudo ante mis ojos las llanuras de la Patagonia, que generalmente son consideradas yermas e inútiles. Sólo pueden ser descritas por los caracteres negativos: sin viviendas, sin agua, sin árboles, sin montañas, sin vegetación, fuera de algunas plantas enanas. ¿Por qué, pues –y no soy el único a quien esto le sucede-, por qué estos áridos desiertos han echado tan profundas raíces en mi memoria?

Charles Darwin
Diario del viaje de un naturalista alrededor del mundo

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Análisis de Cuencas, dependiente del Departamento de Ciencias Naturales, durante el período comprendido entre el 16 de marzo de 2007 y el 27 de febrero de 2009, bajo la dirección de Ana Parras; y bajo la codirección de Miguel Griffin.

Después de más de 4 años de haber realizado el viaje de campo para desarrollar esta tesina, y acompañado con varios problemas personales, fue posible terminarla principalmente gracias a Ana Parras, a quien agradezco su apoyo y consideración, por la cual será totalmente agradecida y recordada por su gran gesto y enorme corazón.

Agradezco también a Miguel Griffin por la ayuda brindada en el campo y en la determinación de los invertebrados fósiles presentes y a Ricardo Palma, de la Universidad Nacional de Buenos Aires, por su asistencia en el estudio inicial de las secciones delgadas.

27 de febrero de 2009

Departamento de Ciencias Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

Se realizó el estudio sedimentológico y tafonómico de las sedimentitas de la Formación Roca (Daniano), en Cerros Bayos, provincia de La Pampa, con el objetivo de obtener un conocimiento detallado de las condiciones paleoambientales existentes en este sector de la cuenca Neuquina con posterioridad al límite Cretácico/Paleógeno. Las sedimentitas se habrían depositado en un ambiente marino somero, desde la plataforma interna en la base a la zona supramareal en el techo, bajo condiciones de aridez creciente. El patrón de apilamiento vertical es típico de ambientes de llanuras de marea en plataformas carbonáticas, reflejando condiciones regresivas en climas áridos. Las pelitas con intercalaciones de wackstones a floatstones y los rudstones con concentraciones inusuales de nautiloides (Asociación de facies A), evidencian ciclos de profundización y somerización alternantes en un ambiente de plataforma interna a submareal. Son cubiertas por rudstones a wackstones bioturbados, con bioclastos de organismos bentónicos (Asociación de facies B, Concentración A), clasificados previamente como biohermas ostreros esqueletales mixtos, sin embargo su geometría y los rasgos tafonómicos de los bioclastos, indicarían que constituirían concentraciones sedimentológicas, generadas por la acción hidrodinámica de las olas en un ambiente submareal. Hacia arriba se intercala una concentración biogénica-sedimentológica (Concentración B), constituida por *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), formada en un ambiente somero, con poco material clástico en suspensión. La sucesión culmina con grainstones oolíticos, packstones con yeso interstratificado y mudstones con estructuras algales (Asociación de facies C, Concentraciones C, D y E), formados en condiciones someras y de alta salinidad, típicas de ambientes intermareales a supramareales, probablemente de *sabkhas* costeros.

ABSTRACT

The Roca Formation (Danian) at Cerros Bayos, province of La Pampa, was studied from a sedimentological and taphonomic point of view, in order to obtain a detailed knowledge of the paleoenvironmental conditions in that part of the basin just after the Cretaceous/Paleogene boundary. The rocks were probably deposited in a shallow marine environment, ranging from inner shelf at the base to supratidal at the top, under increasingly dryer conditions. The vertical stacking pattern is typical of that found in carbonatic shelf tidal plains, reflecting regressive conditions in dry climates. The siltstones with intercalated wackstones to floatstones, and the rudstones with unusual concentrations

of nautiloids (Facies Association A) evidence deepening/shallowing cycles in an inner shelf to subtidal environment. These are overlain by bioturbated rudstones to wackestones with bioclasts of benthic organisms (Facies Association B, Concentration A and B), classified previously as mixed skeletal oyster bioherms; their geometry and taphonomic features, however, suggest they were sedimentologic concentrations originated by wave hydrodynamics in a subtidal environment. At the top lies intercalated a biogenic-sedimentologic concentration of *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), originated in a shallow environment with scarce suspended clastic fraction. The section ends with oolitic grainstones, packstones with interstratified gypsum, and beds with algal structures (Facies Association C, Concentrations C, D and E). These were originated in shallow high salinity conditions typical of intertidal to supratidal environments, probably representing coastal *sabkhas*.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD Y VÍAS DE ACCESO	3
4. MATERIALES Y MÉTODOS	4
4.1. Tareas de campo	4
4.2. Tareas de laboratorio	5
4.3. Tareas de gabinete	5
5. MARCO GEOLÓGICO	6
6. SEDIMENTOLOGÍA	9
6.1. Descripción de la sección	9
6.2. Análisis de facies	10
6.2.1. Clasificaciones empleadas	10
6.2.2. Descripción e interpretación de facies	10
6.3. Asociación de facies.....	23
7. TAFONOMIA.....	25
7.1. Descripción de las concentraciones esqueléticas.....	27
7.2. Génesis y significado paleoambiental	35
8. DISCUSIÓN.....	37
9. CONCLUSIONES.....	41
10. BIBLIGRAFÍA CITADA	43

1. INTRODUCCIÓN

En la localidad de Cerros Bayos, provincia de La Pampa, afloran sedimentitas asignadas a las formaciones Jagüel (Bertels, 1969) y Roca (Weaver, 1927), unidades incluidas en el Grupo Malargüe (Uliana y Dellapé, 1981). Las mismas contienen el límite Cretácico/Paleógeno y constituyen el registro de la primera transgresión procedente del océano Atlántico para la cuenca Neuquina (Windhausen, 1914; 1926; Wichmann, 1927; Bertels, 1979; Uliana y Dellapé, 1981), la que habría estado asociada al hundimiento del margen pasivo patagónico ocasionado por enfriamiento litosférico y sobrecarga de sedimentos (Uliana y Biddle, 1988).

Los afloramientos de esta localidad son conocidos desde la primera mitad del siglo pasado (Wichmann, 1928; Sobral, 1942a; 1942b; Leanza, 1967), habiéndose incrementado en los últimos años el interés por los mismos, debido a la excelente oportunidad que brindan para el estudio de los cambios ambientales y faunísticos producidos durante e inmediatamente después del límite Cretácico/Paleógeno. Algunos de estos trabajos abordaron aspectos sedimentológicos (Leanza y Hugo, 1985; Casadío, 1990; 1994; Casadío y Concheyro, 1992; Parras *et al.*, 2004) y en otros se realizó el estudio de la fauna de macroinvertebrados presente, incluyendo bivalvos, gasterópodos, nautiloideos, decápodos y equinodermos (Casadío, 1994, 1998; Feldmann *et al.*, 1995; Parma, 1996; Casadío *et al.*, 1999; Parma y Casadío, 2005; del Río *et al.*, 2007; 2008; Griffin *et al.*, 2008). Asimismo se han realizado estudios micropaleontológicos de nanofósiles calcáreos (Casadío y Concheyro, 1992; del Río *et al.*, 2007) y se han descrito reptiles (de La Fuente y Casadío, 2000). Si bien estas publicaciones han incrementado notablemente el conocimiento acerca de la fauna de macroinvertebrados, vertebrados y microfósiles de la Formación Roca en esta localidad, aún existen controversias acerca de los ambientes depositacionales y la interpretación de algunas de las estructuras presentes.

En la sección aflorante, de base cubierta por sedimentos recientes, Casadío (1990; 1994) y Casadío y Concheyro (1992) reconocieron tres ciclos de somerización (Parasecuencias III a V). El primero comienza con mudstones conteniendo una asociación de foraminíferos en la cual predominan las formas planctónicas (Leanza y Hugo, 1985), los mismos corresponden a la Formación Jagüel y contendrían el límite Cretácico/Paleógeno (Casadío, 1990; del Río *et al.*, 2007). Hacia arriba pasan a wackstones y grainstones con agregados sedimentarios tubulares (*Psilonichnus*). Este sector de la sección, en base a la asociación de foraminíferos presentes, fue interpretado por Leanza y Hugo (1985) como depositado en un ambiente de plataforma distal o externa, en tanto que Casadío (1990), en base a la

presencia de *Psilonichnus* (una traza frecuente en la parte superior del *foreshore*), propuso un ambiente más somero, submareal en la base que gradualmente pasa a intermareal en el techo. El siguiente ciclo comienza con mudstones conteniendo una asociación de foraminíferos y ostrácodos que, según Leanza y Hugo (1985) indican condiciones de plataforma interna, gradualmente pasan a packstones y finalizan con una capa de grainstones de espesor variable. El último de los ciclos identificado está constituido por estructuras abovedadas y elongadas, que fueron estudiadas por Leanza y Hugo (1985) durante un reconocimiento regional realizado en las provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa, en el marco del Plan Fosforita del Servicio Minero Nacional. Estos autores las consideraron como “biohermas ostreros esqueléticas mixtos”, originados por la acumulación de conchillas *in situ* con participación hidrodinámica subordinada, proponiendo una ubicación paleogeográfica tan amplia como de plataforma interna o área próxima a estuarios. Continúan niveles constituidos enteramente por valvas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), culminando con packstones y grainstones oolíticos y packstones con yeso, interpretados por Casadío (1990) como depositados en un ambiente de alta energía y como depósitos de lagoon respectivamente.

El principal ánimo de esta Tesina es realizar un detallado estudio sedimentológico y tafonómico de las sedimentitas de la Formación Roca en esta localidad, que permita conocer su génesis y precisar mejor los paleoambientes de depositación, mejorando así las interpretaciones paleogeográficas existentes para el Daniano en el sector septentrional de la cuenca Neuquina.

2. OBJETIVOS

- Lograr un adecuado conocimiento sedimentológico de la Formación Roca (Daniano), en la localidad de Cerros Bayos, provincia de La Pampa.
- Determinar los cambios relativos del nivel del mar durante dicho período, mediante el estudio sedimentológico de las rocas y el tafonómico de las concentraciones de conchillas presentes.
- Obtener un conocimiento detallado de las condiciones paleoambientales existentes en este sector de la cuenca Neuquina, inmediatamente después del límite Cretácico/Paleógeno.

3. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD Y VÍAS DE ACCESO

La sección estudiada se encuentra en la localidad de Cerros Bayos (Figuras 1 y 2), ubicada en el departamento de Puelén, oeste de la provincia de La Pampa, a los 37° 36' de latitud sur y 67° 39' de longitud oeste. Se accede a ella recorriendo 10 km hacia el este por la Ruta Provincial N° 20 (“Ruta del Desierto”), desde el cruce entre ésta y la Ruta Nacional N° 151. A partir de allí, debe tomarse una huella de tierra, durante 6 km en dirección el norte. El estado del camino es bueno, excepto después de lluvias importantes, que anegan los bajos.

Desde la Ruta del Desierto el terreno parece llano, pero al recorrer los 6 km por la huella se observa una depresión correspondiente al Salitral de la Perra, en cuyo margen sudoccidental, afloran las sedimentitas pardo amarillentas del Maastrichtiano/Daniano pertenecientes a las formaciones Jagüel y Roca.

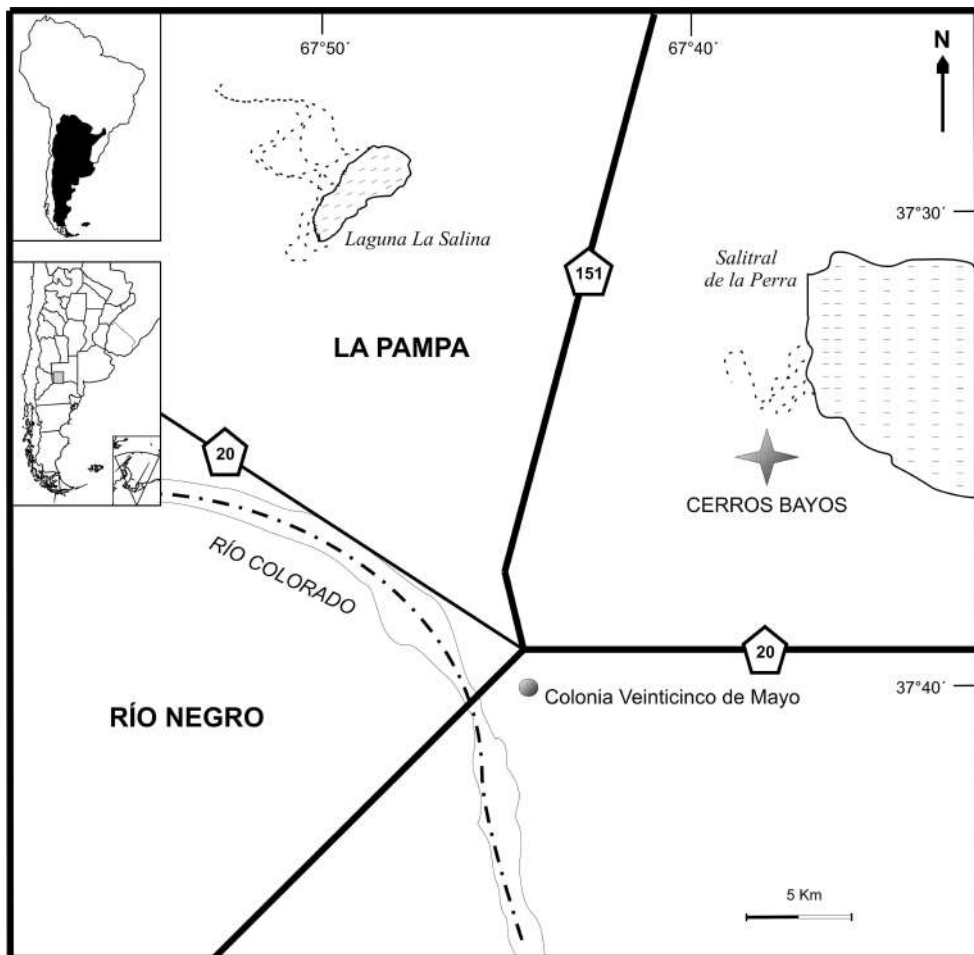


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad estudiada



Figura 2. Vista panorámica del afloramiento y el Salitral de la Perra

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tareas de campo

En el afloramiento, se seleccionó el sitio con menor cobertura vegetal levantándose un perfil sedimentológico vertical detallado (escala 1:10). Se identificaron cada una de las capas, midiendo con báculo de jacob y denotando litología, tamaño de grano, color, estructuras sedimentarias y contenido paleontológico. Para el color se utilizó la *Geological Society of America Rock color Chart* (Goddard *et al.*, 1948). Para la descripción de rocas carbonáticas, se utilizó la clasificación de campo de Dunham (1962), modificada por Embry y Klovan (1972). También se efectuó el muestreo de las sedimentitas capa por capa, con el objetivo de realizar cortes delgados y se recolectaron fósiles para determinaciones taxonómicas, haciendo especial referencia a los niveles estratigráficos portadores. Se efectuaron observaciones respecto a la posición y abundancia relativa de los diferentes taxones así como de las trazas fósiles. Se tomaron fotografías de diferentes aspectos del perfil relevado.

