



LA FORMACIÓN VACA MUERTA Y EQUIVALENTES (JURÁSICO TARDÍO-CRETÁCICO TEMPRANO) EN LA CUENCA NEUQUINA

Héctor A. Leanza¹, Federico. Sattler², Ricardo S. Martínez³ y Osvaldo Carbone⁴

1. Servicio Geológico Minero Argentino y CONICET hleanz@yahoo.com.ar 2. Petrobras Argentina SA, fsattler@petrobras.com.ar 3. Petrobras Argentina SA, ricardo.s.martinez@petrobras.com 4. Petrobras Argentina SA osvaldo.carbone@petrobras.com

RESUMEN

El tramo estratigráfico analizado está comprendido entre el contacto entre las Fms. Tordillo y Vaca Muerta y la discordancia Intravalanginiana, extendiéndose en edad desde el Tithoniano Temprano tardío al Valanginiano Temprano. La parte inferior, coincidente con la Fm. Vaca Muerta, traslapa los límites paleogeográficos de las unidades previas y presenta un arreglo retrogradante. En el sector suroccidental de la Cuenca Neuquina a partir del Tithoniano Tardío los trenes de facies se manifiestan en un contexto progradante de mar alto, como respuesta a un importante aporte clástico proveniente del Macizo Nordpatagónico. En el dominio oriental dentro del subsuelo se desarrollan facies calcáreo-evaporíticas adosadas al borde de la Sierra Pintada y al Cratón Pampeano que, con un aporte significativamente menor, surcan la Plataforma de Catriel hacia el Bajo de Añelo. Este conjunto de asociaciones de facies se identifican en subsuelo como Fms. Quintuco y/o Loma Montosa para los depósitos marinos costeros de las regiones central y oriental de la cuenca respectivamente. En la porción austral (Subcuenca de Picún Leufú), se distinguen sedimentitas marinas y continentales de naturaleza clástica y carbonática (Fms. Carrín Curá, Picún Leufú y Bajada Colorada) comprendido entre la Fm. Vaca Muerta y la discordancia Intravalanginiana. En la sierra de la Vaca Muerta, en el mismo intervalo estratigráfico, se reconocen sedimentitas silicoclásticas en ambiente costero (Fm. Quintuco s.s). En posiciones más distales de la cuenca todas estas unidades pierden definición y son reemplazadas por la Fm. Vaca Muerta (margas y pelitas). En el tramo estratigráfico analizado se aloja la roca madre generadora de hidrocarburos por excelencia de la Cuenca Neuquina y posee reservorios de alta calidad, por lo que constituye uno de sus más importantes sistemas petroleros.

Palabras clave: Grupo Mendoza, Formación Vaca Muerta, Formación Quintuco, Jurásico, Cretácico, Cuenca Neuquina

ABSTRACT

The Vaca Muerta Formation (Late Jurassic-Early Cretaceous) in the Neuquén Basin. - The analyzed stratigraphic interval is encompassed between the contact between the Tordillo and the Vaca Muerta Fms. and the Intravalanginian unconformity, ranging in age from the late Early Tithonian to the Early Valanginian. The lower part, which coincides with the Vaca Muerta Fm., surpasses the paleogeographical boundaries of the previous units, displaying a retrograding pattern. In the south-western region of the Neuquén Basin the system tracts are developed at the Late Tithonian in a progradant context of high stand, as a response to an important clastic input coming from the Nordpatagonian Massif. In the eastern domain at the subsurface of the basin, calcareous-evaporitic facies overly the Sierra Pintada Massif and the Pampean Craton which, with a weaker clastic input, cross the Catriel Platform to the Añelo Trough. This number of facies associations is identified in the underground as the Quintuco and/or Loma Montosa Fms., including respectively the marine nearshore deposits of the central and eastern regions of the basin. In the southern region (Picún Leufú Sub-basin) marine and continental sedimentites (Carrín Curá, Picún Leufú y Bajada Colorada Fms.) encompassed between the Vaca Muerta Fm. and the Intravalanginian unconformity are distinguished. At the Vaca Muerta range, in the same stratigraphic interval, silico-clastic sedimentites deposited in the nearshore environment (Quintuco Fm. s.s) are recognized. In more distal positions of the basin all these units loose definition, and are replaced by the Vaca Muerta Fm. (marls and shales). In the analysed stratigraphic interval contains the most important oil source rock of the Neuquén Basin and high quality reservoirs, constituting one of its most important petroleum systems.

Key words: Mendoza Group, Vaca Muerta Formation, Quintuco Formation, Jurassic, Cretaceous, Neuquén Basin

INTRODUCCIÓN

El término Mendociano fue establecido por Groeber (1946) con rango de Subciclo como parte integrante, junto con el Huitrinano, de su Ciclo Ándico. En su escrito original, Groeber (1946) agrupó con sentido de pisos estratigráficos al Vacamuertense, Quintucoense, Mulichincoense y Agriense, unidades que previamente habían sido reconocidas por Weaver (1931) como entes formacionales.

Stipanovic *et al.* (1968) adecuaron posteriormente el término Mendociano a la nomenclatura estratigráfica vigente en esa época, estableciendo por primera vez la denominación de Grupo Mendoza. Con referencia a la Fm.

Tordillo (o Tordillense de Groeber 1946) infrayacente, su adscripción estratigráfica ha variado considerablemente según los autores que se consideren. Es a partir de la concepción de Stipanovic & Mingham (en Groeber *et al.* 1953) que se comenzó a considerar estas sedimentitas como los depósitos iniciales (Preándico) del Ciclo Ándico, y a ubicar esta unidad por encima de la discordancia Intramámica o Araucánica (Stipanovic 1966, 1969; Leanza *et al.* 1978; Orchueta & Ploszkiewicz 1984; Riccardi & Gulisano 1992; Leanza 2009, entre otros). Legarreta & Gulisano (1989), en un trabajo que tuvo gran incidencia en las decisiones nomenclaturales de los numerosos estratigrafos que actuaron posteriormente, dividieron al Mendociano en tres

tramos, a saber: Mesosecuencia Mendoza Inferior, donde quedaba incluida la Fm. Tordillo, Mesosecuencia Mendoza Medio, y Mesosecuencia Mendoza Superior.

A partir de entonces hubo consenso generalizado en considerar a la Fm. Tordillo como parte integrante del Grupo Mendoza (Gulisano & Gutiérrez Pleimling 1995; Leanza & Hugo 1997, Leanza *et al.* 2001, Vergani *et al.* 1995; Cruz *et al.* 1999, entre otros). Las mesosecuencias de Legarreta & Gulisano (1989, véase su Fig. 2) están basadas en agrupaciones tectosedimentarias limitadas por discordancias (véase también Gulisano *et al.* 1984), de manera que la Mesosecuencia Mendoza Inferior quedaba confinada entre las discordancias Intramálmica e Intravalanginiana (base de la Fm. Mulichinco), la Mesosecuencia Mendoza Media entre esta y la Intrahauteriviana (base del Mb. Avilé) y, finalmente, la Mesosecuencia Mendoza Superior, entre esta discordancia y la que se encuentra en la base del Mb. Troncoso Inferior (Fm. Huitrín). Estos criterios fueron seguidos por estratígrafos posteriores, quedando a partir de entonces el Grupo Mendoza dividido en tres secciones: Grupo Mendoza Inferior, Grupo Mendoza Medio y Grupo Mendoza Superior (véase Leanza 2009).

Habida cuenta que la Fm. Tordillo y equivalentes de superficie y subsuelo se tratan en forma independiente en este Relatorio, el capítulo que nos ocupa comprende un conjunto de sedimentitas mayormente marinas, con escasas secciones continentales, siendo las primeras depositadas tanto en el segmento marino *offshore* como costero *nearshore*, que incluye una serie de unidades formacionales acumuladas entre el Tithoniano Temprano tardío y el Valanginiano Temprano (Fig. 1).

La cantidad de trabajos que hacen referencia a este conjunto sedimentario es realmente cuantiosa, más aún teniendo en cuenta que la Fm. Vaca Muerta, integrante del mismo, constituye la roca generadora de hidrocarburos mas importante de la Cuenca Neuquina. No obstante, subsiste aún hoy en día un problema remanente que ofrece una fuerte indefinición y es aquél referido al tramo estratigráfico conocido como «Fm. Quintuco», empleado con

disímiles acepciones tanto en superficie como subsuelo y que aspiramos a clarificar en este escrito, indicando aspectos en los que a nuestro juicio todavía persisten falencias de conocimiento.

CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO DEL GRUPO MENDOZA INFERIOR

En la Fig. 2 se presenta un esquema estratigráfico del Grupo Mendoza Inferior entre la comarca de Catán Lil y el cerro Mulichinco. En la Fig. 3 se presentan perfiles columnares esquemáticos del Grupo Mendoza Inferior en tres áreas a nuestro juicio claves para el discernimiento del tramo en análisis, a saber: Subcuenca de Picún Leufú, sierra de la Vaca Muerta y comarcas depocentrales (Huncal y Trahuncurá).

Límite inferior: La relación de base está dada por un contacto neto entre los depósitos continentales de la Fm. Tordillo y la súbita aparición de una asociación de lutitas negras de ambiente marino con arreglo retrogradante correspondientes a la Fm. Vaca Muerta (Legarreta & Gulisano 1989; Leanza *et al.* 1978; Cruz *et al.* 1999,). Este fenómeno, según Mutti *et al.* (1994), constituye una inundación catastrófica, caracterizada por una superficie de ravinamiento en la base de la unidad y una intensa deformación sinsedimentaria de muchas de las capas cuspidales de la Fm. Tordillo (Veiga & Spalletti 2007). Algunos autores (Hallam 1988; Haq *et al.* 1988; Legarreta & Uliana 1996a, 1996b), estimaron que presumiblemente la transgresión vacamuertense tiene vinculación con un pico de altura máximo de nivel del mar que tuvo lugar en el Tithoniano a nivel global.

Tal como lo ha documentado Cevallos (2005), el tope de los depósitos eólicos cubiertos por el mar en los sectores sudoccidental y oriental de la cuenca sugieren un rápido ascenso de la columna de agua que permitió la preservación de las dunas aun inconsolidadas durante la transgresión tithoniana.

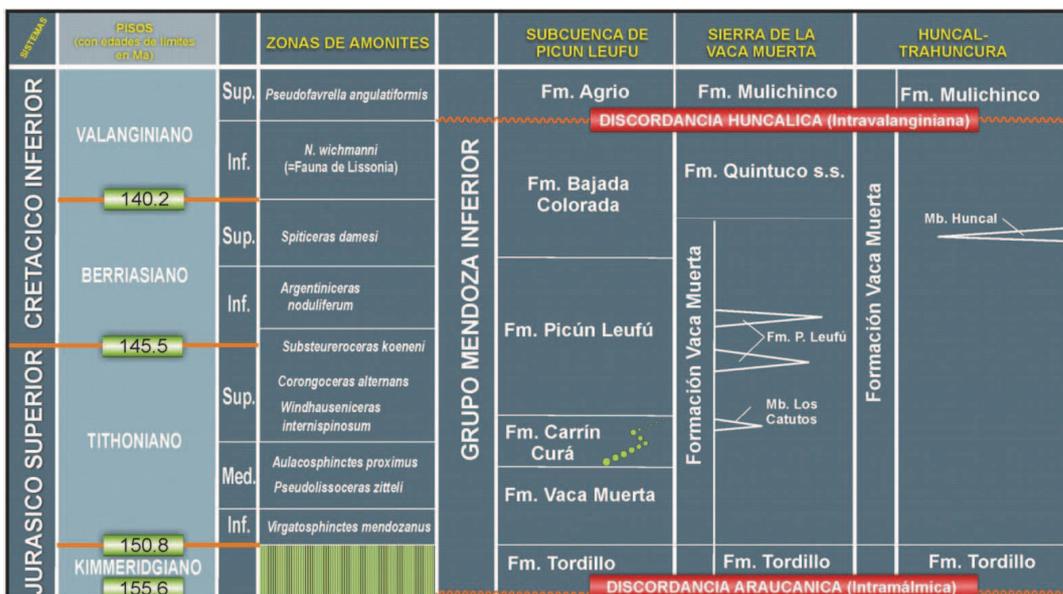


Figura 1: Cuadro estratigráfico del Grupo Mendoza Inferior para unidades de superficie comprendidas entre las discordancias Intramálmica (Araucánica) e Intravalanginiana (Huncálica)

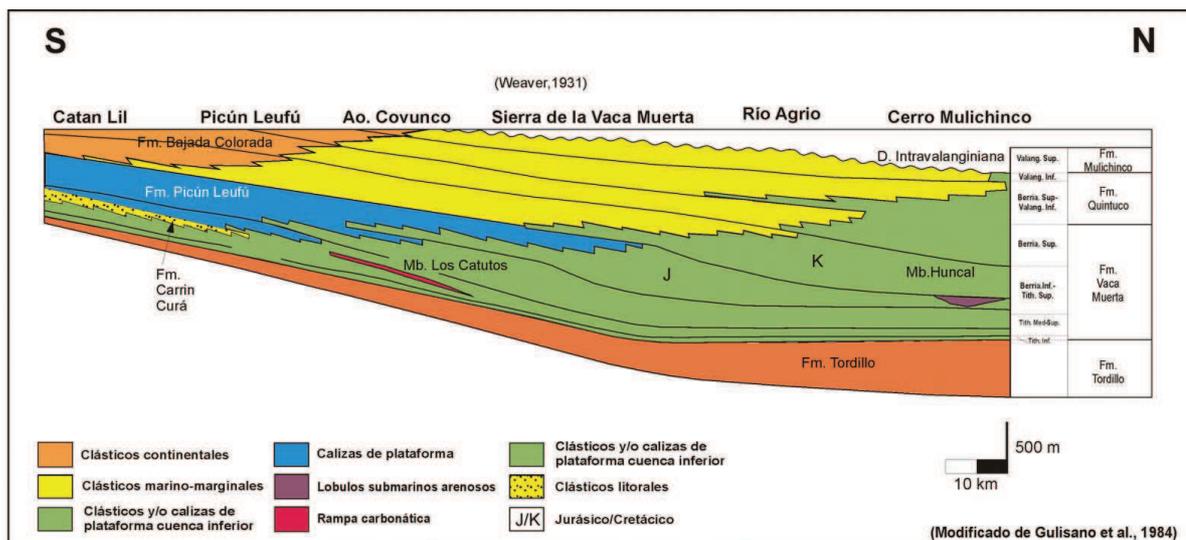


Figura 2: Esquema estratigráfico del Grupo Mendoza Inferior entre la comarca de Catán Lil y el cerro Mulichinco (modificado de Gulisano et al. 1984).

