



Análisis de las discontinuidades estratigráficas de la Formación Lajas (Grupo Cuyo) en puesto Seguel, cuenca Neuquina

Candela GONZÁLEZ ESTEBENET¹, Pablo J. PAZOS^{1,2}, Maximiliano NAIPAUER^{1,3} y Sergio E. COCCA⁴

¹Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). Ciudad Universitaria, Pabellón II. CABA (1428).

²IDEAN: Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" (UBA-CONICET). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). Ciudad Universitaria, Pabellón II. CABA (1428).

³INGEIS: Instituto de Geocronología y Geología isotópica (UBA-CONICET). Ciudad Universitaria (UBA), CABA.

⁴Dirección Servicio Geológico, dirección Provincial de minería, Zapala, Neuquén.

Autor correspondiente: mcandelagonzalezestebenet@gmail.com

Editor: Susana E. Damborenea

Recibido: 30 de marzo de 2024

Aceptado: 26 de setiembre de 2024

RESUMEN

Se realiza el análisis estratigráfico y sedimentológico de la Formación Lajas en la localidad de puesto Seguel, donde se han reconocido con anterioridad dos discordancias: Seguéllica y Lohanmahuídica, esta última conocida como "Intrabajociana". Se documentan e interpretan nuevas características sedimentológicas que permiten refinar interpretaciones paleoambientales previas, basadas en cuatro intervalos definidos (A-D), tales como: de plataforma somerizante (A), depósitos marinos marginales con la Ichnofacies de *Teredolites* (B), depósitos marinos normales con corales, amonites y bivalvos (C) y de transición fluvio-mareal a puramente fluvial (D). La discordancia Seguéllica se ubica entre los intervalos A y B y exhibe truncación angular entre ambos. Los amonites conocidos del intervalo A corresponden a la Zona de Giebeli (Bajociano inferior) mientras que, por encima de la discordancia y en el intervalo C, nuevos indicadores bioestratigráficos incluyen el primer registro de amonites (*Choffatia* sp. indet.) de la Zona de Asociación Cadomites-Tulitidae o de la Zona Steinmanni Standard, y los bivalvos de la Zona de Asociación *Retroceramus stehni*, que sugieren una edad bathoniana media a tardía hasta caloviana. Luego, la discordancia Seguéllica evidencia un hiato que imposibilita que la discordancia Lohanmahuídica, reconocida entre los intervalos C y D, sea considerada Intrabajociana y se propone una edad bathoniana tardía a caloviana para esta última. Esto hace posible correlacionar al intervalo D con los afloramientos de la Formación Lajas ubicados hacia el norte de la localidad de estudio, que indicarían una edad semejante según trabajos previos recientes.

Palabras clave: discordancia Intrabajociana, biozonas, estratigrafía, dorsal de Huincul.

ABSTRACT

Analysis of stratigraphic discontinuities within the Lajas Formation (Cuyo Group) at Puesto Seguel, Neuquén Basin.

A stratigraphic and sedimentological analysis of the Lajas Formation was carried out at the Puesto Seguel locality, where two unconformities have previously been recognized: Seguéllica and Lohanmahuídica. New sedimentological characteristics are described and interpreted, allowing to refine previous paleoenvironmental interpretations based on four defined intervals (A-D), that document new features, such as a prograding platform (A), marginal marine deposits with *Teredolites* Ichnofacies (B), normal marine deposits with corals, ammonites and bivalves (C), and fluvio-tidal transition to purely fluvial upward deposits (D). The Seguéllica unconformity is located between the intervals A and B and shows angular truncation between them. The ammonites known from the interval A correspond to the Giebeli Zone (lower Bajocian), while new biostratigraphic indicators above the unconformity in the interval C include: the first record of ammonites (*Choffatia* sp. indet.) of the *Cadomites-Tulitidae* Association Zone or the Steinmanni Standard Zone, and

bivalves of the *Retroceramus stehni* Association Zone, these elements suggest a middle-Late Bathonian up to Callovian age. Then, the unconformity evidences a hiatus which makes impossible for the Lohanmahuídica unconformity recognized between the C-D to be considered Intrabajocian, and thus a Late Bathonian to Callovian age is proposed. Then, the interval D is correlatable with outcrops of the Lajas Formation towards the north of the study locality, which indicate a similar age according to recent papers.

Keywords: Intrabajocian unconformity, biozones, stratigraphy, Huincul High.

INTRODUCCIÓN

La Formación Lajas que se encuentra en la cuenca Neuquina, fue definida por Weaver (1931), y ha sido objeto de estudios estratigráficos y paleoambientales (ej. Gulisano y Hinterwimmer 1986; Zavala 1996 a, b; Zavala y González 2001; Zavala y Freije 2002; McIlroy et al. 2005; McIlroy 2007; Canale et al. 2015, 2016; Gugliotta et al. 2015, 2016; Kurcinka et al. 2018; Pazos et al. 2019; Steel et al. 2018, 2023; Almeida et al. 2020; Zavala et al. 2020). Desde hace varias décadas, se ha determinado que esta unidad litoestratigráfica es la que incluye los términos psamíticos del Jurásico Inferior a Medio, y que apoya diacrónica y transicionalmente sobre las pelitas de la Formación Los Molles (Jurásico Inferior–Medio). Ambas formaciones son parte del Grupo Cuyo (Dellapé et al. 1978), que representa el primer episodio transgresivo importante que inundó la cuenca Neuquina y que muestra un arreglo general transgresivo-regresivo, que culmina con evaporitas en gran parte de la cuenca (Arregui et al. 2011).

La cuenca Neuquina no es estructuralmente homogénea y una parte significativa de su historia geológica se encuentra dividida por un rasgo morfoestructural sobresaliente, denominado dorsal de Huincul (Fig. 1 A). Esta estructura es conocida fundamentalmente por estudios de subsuelo y en menor medida de afloramientos (ej. De Ferrariis 1947; Vergani et al. 1995; Zavala et al. 2005; Mosquera y Ramos 2006; Silvestro y Zubiri 2008; Naipauer et al. 2012). Diversos autores han demostrado que la dorsal se mantuvo tectónicamente activa durante la depositación de la Formación Lajas (Legarreta y Uliana 1991; Zavala y Freije 2002; Freije et al. 2002; Leanza 2009; Guzmán et al. 2021), dando lugar a un arreglo estratigráfico y características sedimentológicas diferenciadas a ambos lados de la estructura.

Los afloramientos de la Formación Lajas al sur de la dorsal de Huincul han sido extensivamente estudiados desde el punto de vista estratigráfico secuencial, y representan un sistema deltaico sobrealimentado que alcanzó sectores de talud, desarrollado entre el Aaleniano y Bajociano superior (Gulisano et al. 1984; Zavala 1996 a, b). En cuanto a aspectos sedimentológicos, se ha discutido la influencia de la ac-

ción de mareas y de factores climáticos en la descarga fluvial como moduladores de un delta fluvio-dominado (ej. Gugliotta et al. 2015; Kurcinka et al. 2018). Sin embargo, son McIlroy et al. (2005) los únicos que interpretaron un dominio completamente mareal. Por otra parte, al norte de la dorsal, el registro sedimentario de la Formación Lajas alcanza edades más jóvenes, con una discordancia definida por Zavala y González (2001) en el perfil de Portada Covunco, que divide a la sucesión en dos secuencias depositacionales. En dicha localidad a partir de magnetoestratigrafía, Iglesia Llanos et al. (2019) correlacionaron la sucesión aflorante con el registro de polaridad para el Bathoniano inferior. Sin embargo, el análisis de poblaciones de circones detríticos por debajo y por encima de la discordancia, muestra diferente aporte clástico y sugiere una edad fundamentalmente caloviana para toda la sucesión (González Estebenet et al. 2021). Además, investigaciones recientes basadas en edades obtenidas mediante circones detríticos al norte de la dorsal, particularmente en la sierra de la Vaca Muerta, han confirmado el Caloviano para la depositación de la Formación Lajas (González Estebenet et al. 2023) y una discusión acerca de la edad ya había sido planteada por Pazos et al. (2019). De esta manera, con cualquiera de los esquemas elegibles se descarta la correlación exacta entre los afloramientos a ambos lados de la dorsal. Además, al norte de la dorsal se registran facies que indican diferencias paleoambientales significativas con respecto al sistema deltaico sobrealimentado característico de la sucesión aflorante al sur de la estructura (Pazos et al. 2019). Recientemente, este diacronismo ha sido reconocido por Steel et al. (2023, fig. 14) a partir de un estudio detallado de facies y quiebres de plataforma para la cuenca.