En la parte superior de la sección se realizaron cuadrículas de 0,25 m², a intervalos de 1 m de espesor, registrando rasgos estratigráficos (espesor, extensión lateral, contactos y geometría), sedimentológicos (tipo de matriz, empaquetamiento y estructuras asociadas), tafonómicos (orientación, desarticulación, fragmentación, encostramiento, abrasión,

bioerosión y selección por tamaño) y paleoecológicos (composición taxonómica y hábito de vida). El empaquetamiento y la selección por tamaño fueron estimados siguiendo las categorías semi-cuantitativas sugeridas por Kidwell y Holland (1991). Para la geometría de las concentraciones y la orientación de los bioclastos, se siguió la clasificación de Kidwell *et al.* (1986). En aquellos niveles en los cuales el material estaba suelto, se tomaron volúmenes estandarizados de muestra (3 kg), como así también especímenes al azar (100 ejemplares), con el objetivo de determinar el número y proporción de ejemplares articulados, valvas izquierdas, valvas derechas y fragmentos, como así también porcentaje relativo de valvas con encostramiento o bioerosiones sobre alguna de sus superficies.

4.2. Tareas de laboratorio

Se realizaron 32 cortes delgados con el objetivo de conocer la mineralogía y granulometría y poder determinar el tipo de roca. Los mismos fueron efectuados en el Laboratorio de Petrología del Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa y en el Laboratorio de Cortes del Departamento de Geología de la Universidad Nacional de San Luis.

Se efectuó la limpieza y preparación de los fósiles empleando medios mecánicos y químicos. Para la obtención de ejemplares de pequeño tamaño se desagregaron, lavaron y tamizaron muestras de material suelto. Para desagregar se utilizó peróxido de hidrógeno, sumergiendo las muestras durante 48 horas, con el objetivo de eliminar la materia orgánica. Luego se tamizó con agua en 3 tamices de malla 45 (0,351 mm), 25 (0,701 mm) y 10 (1,98 mm). Finalmente se procedió a la separación de los distintos taxones y a la identificación de organismos incrustantes y/o estructuras bioerosivas en las ostras, con ayuda de una lupa binocular.

4.3. Tareas de gabinete

Se realizó la recopilación bibliográfica existente sobre el área de trabajo, como así también, sobre temas metodológicos de índole sedimentológica, paleontológica y tafonómica, para ello se consultaron libros de texto, publicaciones periódicas, notas de cursos, actas de jornadas, congresos y reuniones científicas.

Con la información obtenida durante el relevamiento de campo, se describió y dibujó un perfil a escala, utilizando el programa Corel Draw versión 12.0. Se efectuó el análisis de facies, su descripción interpretación hidrodinámica, el agrupamiento en asociaciones de facies y se procedió al análisis paleoambiental, utilizando bibliografía específica sobre los

diferentes temas. Se efectuó la descripción de las diferentes concentraciones esqueléticas identificadas, procediendo a la determinación de los agentes que las originaron y ajustando las interpretaciones paleoambientales.

Se realizó la determinación taxonómica de los fósiles coleccionados comparando, siempre que fue posible, con los ejemplares tipos y utilizando bibliografía específica. Posteriormente se fotografiaron y registraron en la colección de la cátedra de Geología Histórica y Regional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, bajo la sigla GHUNLPam.

5. MARCO GEOLÓGICO

La cuenca Neuquina se encuentra ubicada en el sector centro occidental de la República Argentina, extendiéndose sobre gran parte de la provincia de Neuquén, el suroeste de Mendoza, el oeste de La Pampa y el noroeste de Río Negro (Figura 3). Según Legarreta *et al.* (1989) su evolución tectónica se desarrolló en varias etapas: durante el Triásico Superior al Jurásico Inferior la cuenca comenzó a configurarse y rellenarse con depósitos que, por su geometría y facies, ponen de manifiesto una subsidencia controlada por fracturas del sustrato, durante un estadio de *rift*; del Jurásico Inferior al Cretácico Superior se desarrolló una etapa de subsidencia térmica y, durante el Cretácico Superior alto y el Paleógeno, se esbozó un efecto de carga de la losa siálica en el sector occidental de la cuenca, debido posiblemente al marcado crecimiento y migración hacia el este del arco volcánico. Finalmente desde el Paleógeno al Cuaternario se instauró una etapa dominada por los procesos de la tectogénesis Andina. Barrio (1990) indicó que al comienzo esta cuenca se instaló como una cuenca de intrarco, durante el límite Triásico – Jurásico y hasta el Cretácico Superior pasó a comportarse como una cuenca de *backarc*, y finalmente evolucionó como una cuenca de *foreland* o retroarco. Las sedimentitas que integran su relleno, son de edad Triásico Superior a Paleógeno, y fueron divididas, por Groeber (1946) en tres ciclos sedimentarios denominados Jurásico, Ándico y Riográndico. El ciclo Riográndico fue dividido en dos subciclos, el inferior denominado subciclo Neuqueniano (Cenomaniano?-Campaniano) de carácter continental y el superior, denominado subciclo Malalhueyano (Campaniano-Paleoceno), constituido por las sedimentitas del Grupo Malargüe depositadas en ambientes desde continental a marino. En el área Andina de la cuenca este grupo se compone, de base a techo, de las Formaciones Loncoche (Groeber, 1946), Jagüel (Bertels, 1969), Roca (Weaver, 1927) y Pircala (Fossa Mancini, 1938).

Mientras que, en el área oriental, denominada engolfamiento Neuquino, está integrada por las Formaciones Allen (Roll, 1939), Jagüel, Roca y El Carrizo (Uliana y Dellapé, 1981) (Figura 4). Estudios efectuados sobre las sedimentitas del Grupo Malargüe han permitido determinar que las mismas constituyen el registro de la primera ingesión Atlántica para la cuenca (Uliana y Dellapé, 1981), la cual habría estado asociada al hundimiento del margen patagónico, ocasionado por enfriamiento litosférico y sobrecarga de sedimentos (Uliana y Biddle, 1988). Coincidente con este hecho, el arco volcánico comenzó a constituir un rasgo importante en el continente (Macellari, 1988; Legarreta *et al.*, 1989), comportándose como la principal fuente de aporte de sedimentos.

Los depósitos del Grupo Malargüe comienzan con facies de agua dulce y salobre, como así también costeros afectados por mareas y corrientes fluviales de las formaciones Loncoche y Allen. La Formación Loncoche (Senoniano Lacustre de Wichmann, 1927 o Loncochense de Groeber, 1946), fue descrita como de ambiente marino marginal por Cruz *et al.* (1990) y Legarreta *et al.* (1989), en tanto que Parras *et al.* (1998), en el área de Malargüe, interpretaron un ambiente continental para la sección inferior y marino marginal, para la sección superior de la misma. En el área del engolfamiento su equivalente, la Formación Allen, corresponde a depósitos de ambiente litoral hasta marino restringido (Uliana y Dellapé, 1981).

A la Formación Loncoche y su equivalente, le suceden facies marinas clásticas, fundamentalmente pelíticas, con fauna de ambiente marino de la Formación Jagüel. La misma fue mencionada por primera vez por Windhausen (1914, 1926), estando ubicada su localidad tipo en Jagüel de los Rosauros, en el área de Auca Mahuida (Uliana, 1979). El ambiente de depositación es marino de plataforma (Bertels, 1969; Uliana y Dellapé, 1981).

Durante el Maastrichtiano superior y el Daniano inferior comenzó una importante restricción de la superficie inundada (Casadío *et al.*, 1998) y se depositaron las sedimentitas de la Formación Roca, integrada por capas predominantemente carbonáticas (margas y calizas fosilíferas). Esta formación fue reconocida por primera vez por Doering (1882), denominada Rocaneén por Ihering (1903), Roca Formation por Weaver (1927) y Rocanense por Groeber (1946). La localidad tipo aflora a 12 Km de la ciudad de General Roca, siendo las sedimentitas que la forman de ambiente marino somero (Bertels 1970), submareal a intermareal (Parras *et al.*, 1998).

Finalmente, cubriendo la Formación Roca se depositaron las sedimentitas continentales de la Formación Pircala y las de su equivalente Formación El Carrizo. La Formación Pircala (Bohn, en Fosa Mancini, 1938) o Pircalense (Groeber, 1946), está formada por

capas rojas de areniscas y pelitas, en facies lacustres y fluviales meandriiformes (Parras *et al.*, 1998). En el área del engolfamiento la Formación El Carrizo, está constituida principalmente por evaporitas (Uliana y Dellapé, 1981).

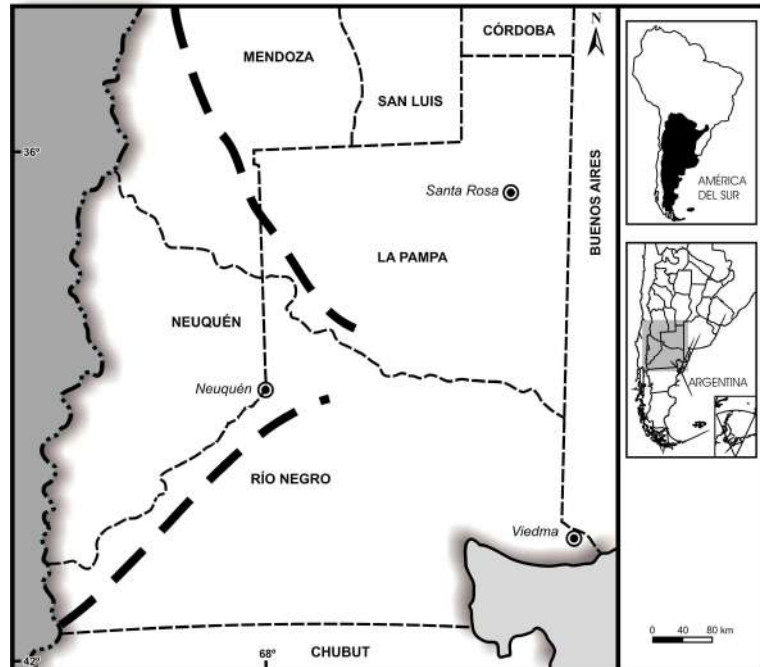


Figura 3. Ubicación cuenca Neuquina, marcada en línea de puntos

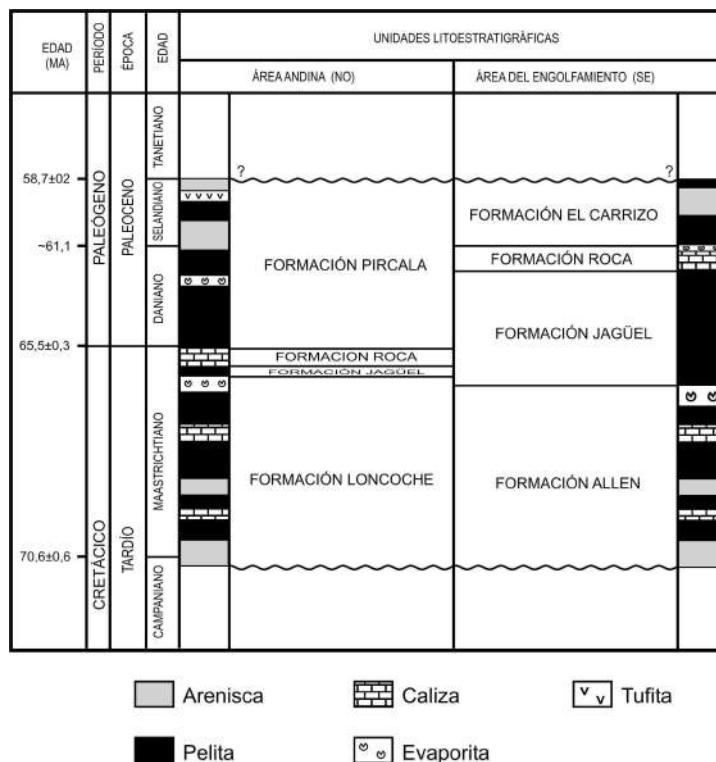


Figura 4. Cuadro cronoestratigráfico para el Grupo Malargüe, modificado de Parras *et al.*, 1998. Edades extraídas de la *Internacional Stratigraphic Chart* 2008, basada en Gradstein *et al.*, 2004 y Ogg *et al.*, 2008.