Límite superior: El techo del intervalo estratigráfico analizado está dado por la discordancia Intravalanginiana. La misma fue identificada por primera vez por Baldwin (1942) como «Inter. - neocomiana», en tanto que Stipanovic & Rodrigo (1970) se refirieron a ella con mayor detalle atribuyéndola a la acción de la fase diastrófica «Catán Lil». Es mérito de Gulisano *et al.* (1984) haber puesto de manifiesto que esta discordancia - dada a conocer por los citados autores como Intravalanginiana - en la región depocentral de la cuenca pone en contacto brusco a pelitas marinas *offshore* de la Fm. Vaca Muerta con areniscas fluviales de la base de la Fm. Mulichinco (Leanza 1973; Schwarz 1999), en tanto que en el área meridional lo hacen calizas bioclásticas de la Fm. Agrio apoyadas bruscamente sobre sedimentitas continentales de la Fm. Bajada Colorada (Foucault *et al.* 1987; Leanza & Hugo 1997). Schwarz (1999) y Quattrocchio *et al.* (2002) se refirieron a ella, en tanto que Leanza (2009) analizó en detalle a esta discordancia proponiendo para la misma la designación de discordancia Huncálica.

En la Subcuenca de Picún Leufú esta discordancia está expuesta al oeste del cerro Marucho, donde en la base de la Fm. Agrio se encuentra una fauna de invertebrados marinos de amplia diversidad correspondientes a la Zona de *Pseudofavrella angulatiformis* indicativa del Valanginiano Tardío (Aguirre Urreta & Rawson 1997; Leanza & Hugo 1997) (Fig. 4d)

En la sierra de la Vaca Muerta la discordancia Intravalanginiana (Huncálica) puede visualizarse en las inmediaciones del puesto Gualmes, situado al oeste de la ruta 40 a la latitud de Mallín Quemado, donde barras mareales con característicos sigmoides bidireccionales del tope de la Fm. Quintuco son cubiertas por areniscas fluviales de la base de la Fm. Mulichinco (Fig. 5c).

En áreas depocentrales de la cuenca, como ser la comarca de Huncal, la discordancia se aprecia en el contacto entre las pelitas marinas de la Fm. Vaca Muerta en ambiente *offshore* (= **Quintuco shales** de Weaver 1931) con invertebrados marinos del Valanginiano Temprano (Fauna de *Lissonia*) en su tope y sedimentitas fluviales progredientes de la base de la Fm. Mulichinco (Fig. 6c). En la

barda al norte de Puerta Quintuco sobre la ruta provincial 33 que conduce a Loncopué, la discordancia Huncálica se ubica en el contacto entre los conglomerados fluviales de la base de la Fm. Mulichinco sobrepuestos a una muy delgada expresión de la Fm. Quintuco (Fig. 5d). La presencia en Puerta Quintuco de la caliza basal de la Fm. Agrio con fauna de *Pseudofavrella* indicativa del Valanginiano Tardío, permite acotar bioestratigráficamente la edad intravalanginiana de la discordancia.

En subsuelo la discordancia Intravalanginiana suele reconocerse en la región oriental del engolfamiento en el contacto entre las Fms. Quintuco y/o Loma Montosa y la Fm. Centenario (Schiuma *et al.* 2002; Kozłowski *et al.* 2005, entre otros).

Correlaciones

El Grupo Mendoza Inferior puede paralelizarse en el ámbito del dominio del Macizo Nordpatagónico con el Grupo Fortín Nogueira (Rolleri *et al.* 1984) que, con sus unidades constitutivas Pichi Picún Leufú (Fossa Mancini *et al.* 1938), Ortíz (Wichmann 1927) y Limay (Fossa Mancini *et al.* 1938), aflora en la región cercana a Piedra del Águila, con proyecciones a la provincia de Río Negro (Leanza & Hugo 1997). La Fm. Ortíz alberga especímenes de *Anditrigonia subnodosa* Levy y *Buchotrigonia* sp. nov. (en Manceñido & Damborenea 1984), especies índices de trigonias que confirman el Tithoniano y Berriasiano, y permiten una instantánea correlación con la Fm. Picún Leufú (véase Leanza 2003).

Dentro de las unidades de subsuelo, el Grupo Mendoza Inferior comprende las margas tithonianas de la Fm. Vaca Muerta, sedimentitas calcáreo-evaporíticas de la Fm. Loma Montosa (Digregorio 1972), las antiguamente denominadas «Formación Calcárea» y «Arcillas Verdes» (de Ferrariis 1947) y la complejivamente denominada Fm. Quintuco (Weaver 1931). Asimismo, el tramo identificado como Vaca Muerta + Quintuco utilizado en numerosos trabajos y con disímiles acepciones en la industria petrolera esencialmente equivale al aquí denominado Grupo Mendoza Inferior (Schiuma *et al.* 2002; Kozłowski *et al.* 2005).

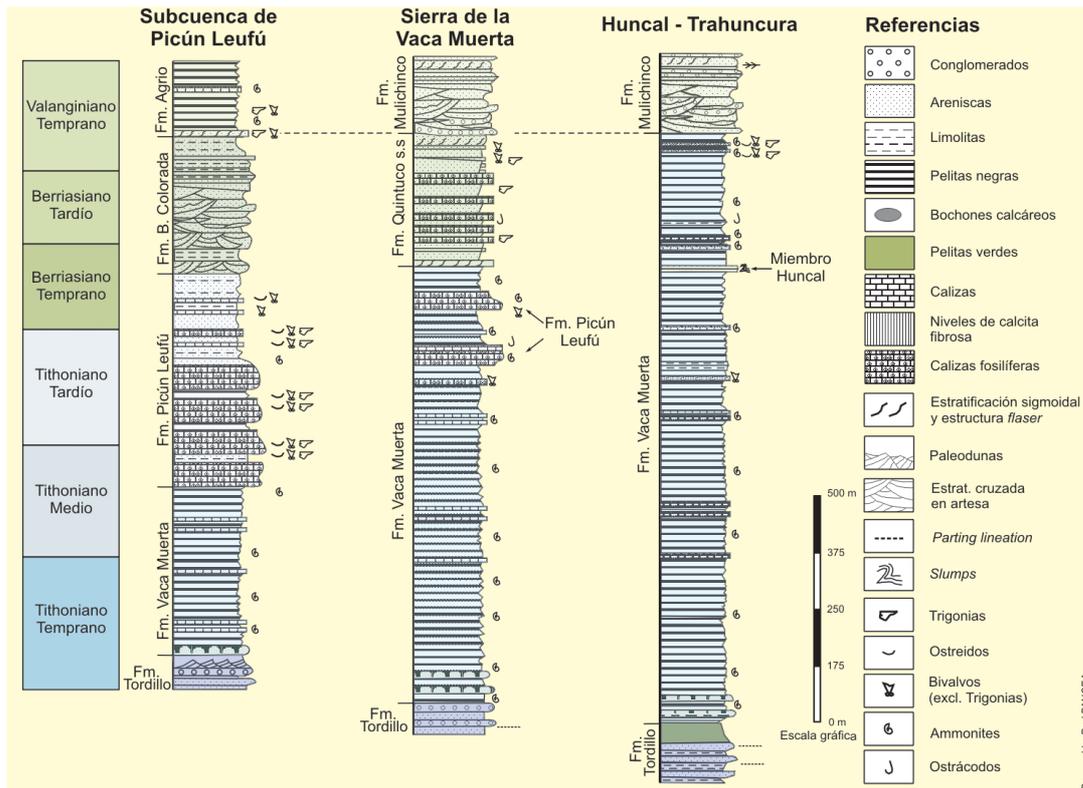


Figura 3: Perfiles columnares esquemáticos del Grupo Mendoza Inferior en la Subcuenca de Picún Leufú, sierra de la Vaca Muerta y comarcas depocentrales (Huncal y Trahuncura).

En el territorio chileno adyacente, el tramo analizado es parcial o totalmente equivalente con las Fms. Lo Valdes, Leñas Espinoza y Baños del Flaco (Hallam *et al.* 1986).

La cuestión nomenclatural del «Quintuco» en la Cuenca Neuquina

Con referencia al tramo estratigráfico conocido como «Quintuco» que forma parte del Grupo Mendoza Inferior, merecen efectuarse algunos comentarios adicionales, atento que el término ha sido empleado con disímiles acepciones, tanto en superficie como subsuelo, y que merecen ser destacados.

Al respecto es necesario recordar la definición original de Weaver (1931, cuadro) según la cual «*The Quintuco formation consists of thick bedded dark gray shales in Northern Neuquén, interbedded dark gray shales and calcareous and sandy shales at Vaca Muerta and limestones, calcareous shales and argillaceous limestones of shallow water deposits at Cerro Loteno and Picún Leufú. There is no angular unconformity with the coarse conglomerates of the basal portion of the Mulichinco formation above, but a very sharp lithologic break at the contact. The basal contact with the Tithonian dark gray shales is difficult to determine and there appears to be everywhere continuous deposition from the upper Jurassic into the lower Quintuco shales, the sandy aspect increasing somewhat upwards.*».

Es evidente que en la época en que Weaver definió esta unidad, los códigos de nomenclatura eran imprecisos en cuanto al alcance de las unidades lito- y cronoes- tratigráficas, incluyendo en la unidad en análisis para la región depocentral de la Cuenca Neuquina a lutitas negras asignadas al Cretácico Inferior (*Quintuco shales*) indiferenciables para fines de mapeo de la infrayacente

Fm. Vaca Muerta, en tanto que en la región meridional de la cuenca (áreas del cerro Lotena y arroyo Picún Leufú) incluyó calizas y pelitas calcáreas, que también asignaba al Cretácico Inferior. Esta situación fue advertida años atrás por Leanza (1973), quien instituyó la Fm. Picún Leufú para agrupar a estas últimas rocas sedimentarias de composición predominantemente calcárea cuya edad se extiende desde el Tithoniano Medio al Berriasiano Temprano, manifestándose su distribución areal según una franja extendida en la parte sudoriental de la Cuenca Neuquina (*Carbonate shelf* de Legarreta & Uliana 1991). Al mismo tiempo, Leanza (1973) propuso para el caso de áreas depocentrales extender el alcance de la Fm. Vaca Muerta hasta la base de la Fm. Mulichinco (áreas de Huncal y Trahuncura).

En afloramientos de la Subcuenca de Picún Leufú en dicho tramo estratigráfico conviven sedimentitas que constituyen asociaciones de facies muy disímiles entre sí, tales como areniscas verdes depositadas en el segmento proximal *nearshore* (Fm. Carrín Curá) (Fig. 4c), una extensa plataforma carbonática acumulada en un contexto de mar alto (Fm. Picún Leufú) (Fig. 4b) y sedimentitas continentales de origen fluvial (Fm. Bajada Colorada) (Fig. 4c). En la sierra de la Vaca Muerta se desarrolla un tramo marino somero de naturaleza silicoclástica (Fm. Quintuco s.s.), que frente al cerro Mallín Quemado y en Bajada Vieja (Fig. 5d) alcanza hasta 350 m de espesor, hasta desaparecer casi totalmente frente al cerro Candelero luego de transponer Puerta Quintuco (Fig. 6d). Finalmente, en regiones depocentrales (Huncal y Trahuncura) el tramo estratigráfico analizado está compuesto por lutitas de ambiente *offshore* (Fm. Vaca Muerta), que incluyen en su tramo Berriasiano un episodio turbidítico (Miembro Huncal) (Fig. 6c).