En la localidad de puesto Seguel, que es parte de la dorsal de Huincul, se encuentran afloramientos cruciales para el entendimiento de la unidad hacia el norte de la estructura, ya que contienen una de las discordancias más mencionadas en la literatura dentro del Grupo Cuyo, conocida como discordancia Intrabajociana (Limeres 1996; Zavala 1996 b; Freije et al. 2002). Esta discordancia, presenta un marcado truncamiento y evidente angularidad local en las regiones de Lohan Mahuida, sierra de Chacaico, flanco norte del anticlinal

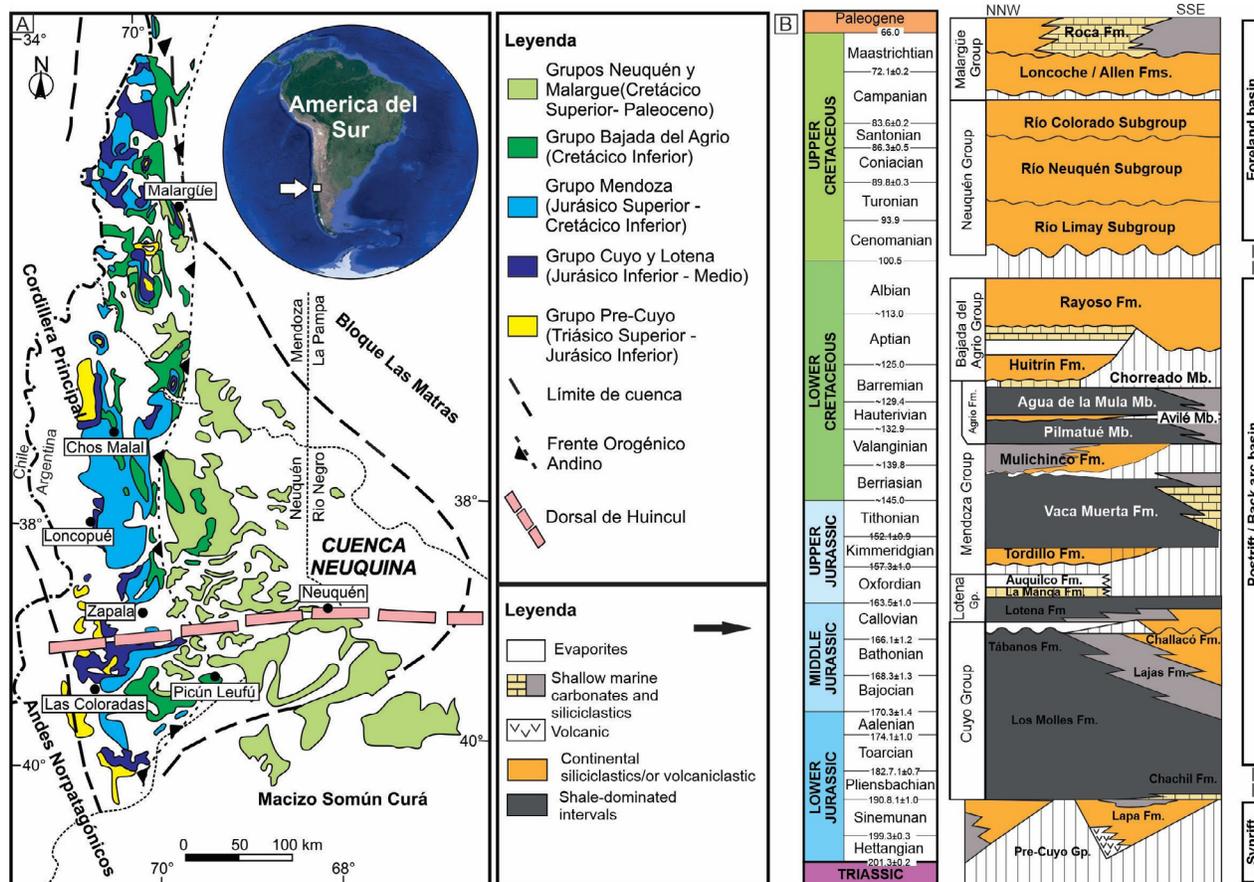


Figura 1. A) Mapa de la cuenca Neuquina con los afloramientos de los distintos grupos que la componen (modificado de Naipauer et al., 2018). B) Unidades, discordancias y principales fases tectónicas en la cuenca Neuquina. Modificado de Naipauer y Ramos (2016).

de Picún Leufú, cerro Lotena y cerro Granito. Particularmente en la localidad de puesto Seguel, la discordancia Intrabajociana no presenta angularidad, pero sí se observa un desplazamiento de facies (truncamiento de facies) y fue denominada por Leanza (2009) como Lohanmahuídica/Intrabajociana 2. Leanza (2009) propuso también la existencia de otra discordancia, en una posición estratigráfica inferior a la primera, y la llamó Seguélica/Intrabajociana 1. Esta última separa a la Formación Los Molles de la Formación Lajas (Leanza 2009). Hasta el presente no se conocen con precisión las edades entre las discordancias, así como el hiato involucrado en cada una de ellas y, por consiguiente, la relación con la discordancia documentada en Portada Covunco. Cabe mencionar que, al sur de la dorsal, Zavala (1996 b) señaló que se carecía de indicadores bioestratigráficos por encima de la discordancia Lohanmahuídica/Intrabajociana 2 y, que la edad de la sucesión suprayacente se hizo por el ajuste con los cambios eustáticos globales.

Este trabajo tiene como objetivo el estudio estratigráfico de la Formación Lajas en lo referente a la naturaleza y edades involucradas en las discordancias antes mencionadas, y presentar nuevos aportes sedimentológicos. Ambas discor-

dancias son analizadas en la localidad de puesto Seguel, que es el lugar donde Leanza (2009) las analizó e ilustró en detalle. Este estudio busca comprender el rol que ha tenido la dorsal de Huincul en el control de la sedimentación jurásica en esta zona de la cuenca y analizar la edad y correlación del relleno sedimentario de la Formación Lajas hacia el sector norte de la cuenca Neuquina.

MARCO GEOLÓGICO

La cuenca Neuquina se sitúa en la región centro-oeste de Argentina y centro-este de Chile, entre los 32° y 41° de latitud sur y se caracteriza por presentar un relleno que abarca desde el Triásico Superior hasta el Paleógeno inferior (Legarreta y Gulisano 1989; Vergani et al. 1995). Este lapso registra la acumulación de más de 7.000 m de sedimentitas de distinta naturaleza, que reflejan la interacción entre la actividad tectónica, volcánica y los cambios en el nivel del mar, que controlaron el desarrollo de condiciones marinas y no marinas (Franzese y Spalletti 2001; Franzese et al. 2003; Howell et al. 2005). El registro sedimentario se compone de varios ci-

culos deposicionales separados por discordancias regionales y está representado en diferentes provincias geológicas como la Cordillera Principal de Mendoza y Neuquén y en el engolfamiento Neuquino (Fig. 1 A).

La evolución tectónica de la cuenca y el subsecuente relleno sedimentario pueden dividirse en tres etapas principales (Howell et al. 2005), las cuales presentan una estrecha relación con la evolución tectónica multiepisódica del margen occidental de Gondwana (Uliana et al. 1989; Vergani et al. 1995; Ramos 1999; Franzese y Spalletti 2001): en primer lugar una fase extensional tipo rift, durante el Triásico Tardío–Jurásico Temprano, evidenciado por depocentros aislados con características estructurales y estratigráficas propias (D’Elia et al. 2012; Scivetti y Franzese 2019; Bechis et al. 2020), luego una etapa de postrift (fase de retro-arco) causada por subsidencia termal regional (Uliana y Legarreta 1993; Legarreta y Uliana 1996), asociada con una zona de inmersión y subducción activa pronunciada durante el Jurásico Temprano–Cretácico Temprano, y finalmente una etapa de antepaís a partir del Cretácico Tardío hasta el Cenozoico, asociada con el hundimiento por flexión de la corteza por carga tectónica (Legarreta y Uliana 1991; Vergani et al. 1995; Tunik et al. 2010; Naipauer y Ramos 2016; Horton 2018) vinculada al Ciclo Andino (Fig. 1 B).