6. SEDIMENTOLOGÍA

6.1. Descripción de la sección (Figura 5)

----- cubierto -----

0-2,2 m	2,2 m de limoarcilitas calcáreas bioturbadas y en algunos sectores laminadas, con intercalaciones de capas y lentes de 0,10 a 0,20 m de espesor de wackstones a floatstones bioclásticos grises, con contactos ondulados. Las limoarcilitas contienen bivalvos y gasterópodos, en empaquetamiento pobre a disperso y con mala selección por tamaño, los bivalvos se presentan desarticulados y concordantes al plano, la fragmentación es moderada y la abrasión, encostramiento y bioerosión son muy bajas. Las calizas también contienen bivalvos (<i>Gryphaeostrea callophyla</i> (Ihering), <i>Pycnodonte burckhardti</i> (Böhm), <i>Venericardia</i> sp.) y gasterópodos (<i>Turritella</i> sp.), como así también nautiloideos y decápodos (<i>Callianassa burckhardti</i> Böhm, Decapoda indet.). El empaquetamiento es pobre y la selección por tamaño buena, los ejemplares presentan desarticulación moderada y se disponen concordantes al plano. La fragmentación, abrasión, encostramiento y bioerosión son muy bajas.
2,2-4,2 m	2 m de packstones a rudstones de color gris amarillento, con bivalvos (<i>Gryphaeostrea callophyla</i> (Ihering)), gasterópodos, nautiloideos y decápodos (<i>Callianassa burckhardti</i> Böhm), con geometría de capa y contactos ondulados. El empaquetamiento es pobre a disperso, la selección por tamaño bimodal, la orientación de algunos ejemplares es caótica y la de otros concordante al plano, la desarticulación y fragmentación son altas excepto en los nautiloideos que se encuentran muy bien preservados. El encostramiento, bioerosión o abrasión son muy bajos.
4,2-14,7 m	10,5 m de limoarcilitas calcáreas amarillentas bioturbadas y en algunos sectores laminadas, con intercalaciones de capas y lentes de 0,10 a 0,7 m de espesor de wackstones a floatstones bioclásticos grises, con contactos ondulados. Presentan bivalvos (<i>Gryphaeostrea callophyla</i> (Ihering), <i>Ostrea wilckensi</i> Ihering, <i>Pycnodonte burckhardti</i> (Böhm), <i>Gregariella amara</i> Griffin, Parras y Casadío, <i>Pinna</i> sp., <i>Venericardia</i> sp.), gasterópodos (<i>Turritella</i> sp.) y decápodos (<i>Callianassa burckhardti</i> Böhm). El empaquetamiento es pobre y la selección por tamaño buena, los ejemplares se presentan desarticulados, la fragmentación es nula en gasterópodos y moderada en bivalvos, la abrasión, encostramiento y bioerosión son bajas. Se disponen concordantes al plano con la convexidad hacia abajo o en posición caótica. Las limoarcilitas presentan numerosos ejemplares de <i>Pinna</i> sp. en posición de vida.
14,7-17,8 m	3,1 m de packstones de color gris amarillento, con geometría de capa y contactos ondulados. Presenta bivalvos y gasterópodos (<i>Turritella</i> sp.), en empaquetamiento pobre y con buena selección por tamaño. Los ejemplares se presentan desarticulados y en posición caótica, la fragmentación y la abrasión son bajas y no se observa encostramiento y bioerosión.
17,8-26,8 m	9 m de rudstones a packstones bioclásticos que se hacen wackstones hacia el techo. Matriz formada por pequeños fragmentos de conchilla. Se observan lentes con valvas enteras de <i>Pycnodonte sarmientoi</i> Casadío, principalmente izquierdas, en posición caótica o paralelas al plano de estratificación, con la convexidad hacia abajo. También se observan escasos ejemplares de otros bivalvos (<i>Nucula</i> sp., <i>Chlamys</i> sp., <i>Cubitostrea</i> sp., <i>Gregariella amara</i> Griffin, Parras y Casadío, <i>Pecten?</i> sp., <i>Venericardia iheringi</i> (Böhm), <i>Venericardia ameghinorum</i> Ihering, <i>Venericardia</i> sp., <i>Aphrodina</i> sp. y <i>Glycymeris</i> sp.), gasterópodos (<i>Bittium?</i> sp., <i>Gyrodes</i> sp., <i>Keilostoma</i> sp., <i>Zemitrella?</i> sp., <i>Dinaste?</i> sp., <i>Turritella</i> aff. <i>T. malaspina</i> Ihering, <i>Turritella?</i> c.f. <i>T. soarenasa</i> Hartt, <i>Turritella</i> sp.), escafópodos, pinzas de decápodos (<i>Callianassa burckhardti</i> Böhm), equinodermos, corales y briozoos ramificados e incrustantes. Presentan tubos rellenos con fragmentos de conchillas. Se observan galerías asignadas a <i>Thalassinoides</i> isp. La estratificación está dada por la presencia de óndulas de gran amplitud de 1,40 m a 1,80 m. Muestras 1 a 9.
26,8-27,2 m	0,40 m de limolita calcárea laminada. Presenta pequeños gasterópodos y valvas de ostras indeterminadas. Muestra 10.
27,2-29,9 m	2,70 m de bioherma constituido casi exclusivamente por ejemplares de <i>Cubitostrea ameghinoi</i> (Ihering). Presenta escasos especímenes desarticulados de <i>Pycnodonte sarmientoi</i> Casadío, como así también escasos gasterópodos y equinodermos. Muestras 11 a 13.
29,9-31,9 m	2 m de wackstone con estratificación entrecruzada tabular planar y tangencial. Presenta en la

base ejemplares de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), desarticulados y en posición caótica. Se intercalan niveles con menor cantidad de fósiles. Hacia el techo el techo se observan óndulas simétricas. Muestras 14 y 15.

- 31,9-32,4 m 0,50 m de mudstones y wackstones laminados, con niveles de anhidrita en la base. Presenta ejemplares de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), desarticulados, concordantes al plano con la convexidad hacia arriba. En el techo del nivel se observan óndulas simétricas con dirección SE – NW. Muestra 16.
- 32,4-33,3 m 0,90 m de grainstone oolítico, finamente laminado, con estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar de bajo ángulo en el techo, con contactos ondulados. En la base se observan valvas desarticuladas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) e intercalaciones de anhidrita. Este nivel presenta espesores variables y en algunos sectores llega a medir 2 metros. En el techo se observan grietas de desecación. Muestra 17.
- 33,3-34 m 0,70 m de wackstone con laminación ondulítica y niveles de anhidrita. Muestra 18.
- 34-35,8 m 1,80 m de mudstone con estructura algal. Muestra 19.

----- cubierto -----

6.2. Análisis de facies

6.2.1. Clasificaciones empleadas

Para determinar el tipo roca carbonática se utilizó la clasificación de Dunham (1962), con las modificaciones propuestas por Embry y Klovan (1972). Para la identificación de los distintos componentes se utilizó la guía ilustrada de rocas carbonáticas de Scholle (1978) y el atlas de rocas sedimentarias de Adams *et al.* (1991). Para el color se utilizó la *Geological Society of America Rock color Chart* (Goddard *et al.*, 1948).

6.2.2. Descripción e interpretación de facies

A continuación se ofrece la descripción de las facies identificadas en la sección medida y su interpretación hidrodinámica, con la finalidad de comprender los procesos actuantes. La ubicación de las mismas puede observarse en la Figura 5.

Facies 1

DESCRIPCIÓN

Limoarcilitas calcáreas bioturbadas y en algunos casos finamente laminadas, de color amarillo oscuro, con intercalaciones de capas y lentes de 0,10 a 0,70 m de espesor de wackstones a floatstones bioclásticos grises, con contactos ondulados (Figura 6), que se hacen más potentes y numerosos hacia el techo.

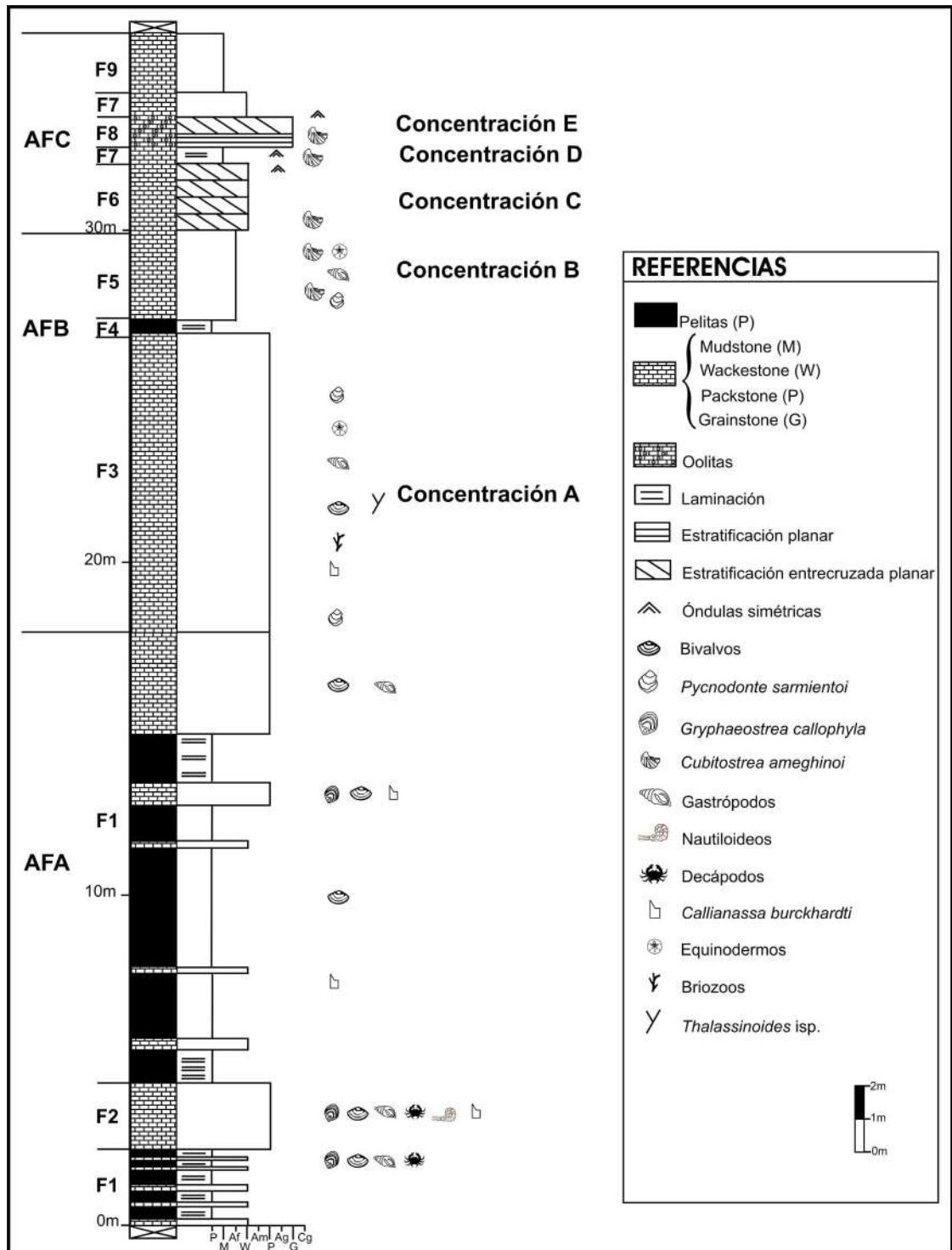


Figura 5. Sección estratigráfica de la Formación Roca en Cerros Bayos, con la ubicación de las facies (F1-F9), asociaciones de facies (AFA-AFC) y concentraciones esqueléticas (Concentración A-Concentración E).

Las limoarcilitas contienen bivalvos y gasterópodos en empaquetamiento pobre a disperso y con mala selección por tamaño. Los bivalvos se presentan en dos modos: desarticulados y concordantes al plano y articulados, como es el caso de numerosos ejemplares de *Pinna* sp., formando aglomeraciones de 5 a 7 individuos en posición de vida. Las calizas también contienen bivalvos (*Gryphaeostrea callophyla* (Ihering), *Ostrea*

wilckensi Ihering, *Pycnodonte burckhardti* (Böhm), *Gregariella amara* Griffin, Parras y Casadío, *Venericardia* sp. y gasterópodos (*Turritella* sp.), como así también nautiloideos, equinodermos y decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm, Decapoda indet.). El empaquetamiento es pobre y la selección por tamaño buena, los ejemplares presentan desarticulación moderada y se disponen concordantes al plano (con la convexidad hacia abajo) o en posición caótica. La fragmentación es baja a moderada y la abrasión, encostramiento y bioerosión son muy bajos.

De esta facies provienen los restos de tortuga (*Pampaemys meridionalis*) descritos por de la Fuente y Casadío (2000), los decápodos *Hoploparia* cf. *H. arbei* Aguirre-Urreta, *Ctenocheles* sp., *Lobonotus lobulata* Feldmann, Casadío, Chirino-Gálvez y Aguirre-Urreta y *Xanthilites gerthi* Glaessner, descritos por Feldmann *et al.* (1995) y los nautiloideos (*Eutrephoceras* sp., *Hercoglossa romeroi* (Ihering) y *Hercoglossa* aff. *H. walteri* Miller) descritos por Casadío *et al.* (1999).

Se observan galerías asignadas a *Thalassinoides* isp.

INTERPRETACIÓN

La granulometría indica que esta facies se habría depositado por decantación de material pelítico en un ambiente de baja energía. Iguales condiciones indica la presencia de numerosos ejemplares de *Pinna* sp. en posición de vida. Los representantes actuales de este género son organismos infaunales que habitan en ambientes submareales de fondos blandos, un modo de vida consistente con la litología de las rocas portadoras (Griffin *et al.*, 2008).

Las características anatómicas de la tortuga marina *Pampaemys meridionalis* (de la Fuente y Casadío), presente en esta facies, sugiere según de la Fuente y Casadío (2000) condiciones de aguas poco profundas. Asimismo las galerías asignadas a *Thalassinoides* isp., producidas por crustáceos, principalmente decápodos, también indican ambientes marinos someros.

Los niveles de wackstones y floatstones bioclásticos, con conchillas enteras y articuladas, sugieren un enterramiento relativamente rápido, pudiendo corresponder a eventos de mayor energía, tales como episodios de tormentas.

La intercalación pelitas y calizas indica episodios de somerización y profundización alternantes debido a fluctuaciones en el nivel relativo del mar. La mayor potencia de las capas calcáreas hacia arriba indicaría condiciones cada vez más someras hacia el techo de esta facies.



Figura 6. Pelitas con intercalaciones de wackstones y floatstones pertenecientes a la Facies 1.

Facies 2

DESCRIPCIÓN

Rudstones de color gris amarillento con geometría de capa y contactos ondulados. Presenta bivalvos (*Gryphaeostrea callophyla* (Ihering)), gasterópodos (*Turritella* sp.), nautiloideos y pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm). El empaquetamiento es pobre a disperso, la selección por tamaño bimodal, la orientación de algunos ejemplares es caótica y la de otros concordante al plano, la desarticulación y fragmentación son altas excepto en los nautiloideos que se encuentran muy bien preservados. El encostramiento, bioerosión y abrasión son muy bajos.

De esta facies provienen las concentraciones inusuales de nautiloideos, entre los que Casadío *et al.* (1999) identificaron ejemplares asignados a *Eutrephoceras* sp., *Hercoglossa romeroi* (Ihering) y *Hercoglossa* aff. *H. walteri* Miller, dispuestos en forma paralela al plano de estratificación.

Se observan galerías asignadas a *Thalassinoides* isp.

INTERPRETACIÓN

Se interpreta que esta facies se habría formado en un ambiente de alta energía. La buena preservación de los nautiloideos, sugiere un enterramiento relativamente rápido. Según

Casadío (1994) la ocurrencia inusual de nautiloideos en estos niveles sugiere que los mismos fueron transportados desde un ambiente más profundo, probablemente por una tormenta y depositados sobre la playa. Sin embargo la preservación de los especímenes de *Hercoglossa* aff. *H. walteri* Miller, sugiere que éstos no han sufrido mucho transporte, siendo su hábitat un ambiente somero, de menos de 100 m de profundidad y cercano a la localidad (Casadío *et al.*, 1999).

Chichowolski (2008) sugirió para el origen de acumulaciones semejantes de nautiloideos del Cretácico Inferior de la cuenca Neuquina, la existencia de causas multifactoriales, proponiendo una conjunción de factores físicos (eventos rápidos de alta energía tales como tormentas) y paleobiológicos, tales como un comportamiento gregario de este tipo de organismos, que favorecería la acumulación de sus conchillas.

Facies 3

DESCRIPCIÓN

Packstones a rudstones bioclásticos muy bioturbados, con numerosas galerías asignadas a *Thalassinoides* isp. (Figura 7), de color castaño claro (10YR 8/2), dispuestos en delgados estratos y lentes con empaquetamiento denso a pobre (55%) a denso (70%) en la base, que se hace disperso hacia el techo, excepto por escasos bolsones con ostras en posición de vida. La matriz está formada por pequeños fragmentos de conchilla, la selección por tamaño es bimodal, una moda representada por valvas de *Pycnodonte sarmiento* Casadío y la otra por otros bivalvos, gasterópodos, equinodermos, briozoos y pinzas de cangrejos, menores de 1 cm. Los especímenes de *P. sarmiento* están desarticulados, concordantes al plano, predominando las valvas izquierdas de ejemplares adultos con la convexidad hacia abajo. Hacia el techo se observan lentes aislados con ostras indeterminadas en posición de vida. El grado de fragmentación es moderado a bajo en la base y aumenta hacia el techo, el de abrasión es bajo a nulo, la desarticulación es muy alta, mientras que el grado de encostramiento y bioerosión es moderado a bajo. Se identificaron además otros bivalvos (*Nucula* sp., *Chlamys* sp., *Cubitostrea* sp., *Gregariella amara* Griffin, Parras y Casadío, *Pecten?* sp., *Venericardia iheringi* (Böhm), *Venericardia ameghinorum* Ihering, *Venericardia* sp., *Aphrodina* sp. y *Glycymeris* sp.), gasterópodos (*Bittium?* sp., *Gyrodes* sp., *Keilostoma* sp., *Zemitrella?* sp., *Dinaste?* sp., *Turritella* aff. *T. malaspina* Ihering, *Turritella?* c.f. *T.? soarenasa* Hartt, *Turritella* sp.), escafópodos, pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm), equinodermos, corales y briozoos ramificados e

incrustantes.