En lo que hace al subsuelo, el término Formación Quintuco, generalmente dividido en tres miembros (Inferior, Medio y Superior), ha sido y es utilizado en el sector oriental del engolfamiento asiduamente por geólogos petroleros. Baste citar los numerosos trabajos publicados referentes a la citada unidad en «Rocas reservorio de las cuencas productivas argentinas» (véase Schiuma *et al.* 2002) o en «Trampas de Hidrocarburos en la Cuencas productivas de Argentina» (Kozlowski *et al.* 2005). Por esa razón, se estima adecuado, dado el arraigo existente, mantener esa identificación para subsuelo.

En su trabajo de síntesis de la estratigrafía sísmica del intervalo Jurásico Superior - Cretácico Inferior, Mitchum & Uliana (1985) definen a las Fms. Quintuco y Loma Montosa como «*time transgressive lithofacies*» que representan «*the inner and outer shelf segments of individual clinoform sequences*».

Síntesis de las unidades formacionales que conforman el Grupo Mendoza Inferior

El Grupo Mendoza Inferior (Legarreta & Gulisano 1989) –excluyendo la Fm. Tordillo y equivalentes– se extiende entre el Tithoniano Temprano tardío y el Valanginiano Temprano, y en él se distinguen las siguientes unidades (Figs. 4, 5 y 6).

Formación Vaca Muerta (Weaver 1931)

Esta entidad ampliamente distribuida en la Cuenca Neuquina fue establecida por Weaver (1931). A partir de la

recomendación de Fossa Mancini *et al.* (1938) de utilizar la denominación de Formación (de la) Vaca Muerta en reemplazo de «Margas Bituminosas del Tithoniano» el término ha sido profusamente usado en la literatura geológica en la década del 40 por geólogos de YPF (Baldwyn 1942; Herro Ducloux 1946, entre otros). Leanza (1973, p. 121) designó al área de la pendiente occidental de la sierra de la Vaca Muerta como la localidad tipo de esta unidad. Sus afloramientos, según puede apreciarse en los levantamientos geológicos del SEGEMAR (Cucchi 1998; Leanza & Hugo 1997; Leanza *et al.* 2001; Cucchi & Leanza 2006) se encuentran ampliamente extendidos en la Cuenca Neuquina, distribuyéndose desde la región cercana a Piedra del Águila (Carrín Curá) a través de la comarca de Picún Leufú (ruta nacional 40) y Chacaico en el oeste neuquino. Continúa al norte por la sierra de la Vaca Muerta, cruzando los ríos Agrio y Neuquén, contorneando al oriente la Yesera del Tromen en la región de Pampa Tril, para alcanzar territorio mendocino en el área de sierra de Reyes (Groeber 1933). Posee espesores variables desde 11 m en la comarca de Carrín Curá hasta 1250 m en áreas depocentrales (sierra de la Vaca Muerta, Huncal, Trahuncurá). Sobre la base de su fauna de amonites su edad abarca desde el Tithoniano Temprano tardío a Medio en el arroyo Picún Leufú hasta alcanzar el Valanginiano Temprano en el norte neuquino (Leanza 1973, Leanza & Wiedmann 1989, entre otros).

Está compuesta por pelitas y calizas finas con alto contenido de material orgánico (COT 3-8 %) según Uliana *et al.* (1999), de donde tomó su antiguo nombre de «margas



Figura 4: Aspectos del Grupo Mendoza Inferior en la Subcuenca de Picún Leufú. A) Sigmoides progradantes hacia el norte en la base de la Fm. Picún Leufú (PL) en la bajada de Chacaicó. B) La Fm. Picún Leufú en su localidad tipo. C) La Fm. Carrín Curá (CC) en Fortín 1° de Mayo sobre el río Catán Lil. D) Contacto discordante entre la Fm. Bajada Colorada (BC) y la Fm. Agrio (A) al oeste del cerro Marucho.

bituminosas». Son comunes hacia la base importantes niveles de concreciones calcáreas (Fig. 6a) y niveles radiactivos, no solo presentes en la cuenca Aconagüina, sino también en Chile y Perú (Leanza 1981b). En la región de los cerros Mulichinco y Mocho existen abundantes niveles de calcita fibrosa conformando estructuras tipo *beef in shale* (Fig. 6b).

A nivel global estas capas son aproximadamente equivalentes a prolíficas rocas madre de sistemas petroleros en el Mar del Norte, oeste de Siberia y el Este Medio (Hallam 1987; Legarreta & Uliana 1996b; Leanza 1996). En ella se han reconocido importantes faunas de macroinvertebrados marinos, predominando ampliamente los amonites, tanto como microinvertebrados y vertebrados que se reseñan en la parte paleontológica de este relatorio. Justamente sobre la base de su contenido faunístico se infiere que la batimetría de esta unidad no ha superado los 250 m de profundidad, estimación que concuerda con la realizada por Mitchum & Uliana (1985) a través de la medición de las clinofórmulas en registros sísmicos.

Al norte de la Dorsal de Huincul, su base generalmente se halla en contacto neto con las sedimentitas de la Fm. Tordillo, en tanto que al sur de la misma lo hace sobre la Fm. Quebrada del Sapo. En la zona de la Dorsal de

Huincul puede asentarse sobre las Fms. Lotena y Lajas respectivamente y en la comarca de la estancia Santa Isabel al sur de Catán Lil directamente sobre depósitos precuycanos (Cucchi & Leanza 2006).

El techo se pone en contacto con la Fm. Carrín Curá en el río Catán Lil y con la Fm. Picún Leufú en el área del anticlinal homónimo, con la Fm. Quintuco en la sierra de la Vaca Muerta, y con la Fm. Mulichinco -discordancia Intravalaginiana mediante- a partir del arroyo Quintuco hacia el norte neuquino, donde la facies *offshore* de la Fm. Vaca Muerta alcanza términos del Valanginiano Temprano documentado por su contenido de amonites, entre los que se reconocen *Lissonia*, *Acantholissonia*, y *Valanginites* (Leanza & Wiedmann 1989; Aguirre Urreta *et al.* 1999). Hacia el norte, en el área del cerro de La Parva (Chacay Melehue) confluyen, en un dominio enteramente marino de interior de cuenca, las plataformas de las Fms. Vaca Muerta y Agrio (Fig. 7).

Miembro Los Catutos (Leanza & Zeiss 1990)

Fue definido en la cantera El Ministerio, 15 km al noroeste de Zapala, donde presenta 70 m de espesor desarrollados dentro de la Fm. Vaca Muerta. Está compuesto por calizas bioclásticas, micríticas y peloidales (wackestones y mudstones) de color blanco amarillento por alteración y

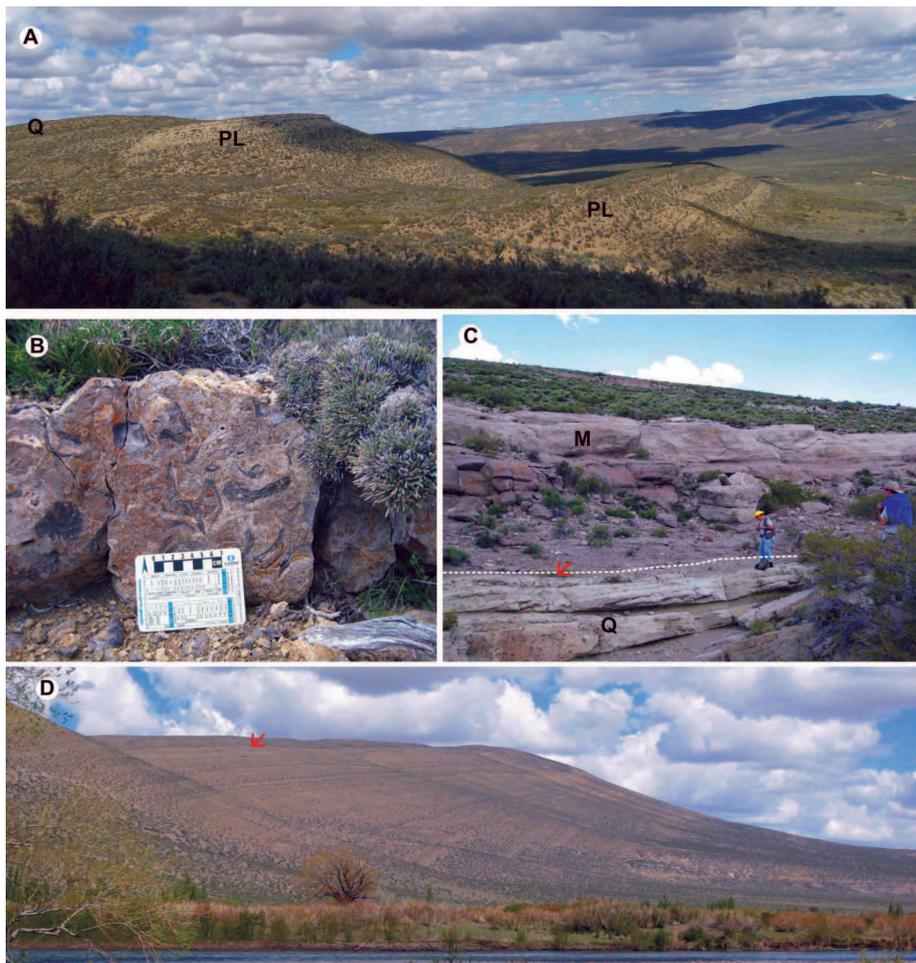


Figura 5: Aspectos del Grupo Mendoza Inferior en la sierra de la Vaca Muerta. A) Barras progradantes de la Fm. Picún Leufú (PL) al este del cerro Mallín Quemado. Al fondo y por encima de la Fm. Quintuco s.s. (Q). B) Coquina con nódulos de colofano alojadas en la Fm. Vaca Muerta. C) Contacto discordante entre la Fm. Quintuco (Q) y la Fm. Mulichinco (M) (Discordancia Huncálica o Intravalaginiana) inmediatamente al oeste de Puesto Gualmes. D) Clinofórmulas sigmoidales de las Fms. Vaca Muerta y Quintuco progradando hacia el norte en la comarca de Bajada Vieja sobre el río Agrio. La flecha indica el contacto con la Fm. Mulichinco, donde se manifiesta la discordancia Intravalaginiana.