La Cuenca Neuquina se encuentra segmentada y dividida por una morfoestructura regional de primer orden con dirección E-O, que se extiende por más de 200 kilómetros hacia el antepaís, denominada dorsal de Huincul (De Ferrariis 1947; Vergani et al. 1995; Zavala et al. 2005; Mosquera y Ramos 2006). Los trabajos pioneros acerca de la dorsal (ej. Windhausen 1914; Keidel 1925; Groeber 1929; Suero 1942; Herrero Ducloux 1946) definieron los grandes interrogantes a develar con estudios integrales pero centrados en aspectos estructurales de la dorsal: la edad, duración y distribución espacial de los distintos eventos de deformación mesozoicos y terciarios; el control de las anisotropías del basamento paleozoico–triásico y la mecánica de la deformación (Mosquera et al. 2011). Existen diferentes sugerencias acerca de los inicios del levantamiento de la dorsal y una menor discrepancia acerca de cuándo dejó de estar tectónicamente activa, lo que no significa que no haya continuado como alto estructural para la depositación de unidades cretácicas (Silvestro y Zubiri 2008; Pángaro et al. 2009; Naipauer et al. 2012; Zavala et al. 2020; Guzmán et al. 2021). En este sentido, a partir de estudios estructurales y de edades U-Pb en circones detríticos Naipauer et al. (2012), al igual que Guzmán et al. (2021) a partir de estudios en los depocentros extensionales de la zona oriental de la dorsal de Huincul, han demostrado que el levantamiento de la dorsal probablemente comenzó en el Jurásico Tempra-

no y duró hasta el Cretácico, aunque no homogéneamente en toda la estructura. De otra manera, Zavala et al. (2020) mediante el análisis de las relaciones estratigráficas observadas principalmente en la región sur de la dorsal de Huincul, sugirieron que el levantamiento de la misma comenzó con posterioridad, en el Jurásico Medio, mientras que Legarreta y Uliana (1991), lo situaron en el Caloviano. Por esta razón, algunas unidades, como la Formación Lajas, expresan diferencias en el relleno sedimentario al sur y al norte de la dorsal, como fuera sugerido por Zavala y González (2001). Otras evidencias tectónicas y sedimentológicas en afloramientos y subsuelo a lo largo de la dorsal de Huincul también sugieren que esta estructura tuvo su principal desarrollo con anterioridad al Cretácico, ya que las capas rojas del Grupo Neuquén, que sellan el relieve antiguo, no han tenido modificaciones importantes en tiempos posteriores (Zavala y Freije 2002). Además, en la dorsal (Pozo Loma Negra) la Formación Vaca Muerta (Tithoniano–Berriasiano) suprayace en discordancia a la Formación Lajas (Cappa 2016), lo que implica que estuvo no aflorante al menos en algunos sectores. De esta manera, la dorsal habría actuado como una barrera en la dispersión de sedimentos al menos durante el Jurásico Medio y Cretácico inicial, constituyendo una potencial área de aporte sedimentario en distintos depocentros o subcuencas adyacentes (De Ferrariis 1947; Vergani et al. 1995; Zavala et al. 2005; Mosquera y Ramos 2006; Spalletti et al. 2008; Silvestro y Zubiri 2008; Pángaro et al. 2009).

La estratigrafía del intervalo estudiado queda incluida dentro del Grupo Cuyo, el que se encuentra limitado en su base y techo por dos discordancias regionales. La discordancia basal o Rioatuélica (según Leanza 2009) lo separa de los depósitos volcánicos y piroclásticos del Grupo Choiyoi (Kay et al. 1989) y/o Ciclo Precuyano (Gulisano 1981), mientras que en el techo la discordancia Intracaloviana o Loténica (según Leanza 2009), lo separa del Grupo Lotena (Arregui et al. 2011). El Grupo Cuyo, incluye varias unidades litoestratigráficas que en algunos casos se interdigitan diacrónicamente. La unidad más antigua corresponde al evento transgresivo pelítico marino de la Formación Los Molles (Weaver 1931), sobre las que se interdigitan progradadamente las areniscas (mayormente deltaicas) de la Formación Lajas y culmina con depósitos fluviales de la Formación Challacó (De Ferrariis 1947), aunque esta unidad también se ha considerado discordante respecto de la sucesión infrayacente (Zavala et al. 2020). Hacia el norte de la dorsal, la Formación Lajas se encuentra cubierta por las evaporitas de la Formación Tábanos (Stipanovic 1966). La Formación Punta Rosada (Digregorio 1972) aparece en subsuelo en la región noreste de la cuenca, se encuentra al tope de la sucesión del Grupo Cuyo y paleoambientalmente

presenta características semejantes a la Formación Challacó.

La Formación Lajas ha sido objeto de estudios estratigráficos secuenciales y en ella se han reconocido numerosas secuencias deposicionales (Gulisano et al. 1984; Zavala 1993; Zavala 1996 a, b) a las que se suman las de McIlroy et al. (2005).

ZONA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

La localidad de Puesto Seguel se encuentra ubicada aproximadamente a 30 kilómetros en dirección S-SE de la ciudad de Zapala (Fig. 2). Específicamente se halla emplazada en el flanco norte del anticlinal de Picún Leufú y sobre la estructura de la dorsal de Huincul. La sección estratigráfica de detalle de la Formación Lajas se analizó tomando como base el punto ubicado a los 39°09'46" de latitud sur y 70°02'02" de longitud oeste, aproximadamente coincidente con el perfil I de Gulisano y Hinterwimmer (1986). Se estudió una sucesión sedimentaria de 292 metros de espesor que abarca desde la transición de la Formación Los Molles hasta el tope de la Formación Lajas. En esta, se establecieron los principales procesos sedimentarios dominantes con una diferenciación

en 4 intervalos (A, B, C y D) que se sintetizan en la Tabla 1. Se documentó, además, el contenido paleontológico e icnológico con una mirada sedimentológica y/o bioestratigráfica. Se han recolectado muestras, que se están analizando paralelamente, para realizar secciones delgadas con el objetivo de efectuar una caracterización petrográfica y obtener información sedimentológica complementaria; particularmente para describir composicionalmente los niveles muestreados para dataciones a partir de la obtención de edades absolutas U-Pb mediante circones detríticos. El hallazgo de amonites por primera vez en un nivel más alto de la sucesión y por encima de los ya conocidos, permite sugerir una zona bioestratigráfica más moderna de acuerdo con el esquema de Riccardi (2008), lo que permite precisar los hiatos que representarían las discordancias propuestas con anterioridad (Fig. 3).

ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA

Intervalo A

Este intervalo posee aproximadamente 63 m de espesor e inicia con pelitas de la Formación Los Molles. Las mismas tienen color gris oscuro, aspecto masivo, concreciones cal-

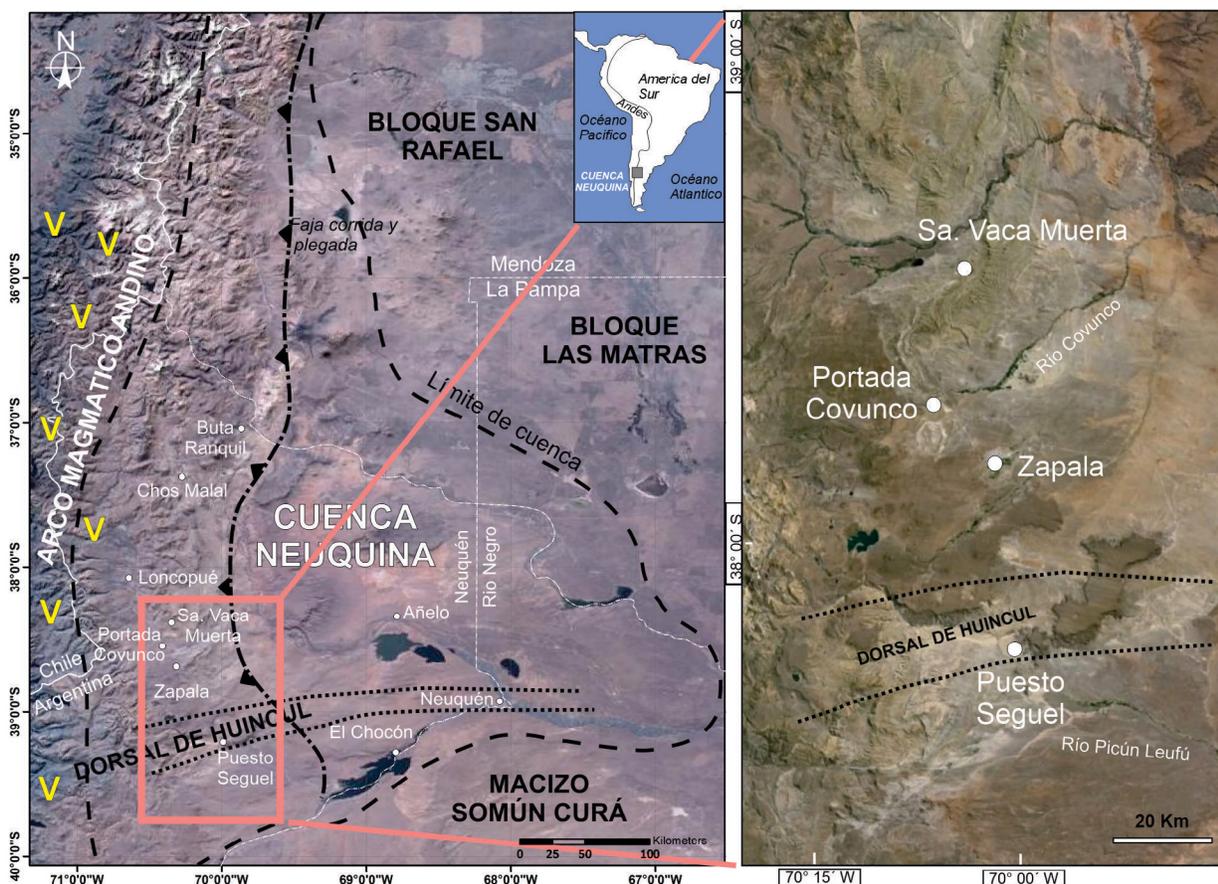


Figura 2. Ubicación de puesto Seguel.