Esta facies es lateralmente discontinua, forma cuerpos abovedados, en forma de domo o campana, algunas veces son alargados, alcanzando dimensiones importantes (Figuras 8 y 9). El de mayor tamaño registrado en el área tiene 66 m de largo, 24 m de ancho y 6 m de alto (Leanza y Hugo, 1985; Casadío, 1994).

En las secciones delgadas se observan gasterópodos recristalizados con envoltura micrítica y cámaras rellenas por micrita y óxidos de Fe. También se observan fragmentos de bivalvos recristalizados con envoltura micrítica, como así también briozoos, equinodermos, algas y foraminíferos. En algunos gasterópodos se observan las paredes de las cámaras rellenas con cemento granular más grueso y cemento *bladed*. Son comunes las oolitas disueltas y los peloides con matriz peloidal (Figura 10.A, B y C).

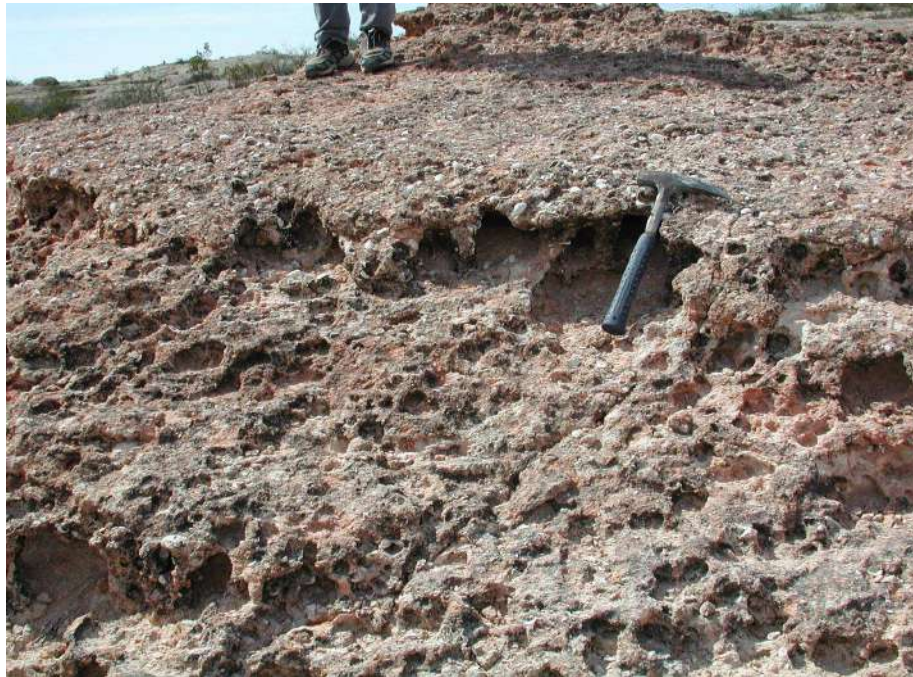


Figura 7. Detalle de la Facies 3, donde se observa galerías asignadas a *Thalassinoides* isp. y la presencia de numerosos ejemplares desarticulados de *Pycnodonte sarmientoi* Casadío.

INTERPRETACIÓN

Las características de los packstones y rudstones bioclásticos, en forma de cuerpos abovedados, lateralmente discontinuos, alargados y de dimensiones importantes, como así también la selección por tamaño bimodal, el alto grado de desarticulación, el predominio de valvas izquierdas y la disposición en forma concordante al plano de las ostras, indicarían que habrían sido generados por la acción hidrodinámica de las olas, durante episodios de alta energía, posiblemente por la repetición de eventos de tormentas.

Los escasos nidos de ostras en posición de vida hacia el techo indican condiciones más estables, de menor energía y menor tasa de sedimentación, donde se habría producido la colonización del sustrato. El escaso desarrollo de estos nidos, formados por entre dos y cinco individuos, como así también su carácter aislado, indicaría que estas condiciones se habrían mantenido por cortos períodos.



Figura 8. Cuerpos abovedados en forma de domo o campana (Facies 3).



Figura 9. Detalle de una de las estructuras abovedadas de la Facies 3.

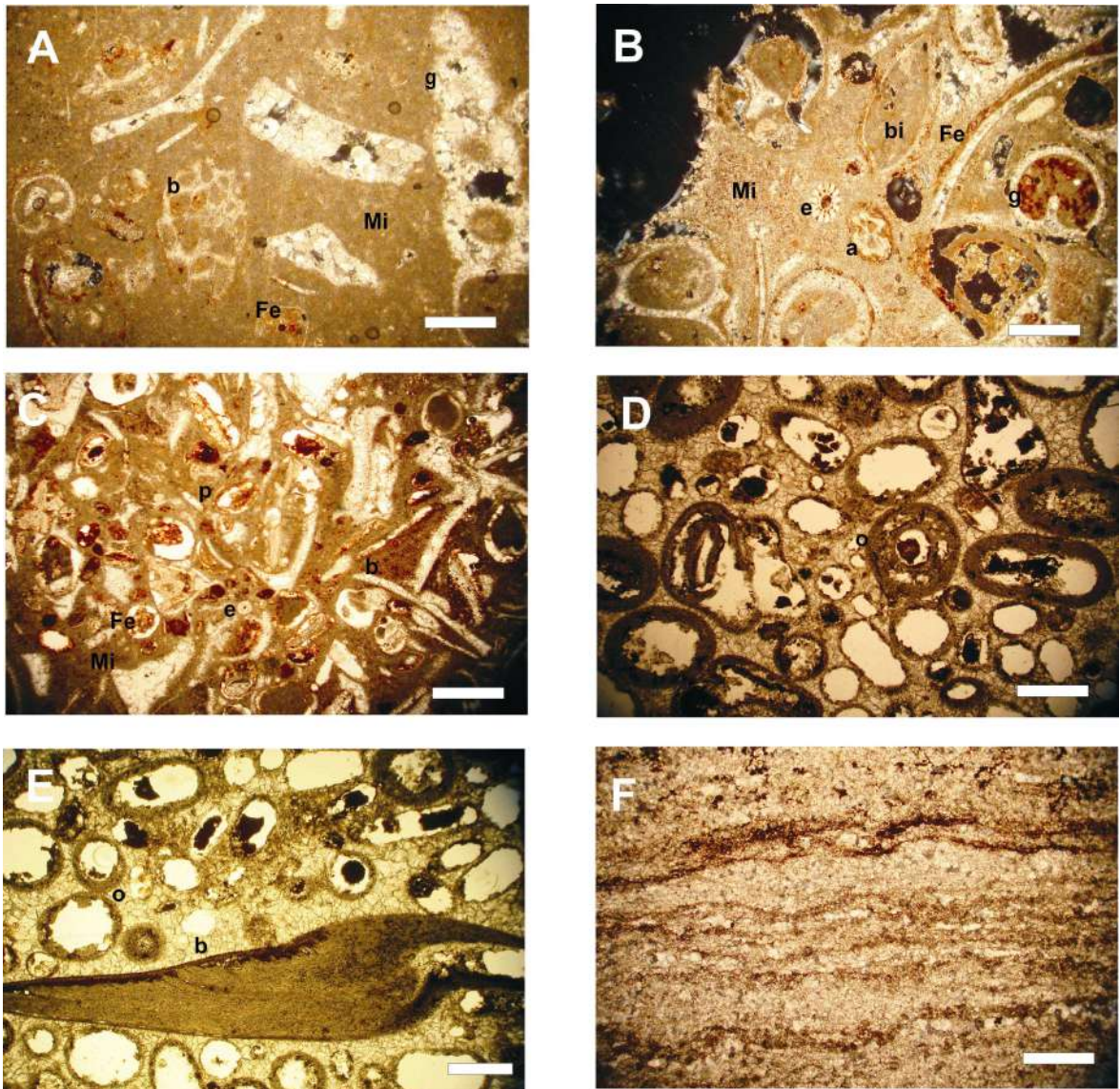


Figura 10. Fotografías de secciones delgadas. A, B, y C, Facies 3. **A.** Wackstone bioclástico, g: gasterópodo recristalizado, b: Briozoo?, Fe: óxido de Fe, Mi: matriz micrítica, **B.** Packstone bioclástico, e: sección transversal de equinodermo, a: fragmento algal? g: gasterópodo relleno de micrita con óxidos de Fe, bi: bivalvo, Mi: matriz micrítica, **C.** Rudstone bioclástico, p: peloide con óxido de Fe, b: bivalvo, e: equinodermo?, Fe: óxido de Fe, Mi: matriz micrítica. D y E Facies 8. **D.** Grainstone oolítico con matriz bioesparítica y micrítica, o: ooides radiales con óxido de Fe (con analizador), **E.** Grainstone oolítico con matriz bioesparítica y micrítica, o: ooides radiales con óxido de Fe, b: bivalvo (sin analizador). **F.** Facies 9, Mudstone estromatolítico, alternancia de sectores más oscuros, con mayor contenido de materia orgánica, con fenestras rellenas de calcita granular paralela a la laminación. Escala representada en barra 0,25 mm.

Facies 4

DESCRIPCIÓN

Mudstones finamente laminados, de color castaño medio (10YR 7/4). Presentan pequeños gasterópodos y bivalvos indeterminados, como así también pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm).

INTERPRETACIÓN

Esta facies es el resultado de la decantación de material pelítico en condiciones de baja energía.

Facies 5

DESCRIPCIÓN

Esta facies está compuesta por limolitas a areniscas muy finas de color castaño claro (5Y 7/6), e integrada casi exclusivamente por ejemplares articulados o valvas sueltas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), muy bien preservadas, sin evidencias de desgaste (Figura 11). En la base el empaquetamiento es denso y la proporción de valvas izquierdas y derechas es similar, aumentando la proporción de derechas y decreciendo el empaquetamiento hacia el techo. Los ejemplares son tanto adultos como juveniles. Presenta también escasos especímenes desarticulados de *Pycnodonte sarmientoi* Casadío y *Chlamys* sp., como así también gasterópodos, equinodermos y pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm).

INTERPRETACIÓN

La granulometría de esta facies indica decantación de material fino en condiciones de baja energía. La presencia de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) en esta facies, sugiere la presencia de aguas oxigenadas, con poco material clástico en suspensión. Las características tafonómicas de las ostras indica la presencia de corrientes tractivas que habrían favorecido la desarticulación, reorientación y concentración de las conchillas dentro del hábitat.



Figura 11. Niveles con *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), correspondientes a la Facies 5.

Facies 6

DESCRIPCIÓN

Wackstones de color castaño medio claro (10YR 5/4) con estratificación entrecruzada tabular planar y tangencial. En la base presenta ejemplares desarticulados de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) en posición caótica. Hacia el techo se observan ondulas simétricas. La sección delgada presenta fragmentos de valvas de ostreidos con estructura foliada (Figura 12).

INTERPRETACIÓN

Las estructuras entrecruzadas indican que esta facies se habría depositado bajo condiciones de corrientes tractivas unidireccionales de moderado a alto régimen de flujo. Asimismo, la presencia de escasas valvas desarticuladas y fragmentadas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), en posición caótica, indica transporte por corrientes tractivas de alta energía.

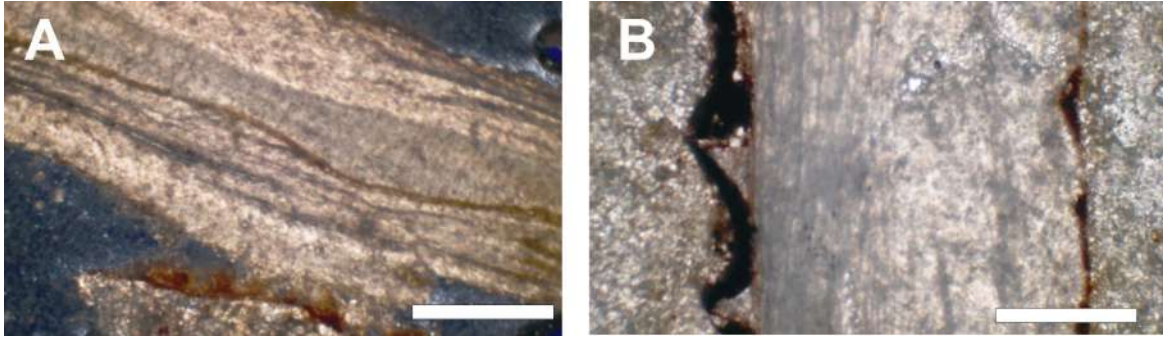


Figura 12. A y B. Fragmento de valva de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) de la Facies 6, donde se observa la estructura foliada o filamentososa y la presencia de óxidos de Fe. Escala representada en barra 0,02 mm.

Facies 7

DESCRIPCIÓN

Mudstones a wackstones con estructura laminada, de color castaño claro (5Y 7/6) a medio (10YR 8/2) (Figura 13). Presentan lentes y nódulos de evaporitas con estructura “*chicken wire*”. En la base presenta valvas y fragmentos de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con empaquetamiento denso que se hace disperso hacia el techo, dispuestos concordantes a la estratificación con la convexidad hacia arriba. Las conchillas provienen probablemente de la Facies 5, hallándose rotas y desgastadas. En el techo del nivel se observan óndulas simétricas (Figura 14) con dirección SE – NW. En la sección delgada se observan estructuras criptoalgales.

INTERPRETACIÓN

Las estructuras laminadas criptoalgales, indican que esta facies se habría depositado en ambientes marinos someros con presencia de corrientes mareales. Los lentes y nódulos de evaporitas con estructura “*chicken wire*” evidencian la depositación en una ambiente supramareal (Shearman, 1966; Bosellini and Hardie, 1973). La presencia de valvas y fragmentos de ostras con empaquetamiento denso en la base y disperso hacia el techo, indicaría que una disminución de la energía del medio hacia el techo de esta facies.



Figura 13. Wackstones laminados, con escasos fragmentos de valvas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), (Facies 7).



Figura 14. Óndulas simétricas de la Facies 7.