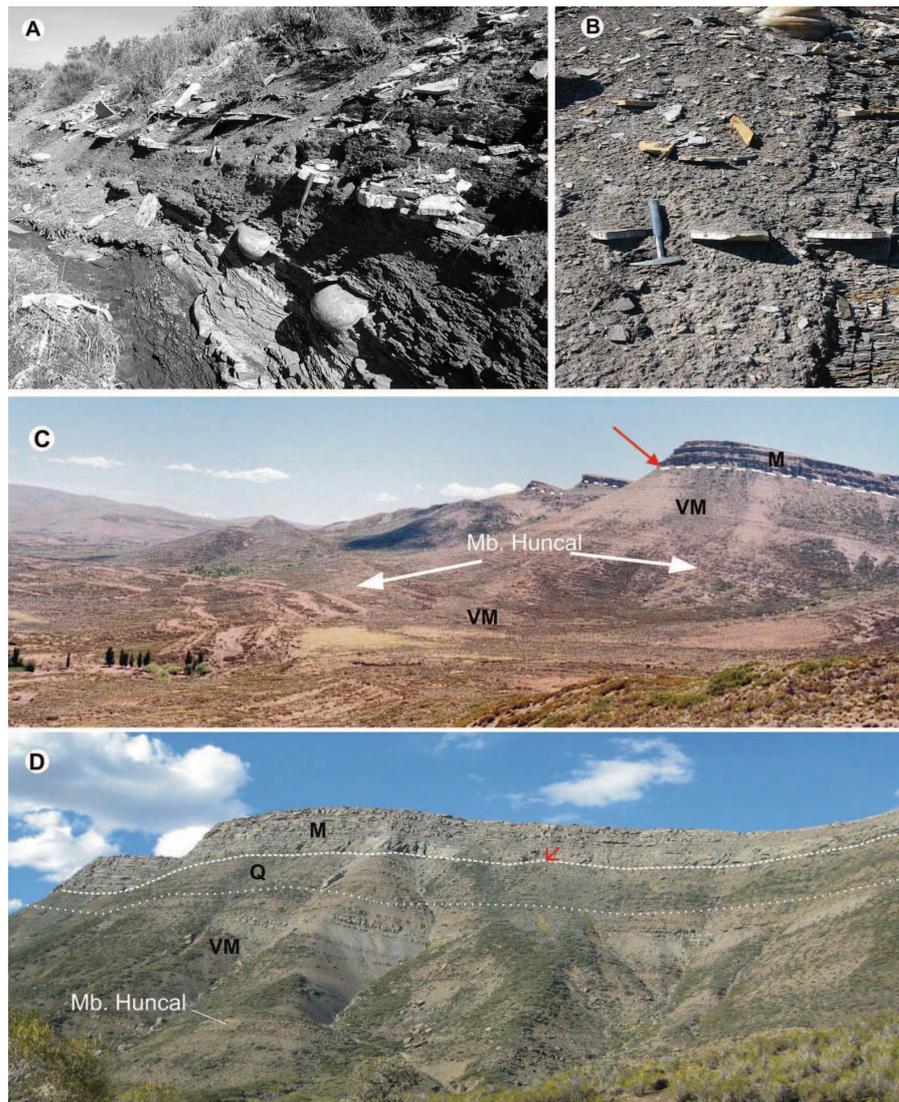


Figura 6: Aspectos del Grupo Mendoza Inferior en áreas depocentrales. A) Tramo basal de la Fm. Vaca Muerta con sus característicos bochones calcáreos. B) Niveles de calcita fibrosa alojados en la Fm. Vaca Muerta. C) Comarca de Huncal, donde se aprecia el Mb. Huncal alojado en pelitas de la Fm. Vaca Muerta (VM) y esta a su vez cubierta por la Fm. Mulichinco (M), en cuya base se ubica la discordancia Intravalanginiana o Huncálica. Nótese la ausencia de la Fm. Quintuco s.s. D) Parte superior de la Fm. Vaca Muerta, mostrando el Mb. Huncal y una delgada exposición de la Fm. Quintuco (Q) y, mas arriba la Fm. Mulichinco, en cuya base (flecha) se encuentra la discordancia Huncálica.

gris azulada en corte fresco, también conocidas como calizas litográficas por su fragmentación lajosa. Fueron interpretadas como ritmitas (calizas y margas) por Scasso *et al.* (2002), autores que le asignan profundidades de agua entre los 30 y 50 metros. Describe una geometría típicamente sigmoide en la porción sur de la sierra la Vaca Muerta (Leanza *et al.* 2001), asociada a un ambiente *offshore* de aguas templadas de acuerdo a su registro fosilífero.

En clásico perfil del cerro Lotena dentro de la Fm. Vaca Muerta existe un tramo de calizas conteniendo la misma fauna de amonites preservada en tres dimensiones (Leanza 1980), similar a la presente en el Mb. Los Catutos en la comarca de Zapala. Este litotopo ya fue ilustrado por Windhausen (1914) en su clásico perfil del faldeo austral del cerro Lotena, con lo cual puede afirmarse que el Mb. Los Catutos también se encuentra expuesto en esta comarca.

Desde el punto de vista ambiental y secuencial el Mb. Los Catutos permite inferir una somerización respecto de los depósitos de la base o un fuerte cambio en las

condiciones climáticas que inhibieron el aporte clástico. Según los últimos estudios de Zeiss & Leanza (2008; 2010), su contenido amonitifero permite asignarlo al Tithoniano Medio tardío (Zona de *Aulacosphinctes proximus*) y Tithoniano Tardío temprano (Zona de *Windhausenicerias internispinosum*)

Miembro Huncal (Leanza *et al.* 2003)

Se desarrolla rodeando al cerro Mulichinco al este de la localidad de Loncopué, dentro del tramo Berriasiano de la Fm. Vaca Muerta. Litológicamente está compuesto por areniscas finas gris amarillento, litificadas, tabulares con estratificación *hummocky* y onduladas de corrientes. Se la asocia a un ambiente de corrientes de turbidez, desarrollando hacia la base canales coalescentes de abanico submarino y por el tope completa con series de Bouma, que describen lóbulos turbidíticos con espesores de 15 a 20 metros. Estudios sedimentológicos de detalle de esta unidad permitieron establecer un talud sobre el margen oeste de la cuenca sobre la base de los planos de deformación sinsedimentaria de los deslizamientos mapea-

dos para esta unidad (Spalletti *et al.* 2008). Este litotopo también se manifiesta en afloramientos antes de arribar a la estancia Rahueco y, ya bastante diluido, en las estratificaciones occidentales del cerro de La Parva, en la comarca de Chacay Melehue. Se le asigna una edad berriasiana temprana (Leanza *et al.* 2003).

Formación Carrín Curá (Leanza *et al.* 1978)

Esta unidad se desarrolla en el área de Fortín 1º de Mayo, inmediatamente luego de transponer el nuevo puente sobre el Catán Lil en dirección a Media Luna (Fig. 3c). Su localidad tipo se halla en la margen izquierda del arroyo homónimo, 20 km al noroeste de Piedra del Águila, donde acusa 120 m de espesor.

En el área citada engrana transicionalmente con la Fm. Vaca Muerta y es cubierta del mismo modo por la Fm. Picún Leufú. Afloramientos de esta entidad fueron descritos originalmente por Leanza (1941) y luego por Galli (1969).

Está compuesta por areniscas líticas granulométricamente finas, en un ambiente donde la abundante sedimentación terrígena inhibió la sedimentación carbonática. El color verde está dado por la presencia de cemento, compuesto principalmente por clorita autigénica. Las mencionadas areniscas muestran selección moderada a buena, con clastos angulosos a subangulosos. Entre ellos se han observado rodados de composición riolítica, andesítica, traquítica y traquiandesítica, a los que se suman metamorfitas y plutonitas ácidas (Leanza *et al.* 1978). Posee abundantes ejemplares de *Anditrigonia carrincurensis*, asociados con *Lucina aff. leufuensis* Weaver, *Cucullaea sp.*, *Turritella sp.* y *Rhynchonella sp.* Se han reconocido buenos desarrollos de barras litorales correspondientes a ambientes de *nearshore*. La edad de la Fm. Carrín Curá ha sido asignada al Tithoniano Temprano y Medio sobre la base del contenido amonítifero (Leanza & Hugo 1978). En dirección al norte, esta unidad engrana lateralmente con la Fm. Vaca Muerta.

Formación Picún Leufú (Leanza 1973)

Esta entidad incluye al conjunto de calizas, arcilitas y areniscas de tonalidades blanquecinas y verdosas que en el sur de la Cuenca Neuquina se interponen concordantemente entre las pelitas de la Fm. Vaca Muerta o las lenguas distales de la Fm. Carrín Curá y las areniscas de la Fm. Bajada Colorada.

Su localidad tipo se encuentra en la comarca del cruce de la ruta nacional 40 con el arroyo Picún Leufú (Fig. 4b). Aflora desde el área cercana a Piedra del Águila (región de Carrín Curá) hasta las inmediaciones de la sierra de Vaca Muerta. Está constituida por un predominio de calizas arcillosas y arcilitas con diferentes porcentajes de aloquímicos (oolitas, nódulos, intraclastos, restos fosilíferos y calciesfereas), coquinas, limolitas y escasas dolomías (Leanza *et al.* 1978). El espesor del intervalo asciende a 350 metros (Leanza 1994).

Su contenido litológico y faunístico, donde dominan los trigónidos y se asocian con frecuencia equinodermos, corales, vermes y escasos amonites, denota un ambiente marino bentónico de aguas templadas, poco profundas, oxigenadas, y de energía dinámica alternante entre moderada y baja. La presencia de barras tidales en el tramo calcáreo de la unidad sugiere la presencia de islas de ba-

rrera, que evolucionan a facies de lagoon (Armella *et al.* 2007), distinguiéndose por la sedimentación de pelitas y margas en aguas tranquilas, en las que de tanto en tanto se alojan niveles coquinoideos con retrabajo de tormentas. También se identificaron cuerpos litorales asociados a una rampa calcárea afectada por la acción de mareas (Spalletti *et al.* 2000). A continuación se dispone un conjunto de limolitas de llamativa coloración verde dada por su cemento clorítico que en imágenes satelitales constituye una franja bien visible.

Los registros amonítíferos de la Fm. Picún Leufú permiten referirla al Tithoniano Tardío temprano (Zona de *Windhausenicerias internispinosum*) y Tithoniano Tardío (Zonas de *Corongoceras alternans* y *Substeueroceras koeneni*), siendo posible que abarque parte del Berriasiano (Leanza 1973).

Sobre el oeste neuquino, en el área del cerrito Caracoles, 13 km al noroeste de Zapala, se observa una buena exposición de la parte basal de la Fm. Picún Leufú dispuesta sobre las últimas margas bituminosas de la Fm. Vaca Muerta. Este tramo se inicia con acumulaciones biogénicas (coquinas) y desarrollo de abultamientos calcáreos (*patch reefs*) con abundante fauna de corales, muchos de ellos en posición de vida (Armella *et al.* 2008), donde se han reconocido fragmentos del amonite *Pseudosubplanites grandis* indicativo del Berriasiano Temprano.

En dirección norte, ya sobre la sierra de la Vaca Muerta, ubicada inmediatamente al este del cerro Mallín Quemado, afloran rocas calcáreas progradantes manifestadas a través de dos lenguas distales de la Fm. Picún Leufú, una depositada en el Tithoniano Tardío y otra en el Berriasiano Temprano, que engranan lateralmente con pelitas negras de la Fm. Vaca Muerta (Fig. 5c). En los niveles berriasianos existen coquinas portadoras de *Exogyra couloni* (Fig. 5b) y niveles de fosforitas (Mastandrea *et al.* 1975), los que pueden estar indicando un quiebre de plataforma hacia áreas depocentrales de la cuenca.

Sobre la base de su contenido de bivalvos se correlaciona con la Fm. Ortíz del Grupo Fortín Nogueira (Rolleri *et al.* 1984) aflorante en la región del río Limay cercana a Piedra del Águila (Leanza & Hugo 1997).

En el subsuelo de la Cuenca Neuquina se corresponde con la Fm. Loma Montosa (Digregorio 1972).

Formación Bajada Colorada (Roll, en Fossa Mancini *et al.* 1938)

Esta designación identifica al conjunto de areniscas con intercalaciones de conglomerados que se disponen concordantemente sobre los estratos de la Fm. Picún Leufú y están cubiertos por la Fm. Agrio. Posee su localidad tipo en las barrancas de Bajada Colorada, cruzada por la ruta nacional 237 en su parte occidental, donde fue descrita por Roll (1939), aunque allí las relaciones de base y techo no son observables. En el área de la salida del cañadón de la María Juana en dirección a Media Luna se apoya a través de un contacto transicional sobre la Fm. Picún Leufú, y es cubierta - en relación de discordancia erosiva - por la Fm. Agrio. Las mismas relaciones están excelentemente expuestas en la comarca del cerro Marucho, inmediatamente al oeste de la ruta nacional 40 (Fig. 4d).

Está compuesta por conglomerados, areniscas gruesas, limolitas, y arcilitas de colores dominantes rojizos, gris rosados, castaño - grisáceos y rojo violáceos. En la parte basal predominan conglomerados finos y gruesos, y

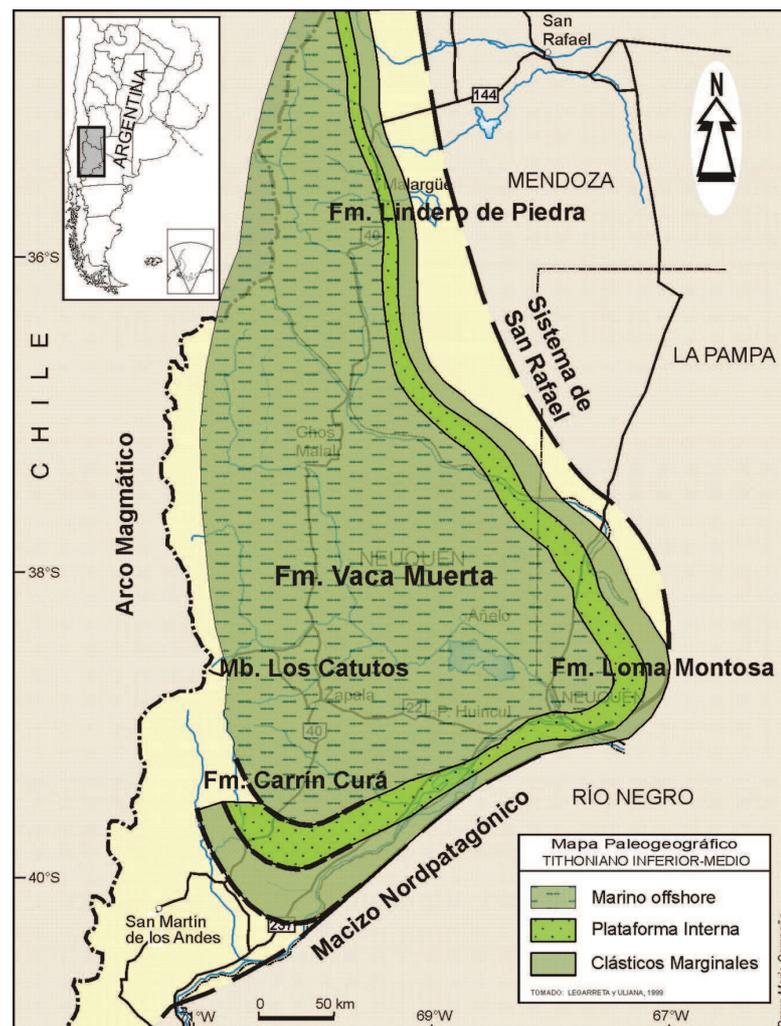


Figura 7: Mapa paleogeográfico del Grupo Mendoza Inferior durante el intervalo del Tithoniano Temprano a Medio (basado en Legarreta & Uliana, 1991).

areniscas de coloración gris verdosa, estas últimas mostrando frecuentemente estratificación entrecruzada en artesa. En la región al este de Las Coloradas, donde se presentan los mejores afloramientos de la unidad, el espesor de la misma alcanza los 480 metros. Describen un ambiente continental fluvial de tipo meandroso y anastomosado, reflejando condiciones variables de régimen de flujo desde muy alto a moderado, incluyendo la participación de corrientes hiperconcentradas.