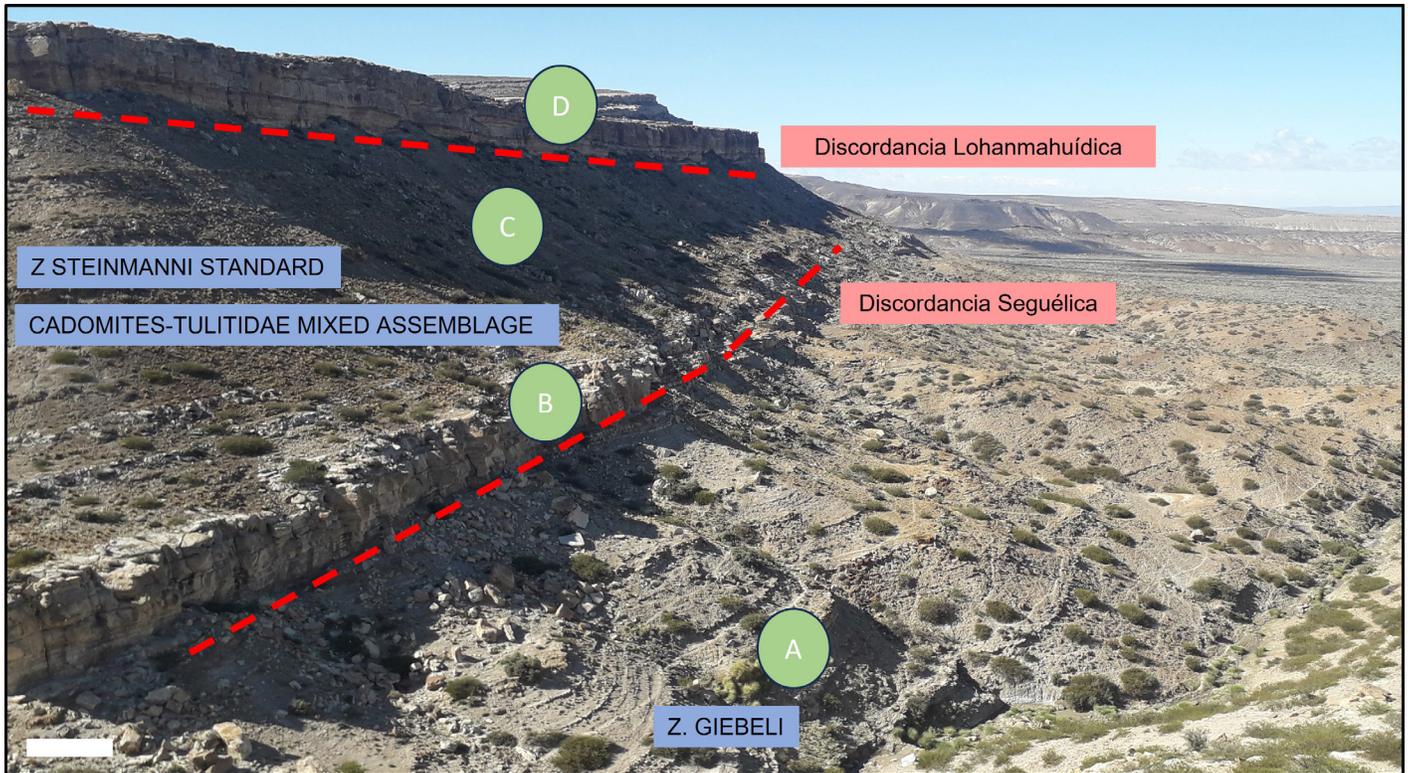


Figura 3. Panorámica del afloramiento de la Formación Lajas en puesto Seguel. Las líneas rojas punteadas indican las dos discordancias reconocidas: la inferior denominada discordancia Seguéllica o Intrabajociana 1 y la superior llamada discordancia Lohanmahuídica o Intrabajociana 2 (Leanza, 2009). Las letras muestran los distintos intervalos definidos en este trabajo, mientras que las biozonas de amonites siguen la clasificación propuesta por Riccardi (2008).

cáreas con la presencia esporádica de amonites asignables a *Sonninia* cf. *espinazitensis* Tornquist, *Dorsetensia* cf. *blancoensis* Westermann y Riccardi y *Witchellia* sp. indet. (Leanza 2009) y escasos bivalvos no analizados. Por encima, estas pelitas se intercalan con niveles tabulares de areniscas gris amarillentas, muy finas a finas, dispuestas en bancos de 0.5 hasta 1.5 metros de espesor debido al amalgamamiento (Fig. 4 A). Presentan bases netas e internamente estratificación horizontal y entrecruzada en domo o *hummocky* (Fig. 4 B) y, algunos niveles se presentan con estratificación difusa. Los arreglos de areniscas y pelitas conforman un patrón grano y estrato creciente. En el tope de las areniscas se han reconocido aisladamente ondulas simétricas (Fig. 4 C). Hacia la parte más alta del intervalo las pelitas son menos frecuentes y, en lugar de estructuras en domo, las areniscas muestran deformación sinsedimentaria (Fig. 4 D) y estratificación entrecruzada.

Interpretación: las pelitas negruzcas fueron depositadas por decantación desde una suspensión en un ambiente marino, muy posiblemente por debajo del nivel de base de olas de tormenta. Las areniscas con estructuras en domo indican eventos de tormenta y somerización, con respecto a la sucesión pelítica precedente. Cabe destacar que la presencia

de ondulas simétricas producidas por oleaje de buen tiempo, documentadas en el tope de las estructuras de tormenta, indica que la sucesión se habría depositado principalmente por encima del nivel de base de olas de buen tiempo. El arreglo somerizante indica la progradación de un sistema marino somero, principal aporte arenoso al sistema. La aparición de niveles con deformación sinsedimentaria observada hacia el tope del intervalo y que reemplazan a las estructuras de tormenta, indica un elevado aporte sedimentario, producto de las primeras descargas fluviales subcúeas relacionadas con aporte fluvial. Corresponden a la secuencia de facies A de Gulisano y Hinterwimmer (1986), en donde se documentaron amonites en el “banco 16” de un perfil ubicado exactamente en donde se ha levantado el correspondiente a este trabajo (Perfil I de Gulisano y Hinterwimmer 1986).

Intervalo B

Comienza con un notable dislocamiento de facies y truncamiento angular donde se ha señalado la existencia de la discordancia Seguéllica (Leanza 2009, fig. 7 b). Este intervalo posee un espesor de 75 metros y se compone predominantemente de arreglos heterolíticos dominados por areniscas y en menor medida pelitas oscuras hasta carbonosas. Las