Facies 8

DESCRIPCIÓN

Grainstones oolíticos de color castaño claro (5 YR 6/4). Presenta estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar de bajo ángulo en el techo (Figura 15). Hacia el techo pasan a packstones con yeso interestratificado. En la base presenta escasos fragmentos de valvas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), que se hallan muy desgastados, con los bordes redondeados. Presenta espesores variables y en algunos sectores llega a medir 2 metros. En el techo se observan grietas de desecación. En los

cortes delgados se observaron ooides radiales (Figura 10.D y E).

INTERPRETACIÓN

La presencia de grainstones oolíticos con estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar en el techo, como así también los escasos bioclastos muy desgastados y con los bordes redondeados, indican condiciones de alta energía. La presencia de anhidrita, indicaría condiciones de alta salinidad. Las grietas de desecación son producidas por desecación y encogimiento de fangos en ambientes intermareales a supramareales, presentando mayor potencial de preservación en los últimos, sobre todo en áreas tapizadas por matas algales.

Se interpreta que esta facies podría constituir barras oolíticas formadas por acreción vertical en un ambiente con fluctuaciones del nivel del mar y con somerización creciente, como lo indica la presencia de las grietas de desecación en el techo y las oolitas radiales que son comúnmente aportadas desde ambientes marinos someros (Armella *et al.*, 2007).

Facies 9

DESCRIPCIÓN

Mudstone con estructuras algales. En la sección delgada se observa una alternancia de sectores más oscuros (posiblemente con mayor porcentaje de materia orgánica) con otros microesparíticos. Las fenestras están rellenas de calcita granular paralela a la laminación (Lámina 10.F). Se encuentran ligados en forma lateral con escaso relieve.

INTERPRETACIÓN

Las formas laminadas observadas en los cortes delgados, corresponden a sectores con mayor porcentaje de materia orgánica. Estas estructuras sugieren el desarrollo de cuerpos estromatolíticos generados en llanuras supramareales, como resultado de procesos alternantes de inundación y depositación de sedimentitas marinas y crecimiento de matas algales, en condiciones de energía variable. La presencia de fenestras (*bird's-eyes*) sugieren contracción y expansión, formación de burbujas de gas y escape de aire, en matas algales en planicies supramareales. (Shinn, 1983; Ham, 1952).



Figura 15. Grainstones oolíticos con estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar en el techo (Facies 8).

6.3. Asociación de facies

Se han reconocido tres asociaciones de facies. La ubicación de las mismas puede observarse en la Figura 5. Una síntesis de la información puede consultarse en la Tabla 1.

Asociación de facies A (AFA)

Esta asociación de facies está integrada por las limoarcilitas de color amarillo oscuro, con intercalaciones de wackstones a floatstones bioclásticos de la facies 1 y un nivel de rudstones con concentraciones inusuales de nautiloideos de la facies 2. Por la granulometría fina y la presencia de numerosos ejemplares de *Pinna* sp. en posición de vida, se interpreta que las primeras se habrían depositado en un ambiente de plataforma interna somera (*offshore*) y en condiciones de baja energía y baja tasa de sedimentación. De la Fuente y Casadío (2000) indicaron que las características anatómicas de la tortuga marina *Pampaemys meridionalis* (de la Fuente y Casadío), sugiere condiciones de aguas poco profundas, iguales condiciones indica la presencia de *Thalassinoides* isp. Los niveles de rudstones por su parte se habrían depositado durante eventos de mayor energía, probablemente por tormentas, que habrían transportado los nautiloideos desde un ambiente más profundo.

Asociación de facies B (AFB)

Esta asociación está integrada por las facies 3, 4 y 5 compuestas por packstones a rudstones bioclásticos bioturbados, formando estructuras abovedadas entre las que se intercalan bolsones de ostras en posición de vida y mudstones con estructura laminada. Culmina con niveles de matriz limolítica constituidos casi exclusivamente por valvas sueltas o articuladas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering).

La forma abovedada o en domo de los packstones bioclásticos, lateralmente discontinuos, alargados y de dimensiones importantes, con acuñamiento en algunos sectores, como así también el alto grado de desarticulación, el predominio de valvas izquierdas y la disposición en forma concordante al plano de las ostras, indicarían que habrían sido generados por la acción hidrodinámica de las olas, durante episodios de gran energía, posiblemente por la repetición de eventos de tormentas, en un ambiente submareal. Estas repeticiones de eventos de tormentas en aguas someras forman barras, generalmente paralelas a la línea de costa. El de mayor tamaño registrado en el área tiene 66 m de largo, 24 m de ancho y 6 m de alto (Leanza y Hugo, 1985; Casadío, 1994). En la parte superior de cada evento se produjo la colonización del sustrato desarrollándose nidos de ostras, como así también galerías asociadas a *Thalassinoides* isp., indicando la presencia de un sustrato blando en un régimen submareal somero a intermareal.

Por su parte las limoarcilitas calcáreas compuestas únicamente por valvas sueltas o unidas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), bien preservadas, sin vestigios de desgaste, con similar proporción de valvas izquierdas y derechas en la base, constituirían concentraciones biogénicas formadas *in situ* a parauctótonas transportadas a corta distancia de su habitat (“*within habitat time-averaged*” de Kidwell y Bosence (1991), en un ambiente submareal de baja profundidad, sin material clástico en suspensión, pudiendo corresponder a un ambiente de lagoon.

Asociación de facies C (AFC)

Esta asociación está integrada por las facies 6, 7, 8 y 9, compuestas por niveles de wackstones con estratificación entrecruzada tabular planar y tangencial, mudstones y packstones con estructura laminada, con lentes y nódulos de evaporitas con estructura “*chicken wire*”, óndulas simétricas, grainstones oolíticos con estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar en el techo y grietas de desecación y; mudstones silicificados con estructuras algales. Es frecuente la presencia de valvas y fragmentos de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) muy desgastados y con los bordes redondeados y en posición caótica.

Esta asociación, debido a la presencia de lentes y nódulos de evaporitas con estructura “chicken wire”, yeso interestratificado, estructuras laminadas criptoalgales y grietas de desecación, es interpretada como formada en ambientes de planicie intermareal, en sectores muy someros y con alta salinidad. Los niveles con valvas desarticuladas, erodadas y en posición caótica de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), procedentes de los niveles infrayacentes pueden representar canales de marea, que migran lateralmente, sugiriendo las estructuras entrecruzadas y las ondulaciones simétricas el desarrollo bajo regímenes mareales, con una dirección de paleocorrientes NW-SE. Los grainstone oolíticos con estructuras entrecruzadas formados principalmente por oolitas radiales y escasos fragmentos de valvas indican la presencia de barras que en períodos de fluctuaciones en el nivel del mar desarrollan grietas de desecación (Armella *et al.*, 2007).

Por su parte la presencia, hacia el techo, de cuerpos estromatolíticos, indican condiciones muy someras, sugiriendo la depositación en un ambiente de llanura supramareal, como resultado de procesos alternantes de inundación y depositación de sedimentitas marinas y crecimiento de matas algales, en condiciones de energía variable.

Asociación de facies	Facies	Composición litológica	Interpretación paleoambiental
A	1 y 2	Limoarcilitas con intercalaciones de floatstones y niveles de rudstones	Ambiente de plataforma interna a submareal
B	3, 4 y 5	Packstones y rudstones, con escasos mudstones laminados	Barras y lagoons desarrollados en un ambiente submareal somero
C	6, 7, 8 y 9	Mudstones a packstones laminados, mudstones con estructuras algales, grainstones oolíticos y evaporitas	Ambiente de planicie intermareal a supramareal

Tabla 1. Asociaciones de facies y su interpretación paleoambiental

7. TAFONOMÍA

Las conchillas de los organismos sufren una serie de procesos que tienden a alterar el material original al tiempo de su muerte hasta su última preservación como parte de un arreglo fósil. Estos cambios incluyen procesos bioestratinómicos, los cuales ocurren entre la muerte del organismo y su enterramiento final, y procesos fosildiagnéticos, que ocurren posteriormente al enterramiento. Los procesos tafonómicos comúnmente descriptos incluyen descomposición, disolución, abrasión, bioerosión, fragmentación y orientación mecánica y biológica de las conchillas (Brett y Baird, 1996). En los bivalvos en particular,

el grado de desarticulación y la proporción de valvas izquierdas, derechas y fragmentos, como así también la orientación de las conchillas, son sensibles indicadores de la energía del medio. Asimismo el grado de fragmentación, abrasión, bioerosión y encostramiento son indicadores del tiempo de permanencia de los mismos sobre el sustrato.

En Cerros Bayos, las observaciones tafonómicas se hicieron en la parte superior de la sección aflorante (Asociación de facies B y C), donde las concentraciones presentan mejor exposición. Se registraron rasgos estratigráficos (espesor, extensión lateral, contactos y geometría), sedimentológicos (tipo de matriz, empaquetamiento y estructuras asociadas), tafonómicos (orientación, desarticulación, fragmentación, encostramiento, abrasión, bioerosión y selección por tamaño) y paleoecológicos (composición taxonómica y hábito de vida).

De acuerdo a los rasgos mencionados, podemos distinguir en la parte superior de la sección de Cerros Bayos, cinco concentraciones esqueletales. La ubicación de las mismas puede observarse en la Figura 5 y sus características son compendiadas en la Tabla 2.

En los niveles correspondientes a la concentración A, donde es difícil desagregar el material, se realizaron cuadrículas de 0,25 m², a intervalos de 1 m de espesor, registrándose los datos en el campo. Asimismo se colectaron 92 valvas para determinar la presencia de organismos incrustantes y/o bioerosiones. En la concentración B, donde el material se encuentra suelto, se realizó dos tipos de muestreo en forma paralela, cada uno representado por tres muestras tomadas en la base, en la mitad del estrato y en el techo: a) se tomaron 100 ejemplares al azar y, b) se tomaron volúmenes estandarizados de 3 kg. En cada una de estas muestras se determinó el número y porcentaje relativo de ejemplares articulados, valvas izquierdas, valvas derechas y fragmentos. En una de las muestras de 100 ejemplares se determinó la presencia o ausencia de bioerosiones y/o encostramientos, realizándose un Test de Independencia para determinar si existe relación entre éstas y el tipo (izquierda o derecha) de las valvas consideradas y un Test de Homogeneidad para saber si la proporción de valvas con bioerosiones o encostramientos es la misma para ambas superficies (interior o exterior).

Rasgos	A	B	C	D	E	
Estratigráficos	Espesor	9 m	2,7 m	2 m	0,5 m	0,9-2 m
	Extensión lateral	Cientos de metros	Cientos de metros	Decenas de metros	Decenas de metros	Cientos de metros
	Contactos	Base y techo ondulados	Ondulados	Ondulados	Ondulados	Ondulados
	Geometría	Capa	Capa	Capa	Capa	Capa
Sedimentológicos	Matriz	Fragmentos de conchillas	Pelítica con fragmentos de conchillas	Pelítica	Pelítica	Oolítica
	Empaquetamiento	Denso (70%-55%) en la base y pobre (15%) hacia el techo.	Denso (70%)	Denso (55%)	Pobre a disperso (15%-5%)	Pobre (15%)
	Estructuras asociadas	-	-	Estratificación entrecruzada tabular planar y tangencial	Óndulas simétricas	Estratificación horizontal y entrecruzada tabular planar
Tafonómicos	Orientación	Concordante convex-down a caótica	Caótica	Caótica	Concordante convex-down	Concordante convex-down
	Desarticulación	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Fragmentación	Moderada a baja en la base, alta hacia el techo	Baja a nula	Alta	Baja	Alta
	Encostramiento	Moderado a bajo	Moderado a bajo	Bajo	Bajo	Moderado a bajo
	Abrasión	Baja a nula en la base, moderada hacia el techo	Baja a nula	Baja	Baja	Moderada a baja
	Bioerosión	Baja a moderada	Moderada a Baja	Baja	Baja	Moderada a baja
Selección por tamaño	Bimodal en la base a buena en el techo	Buena	Buena	Buena	Buena	
Paleoecológicos	Composición taxonómica (ver descripción de las concentraciones)	Bivalvos Gasterópodos Esfacópodos Decápodos Equinodermos Corales Briozoos	Bivalvos Gasterópodos Equinodermos Decápodos	Bivalvos	Bivalvos	Bivalvos
	Hábito de vida	Epifaunales Infaunales someros	Epifaunales Infaunales someros	Epifaunales	Epifaunales	Epifaunales

Tabla 2. Rasgos estratigráficos, sedimentológicos, tafonómicos y paleoecológicos de cada una de las concentraciones esqueléticas identificadas.

7.1. Descripción de las concentraciones esqueléticas

Concentración A.

Esta concentración de 9 m de espesor, presenta geometría de capa, con base y techo ondulados y matriz formada por pequeños fragmentos de conchillas. Está dominada por ejemplares desarticulados de *Pycnodonte sarmiento* Casadío, principalmente valvas izquierdas, dispuestas paralelas al plano de estratificación con la convexidad hacia abajo

(Figura 16). Hacia el techo la orientación se hace caótica, observándose algunos escasos lentes formados por ostras de otra especie, en posición de vida. El empaquetamiento es denso (55% - 70%) en la base y pobre (15%) hacia el techo. La selección por tamaño es bimodal en la base (una moda dada por valvas de ostras y otra por moluscos de pequeño tamaño menores a 0,5 cm) y se hace buena hacia el techo. El grado de fragmentación es moderado a bajo en la base y se hace alto hacia el techo. El de abrasión bajo a nulo en la base, con algunos sectores de grado moderado hacia el techo.



Figura 16. Vista en planta de la Concentración A, dominada por ejemplares desarticulados de *Pycnodonte sarmiento* Casadío, principalmente, valvas izquierdas paralelas al plano, con la convexidad hacia abajo

En esta concentración el 100% de los ejemplares de *Pycnodonte sarmiento*, se presentan desarticulados (Figura 17). Para estimar el porcentaje de valvas derechas e izquierdas, como así también de fragmentos a lo largo de la concentración, se realizaron cuadratas de 0,5 x 0,5 m, separadas a intervalos de 1 m de espesor (Figuras 18 y 19). Los resultados se muestran en la Figura 20. Tomando las 9 muestras en conjunto, se contabilizó un total de 335 valvas completas y 115 fragmentos. Entre las valvas completas 320 corresponden a valvas izquierdas (95,52%) y 15 a valvas derechas (4,48%).

Para analizar la presencia de organismos incrustantes o perforantes se analizaron 92 valvas (84 izquierdas y 8 derechas) colectadas a lo largo de los 9 m. Hay que destacar que en la mayoría de las mismas (73,8%) solo se puede observar el exterior, estando el interior cubierto por sedimento carbonático, no pudiendo determinarse si hay alguna preferencia de los organismos a bioerosionar o incrustarse sobre la superficie interior o exterior de las valvas. Los resultados indican que el 59,78% de las valvas presenta algún grado de

encostramiento y el 44,57% de bioerosión (Figura 17). Entre las bioerosiones se registraron aquellas producidas por esponjas (*Entobia*), cirripedios, briozoos, algas (*Clionolithes*), poliquetos (*Maeandropolydora*) y bivalvos (*Gastrochaenolites*). Los incrustantes están representados por serpúlidos, cirripedios, corales, briozoos y ostras. Además se observaron escasas trazas de predación (*Oichnus*), registrándose solo en el 1,09% de los ejemplares (Figura 17).