Es frecuente encontrar abundantes troncos silicificados, y raramente restos de reptiles terrestres, lo cual denota un paleoclima templado-cálido y relativamente húmedo. Se la atribuye al lapso Berriasiano Tardío - Valanginiano Temprano, por cubrir sedimentitas de la Fm. Picún Leufú, asignadas al Tithoniano Medio tardío - Berriasiano Temprano y estar ubicadas debajo de la discordancia Intra-valanginiana que se interpone entre esta unidad y la Fm. Agrío.

En el área al sur de la Dorsal este intervalo fue por muchos años asignado a la Fm. Mulichinco en el sentido de Weaver (1931). Posteriormente, Gulisano *et al.* (1984) demostraron que estas sedimentitas infrayacían a la discordancia Intra-valanginiana, y las denominaron «Mulichinco». Trabajos posteriores mediante correlaciones de subsuelo (Foucault *et al.* 1987) y observaciones de superficie (Leanza & Hugo 1997), permitieron adjudicar este tramo

estratigráfico a la Fm. Bajada Colorada, y por lo tanto extender el tope del Grupo Mendoza Inferior hacia la región del río Limay (Fig. 8).

Formación Quintuco *sensu stricto* (Weaver 1931 pars)

Tal como se aclaró más arriba, se considera como Fm. Quintuco s.s. al conjunto de sedimentitas silicoclásticas marinas acumuladas en segmentos de *nearshore* durante el Berriasiano Tardío al Valanginiano Temprano. Al este de Mallín Quemado consiste en un paquete silicoclástico de unos 350 m de espesor, compuesto por un elevado número de parasecuencias de ambiente marino somero con abundancia de bivalvos, desarrolladas con dominio de oleaje, mareas o tormentas, con patrón de apilamiento grano y estratocreciente (pelitas, acumulaciones biogénicas en ambiente clástico y *hardgrounds*), hasta alcanzar la discordancia Intra-valanginiana, bien observable en puesto Gualmes (véase Leanza 2009).

Es importante destacar que en mapeos regionales a escala 1: 250.000 (Leanza *et al.* 2001; Leanza *et al.* 2006) este tramo silicoclástico de *nearshore* dispuesto sobre las lutitas negras de la Fm. Vaca Muerta, que aquí adjudicamos a la Fm. Quintuco s.s., se lo ha mapeado en conjunto con la Fm. Mulichinco. En áreas depocentrales, en tanto, las «Quintuco shales» fueron consideradas como parte integrante de la Fm. Vaca Muerta.

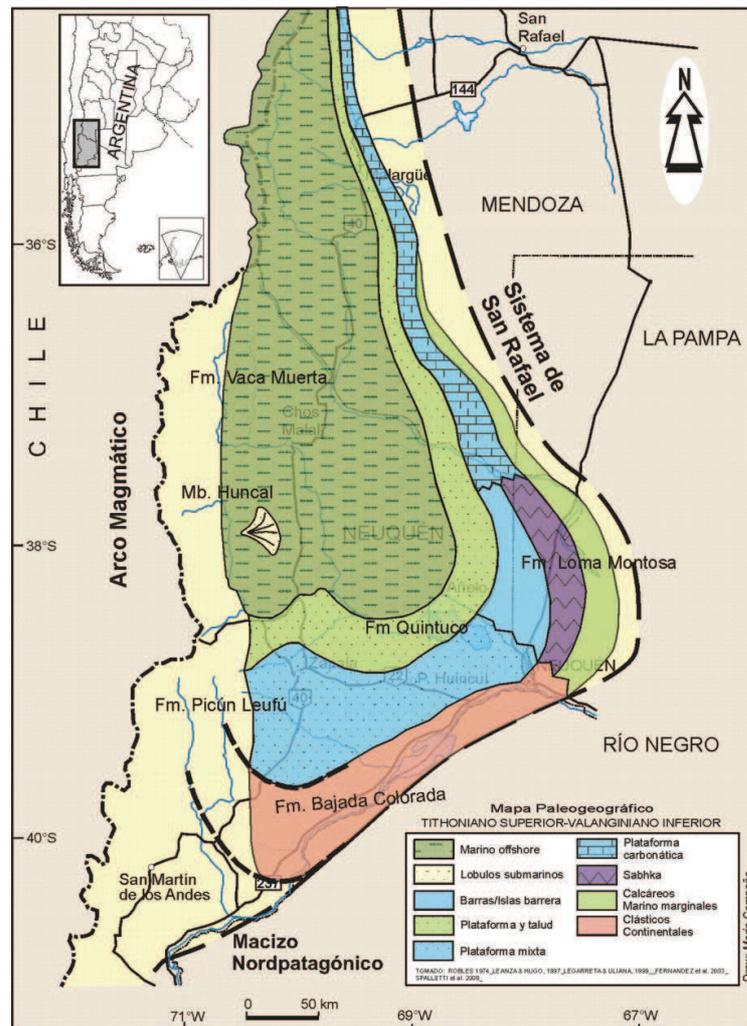


Figura 8: Mapa paleogeográfico del Grupo Mendoza Inferior durante el intervalo del Tithoniano Tardío al Valanginiano Temprano. (basado en Robles 1974, Legarreta & Ullana 1991, Leanza & Hugo 1997, Fernández *et al.* 2003 y Spalletti *et al.* 2008)

En lo que hace a sus relaciones estratigráficas, en la región de la sierra de Vaca Muerta la Fm. Quintuco s.s. suprayace en concordancia a la Fm. Vaca Muerta y es cubierta - discordancia Intravalanginiana mediante - por la Fm. Mulichinco. En la región al sur de la Dorsal es equivalente temporal de la Fm. Bajada Colorada. En dirección al norte engrana lateralmente con las pelitas *offshore* de la Fm. Vaca Muerta, estando exigüamente expuesta en Puerta Quintuco (cerro Candelero), con menos de 30 m de espesor. En áreas depocentrales, en tanto, su registro está ausente (véase Fig. 6c).

En el subsuelo de la cuenca la industria petrolera aplicó el nombre de Fm. Quintuco (ex Fm. Calcárea, de Ferrariís 1947) para describir todas las sedimentitas suprayacentes a la Fm. Vaca Muerta hasta los depósitos de la Fm. Centenario, quedando allí englobadas litologías muy variadas, desde areniscas calcáreas, calizas oolíticas y micríticas, pelitas calcáreas, anhidritas y dolomitas.

En el trabajo de Mitchum & Ullana (1985) puede apreciarse que la Fm. Vaca Muerta rejuvenece desde el Tithoniano Inferior hasta el Valanginiano Temprano, en coincidencia con el esquema propuesto por Leanza (1973) sobre la base de observaciones de superficie. En forma similar, la Fm. Quintuco hace lo propio desde el Tithoniano Medio hasta el Valanginiano Temprano. Sobre la base de interpretaciones de líneas sísmicas y empleo de moderna

tecnología tal arreglo estratigráfico se presenta convenientemente ilustrado en la Fig. 9.

El concepto litoestratigráfico permitió describir los diferentes intervalos en las áreas de plataforma, mientras que el análisis secuencial facilitó comprender como era el arreglo depositacional desde las facies proximales hasta las posiciones de cuenca.

SUBSUELO DEL ENGOLFAMIENTO

En la Plataforma de Catriel (desde la provincia de La Pampa hasta el Bajo de Añelo), el Grupo Mendoza Inferior se encuentra representado por la Fm. Loma Montosa (Digregorio 1972), quien la asignó a la etapa regresiva del Tithoniano alto para el área oriental del engolfamiento. En la Fig. 10 se resumen las equivalencias de unidades de subsuelo establecidas por Robles (1974), Carozzi *et al.* (1993) y Olmos & Sommerfeld (2005).

Para el ámbito de la Plataforma de Catriel, Robles (1974) dividió a la Fm. Loma Montosa en tres miembros principales desde base a techo, a saber: un Miembro Arenoso Calcáreo Inferior, un Miembro Arcilloso Medio y finalmente un Miembro Calcáreo Arenoso Superior (Fig. 9).

Carozzi *et al.* (1993) en trabajos de sedimentología de detalle para la porción oriental del engolfamiento (Loma

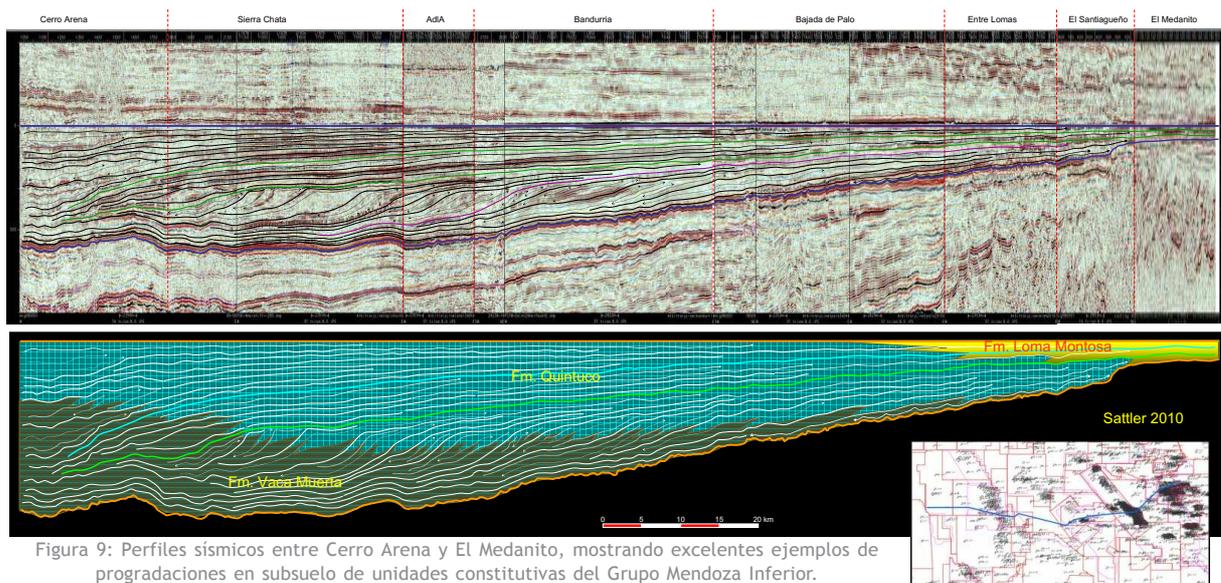


Figura 9: Perfiles sísmicos entre Cerro Arena y El Medaño, mostrando excelentes ejemplos de progradaciones en subsuelo de unidades constitutivas del Grupo Mendoza Inferior.

La Lata) describieron 5 intervalos para el ciclo Quintuco/Vaca Muerta, donde cada uno de ellos desarrolla facies desde marino someras hasta cuencales. Los dos inferiores poseen pelitas euxínicas y planicies de mareas, y se corresponderían con los equivalentes litoestratigráficos de la Fm. Vaca Muerta (véase Fig. 10). La siguiente unidad (Carbonática Inferior) se correspondería con el Miembro Arenoso Calcáreo Inferior de Robles (1974), cuyas facies de borde a cuenca, y en dirección de Este a Oeste, incluyen ambientes de *fan delta*, *lagoon-sabhka*, y margen oolítico, culminando con facies de talud y cuenca.