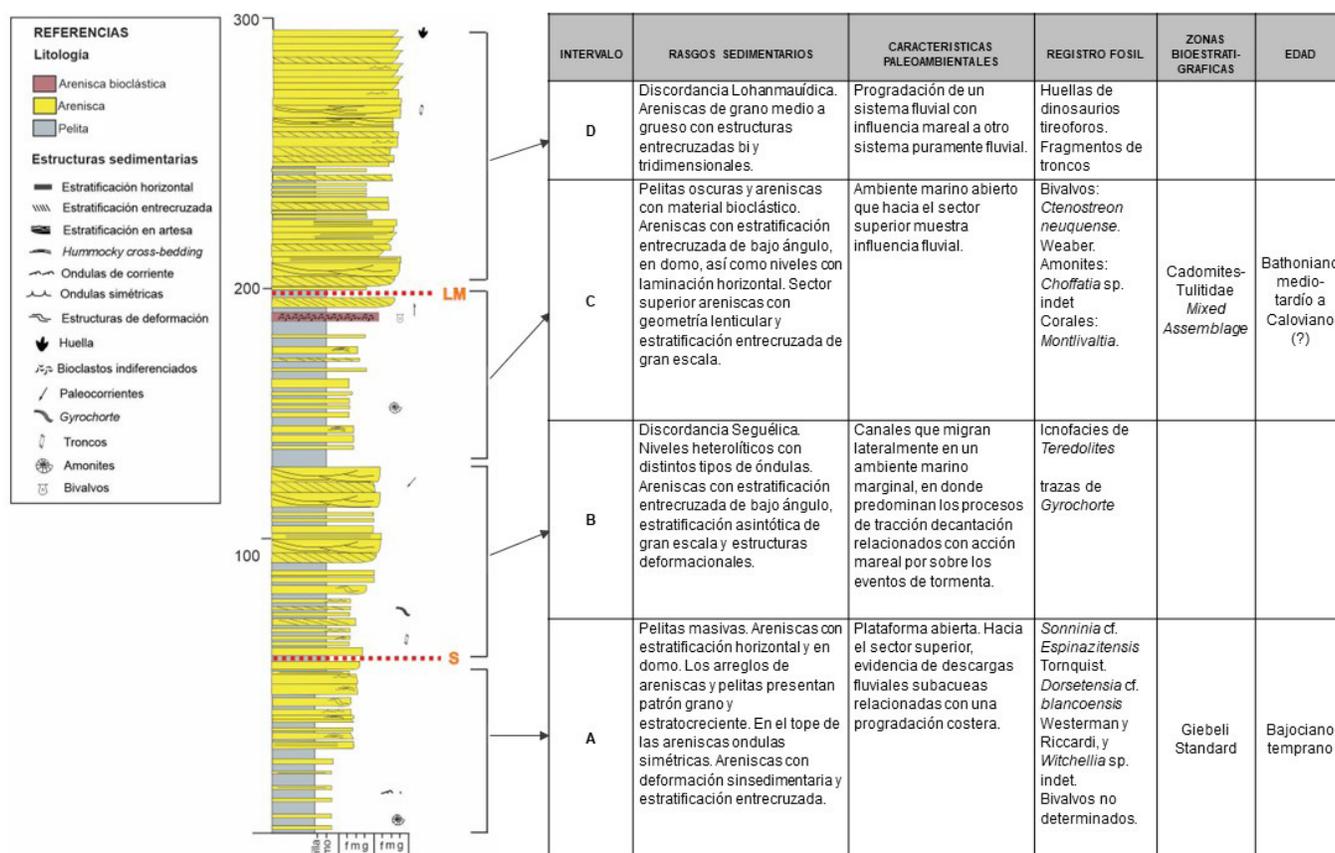


Tabla 1. Principales características sedimentológicas y estratigráficas de la Formación Lajas en puesto Seguel.

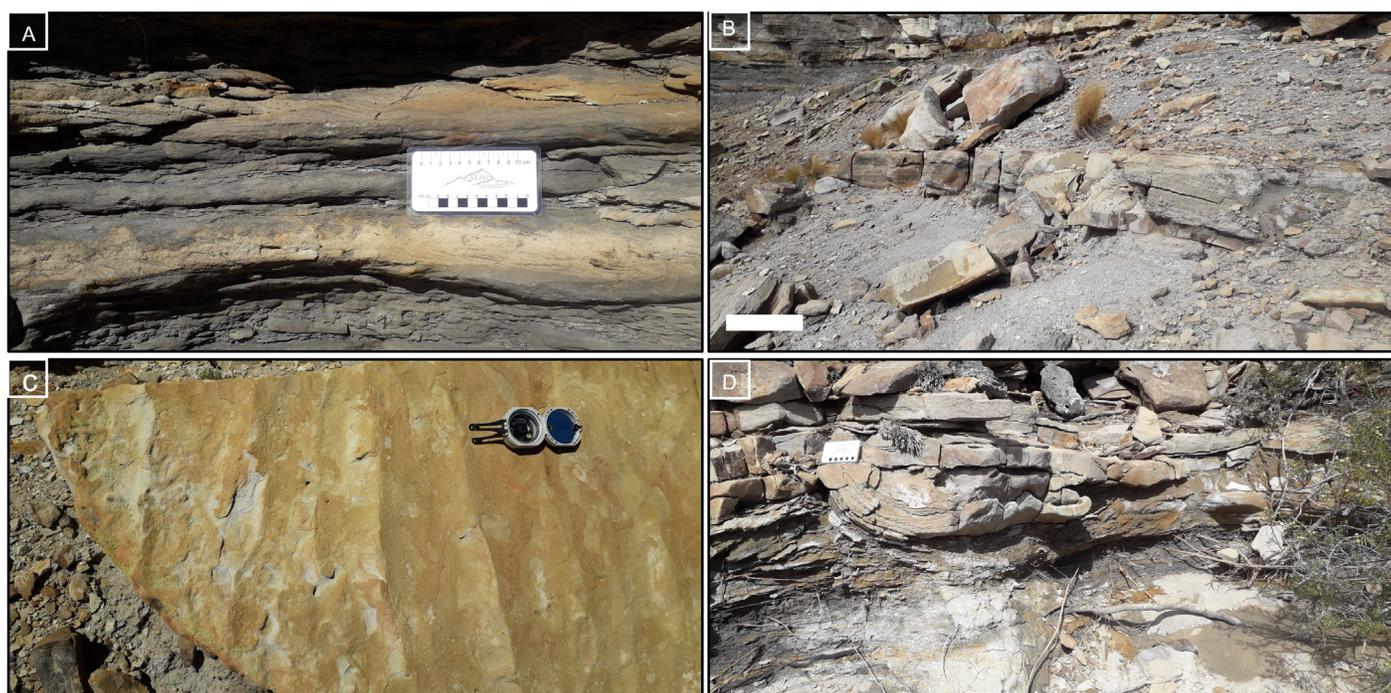


Figura 4. Intervalo A: A) Intercalaciones de pelitas y areniscas con estratificación horizontal y masivas. B) Niveles de areniscas con estructuras entrecruzadas en domo. C) Óndulas de oleaje al tope de bancos. D) Evidencias de deformación sinsedimentaria.

primeras, internamente presentan laminación paralela, laminación ondulática simétrica y asimétrica, ondulosa y lenticular (heterolíticas). Sin embargo, las ondulas simétricas son predominantes hacia el tope de los arreglos heterolíticos (Fig. 5 A). En estos depósitos se han reconocido troncos distribuidos aproximadamente en un mismo nivel estratigráfico, que se presentan orientados y en los que se ha documentado la presencia de la Icnofacies de *Teredolites* junto con abundantes vegetales menores (Fig. 5 B y C). Es importante destacar que las perforaciones atribuibles a *Teredolites* no se presentan en la base de los troncos y predominan en la zona superior. En lo que respecta a las pelitas, estas son de color negro y se presentan masivas o con laminación paralela. Son frecuentes los niveles de areniscas con estratificación entrecruzada de bajo ángulo (*swaley*), que contienen hacia el tope trazas asignables a *Gyrochorte* (Fig. 5 D). En niveles estratigráficos más altos aparecen areniscas con estructura tipo estratificación convoluta (Fig. 6 A). Cabe destacar que la parte cuspidal del intervalo contiene areniscas medianas y gruesas, localmente conglomerádicas (intraformacionales) de coloración gris clara. Se presentan con bases erosivas y geometría tabular a gran escala o lenticular extendida, dependiendo la orientación de los planos de observación. Estas areniscas presen-

tan entrecruzamientos asintóticos hacia la base con dirección de migración hacia el SO (Fig. 6 B), muestran intraclastos pelíticos en la estructura (Fig. 6 C) y marcas subestratales orientadas al oeste. Internamente, los bancos que conforman los entrecruzamientos asintóticos contienen estructuras entrecruzadas tabulares planares y en artesas (Fig. 6 D) con paleocorrientes ortogonales a las estructuras asintóticas.