Además de la especie mencionada se registraron escasos ejemplares de otros bivalvos (*Nucula* sp., *Chlamys* sp., *Cubitostrea* sp., *Gregariella amara* Griffin, Parras y Casadío, *Pecten?* sp., *Venericardia iheringi* (Böhm), *Venericardia ameghinorum* Ihering, *Venericardia* sp., *Aphrodina* sp. y *Glycymeris* sp.), gasterópodos (*Bittium?* sp., *Gyrodes* sp., *Keilostoma* sp., *Zemitrella?* sp., *Dinaste?* sp., *Turritella* aff. *T. malaspina* Ihering, *Turritella?* c.f. *T.? soarenasa* Hartt, *Turritella* sp.), escafópodos, pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm), equinodermos, corales y briozoos ramificados e incrustantes.

Toda la concentración se haya bioturbada observándose numerosas galerías asignadas a *Thalassinoides* isp.

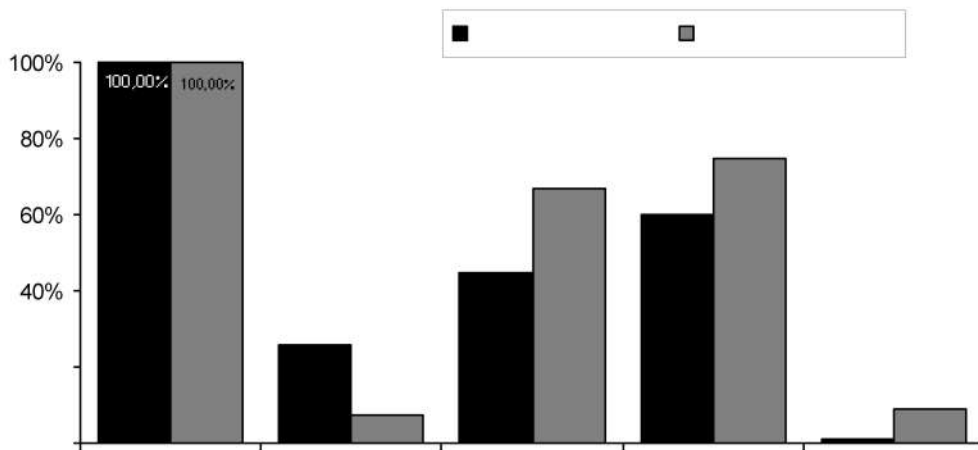


Figura 17. Atributos tafonómicos más importantes, en porcentaje de conchillas afectadas, registrados en las concentraciones A y B, de la Formación Roca en Cerros Bayos.



Figura 18. Vista de la Concentración A, con indicación de la ubicación de las 9 cuadratas realizadas a intervalos de 1 m espesor.



Figura 19. Cuadratas de 0,5 x 0,5 m realizadas en la Concentración A

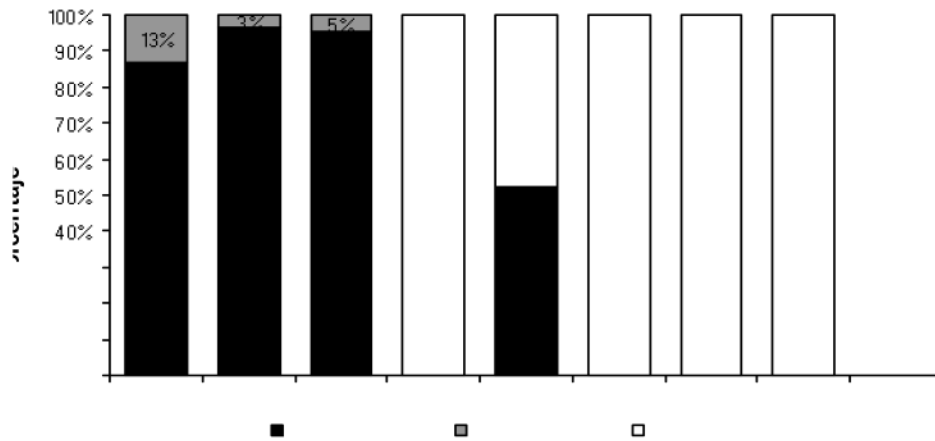


Figura 20. Porcentaje de valvas izquierdas, derechas y fragmentos de *Pycnodonte sarmientoi* Casadío, tomados de base a techo de la concentración A, a intervalos de 1 m, utilizando cuadratas de 0,5 x 0,5 m

Concentración B. Esta concentración presenta 2,7 m de espesor y geometría de capa, con contactos ondulados. Está constituida casi exclusivamente por valvas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) (Figura 21). Se registran además escasa valvas de *Pycnodonte sarmientoi* Casadío, gasterópodos, equinodermos y pinzas de decápodos (*Callianassa burckhardti* Böhm). La matriz es de limolita a arenisca muy fina, el empaquetamiento es denso (70%) y selección por tamaño es buena. La orientación de los bioclastos es caótica, y la abrasión es baja a nula. El grado de fragmentación es muy bajo, representado por el 7,33% de los ejemplares (Figura 17).



Figura 21. Vista en planta de la Concentración B, dominada por ejemplares desarticulados de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering)

Tanto en las tres muestras de 100 ejemplares tomados al azar como en las muestras

tomadas volumétricamente el grado de desarticulación es total a casi total (100% y 97,28% respectivamente). En el primer caso la proporción de valvas derechas (53,33%) es solo un poco mayor que la proporción de valvas izquierdas (46,67%), pero tomadas en forma volumétrica la proporción de valvas derechas (62,4%) es muy superior a la de valvas izquierdas (37,6%), pudiendo esto atribuirse a un sesgo en el muestreo, hacia las valvas izquierdas durante el primer caso. Si tomamos en cuenta cada una de las muestras tomadas en el nivel, se observa que desde la base hacia el techo, hay un aumento en la proporción de valvas derechas sobre las izquierdas, particularmente en aquellas muestras tomadas en forma volumétrica (Figuras 22 y 23).

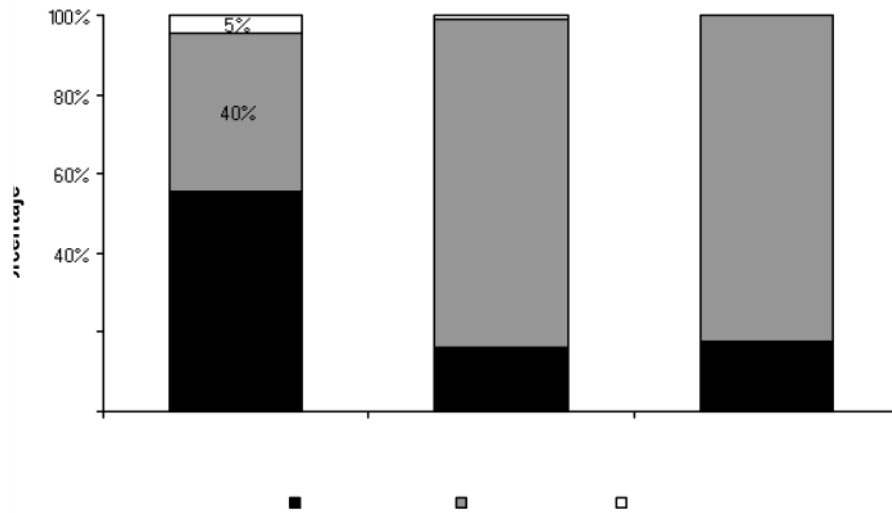


Figura 22. Porcentaje de valvas izquierdas, derechas y ejemplares articulados de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), tomados en tres muestras consecutivas de 3 kg, desde la base al techo de la concentración B, a intervalos de 1 m de espesor

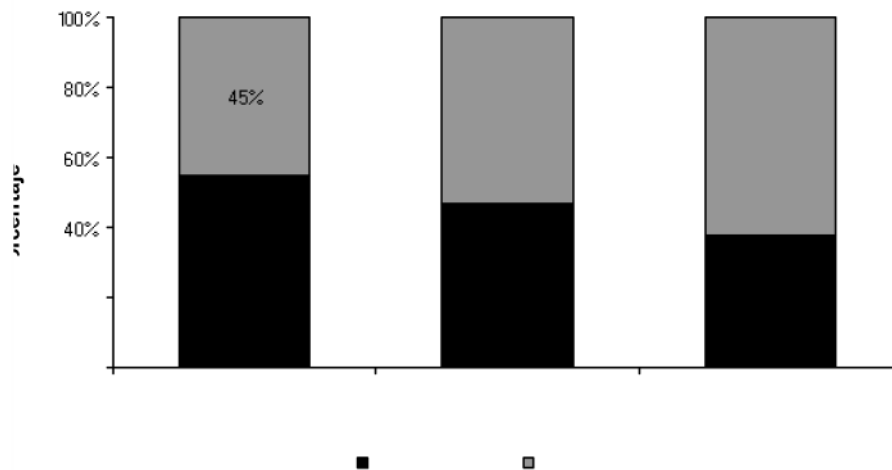


Figura 23. Porcentaje de valvas izquierdas y derechas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), tomados en tres muestras consecutivas, de 100 ejemplares cada una, desde la base al techo de la concentración B, a intervalos de 1 m de espesor.

Para analizar el grado de encostramiento y bioerosión, se tomó una de las muestras de 100 ejemplares (56 valvas izquierdas y 44 valvas derechas), proveniente de la base de esta concentración. Ambos índices son altos, registrándose que un 75% de las valvas presentan bioerosiones y un 67% encostramiento en su superficie interior y/o exterior (Figura 17). Entre las bioerosiones se registraron aquellas producidas por esponjas (*Entobia*), cirripedios, algas (*Clionolithes*), poliquetos (*Caulostrepsis* y *Maeandropolydora*) y bivalvos (*Gastrochaenolites*). Los incrustantes están representados por serpúlidos, briozoos y ostras. Asimismo el 9% de los individuos presentan marcas de predación (*Oichnus*).

Con respecto a determinar si existe alguna preferencia de los organismos perforantes o incrustantes, por la valva derecha o izquierda, se testearon las siguientes hipótesis, mediante la realización de un Test de Independencia:

1. La valva derecha y la valva izquierda de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), son igualmente susceptibles a la bioerosión (Tabla 3).
2. La valva derecha y la valva izquierda de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), son igualmente susceptibles al encostramiento (Tabla 4).

	Valva derecha	Valva izquierda	Total	Chi ²	p
Fo	41	34	75	13,85	0,0002
Fe	33	42	75		

Tabla 3. Test de Independencia realizado para las valvas derechas e izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

	Valva derecha	Valva izquierda	Total	Chi ²	p
Fo	27	40	67	1,13	0,29
Fe	29	38	67		

Tabla 4. Test de Independencia realizado para las valvas derechas e izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

Los valores obtenidos indican que se rechaza la hipótesis 1, es decir que las valvas derechas e izquierdas no son igualmente susceptibles a la bioerosión, existiendo preferencia altamente significativa por la valva derecha (chi cuadrado= 13,85; p= 0,0002). En cambio la hipótesis 2 es aceptada (chi cuadrado= 1,13; p= 0,29), es decir ambas valvas son igualmente susceptibles al encostramiento.

Con respecto a determinar si existen diferencias en la proporción de valvas con bioerosiones o encostramientos en alguna de sus superficies, se testearon las siguientes hipótesis, mediante la realización de un Test de Homogeneidad:

1. La proporción de valvas derechas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con bioerosiones en su superficie interior es la misma que la proporción de valvas con bioerosiones en la superficie exterior (Tabla 5).
2. La proporción de valvas izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con bioerosiones en su superficie interior es la misma que la proporción de valvas con bioerosiones en la superficie exterior (Tabla 6).
3. La proporción de valvas derechas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con encostramientos en su superficie interior es la misma que la proporción de valvas con encostramientos en la superficie exterior (Tabla 7).
4. La proporción de valvas izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con encostramientos en su superficie interior es la misma que la proporción de valvas con encostramientos en la superficie exterior (Tabla 8).

	Interior	Exterior	Total	Chi ²	p
Fo	28	38	66	6,06	0,014
Fe	33	33	66		

Tabla 5. Test de Homogeneidad realizado para el interior y exterior de las valvas derechas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

	Interior	Exterior	Total	Chi ²	p
Fo	19	30	49	4,39	0,036
Fe	25	25	50		

Tabla 6. Test de Homogeneidad realizado para el interior y exterior de las valvas izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

	Interior	Exterior	Total	Chi ²	p
Fo	22	19	41	0,411	0,521
Fe	21	21	42		

Tabla 7. Test de Homogeneidad realizado para el interior y exterior de las valvas derechas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

	Interior	Exterior	Total	Chi ²	p
Fo	25	35	60	3,59	0,058
Fe	30	30	60		

Tabla 8. Test de Homogeneidad realizado para el interior y exterior de las valvas izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering). Fo: frecuencia observada, Fe: frecuencia esperada.

Los valores obtenidos (chi cuadrado= 6,06; p= 0,014 y chi cuadrado= 4,39; p= 0,036, para la valva derecha e izquierda respectivamente), indican que se rechazan las hipótesis 1 y 2,

es decir la proporción de valvas derechas e izquierdas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con bioerosiones en su superficie interior no es la misma que la proporción de valvas con bioerosiones en la superficie exterior, existiendo preferencia por esta última. Las hipótesis 3 y 4 son aceptadas, es decir la proporción de valvas derechas o izquierdas con encostramientos en el interior, es la misma que la proporción de éstas con encostramientos en el exterior (chi cuadrado= 0,411; p= 0,521 y chi cuadrado= 3,59; p= 0,058).

Concentración C. Capa de 2 m de espesor, con contactos ondulados. La matriz se encuentra formada por pelitas calcáreas. En la base presenta ejemplares de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), en empaquetamiento denso (55%), buena selección por tamaño, desarticulados, fragmentados y en posición caótica. El grado de encostramiento, abrasión y bioerosión es bajo.

Concentración D. Capa de 0,5 m de espesor, con contactos ondulados y matriz pelítica calcárea. Está constituida por escasa valvas desarticuladas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con empaquetamiento pobre (15%) a disperso (5%) y selección por tamaño buena. La orientación de los bioclastos es concordante con la convexidad hacía abajo. La fragmentación y abrasión son bajas.

Concentración E. Capa de espesor variable (entre 0,9 y 2 m), con contactos ondulados. La matriz se encuentra formada por oolitas. En la base presenta valvas desarticuladas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con empaquetamiento pobre (15%) y buena selección por tamaño. Las mismas se disponen concordantes a la estratificación, con la convexidad hacía abajo. El grado de fragmentación es alto, y el grado de abrasión, encostramiento y bioerosión son moderados a bajos.