Hacia arriba continua el Fan Delta Inferior de Carozzi *et al.* (1993) con participación fluvial, hasta ámbitos de plataforma silico-calcárea, pudiendo considerarse equivalente al Miembro Arcilloso Medio de Robles (1974). Finalmente, el intervalo Carbonático Superior se correspondería con el Miembro Calcáreo Arenoso Superior de Robles (1974), replicando el patrón sedimentario del Miembro Inferior, con facies desde *fan delta* hasta subtidales.

Trabajos posteriores (Olmos & Sommerfeld 2005) describen este intervalo integrado por 6 secuencias depositacionales, compuestas internamente por arreglos transgresivos a la base que culminan con superficies de exposición para el ámbito de borde.

Estos autores asignan dos secuencias inferiores al tramo basal del Mb. Inferior (Fm. Loma Montosa), describiendo facies de grainstones oolíticos, packstones, wackestones, arenitas carbonáticas y conglomerados calcáreos, cuyo arreglo somerizante se caracteriza por inundaciones que evolucionan a cuerpos costeros de alta energía (*shoreface*). Estas barras acompañan al margen de la plataforma y se distribuyen en sentido NO-SE, con un espesor de 50 m de promedio, como puede visualizarse en la reconstrucción paleoambiental efectuada por los citados autores (Fig. 11). A título de comentario es destacable la similitud de esta reconstrucción con la efectuada por Armella *et al.* (2007) para la Fm. Picún Leufú en su localidad tipo.

La siguiente secuencia depositacional (3) se corresponde con el Mb. Medio y desarrolla arcilitas y fangolitas, mudstones y wackes dolomíticos, anhidritas, grainstones conglomerádicos con intercalaciones de fangolitas. Esta

sección se corresponde con el Mb. Arenoso Calcáreo Inferior de Robles (1974), aunque en la zona de Medaño abarcaría parte del Miembro Medio (Olmos & Sommerfeld 2005).

Preferentemente los espesores de arcilitas verdosas y barras carbonáticas de rumbo Oeste -Este que se desarrollan hacia las porciones cuencales en Loma La Lata (Fernández *et al.* 2003) y sus equivalentes de borde, se hallan representados por paquetes evaporíticos (Tapera Avenadaño). El sistema depositacional aquí representado correspondería a una expansión del ambiente de *sabhka* hacia las zonas proximales.

Las últimas 2 secuencias (4 y 5), con un espesor aproximado de 110 m, equivalen a los Mbs. Medio y Superior de Robles (1974), con la participación de grainstones oolíticos, packstones y grainstones dolomíticos, con arcilitas de gran extensión areal. Este conjunto se asocia a una plataforma de mareas con influencia evaporítica (Fig. 11)

Desde el punto de vista petrolero el Miembro Inferior conforma uno de los reservorios de excelencia para la Plataforma de Catriel, siguiendo en forma subordinada el Miembro Medio para el área de Loma La Lata (Fernández *et al.* 2003) dentro de los niveles de esta unidad.

ANÁLISIS SECUENCIAL

Mitchum & Uliana (1982, 1985) integraron toda la información de subsuelo disponible y describieron el relleno del tramo Tithoniano - Valanginiano Temprano en 8 secuencias depositacionales en el sentido de Vail *et al.* (1977). Estos intervalos representan la progradación desde el vértice suroriental en las proximidades del subsuelo de la ciudad de Neuquén en dirección noroccidental hasta las cercanías del Dorso de los Chihuidos. En términos generales, la secuencia basal representa la etapa de máxima transgresión sobre la cual se construyen las sucesivas progradaciones desde la porción austral hacia el norte, caracterizando la etapa de mar alto del ciclo. Este modelo sigue aún vigente por su rigurosidad y sencillez. Citaremos brevemente los aspectos más relevantes de esta propuesta, a la luz de modernas evidencias de subsuelo, que se ilustran en las Figs. 12 y 13.

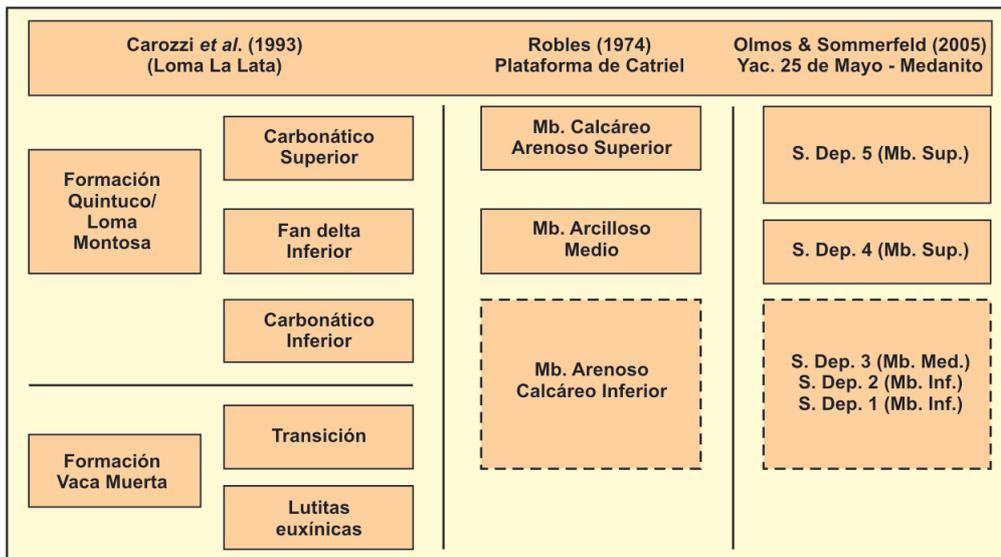


Figura 10: Equivalencias de unidades del Grupo Mendoza Inferior (Fms. Vaca Muerta, Loma Montosa y/o Quintuco) en distintas áreas del subsuelo de la región oriental de la Cuenca Neuquina, involucrando el área de Loma La Lata, Plataforma de Catriel y 25 de Mayo - El Medanito.

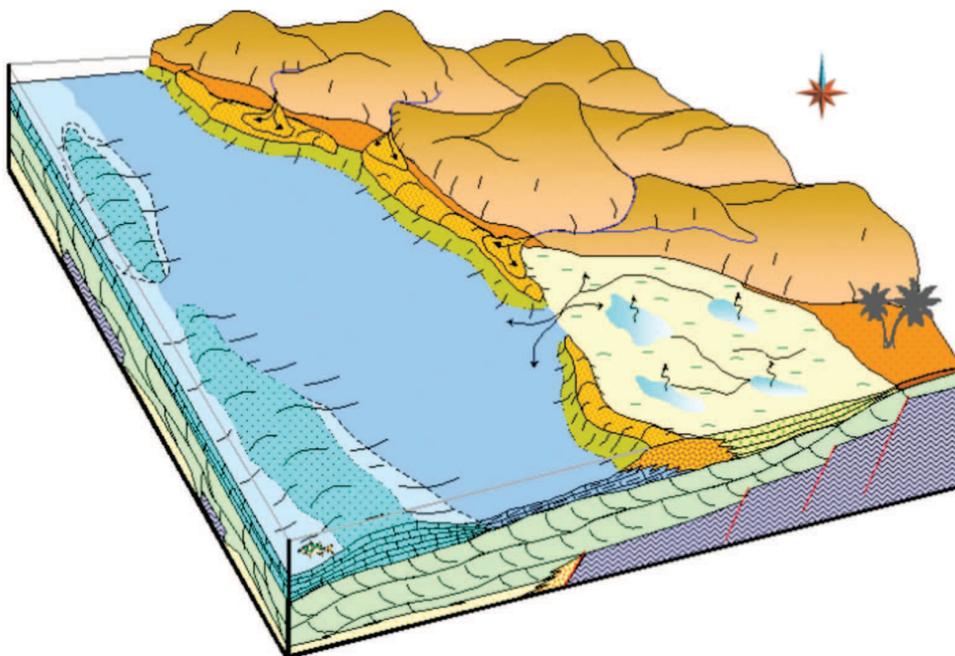


Figura 11: Reconstrucción paleoambiental basada en información de subsuelo para el Mb. Inferior de la Fm. Quintuco según Olmos & Sommerfeld (2005) en el yacimiento El Medanito.

De acuerdo a la configuración interna de sus reflectores, este conjunto representa tres estadios principales conformando de base a techo, una sección de rampa (ABC) de edad Tithoniano Temprano a Medio, seguido de un intervalo de talud (DEF) para tiempos del Tithoniano Tardío a Berriasiano y, finalmente, un intervalo de reflectores con quiebre de plataforma (GHIJ) para las secuencias del Valanginiano.

Cada sección puede ser interpretada como la respuesta a diferentes condiciones de interacción entre aporte, tasa de cambio del nivel del mar y subsidencia en el sentido de Vail *et al.* (1977). En base a esto las paleopropiedades estimadas oscilan desde menores a los 200 m para las secuencias basales, alrededor de 200 m para los

intervalos de talud y no más de 250 m para los niveles cuspidales. Las edades para las distintas secuencias fueron equiparadas con la zonación amonitífera documentada en afloramientos por Leanza (1973) y Leanza & Hugo (1978).

El arreglo progradacional del conjunto muestra como la Fm. Vaca Muerta presenta edades desde posiciones orientales que van desde el Tithoniano Temprano hasta Valanginiano Temprano para el extremo noroeste (Chihuidos), al igual que la Fm. Quintuco, que rejuvenece desde el SE al NO para el mismo intervalo de tiempo.

En esta dirección se registran las facies proximales a cuencales, reflejadas en el aumento de espesor para todo el intervalo (Fig. 14).

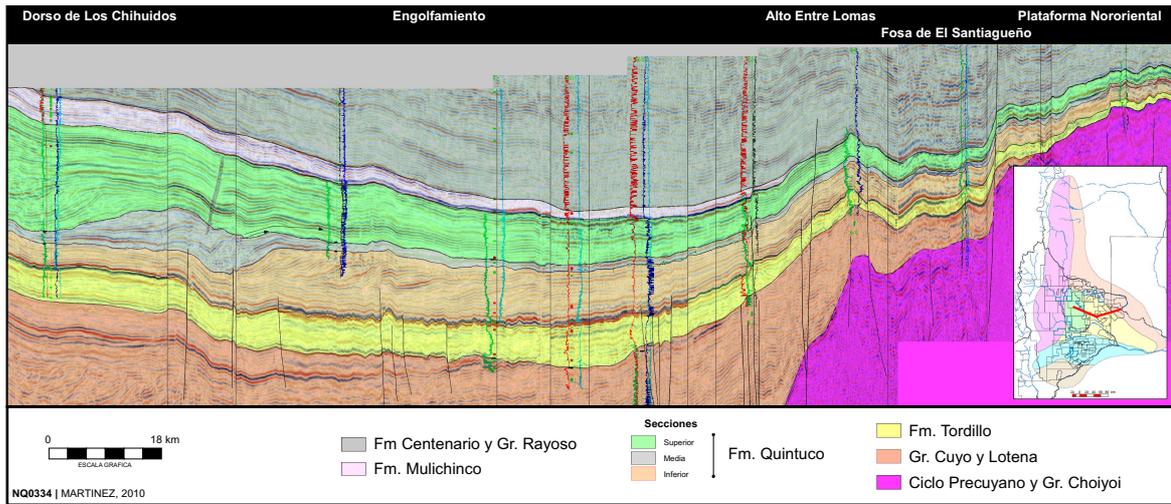


Figura 12: Corte regional estructural de subsuelo abarcando la transecta que involucra el Dorso de Los Chihuidos, el área del Engolfamiento, al Alto Entre Lomas, la fosa de El Santiagueño y la Plataforma Nororiental. Nótese el rejuvenecimiento de las Fms. Vaca Muerta y Quintuco desde el SE al NO.

Este mismo esquema puede seguirse en cortes regionales de afloramientos donde el intervalo Tithoniano - Valanginiano Temprano fuera anticipado años atrás por Gulisano *et al.* (1984) por el apilamiento de 8 secuencias depositacionales.

La secuencia 1 (Tithoniano), integrada por pelitas oscuras representa, la inundación basal de extensión cuencal (Fm. Vaca Muerta) que cubre las sedimentitas de la Fm. Tordillo.

En la secuencia 2 participan pequeños niveles turbidíticos (Picún Leufú) dentro de un paquete calcáreo-arcilloso que posee más de 200 m de espesor, se reducen a pocas decenas de metros en la sierra de la Vaca Muerta.

La secuencia 3, con componentes composición arenoso-calcáreos, presenta bancos tabulares de calizas esqueléticas y oolíticas. En dirección al norte para tiempos del Tithoniano Medio a Tardío reduce su espesor.

La secuencia 4, con espesor de 800 m, desarrolla barras mareales para el Tithoniano Tardío, siendo cubierta por la secuencia 5, con calcáreos en la base y depósitos continentales hacia el tope, los que predominan en todo el intervalo.