Interpretación: este intervalo presenta una elevada diversidad y complejidad de estructuras sedimentarias que muestran la interacción de distintos procesos sedimentarios. Por un lado, los niveles heterolíticos con distintos tipos de ondulas indican condiciones alternantes de tracción y decantación. Los procesos tractivos incluyen tanto los de corrientes unidireccionales como los de flujos oscilatorios. En segundo lugar, las estructuras entrecruzadas de bajo ángulo coronadas por *Gyrochorte*, son interpretadas como eventos de tormenta intercalados y asimilables con las estructuras *swaley*. La Icnofacies de *Teredolites* es característica de ambientes marinos marginales a marinos abiertos (Savrdá 1991; Savrdá et al. 1993, 2005) y al presentarse en el techo de troncos orientados, indica que los mismos fueron bioturbados una vez depositados y no resedimentados. Las areniscas con estratificación asintótica de gran escala son interpretadas como su-

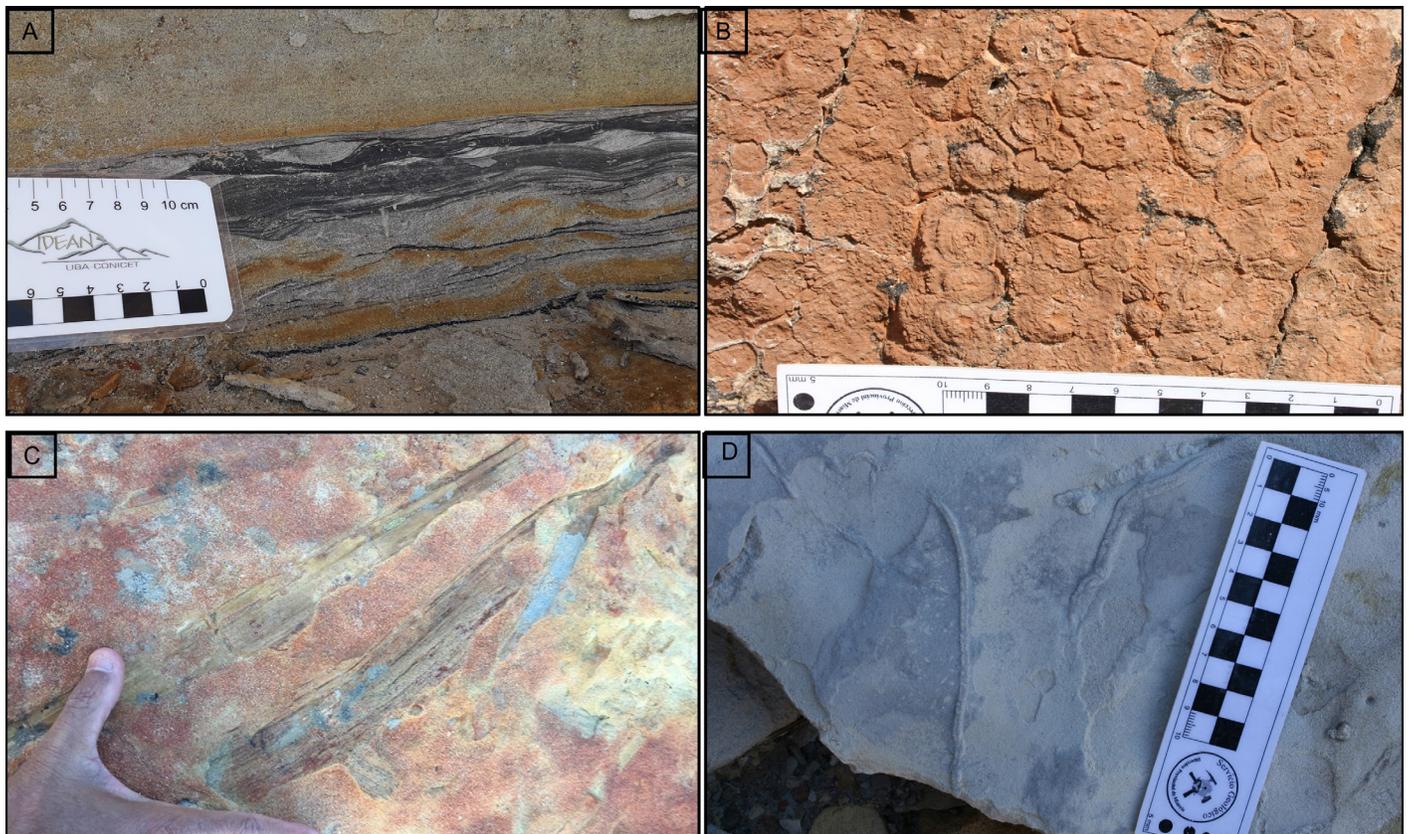


Figura 5. Intervalo B: A) Depósitos heterolíticos. B) Niveles de areniscas con Icnofacies de *Teredolites*. C) Restos vegetales. D) *Gyrochorte*, evidencia de organismos oportunistas.

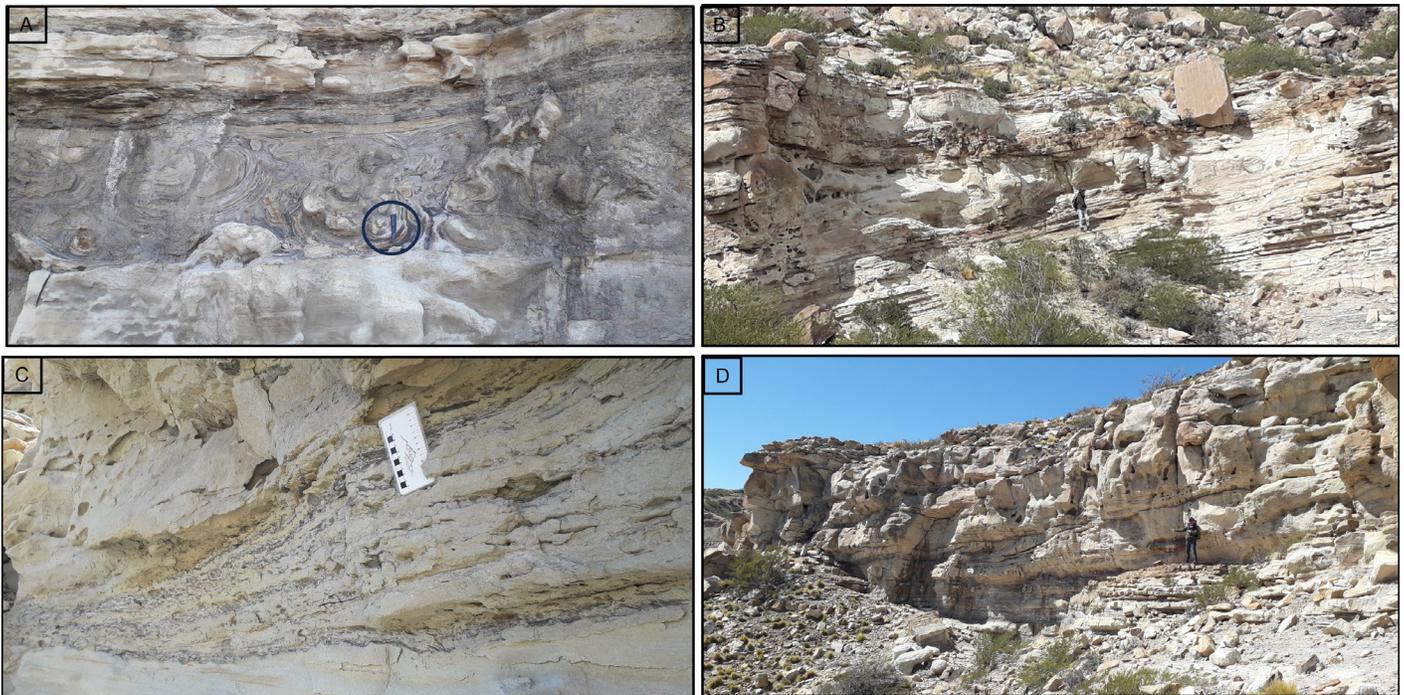


Figura 6. Intervalo B: A) Estructuras de deformación por carga en areniscas con pelitas interestratificadas (círculo negro indicando piqueta de escala). B) Contacto entre depósitos heterolíticos y areniscas con entrecruzamientos asintóticos hacia la base. C) Intraclastos pelíticos en la base de los bancos. D) Intervalo canalizado con estructuras entrecruzadas planares y en artesa en areniscas que cortan erosivamente los niveles inferiores.

perfiles de acreción lateral. Esto se confirma por la ortogonalidad de las paleocorrientes tanto de las estructuras internas como de las marcas subestratales. Por otra parte, la presencia de estructuras deformacionales demuestran una elevada tasa de sedimentación, que produce sobrepresión de poros y deformación sinsedimentaria de distinto tipo. El conjunto psamítico se relaciona con canales que migran lateralmente en un ambiente marino marginal. En este, predominan los procesos de tracción-decantación relacionados con acción mareal por sobre los eventos de tormenta. Como ya se ha mencionado, la discusión de la influencia mareal en la unidad ha sido objeto de evaluación en diversos trabajos (Gulisano y Hinterwimer 1986; McIlroy et al. 2005; McIlroy 2007; Gugliotta et al. 2015; 2016). Paleambientalmente, correspondería al denominado frente deltaico o canales distributarios (secuencias de facies B y C) de Gulisano y Hinterwimer (1986).