7.2. Génesis y significado paleoambiental

Algunos atributos tafonómicos, en particular el grado de desarticulación, el grado de fragmentación y la proporción de valvas derechas e izquierdas en bivalvos, pueden ser importantes indicadores de la energía del medio, como así también de la permanencia sobre el sustrato de las conchillas. En las ostras en particular, la interpretación de los rasgos tafonómicos debe realizarse teniendo en cuenta, que este grupo de bivalvos presentan características particulares que otorgan a la conchilla una mayor resistencia, por

lo cual por ejemplo el bajo grado de fragmentación de las mismas puede ser considerado como indicativo de eventos de tormenta, cuando en otro tipo de bivalvos de conchilla más delicada se esperarían índices más elevados para este tipo de procesos depositacionales. Las observaciones tafonómicas realizadas en la concentración A indican que las conchillas están altamente alteradas por desarticulación, predominando las valvas izquierdas de *Pycnodonte sarmiento* Casadío, dispuestas concordantes a la estratificación con la convexidad hacia abajo. La desarticulación total, sugiere depositación a través de procesos tractivos de alta energía, asimismo el predominio de valvas izquierdas dispuestas en forma inestable (con la convexidad hacia abajo) y la baja proporción de fragmentos, indica que estos eventos habrían sido de corta duración, con poco tiempo de permanencia de las conchillas sobre el sustrato. Estos procesos habrían dado lugar a la generación de las formas geométricas abovedadas, interpretadas como el producto del retrabajo de corrientes y olas asociadas a tormentas.

En cuanto al análisis de las bioerosiones y encostramientos, hay que destacar que en la mayoría de las valvas solo se puede observar el exterior, no pudiéndose determinar si las mismas se habrían producido durante la vida de los individuos o después de la muerte de los mismos.

La concentración B constituye una concentración monoespecífica, formada por ejemplares de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), con empaquetamiento denso y selección por tamaño buena. Las observaciones tafonómicas indican que las conchillas están altamente alteradas por desarticulación, bioerosión y encostramiento. Si bien el grado de desarticulación es de muy alto a total (99,7% a 100%), los otros rasgos tafonómicos (grado de fragmentación y abrasión bajos a nulos) y la similar proporción de valvas derechas e izquierdas en la base (Figuras 22 y 23), sugieren un retrabajo mínimo y un escaso a nulo transporte. El aumento de la proporción de valvas derechas hacia arriba sugiere un incremento en las condiciones hidrodinámicas hacia el techo. Según Seeling y Bengtson (1999), la similar proporción de valvas izquierdas y derechas en las concentraciones de bivalvos, sugieren la existencia de una comunidad enterrada *in situ*, o transportada solo una corta distancia. Esta concentración sería parauctóctona dentro de los tipos “*within habitat time-averaged*” de Kidwell y Bosence (1991), o promediadas dentro del hábitat de Kidwell (1998), las cuales son generadas en un mismo ambiente que se mantiene estable por un lapso considerable, correspondiendo los individuos que la componen a varias generaciones de una misma comunidad persistente, que se ven acumulados y depositados juntos debido a procesos de retrabajo. En estas concentraciones las valvas son raramente encontradas en su

posición de vida y aparecen transportadas a poca distancia de su habitat con moderada proporción de fragmentos. Algunos autores han atribuido el alto grado de desarticulación en ostras a la acción de organismos predadores, que atacan al animal durante su vida, destruyendo los mecanismos que presenta el animal para abrir y cerrar sus valvas (músculo y ligamento) y favoreciendo la desarticulación inmediatamente después de su muerte (El-Hedeny, 2005). Al respecto, el bajo grado de marcas de predación (9% de los individuos presentan *Oichnus*), descarta esta hipótesis para la concentración estudiada.

El alto grado de bioerosión y encostramiento en esta concentración indican la existencia de aguas bien oxigenadas, con poco material clástico en suspensión. La preferencia de los organismos perforantes por la valva derecha, como así también por la superficie exterior de ambas valvas, indica que la mayor parte de las bioerosiones se habrían producido durante la vida de las ostras.

Las concentraciones C, D y E, con bases erosivas y techos gradacionales, con valvas de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) desarticuladas y fragmentadas, que presentan un empaquetamiento denso en la base a disperso hacia el techo, evidencian retrabajo y transporte. Se interpreta que estas concentraciones habrían sido formadas por corrientes tractivas unidireccionales, como las generadas en canales presentes en ambientes influidos por acción de las mareas.

8. DISCUSIÓN

La actividad tectónica, las oscilaciones eustáticas, la tasa de aporte sedimentario y el clima constituyen las variables que controlan la acumulación sedimentaria y distribución de facies en las cuencas sedimentarias. La actividad tectónica, responsable de importantes cambios relativos del nivel del mar parece haber sido la causa de variaciones registradas en el margen patagónico (Uliana y Biddle, 1988). La sucesión estratigráfica aflorante en Cerros Bayos, presenta un arreglo progradacional que es interpretado como el resultado de una tasa de sedimentación que supera el rango de acomodación, con características climáticas favorables para la bioacumulación de partículas orgánicas.

El encadenamiento de facies, su distribución y la existencia de superficies sedimentarias, en conjunto con el análisis de las concentraciones esqueletales presentes, permiten esbozar una síntesis de la evolución paleoambiental de las sedimentitas de la Formación Roca, en la localidad estudiada (Figura 24).

Las sedimentitas se habrían depositado en un ambiente marino muy somero desde la plataforma interna (*offshore*) a la zona supramareal (*nearshore*), bajo condiciones de aridez creciente y conformando una típica sucesión somerizante hacia el techo (*shallowing-upward*), en la cual las pelitas de plataforma son cubiertas por rudstones, packstones y wackstones de ambiente submareal y luego por grainstones oolíticos, estromatolitos y evaporitas de ambiente intermareal a supramareal, con evidencias de exposición subaérea. Este patrón de apilamiento vertical es típico de ambientes de llanuras de marea en plataformas carbonáticas, siendo el modelo que mejor se adapta aquel que refleja condiciones regresivas en climas áridos tal como el del Golfo Pérsico (*Persian Gulf Trucial Coast offlap (regressive) tidal flat model*), descrito por Shinn (1983).

La sucesión comienza con las pelitas con intercalaciones de wackstones a floatstones de la base y rudstones con intercalaciones inusuales de nautiloides (Asociación de facies A). Este sector de la sección, en base a la asociación de foraminíferos presentes, fue interpretado por Leanza y Hugo (1985) como depositado en un ambiente de plataforma distal o externa, en tanto que Casadío (1990), en base a la presencia de *Psilonichnus*, propuso un ambiente más somero, submareal en la base que gradualmente pasa a intermareal en el techo. Del análisis sedimentológico y tafonómico surge que estas sedimentitas habrían sido depositadas en condiciones de baja energía, evidenciando ciclos de profundización y somerización alternantes en un ambiente de plataforma interna hasta la zona submareal, sugerido por la presencia de bivalvos del género *Pinna* en posición de vida y restos de tortugas marinas. Este ambiente de baja energía y baja tasa de sedimentación habría sido afectado por eventos de mayor energía, producidos por tormentas, que habrían dado lugar a la depositación de los rudstones con concentraciones inusuales de nautiloideos.

Luego se habrían depositado los packstones a rudstones bioturbados y ricos en bioclastos de organismos bentónicos (Asociación de facies B, Concentración A). Los mismos presentan estratificación entrecruzada indicando un ambiente de alta energía donde la agitación por las olas es frecuente. La superficie sobre la que se inició el proceso de acumulación de la Asociación de facies B, comenzó con la depositación de las facies durante un período regresivo. Leanza y Hugo (1985) siguiendo a Heckel (1974) clasificaron a la Facies 3 como biohermas ostreros esqueletales mixtos, “originados por una intensa proliferación orgánica *in situ* o casi *in situ* con participación hidrodinámica subordinada” (Leanza y Hugo, 1985: p.146). Una de las evidencias para esta interpretación es el grado de desgaste y posición de las valvas que constituyen el *material esquelético*

suelto (ostras y cantidades subordinadas de gasterópodos, foraminíferos, ostrácodos, equinodermos, pinzas de cangrejos y briozoos) del depósito (Leanza y Hugo, 1985: p.146). Sin embargo las características de los packstones y rudstones bioclásticos, en forma de cuerpos abovedados, lateralmente discontinuos, alargados y de dimensiones importantes, como así también la selección por tamaño bimodal, la posición caótica, el alto grado de desarticulación y el bajo grado de abrasión de los invertebrados presentes, indicarían que habrían sido generado por la acción hidrodinámica de las olas, tal como sugiere Heckel (1974) para acumulaciones calcáreas en forma de montículos de aspecto similar pero que no constituyen necesariamente un bioherma. Ciertas características permiten inferir que las mismas fueron producidas por la repetición de eventos de tormenta y que luego habrían sido colonizados por organismos incrustantes, equinodermos regulares, ostras, etc. Es de señalar que los equinodermos indicarían la presencia de un fondo duro, dentro de la zona fótica (Casadío, 1994).

Hacia arriba se intercalan niveles submareales a intermareales, con una biota de alto número de individuos pero de baja diversidad específica (Concentración B), indicando ambientes restringidos, sin material clástico en suspensión. Estas mismas condiciones son inferidas por la presencia de algas observadas en los cortes delgados realizados.

Los biohermas son frecuentes en aguas templadas cálidas, en ambientes de sedimentación marino restringidos, con la presencia de un fondo marino firme en el cual puedan fijarse los organismos. En general, tienden a disponerse en forma transversal a la circulación de las aguas, probablemente con el objeto de optimizar el efecto de la corriente. Si bien la sucesión estratigráfica es de carácter progradacional, es probable que los biohermas se hayan desarrollado durante una fase de momentánea inundación, ocurrida durante un proceso predominantemente regresivo, en las cuales se incrementa la circulación favoreciendo la proliferación orgánica, por un mayor suministro de oxígeno y nutrientes. Leanza y Hugo (1985), propusieron un ambiente con aguas cuyas profundidades no superaba los 30 metros, con salinidad euhalina a débilmente hipohalina, con buena circulación de aguas templado cálidas y una ubicación paleogeográfica de plataforma interna o área próxima a estuarios, dentro de una secuencia sedimentaria regresiva. Casadío (1994) interpretó estos niveles como bioestromas y estratos de conchillas parautóctonas generadas en un ambiente submareal somero, con aguas agitadas y escaso material clástico. El grado de desarticulación de los ejemplares de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering), indicaría que este depósito no constituiría específicamente un bioherma, sino que tendría cierto grado de transporte dentro del hábitat, asimismo la granulometría de la matriz y el tipo de

bioerosiones y encostramientos presentes en las valvas, indica que el ambiente habría sido de baja energía, con aguas oxigenadas y salinidad normal, tal como un ambiente de lagoon.

Hacia el techo de la sección (Asociación de facies C, Concentraciones C-E), se suceden niveles de grainstones oolíticos, con estratificación horizontal en la base y estratificación entrecruzada tabular planar en el techo que hacía arriba pasan a packstones con yeso interestratificado. Se observan escasos bioclastos, formados por valvas transportadas de *C. ameghinoi* (Ihering), los que se hallan muy desgastados y con los bordes redondeados. Estos niveles son interpretados como canales y barras de marea, caracterizados por contener un *lag* basal de intraclastos semilitificados y valvas erodadas de los niveles infrayacentes. Estos canales migran lateralmente constituyendo una sucesión vertical de areniscas bioclásticas con estratificación entrecruzada, wackstones bioturbados y mudstones con laminación algal (estromatolitos), y evidencias de exposición subaérea. Se interpretan se condiciones en un ambiente de alta energía, probablemente en sectores muy someros y con alta salinidad. La sucesión, de carácter regresivo, culmina con la depositación de sedimento muy silicificado con estructuras algales. Estas matas microbiales, la presencia de fenestras y estructuras que evidencia exposición subaérea del techo indicarían la depositación en un ambiente supramareal. La interpretación para esta última parte de la sucesión estratigráfica, es coincidente con lo propuesto por Uliana y Dellapé (1981) para las sedimentitas de la Formación Roca en el sector oriental de la cuenca, quienes indicaron que las mismas se habrían depositado en un ambiente marino somero con el desarrollo de *sabkhas* hacia el techo. El ambiente marino somero también fue propuesto por del Río *et al.* (2007), quienes realizaron la descripción sistemática de moluscos y microfósiles calcáreos presentes en Cerros Bayos, determinando que casi todos los géneros presentes en la localidad estuvieron ampliamente distribuidos durante el Cretácico en un ambiente marino somero y que su amplia tolerancia ambiental contribuyó a su supervivencia en el Cenozoico.

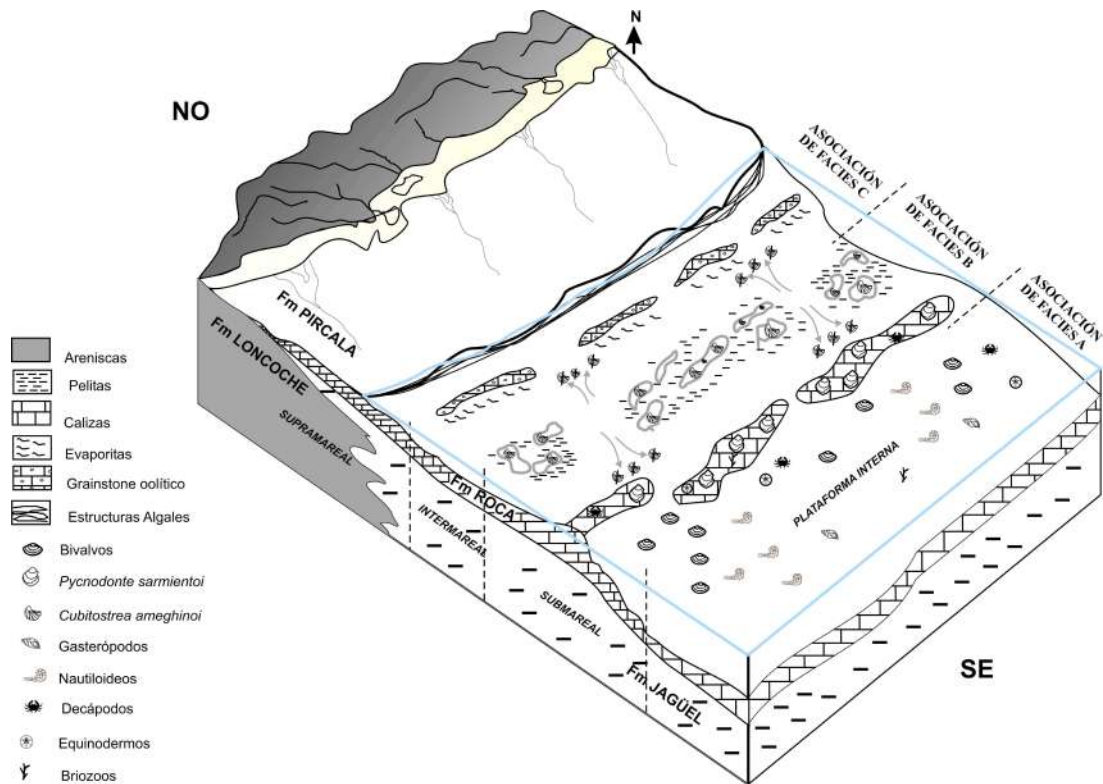


Figura 24. Block diagrama mostrando las facies y asociaciones de facies en un modelo regresivo de plataforma carbonática desarrollada en clima de aridez creciente.