La secuencia 6 comienza con niveles arenoso-pelíticos con fauna de bivalvos que son cubiertos rápidamente con gruesos continentales. Poseen un espesor de 180 m y su edad es referida al Berriasiano Tardío. A partir de aquí las dos secuencias siguientes (7 y 8) no se reconocen en la porción Sur de la cuenca. Estos intervalos mantienen el arreglo interno de somerización, con depósitos marino-marginales por la base y fluviales hacia arriba. Superan los 200 m de espesor y abarcan el intervalo Berriasiano Tardío - Valanginiano Temprano.

Este modelo progradacional puede reconocerse en el arreglo de subsuelo (Fig. 12), donde se observan las tres

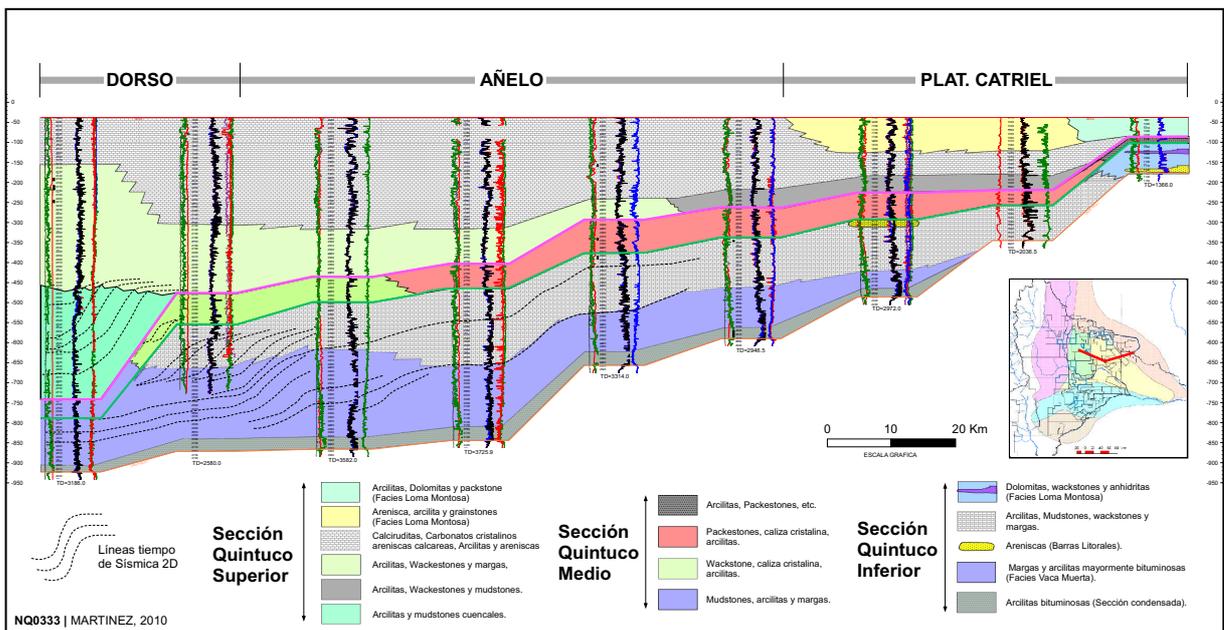


Figura 13: Corte regional de facies de subsuelo nivelado al tope de la Fm. Quintuco según la transecta Dorso de Los Chihuidos, Añelo y Plataforma de Catriel.

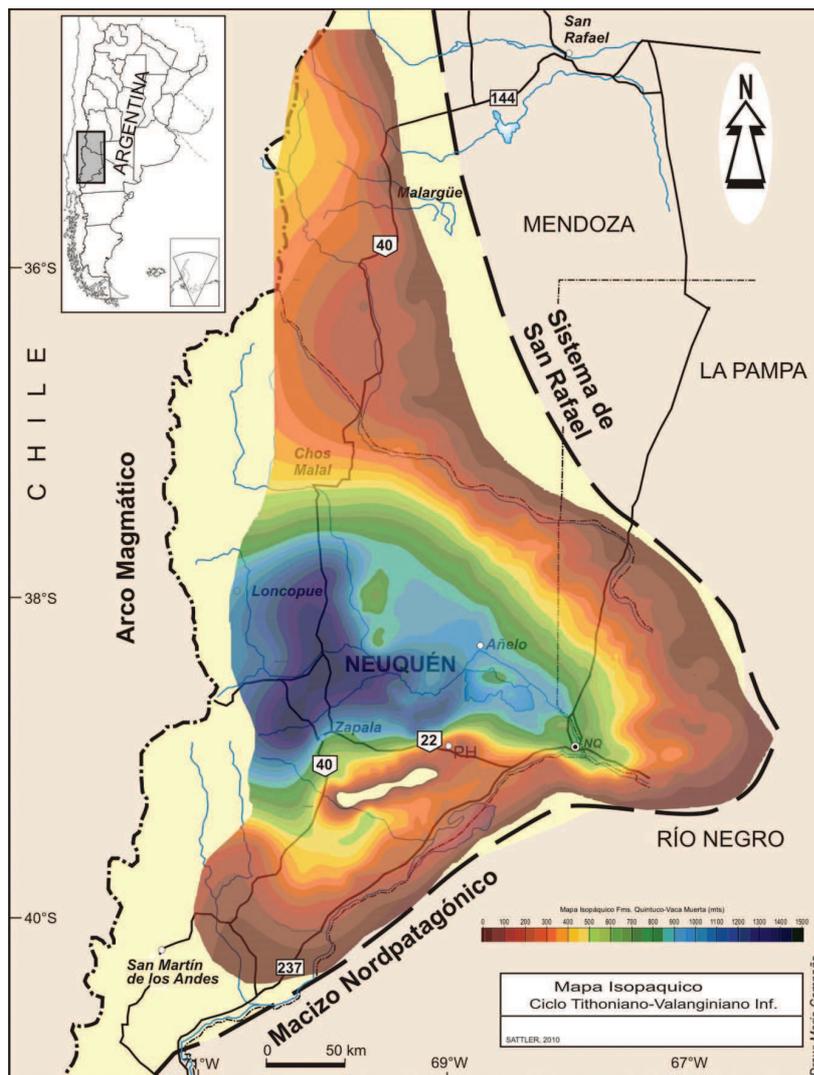


Figura 14: Mapa isopáquico del ciclo Tithoniano a Valanginiano Temprano en la Cuenca Neuquina, poniendo de manifiesto el área depocentral y la influencia en la reducción de espesores del Dorso de Los Chihuidos, Loma La Lata y Alto de Kauffman.

secciones de esta unidad mostrando el desarrollo de facies proximales en el este hasta facies distales occidentales.

CONCLUSIONES

No pasará inadvertido para el lector que el intervalo estratigráfico analizado todavía ofrece puntos no claramente resueltos, en especial lo referente a la correlación de afloramientos de superficie con respecto a las unidades de subsuelo, lo que constituye a nuestro juicio uno de los desafíos más importantes que restan para mejorar el conocimiento estratigráfico de la Cuenca Neuquina.

En lo que concierne a afloramientos, las unidades reconocidas en la región meridional de la cuenca, tienden a disminuir o desaparecer en la región de la sierra de la Vaca Muerta, donde a todavía son reconocibles manifestaciones distales de la Fm. Picún Leufú, así como un tramo silicoclástico de ambiente *nearshore* para el que proponemos mantener la denominación de Fm. Quintuco s.s. En áreas depocentrales, las unidades previamente citadas tienen un mínimo desarrollo y en su lugar todo el tramo estratigráfico analizado corresponde enteramente a fa-

cies de *offshore* de la Fm. Vaca Muerta, con la sola interrupción de un episodio turbidítico (Mb. Huncal).

Con referencia al subsuelo, es evidente las Fms. Quintuco y/o Loma Montosa encuentran homologación con sedimentitas en su momento identificadas por Legarreta & Uliana (1991) como *Carbonate shelf* que circundan la región sudoriental de la Cuenca Neuquina y se encuentran particularmente bien afloradas en la Subcuenca de Picún Leufú. Es precisamente allí donde deben buscarse las correlaciones entre afloramientos y el subsuelo oriental adyacente. Para este último sector se mantienen los nombres de Fms. Loma Montosa y/o Quintuco, dado el arraigo de este litotopo en la literatura geológica utilizada por la industria petrolera.

Nuevos estudios aplicando las más modernas técnicas y donde no podrá estar ausente el indispensable conocimiento bioestratigráfico para la determinación de edades, permitirán elaborar un patrón de correlaciones más ajustado.

Agradecimientos

Los autores dejan constancia de los valiosos aportes de los editores, en particular al Lic. C. Arregui cuya expe-



riencia y conocimiento brindaron interesantes perspectivas, como al Lic. L. Saccavino por sus comentarios a esta sección.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre Urreta M.B. & Rawson, P.F. 1997. The ammonite sequence in the Agrio Formation (Lower Cretaceous), Neuquén basin, Argentina. *Geological Magazine* 134 (4): 449-458. London.
- Aguirre Urreta, M.B. & Rawson, P.F. 1999a. Stratigraphic position of *Valanginites*, *Lissonia* and *Acantholissonia* in the Lower Valanginian (Lower Cretaceous) sequence of the Neuquén Basin, Argentina. En: Olóriz, F. & Rodríguez-Tovar, F.J. (Eds.): *Advancing research on living and fossil cephalopods*, Plenum Press: 521–529. New York
- Armella, C., Cabaleri, N. & 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 (6): 961-979.
- Armella, C., Cabaleri, N. & Leanza, H.A. 2008. Facies de *patch reefs* en la Formación Picún Leufú (límite Jurásico/Cretácico) en la región de Zapala, Cuenca Neuquina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 10(1): 63-70. Buenos Aires.
- Baldwyn H.L. 1942. Nuevas observaciones sobre discordancias en Neuquén. *Boletín de Informaciones Petroleras* 19 (214): 37-50. Buenos Aires.
- Carozzi A.V., Orchueta, I.A. & Rodríguez Schelotto, M.L. 1993. Depositional Models of the Lower Cretaceous Quintuco-Loma Montosa Formation. *Journal of Petroleum Geology* 16(4): 421-450.
- Cevallos, M. 2005. Análisis estratigráfico de alta frecuencia del límite Kimmeridgiano-Tithoniano en el subsuelo de la Dorsal de Huinul, Cuenca Neuquina. 6º Congreso Argentino de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas en CD. Mar del Plata.
- Cruz, C.E., Robles, F., Sylwan, C.A. & Villar, H.J. 1999. Los sistemas petroleros jurásicos de la Dorsal de Huinul. Cuenca Neuquina, Argentina. 4º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 177-195. Buenos Aires.
- Cucchi, R. 1998. Hoja geológica 4169-I, Piedra del Águila, provincias del Neuquén y Río Negro, Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, escala 1: 250.000. SEGEMAR. *Boletín* 242: 1-74. Buenos Aires.
- Cucchi, R. & Leanza, H.A. 2006. Hoja Geológica 3972-IV, Junín de los Andes, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, *Boletín* 357, 103 págs. Buenos Aires.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: A.F. Leanza (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Centenario de la Academia Nacional de Ciencias 439-506. Córdoba.
- de Ferrariis, C. 1947. Edad del arco o dorsal antigua del Neuquén oriental de acuerdo con la estratigrafía de la zona inmediata. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*, 2(3): 256-283. Buenos Aires.
- Fernández, M., Verzi, L.H. & Sánchez, E. 2003. Actividad tectónica y evolución sedimentaria de los depósitos Tithoniano-Valanginiano Temprano, porción oriental de la Cuenca Neuquina-Argentina. 8º Simposio Bolivariano - Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Págs. 233-246.
- Fossa Mancini, E., Feruglio, E & Yusen de Campana, J.C. 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 15(171): 1-67. Buenos Aires.
- Foucault, J.E., Vaillard, L.C. & Viñez, R.F. 1987. Estratigrafía de las unidades aflorantes a lo largo del curso inferior del río Limay, provincias del Neuquén y Río Negro, República Argentina. 10º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 139-142. San Miguel de Tucumán.
- Galli, C.A. 1969. Descripción geológica de la Hoja 38c, Piedra del Águila, provincias de Río Negro y Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, *Boletín* 111: 1-67. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1933. Descripción geológica de la Hoja 31c, confluencia de los ríos Grande y Barrancas (Mendoza y Neuquén). *Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología* 38: 1-72. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1. Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1(3): 177-208.
- Groeber, P., N. Stipanovic & Mingramm, A. 1953. Jurásico. En: Groeber, P. (Ed.): *Mesozoico. Geografía de la República Argentina*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos (GAEA) 2 (1): 143-347. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A. & Digregorio, R.E. 1984. Análisis estratigráfico del intervalo Tithoniano - Valanginiano (Formaciones Vaca Muerta - Quintuco y Mulichinco) en el suroeste de la provincia del Neuquén. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 221-235. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A. & Gutiérrez Pleimling, A. 1995. Field guide: The Jurassic of the Neuquén Basin. a) Neuquén province. *Asociación Geológica Argentina, Serie E*, 2 : 1-111. Buenos Aires.
- Hallam, A. 1987. Mesozoic marine organic-rich shales. En: Brooks, J & Fleet, A.J. (Eds.): *Geological Society Spec. Publ.* 26: 251-261.
- Hallam, A. 1988. An evaluation of Jurassic eustasy in the light of new data and the revised Exxon curve. En: Wilson C.K. *et al.* (Eds.): *Sea Level Changes - An integrated approach*. SEPM, *Spec. Publ.* 42: 181-193.
- Hallam, A., Biró Bagóczy, L. & Pérez, E. 1986. Facies analysis of the Lo Valdés Formation (Tithonian – Hauterivian) of the High Cordillera of central Chile, and the palaeogeographic evolution of the Andean Basin. *Geological Magazine*, 123 (4): 425-435. London.
- Haq, B.U., Handerbal, J & Vail, P.R. 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cycles. En: Wilson, C.K. *et al.* (Eds.): *Sea Level Changes - An integrated approach*. SEPM, *Spec. Publ.* 42-71-108.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extrandino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 23 (226): 1-39. Buenos Aires.
- Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Editores) 2005. Las trampas de hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. 539 págs. Mar del Plata.
- Leanza, A.F. 1941. Apuntes estratigráficos sobre la región atravesada por el curso inferior del arroyo Carrín Cura en el Neuquén (Patagonia). *Notas Museo La Plata*, 6, Geol. 13: 203-213. La Plata.
- Leanza, H.A. 1973. Estudio sobre los cambios faciales de los estratos limítrofes Jurásico - Cretácicos entre Loncopué y Picún Leufú, provincia del Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28 (2): 97-132. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1980. The Lower and Middle Tithonian ammonite fauna from Cerro Lotena, province of Neuquén, Argentina. *Zitteliana* 5 : 1-49. München.