Intervalo C

Este intervalo se encuentra mayormente cubierto y conforma una ladera muy inclinada de los afloramientos coronada por el intervalo D (Fig. 7 A). El espesor es de 58 metros. Los niveles mayoritariamente cubiertos corresponden a pelitas grises oscuras, hasta carbonosas. Entre ellas aparecen areniscas finas y medias de color gris, que contienen corales scleractínidos como *Montlivaltia* (Fig. 7 B) y amonites asignables a *Choffatia* sp. indet. (Fig. 7 C) En los escasos

niveles psamíticos aflorantes entre las pelitas, también se ha observado estratificación entrecruzada de bajo ángulo (Fig. 7 D) hasta estructuras en domo (Fig. 7 E), así como niveles con laminación horizontal y difusa. Hacia el sector superior se encuentran pelitas y areniscas de grano medio, blanquecinas, que presentan geometría lenticular. En estas se observa estratificación entrecruzada de gran escala, con dirección de migración hacia el oeste, donde se han tomado muestras para analizar mediante dataciones con circones detríticos (Fig. 7 F). Continúan pelitas y niveles cubiertos, entre los que aparecen areniscas de grano medio y color castaño, con cemento calcáreo y ferruginoso, que contienen gran cantidad de fragmentos de valvas de moluscos y bivalvos atribuibles a *Ctenostreon neuquense* Weaver (Fig. 7 G). Localmente estos niveles presentan bioclastos tamaño psefítico e internamente están desorganizados, a veces con mayor porcentaje de material fósil en la base, llegando a constituir *packstones* esqueléticos.

Interpretación: la presencia de registro fósil, ya sea de amonites, corales o bivalvos en las areniscas, y su vinculación con niveles pelíticos, sugiere un ambiente marino abierto, de salinidad normal, que indica condiciones claramente transgresivas respecto al intervalo anterior. La presencia de areniscas con estructuras de tipo en domo separadas por particiones pelíticas, se relaciona con eventos de tormenta. La geometría lenticular y las estructuras sedimentarias como es-

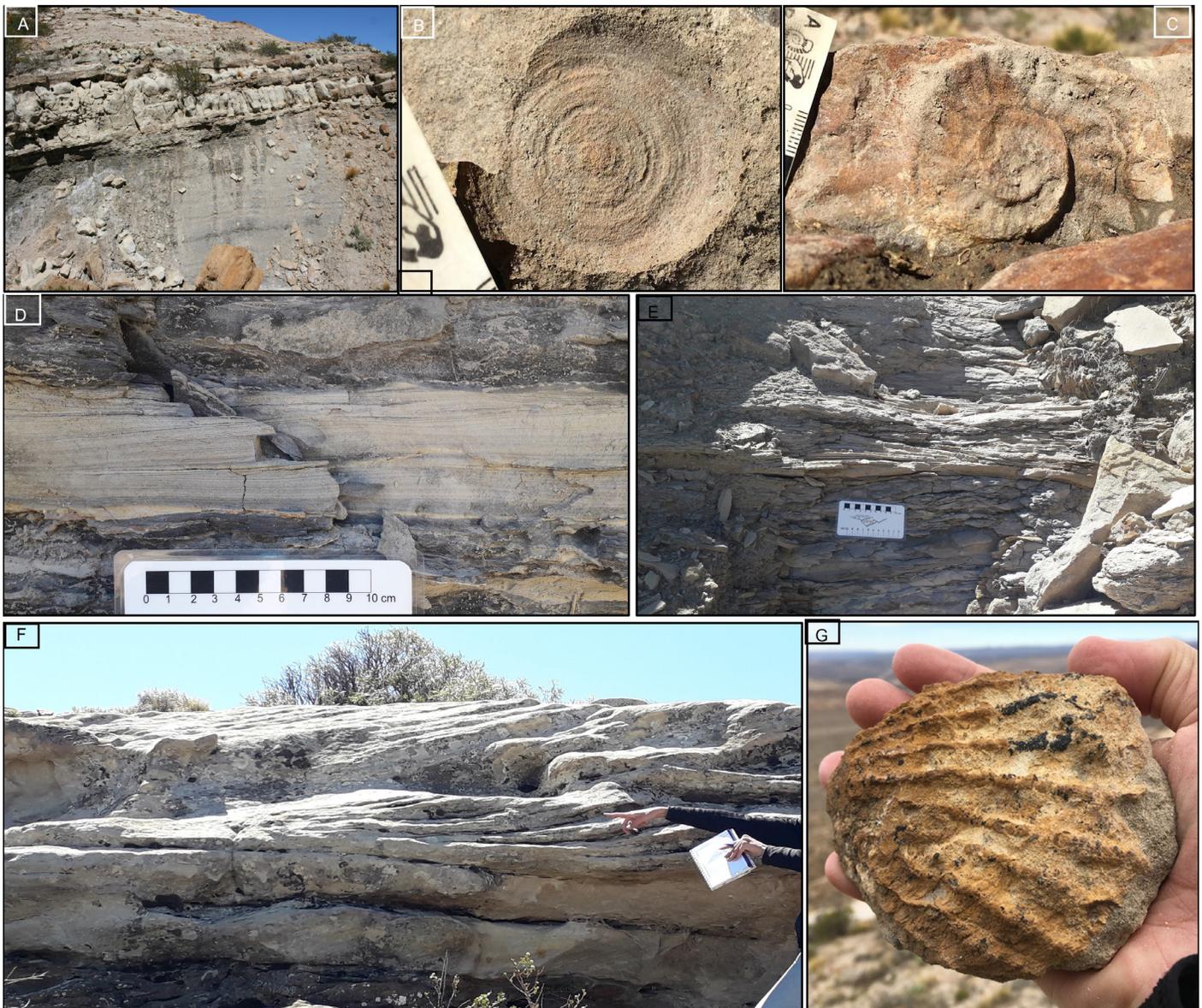


Figura 7. Intervalo C: A) Contacto abrupto entre intervalos C y D. B) Corales solitarios asignables a *Montivaltia* sp. C) Amonite asignable a *Hoffatia* sp. indet. D) Areniscas con estratificación “swaley”. E) Areniscas con intercalaciones de pelitas y estructuras entrecruzadas en domo. F) Areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala. G) Bivalvo atribuible a *Ctenostreon neuquense* Weaver.

tratificación entrecruzada de gran escala que se encuentran en las areniscas blanquecinas del sector superior, indicarían la presencia de corrientes tractivas que avanzaron como descargas fluviales y se desarrollaron erosivamente en distintos ciclos sobre los depósitos de plataforma, con aguas esteno-halinas.

Intervalo D

Este intervalo alcanza 96 m de espesor y comienza con un intervalo amalgamado de areniscas con respecto al intervalo anterior que forma una pared vertical. En la base del intervalo es donde Leanza (2009, fig. 7 b) señala la discordancia Lohanmahuídica. Las areniscas son mayoritariamente

de grano medio a grueso, ocasionalmente conglomerádicas, blanquecinas y se presentan en cuerpos tabulares y lenticulares. Estos cuerpos se encuentran amalgamados e internamente contienen tanto entrecruzamientos tabulares planares de gran espesor, como estratificaciones en artesa de menor espesor (Fig. 8 A). La distribución de los entrecruzamientos muestra que las estratificaciones en artesa se hacen más frecuentes hacia el tope de la sucesión (Fig. 8 B) donde se han encontrado fragmentos de troncos fosilizados de gran tamaño insertos en la roca y también rodados en el afloramiento (Fig. 8 C). Los niveles conglomerádicos son predominantemente intraformacionales, y en algunas ocasiones relictivos. Entre los cuerpos amalgamados, aparecen arreglos heteróliticos

que indican ciclicidad mareal (González Estebenet y Pazos, 2024). Este intervalo es conocido en la literatura como las areniscas de “Los Pozones”, nombre que deriva de la particular forma de meteorización observada (Fig. 8 D). Entre los distintos paquetes psamíticos parece observarse una relación angular de muy bajo ángulo que en algunos casos deja superficies expuestas. En una de estas superficies se han observado huellas (Fig. 8 E) que conforman rastrilladas (*trackways*) de dinosaurios.