9. CONCLUSIONES

1. La Formación Roca (Daniano), en la localidad de Cerros Bayos, provincia de La Pampa, contiene una abundante fauna de invertebrados representada por bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, equinodermos, corales y briozoos, siendo las ostras los elementos bentónicos dominantes. Ellas presentan rasgos tafonómicos (*i.e.* desarticulación, orientación, encostramiento, bioerosión), que brindan valiosa información acerca de los procesos que actuaron sobre sus conchillas. El estudio tafonómico de estos depósitos, en conjunto con la paleoecología de las ostras reveló que los mismos se habrían formado en un ambiente marino somero, influenciado por tormentas.
2. El arreglo de facies indica progresiva somerización y aumento de la energía desde la base hacia el techo de la sección.
3. El patrón de apilamiento vertical es típico de ambientes de llanuras de marea en plataformas carbonáticas, reflejando condiciones regresivas en climas áridos. Las sedimentitas se habrían depositado en un ambiente marino somero, desde la plataforma interna en la base a la zona supramareal en el techo, bajo condiciones de aridez creciente.

4. Las pelitas con intercalaciones de wackstones a floatstones y rudstones con concentraciones inusuales de nautiloides (Asociación de facies A), de la base, evidencian ciclos de profundización y somerización alternantes en un ambiente de plataforma interna a submareal.
5. Los rudstones a wackstones bioturbados, con bioclastos de organismos bentónicos (Asociación de facies B, Concentración A), clasificados previamente como biohermas ostreros esqueléticos mixtos, presentan rasgos tafonómicos (alta desarticulación, predominio de valvas izquierdas y orientación paralela al estrato con la convexidad hacia abajo) que indican que constituirían concentraciones sedimentológicas, generadas por la acción hidrodinámica de las olas en un ambiente submareal.
6. La fauna de incrustantes de esta concentración incluye serpúlidos, cirripedios, corales, briozoos y ostras. Entre las bioerosiones se registraron aquellas producidas por esponjas (*Entobia*), cirripedios, briozoos, algas (*Clionolithes*), poliquetos (*Maeandropolydora*) y bivalvos (*Gastrochaenolites*). Además se registran escasas marcas de predación (*Oichnus*).
7. La concentración mono-específica de *Cubitostrea ameghinoi* (Ihering) suprayacente (Concentración B), sería paraautoctona dentro del tipo promediada dentro del hábitat o “*within habitat time-averaged*”, las cuales son generadas en un mismo ambiente que se mantiene estable por un lapso considerable, correspondiendo los individuos que la componen a varias generaciones de una misma comunidad persistente, que se ven acumulados y depositados juntos debido a procesos de retrabajo. El aumento en la proporción de valvas derechas sobre las izquierdas indica un aumento de las condiciones hidrodinámicas hacia el techo de este nivel.
8. Entre las bioerosiones de esta concentración se registraron aquellas producidas por esponjas (*Entobia*), cirripedios, algas (*Clionolithes*), poliquetos (*Caulostrepsis* y *Maeandropolydora*) y bivalvos (*Gastrochaenolites*). Los incrustantes están representados por serpúlidos, briozoos y ostras. Hay pocos individuos con marcas de predación (*Oichnus*). Las bioerosiones presentan preferencia estadísticamente significativa por la valva derecha y por el exterior de ambas valvas, indicando que la mayoría se habría producido durante la vida de las ostras.
9. Los grainstones oolíticos, packstones con yeso interestratificado y niveles con estructuras algales (Asociación de facies C, Concentraciones C, D y E) del techo de la sección, se habrían formado en condiciones someras y de alta salinidad, típicas de ambientes intermareales a supramareales, probablemente de *sabkhas* costeros.

9. BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL TEXTO

- Adams, A. E., MacKenzie, W. S. y Guilford, C., 1991. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. *Longman Scientific and Technical* (England), 104 pp.
- Armella, C., Cabaleri, N. y Leanza, H. A., 2007. Tidally dominated, rimmed-shelf facies of the Picún Leufú Formation (Jurassic/Cretaceous boundary) in southwest Gondwana, Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 28: 961-979.
- Barrio, C. A., 1990. Late Cretaceous-Early Tertiary sedimentation in a semi-arid foreland basin (Neuquén Basin, Western Argentina). *Sedimentary Geology* 66: 255-275.
- Bertels, A., 1969. Estratigrafía del límite Cretácico-Terciario en Patagonia Septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24(1): 41-54.
- Bertels, A., 1979. Paleobiogeografía de los foraminíferos del Cretácico superior y Cenozoico de América del Sur. *Ameghiniana* 16(3-4): 273-356.
- Bertels, A., 1970. Los foraminíferos planctónicos de la cuenca cretácico-terciaria en Patagonia septentrional, con consideraciones sobre la estratigrafía de Fortín General Roca, provincia de Río Negro. *Ameghiniana* 7: 1-56.
- Bosellini, A. y Hardie, L. A., 1973. Depositional theme of a marginal marine evaporite. *Sedimentology* 20(1): 5-27.
- Brett, C. E. y Baird, G. C., 1996. Middle Devonian sedimentary cycles and sequences in the northern Appalachian Basin. *Special Paper of the Geological Society of America* 306: 213-241.
- Casadío, S., 1990. Estratigrafía secuencial del límite Cretácico-Terciario en el occidente de la provincia de La Pampa. *Actas 3º Reunión Argentina de Sedimentología* (San Juan) 87-93.
- Casadío, S., 1994. Estratigrafía y Paleontología del intervalo Maastrichtiano-Daniano en el occidente de la provincia de La Pampa, Argentina. *Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba*, 420 p. Inédita. Córdoba.
- Casadío, S., 1998. Las ostras del límite Cretácico-Paleógeno de la cuenca Neuquina (Argentina). Su importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica. *Ameghiniana* 35(4): 449-471.
- Casadío, S. y Concheyro A., 1992. Facies y ambientes de sedimentación en el límite Cretácico-Terciario de La Pampa, Argentina. *Actas 8º Congreso Latinoamericano de Geología* (Salamanca) 4: 30-34.
- Casadío, S., Parras, A., Concheyro, A. y Pires, M., 1998. El diacronismo de la sedimentación carbonática en la Cuenca Neuquina durante la transición Cretácico-

- Paleógeno. *Resúmenes 7° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Bahía Blanca): 126.
- Casadío, S., Rodríguez, M. F., Reichler, V. A. y Camacho, H. H., 1999. Tertiary nautiloids from Patagonia, southern Argentina. *Ameghiniana* 36(2): 189-202.
- Chichowolski, M., 2008. Acumulación excepcional de nautilídeos en un ambiente marino somero (Formación Agrio, Cretácico Inferior, Cuenca Neuquina). *Actas 12° Reunión Argentina de Sedimentología* (Buenos Aires): 58.
- Cruz, C. E., Condat, P., Koslowski, E. y Manceda, R., 1990. El Grupo Malargüe del Río Barrancas, noroeste de Neuquén, Argentina. *Actas del 11° Congreso Geológico Argentino* 2: 69-72.
- de la Fuente, M. y Casadío, S., 2000. Un nuevo osteopigino (Chelonii: Cryptodira) de la Formación Roca (Paleoceno inferior) de Cerros Bayos, provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 37(2): 235-246.
- del Río, C. J., Martínez, S. A., Stilwell, J. D. y Concheyro, A., 2007. Paleontology of the Cerros Bayos section, Roca Formation (Danian), La Pampa Province, Argentina. *Alcheringa* 31(3): 241-269.
- del Río, C. J., Beu, A. y Martínez, S. A., 2008. The Pectinoidean genera *Delectopecten* Stewart, 1930 and *Parvamussium* Sacco, 1897 in the Danian of Patagonia, (Argentina). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 249 (3): 281-295.
- Doering, A., 1882. Geología. *Informe oficial de la Comisión Científica agregada al estado mayor general de la expedición al Río Negro*, entrega tercera, 3: 611-628.
- Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. En: Ham, W. E. (ed.) Classification of carbonate rocks. *Memoir American Association of Petroleum Geologists* 1: 108-121.
- El-Hedeny, M. M., Taphonomy and paleoecology of the Middle Miocene oysters from Wadi Sudr, Gulf of Suez, Egypt. *Revue de Paléobiologie* 24(2): 719-733.
- Embry, A. F. y Klovan, J. E., 1972. A late Devonian reef tract on northeastern banks Island. *Bulletin of the Canadian Petroleum Geologists* 19: 730-781.
- Feldmann, R. M., Casadío, S., Chirino-Gálvez, L. y Aguirre Urreta, M., 1995. Fossil decapod crustaceans from the Jagüel and Roca formations (Maastrichtian-Danian) of the Neuquén Basin, Argentina. *Memoir 43 of the Paleontological Society, Supplement to Journal of Paleontology* 69(5): 1-22.

- Fossa Mancini, E., 1938. Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 15(171): 31-95.
- Goddard, E. N., Trask, P. D., De Ford, R. K., Rove, O. N., Singewald, J. T. y Overbeck, R. M., 1948. Rock-Color Chart. *Geological Society of America*, 8° reimpression, 1995.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G. y Smith, A. G., 2004. *A Geological Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 589 pp.
- Griffin, M., Parras, A. y Casadío, S., 2008. Late Maastrichtian-Danian Mytilids and Pinnids (Mollusca: Bivalvia) from northern Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 45(1): 139-152.
- Groeber, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. I, Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1: 177-208.
- Ham, W. E., 1952. Algal origin of the “birdseyes” Limestone in the McLish Formation. *Proceedings of Oklahoma Academy of Science* 33: 200-203.
- Heckel, P. H., 1974. Carbonate buildups in the geologic record: A review. En: Laporte L. F. (ed), Reefs in time and space. *Special Publication of the Society for Sedimentary Geology* 18: 90-154.
- Ihering, H. von. 1903. Les Mollusques des terrains crétaciques supérieurs de l'Argentine orientale. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, serie 3, 2:193-228.
- Kidwell, S. M., 1998. Time-averaging in the marine fossil record: overview of strategies and uncertainties. *Geobios* 30(7): 977-995.
- Kidwell, S. M. y Bosence, D. W., 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly fauna. En: Allison, P. A. y D. E. G. Briggs (eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in de Fossil Record* 115-209. Plenum Press.
- Kidwell, S. M. y Holland, S. M., 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaaios* 6: 426-434.
- Kidwell, S. M., Fürsich, F. T. y Aigner, T., 1986. Conceptual Framework for the Analysis and Classification of Fossil Concentrations. *Palaaios* 1: 228-238.
- Leanza, A. F., 1967. Los *Baculites* de la provincia de La Pampa con notas acerca de la edad del Piso Rocanense. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 46(1): 49-59.
- Leanza, H. A. y Hugo, C. A., 1985. Los Biohermas ostreros de la Formación Roca (Paleoceno) en el Sudoeste de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 21(2-4): 143-149.
- Legarreta, L., Kokogián, D. A. y Boggetti D. A., 1989. Depositional sequences of the Malargüe Group (Upper Cretaceous-Lower Tertiary), Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 10: 337-356.

- Macellari, C. E., 1988. Cretaceous Paleogeography and depositional cycles of Western South America. *Journal of South America Earth Sciences* 1(4): 373-383.
- Ogg, J. G., Ogg, G. y Gradstein, F. M., 2008. *The Concise Geological Time Scale*. Cambridge University Press, Cambridge, 184 pp.
- Parma, S. G., 1996. Equinoideos del límite Cretácico-Paleógeno en el occidente de la provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 33: 231.
- Parma, S. G. y Casadío, S., 2005. Upper Cretaceous-Paleocene echinoids from Northern Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology* 79(6): 1072-1087.
- Parras, A., Casadío, S. y Pires, M., 1998. Secuencias Depositacionales del Grupo Malargüe y el Límite Cretácico-Paleógeno, en el Sur de la provincia de La Pampa. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina* 5: 61-69.
- Parras, A., Plaá, R., Casadío, S. y Griffin, M., 2004. Los “biohermas ostreros” de la Formación Roca (Daniano), en la provincia de La Pampa: una nueva interpretación. *Reunión Anual de Comunicaciones de la APA (Diamante)*. *Ameghiniana*, Suplemento 41(4): 17R-18R.
- Roll, A., 1939. La cuenca de los Estratos con Dinosaurios al sur del Río Neuquén. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Informe Inédito.
- Scholle, P. A., 1978. A color illustrated guide to carbonate rock constituents, textures, cements, and porosities. *Memoir of American Association of Petroleum Geologists* 27, 241 pp.
- Seeling, J. y Bengston, P., 1999. Cenomanian oysters from the Sergipe Basin, Brazil. *Cretaceous Research* 20: 747-765.
- Shearman, D. J., 1966. Origin of marine evaporates by diagenesis. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy*. Section B, 75: 208-215.
- Shinn, E., 1983. Tidal flat environment. En: Scholle, P. A. *et al.* (eds), Carbonate Depositional Environments. *Memoir of American Association of Petroleum Geologists* 33: 171-210.
- Sobral, J. M., 1942 a. Geología de la comarca del Territorio de La Pampa situada al occidente del Chadi-Leuvú. *Boletín de Informaciones Petroleras* 212: 33-82.
- Sobral, J. M., 1942 b. Geología de la región occidental del Territorio de La Pampa (al oeste del Chadi-Leuvú) y zona vecina de la provincia de Mendoza. *Anales del 1º Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología* (Santiago de Chile) 2: 668-750.
- Uliana, M. A. 1979. Geología de la Región comprendida entre los Ríos Colorado y Negro: Provincias de Neuquén y Río Negro. *Tesis doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata*, 117 pp. Inédita. La Plata.

- Uliana, M. A. y Dellapé, D. A., 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión Maestrichtiano-Eoterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia septentrional). *Actas 8º Congreso Geológico Argentino* (San Luis) 3: 673-711.
- Uliana, M. A. y Biddle, K. T., 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18: 172-190.
- Weaver, C., 1927. The Roca Formation in Argentina. *American Journal of Science*, Series 5 (12): 417-434.
- Wichman, R., 1927. Sobre las facies lacustres senonianas de los estratos con dinosaurios y su fauna (en los Territorios del Río Negro y Chubut). *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 30: 383-405.
- Wichman, R., 1928. Contribución a la geología de los Departamentos Chicalcó y Puelen de la parte occidental de La Pampa Central. *Publicación de la Dirección de Minería, Geología e Hidrología* 40: 1- 33.
- Windhausen, A., 1914. Contribución al Conocimiento Geológico de los Territorios del Río Negro y Neuquén, con un estudio de la región petrolífera de la parte central del Neuquén (Cerro Lotena y Covunco). *Anales Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería* 10(1): 21-37.
- Windhausen, A., 1926. Las antiguas conexiones de la Patagonia. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 28 (3-4): 213-250.