- Leanza H.A. 1981a. The Jurassic/Cretaceous boundary beds in west central Argentina and their ammonite zones. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*. 161 : 62-92. Stuttgart.
- Leanza, H.A. 1981b. Faunas de ammonites del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de América del Sur, con especial consideración de la Argentina. En: Volkheimer, W. & Musacchio, E. (Eds.): *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur* 2: 559-597. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1994. Estratigrafía del Mesozoico posterior a los Movimientos Intermálmicos en la comarca del Cerro Chachil, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48 (1): 71-84. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1996. The Tithonian ammonite genus *Chigaroceras* Howarth (1992) as a bioevent marker between Iraq and Argentina. En: Riccardi, A.C. (Ed.): *Advances in Jurassic Research*. Georesearch Forum, vols. 1-2: 451-458. Zurich.
- Leanza, H.A. 2003. Las sedimentitas huirinianas y rayosianas (Cretácico inferior) en el ámbito central y meridional de la Cuenca Neuquina, Argentina. *SEGEMAR, Serie Contribuciones Técnicas, Geología* 2: 1-31. Buenos Aires.
- Leanza H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 11(2): 145-184. Buenos Aires.
- Leanza H.A. & Hugo, C.A. 1978. Sucesión de ammonites y edad de la Formación Vaca Muerta y sincrónicas entre los paralelos 35° y 40° I.s. Cuenca Neuquina-Mendocina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 32 (4): 248-264. Buenos Aires.
- Leanza H.A. & Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969-III, Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 218: 1-135.
- Leanza, H.A. & Wiedmann, J. 1989. Nuevos ammonites del Berriasiano/Valanginiano (Cretácico Inferior) del Neuquén, Argentina. En: Wiedmann, J. (Ed.): *Cretaceous of the western Tethys*. Proceed. 3º. International Cretaceous System Symposium. Tübingen (1987) : 793-810. E. Schweizerbart'sche Verlag. Stuttgart.
- Leanza H.A. & Zeiss, A. 1990. Upper Jurassic Limestones from Argentina (Neuquén Basin): Stratigraphy and Fossils. (With contributions by A. Cione, Ch. Dullo, E. Fluegel, J.I. Garate Zubillaga & Z. Gasparini). *Facies* 22: 169-186. Erlangen.
- Leanza H.A., Marchese H.G. & Riggi, J.C. 1978. Estratigrafía del Grupo Mendoza con especial referencia a la Formación Vaca Muerta entre los paralelos 35° y 40° I.s. Cuenca Neuquina-Mendocina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 32(3): 190-208. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Repol, D. 2001. Hoja geológica 3969-I, Zapala (escala 1: 250.000), provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 275: 1-128. Buenos Aires.
- Leanza H.A., Hugo, C.A., Repol, D. & Salvarredy Aranguren, M. 2003. Miembro Huncal (Berriasiano Inferior): un episodio turbidítico en la Formación Vaca Muerta, cuenca Neuquina, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (2): 248-254. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Repol, D., Hugo, C.A. & Sruoga, P. 2006. Hoja Geológica 3769-31, Chorríaca, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 100.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 354: 1-93. Buenos Aires.
- Legarreta, L. & Gulisano, C. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico Superior - Terciario Inferior), Argentina. En: Chebli, G.A. & Spalletti, L.A. (Eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica* 6: 221-243. San Miguel de Tucumán.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1991. Jurassic / Cretaceous marine oscillations and geometry of a back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: Mc Donald, D.I.M. (Ed.): *Sedimentation, Tectonics and Eustacy*. I.A.S. Special Publication 12: 429-450. London.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1996a. La sucesión jurásica en el centro-este de Argentina. Arreglo estratigráfico, secuencias y evolución paleogeográfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 12 (45): 66-78. Buenos Aires.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1996b. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 120: 303-330.
- Manceñido, M.O. & Damborenea, S.E. 1984. Megafauna de invertebrados Paleozoicos y Mesozoicos. 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio geología y Recursos naturales de la provincia de Río Negro 2: 413-465. Buenos Aires.
- Mastandrea, O., Leanza, H.A., Hugo, C.A. & Spiegelman, A.T. 1975. Manifestaciones fosfáticas en la sierra de Vaca Muerta y adyacencias, provincia del Neuquén. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 2: 461-486. Buenos Aires.
- Mitchum, R.M. & Uliana, M.A. 1982. Estratigrafía sísmica de las Formaciones Loma Montosa, Quintuco y Vaca Muerta, Jurásico Superior y Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina, Argentina, 1º Congreso Nacional de Hidrocarburos, Petróleo y Gas, Actas 439-484. Buenos Aires.
- Mitchum, R.M. & Uliana, M.A. 1985. Seismic stratigraphy of carbonate depositional sequences. Upper Jurassic / Lower Cretaceous. Neuquén Basin, Argentina. En: Berg B.R. & Woolverton, D.G. (Eds.): *Seismic stratigraphy, II. An integrated approach to hydrocarbon analysis*. A.A.P.G. Mem. 39 : 255-274. Tulsa.
- Mutti, E., Gulisano, C.A. & Legarreta, L. 1994. Anomalous systems tracts stacking patterns within 3rd. Orden depositional sequences (Jurassic – Cretaceous backarc Neuquén Basin, Argentine Andes. En: Posamentier, H.W. & Mutti, E. (Eds.): *Second High Resolution Sequence Stratigraphy Conference, Abstracts*: 137-143, Trempt.
- Olmos, M. & Sommerfeld, V. 2005. Trampas características de la Formación Quintuco en la región de la Plataforma nororiental de la Cuenca Neuquina. En: Kozłowski, E., Vergani, G. & Boll, A. (Eds.): *Las trampas de hidrocarburos en las Cuencas Productivas de Argentina*. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas 225-237. Mar del Plata.
- Orchuela, I.A. & Płoszkiewicz, J.V. 1984. La Cuenca Neuquina. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro. Relatorio 9º Congreso Geológico Argentino 163-188. Buenos Aires. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Trabajos Técnicos, Versión CD ROM, Mar del Plata, Argentina.
- Quattrocchio, M., Martínez, M., García, V. & Zavala, C. 2002. Bioevento del Valanginiano tardío en el centro oeste de la Cuenca Neuquina. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas. Versión CD. El Calafate.
- Riccardi, A.C. & Gulisano, C.A. 1992. Unidades limitadas por discontinuidades: Su aplicación al Jurásico andino. *Revista de la*



- Asociación Geológica Argentina 45(3-4): 346-364. Buenos Aires.
- Robles, D. 1974. El desarrollo de la Formación Loma Montosa en el sector oriental de la Cuenca Neuquina. YPF (Informe inédito), Buenos Aires.
- Roll, A. 1939. La Cuenca de los Estratos con Dinosaurios al sur del río Neuquén. Yacimientos Petrolíferos Fiscales (Informe inédito). Buenos Aires.
- Rolleri, E., Manceñido, M.O. & Dellapé, D. 1984. Relaciones estratigráficas y correlación de la Formación Ortíz en el sur de la Cuenca Neuquina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 498-523. Buenos Aires.
- Scasso, R.A., Alonso, M.S., Lanés, S., Villar, H.J. & Lippai, H. 2002. Petrología y geoquímica de una ritmita marga-caliza del Hemisferio Austral: El Miembro Los Catutos (Formación Vaca Muerta), Tithoniano medio de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 57: 143-159.
- Schioma, M., Vergani, G. & Hinterwimmer, G. (Eds.) 2002. Rocas reservorios de las cuencas productivas argentinas. 5º Congreso de exploración y desarrollo de Hidrocarburos 790 págs. Mar del Plata.
- Schwarz, E. 1999. Facies sedimentarias y modelo deposicional de la Formación Mulichinco (Valanginiano). Cuenca Neuquina Septentrional. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 6 (1-2): 37-59. Buenos Aires.
- Spalletti, L.A., Franzese, J., Matheos, S.D. & E. Schwarz, E. 2000. Sequence stratigraphy of a tidally dominated carbonate-siliciclastic ramp; the Tithonian-Early Berriasian of the Southern Neuquén Basin, Argentina. Journal of the Geological Society 157: 433-446. Londres.
- Spalletti, L.A., Veiga, G.A., Schwarz, E. & Franzese, J. 2008. Depósitos de flujos gravitacionales subácueos de sedimentos en el flanco activo de la Cuenca Neuquina durante el Cretácico temprano. Revista de la Asociación Argentina 63 (3): 442-453.
- Stipanovic, P.N. 1966. El Jurásico en Vega de La Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. Revista Asociación Geológica Argentina 20(4): 403-478. Buenos Aires.
- Stipanovic P.N. 1969. El avance en los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber. Revista de la Asociación Geológica Argentina 24 (4): 367-388. Buenos Aires.
- Stipanovic, P.N. & Rodrigo, F. 1970. El diastrofismo Eo- y Mesocretácico en Argentina y Chile, con referencias a los Movimientos Jurásicos de la Patagonia. 4º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 2: 337-352. Buenos Aires.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies O.L. & Martínez, C.G. 1968. Las formaciones presenonianas del denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 23 (2): 367-388. Buenos Aires.
- Uliana, M.A., Legarreta, L., Laffitte, G.A. & Villar, H. 1999. Estratigrafía y geoquímica de las facies generadoras de hidrocarburos en las Cuencas Petrolíferas de Argentina. Simposio de Sistemas Petroleros de las Cuencas Argentinas. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Trabajos Técnicos. Versión CD ROM. Mar del Plata.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. & Thomson, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 4. Global cycles of relative changes of sea level. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 26: 83-97. Tulsa.
- Veiga G.D. & Spalletti, L.A. 2007. The Upper Jurassic (Kimmeridgian) fluvial/aeolian systems of the southern Neuquén Basin, Argentina. Gondwana Research 11: 286-302.
- Vergani G.D., Tankard, A.J., Belotti H.J. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquen basin, Argentina. AAPG Memoir. 62 : 383-402. Tulsa.
- Weaver Ch. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina. Memoir University Washington 1: 1-469. Seattle.
- Wichmann, R. 1927. Los Estratos con Dinosaurios y su techo en el este del Territorio del Neuquén. Dirección Nacional Minas, Geología e Hidrogeología, Publicación 32. Buenos Aires.
- 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 del Ministerio de Agricultura, Sección Geología y Mineralogía 10 (1). Buenos Aires.
- Zeiss A. & Leanza, H.A. 2008. Interesting ammonites from the Upper Jurassic of Argentina and their correlation potential: new possibilities for global correlations at the base of the Upper Tithonian by ammonites, calpionellids and other fossil groups. Newsletters on Stratigraphy 42 (3): 223-247. Berlin – Stuttgart.
- Zeiss, A. & Leanza, H.A. 2010. Upper Jurassic (Tithonian) ammonites from the lithographic limestones of the Zapala region, Neuquén Basin, Argentina. Beringeria 41: 23 - 74. Erlangen.