Interpretación: con la abundancia de areniscas amalgamadas que conforman un paredón casi vertical, con estructuras entrecruzadas bi y tridimensionales y la ausencia casi total de pelitas, la parte basal de este intervalo evidencia un sistema fluvial. Este sistema, tiene influencia mareal, como lo documentan los arreglos heterolíticos, y se hace progresivamente no marino, donde se reconoce un ambiente puramente fluvial. Este cambio se refuerza por el pasaje de estructuras tabulares planares a artesas extendidas hacia el tope (Fig. 8 B), que marcan un sistema con progresiva reducción de la profundidad. La abundancia de troncos muestra la existencia de un área fuente vegetada, y la ausencia de bioturbación en los mismos permite descartar procesos de resedimentación. Por su parte, las huellas documentadas serían semejantes en su morfología a la huella descrita en Portada Covunco

por Pazos et al. (2019), siendo compatibles con dinosaurios tireóforos y constituyendo las rastrilladas más antiguas documentadas en la Cuenca Neuquina.

DISCUSIONES

En esta sección se analizarán las distintas interpretaciones estratigráficas, sedimentológicas y paleoambientales de la Formación Lajas en la localidad de puesto Seguel e inmediaciones (ej. Gulisano y Hinterwimmer 1986; Leanza 2009), referidas con relación a los intervalos (A-D).

Como se ha podido observar en el análisis de los cuatro intervalos definidos e interpretados, existe una gran complejidad respecto al arreglo interno y los procesos sedimentarios actuantes dentro de cada uno de ellos, principalmente en los más basales. Lo anterior, sumado a la presencia de discordancias que separan la sucesión, ya definidas por Leanza (2009) o solo una sugerida por Gulisano y Hinterwimmer (1986), requiere de un análisis sedimentológico entre ellas y no uno continuo, con la discusión de las implicancias de éstas en la evolución del relleno sedimentario. De la misma manera, Gulisano y Hinterwimmer (1986) no elaboraron un modelo paleoambiental general para la sucesión, sino que realizaron el

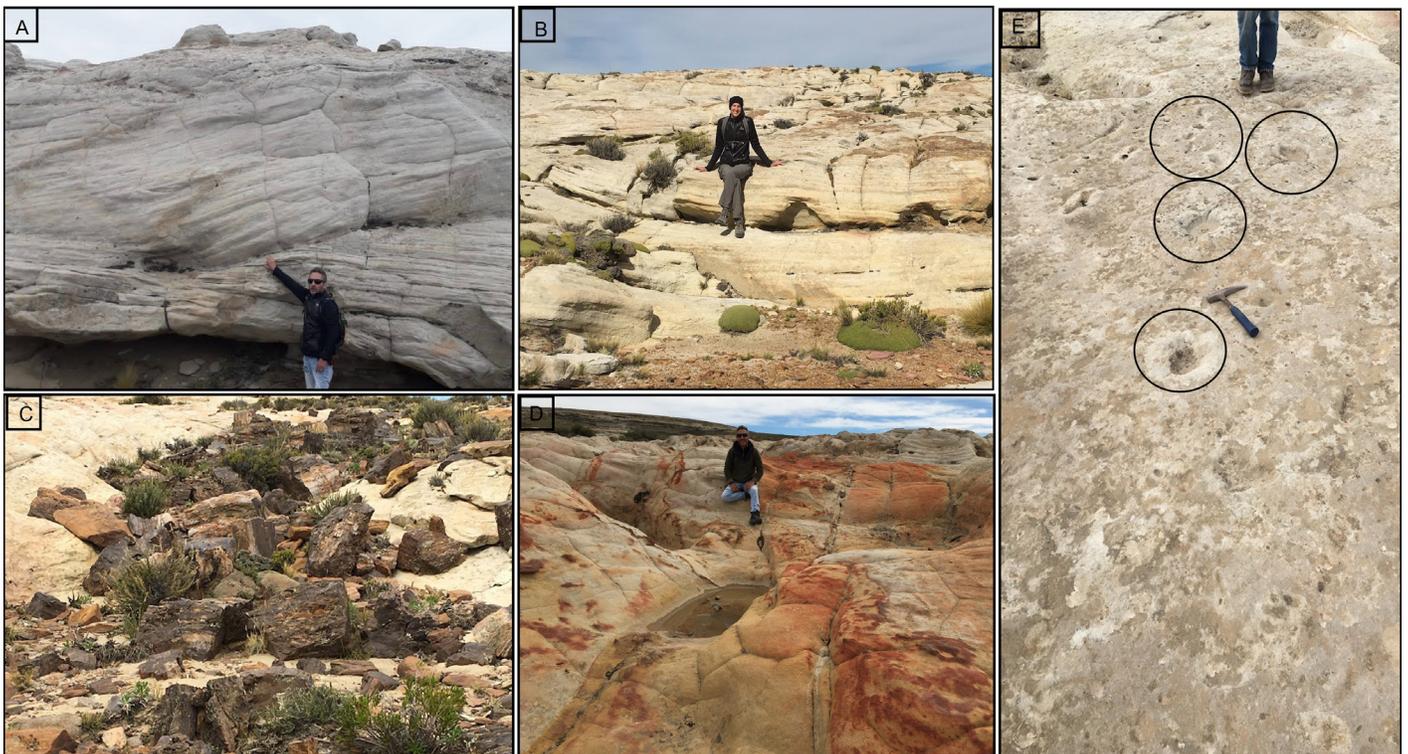


Figura 8. Intervalo D: A) Areniscas con entrecruzamientos tabulares planares y estratificaciones en artesas. B) Areniscas con estratificación entrecruzada en artesas. C) Restos de troncos fosilizados de gran tamaño. D) Formas de meteorización “Los Pozones”. E) Rastrilladas atribuibles a dinosaurios tireóforos (indicadas con círculos negros).

análisis dividiendo la sucesión en dos tramos independientes entre sí, ante la posibilidad de que entre ambos existiera una discordancia o discontinuidad estratigráfica. Sin embargo, por sus secuencias de facies esto no queda claro ya que una de ellas continua a través del límite. Estos autores sugirieron la necesidad de reevaluar el esquema estratigráfico secuencial establecido originalmente por Gulisano et al. (1984). Gulisano y Hinterwimmer (1986) consideraron un sector inferior, que sería equivalente a los intervalos A, B y C definidos en este trabajo, y ubican la posible discordancia en el tope del intervalo C, quedando por debajo sus secuencias de facies A-E, mientras que, en nuestro esquema, la primera discordancia que aparece se ubica por debajo, entre los intervalos A y B y coincide con la ubicación sugerida por Leanza (2009) para la discordancia Seguéllica/Intrabajociana 1.

La discordancia Lohanmahuídica de Leanza (2009) se ubica en el mismo nivel que la discordancia sugerida por Gulisano y Hinterwimmer (1986). La misma deja por encima al intervalo D definido en este trabajo o a las secuencias de facies E, F y G de dichos autores. Cabe destacar que ésta es la discordancia conocida en la literatura como Intrabajociana, interpretación disputada en este trabajo.

El intervalo A que contiene a la transición de la Formación Los Molles a la Formación Lajas, muestra el pasaje de una plataforma abierta que se someriza al registrar eventos de tormenta que finalizan con oleaje de buen tiempo, indicando que se alcanza una profundidad por encima del nivel de base de ola de buen tiempo. Desde el punto de vista bioestratigráfico, los amonites encontrados en las pelitas basales asignables a *Sonninia* cf. *espinazitensis* Tornquist, *Dorsetensia* cf. *blancoensis* Westermann y Riccardi y *Witchellia* sp. Indet son diagnósticos. Estos amonites, en su conjunto, integran la Zona de Giebeli Standard del Bajociano inferior, según el esquema de Riccardi (2008). Cabe destacar que el esquema de biozonación de amonites para el Jurásico de la cuenca Neuquina fue establecido por Westermann y Riccardi (1972, 1979) y Riccardi (2008).

Por encima de la discordancia Seguéllica, el intervalo B contiene depósitos de canales que migran lateralmente en un ambiente marino, en donde predominan los procesos de tracción decantación (depósitos heterolíticos) relacionados con acción mareal por sobre el oleaje. Este intervalo carece de indicadores bioestratigráficos y marca el inicio de un arreglo transgresivo correspondiente a un ambiente marino con indicadores de mareas y la lcnofacies de *Teredolites*. Para los intervalos A y B en conjunto, Gulisano y Hinterwimmer (1986) sugirieron una progradación deltaica, desde facies prodeltaias (Los Molles) hasta de frente deltaico inferior (Lajas).

El intervalo C contiene areniscas con estructuras de tor-

menta en donde se han documentado amonites. Los mismos corresponden a *Choffatia* sp. indet. que es posible atribuir, según el esquema de biozonas de Riccardi (2008), a la Zona de Asociación de *Cadomites*-Tulitidae del Bathoniano medio a tardío o a la Zona Steinmanni Standard del Bathoniano tardío. La existencia de amonites y corales muestran condiciones de salinidad normal y un arreglo transgresivo respecto del intervalo B. En las areniscas calcáreas que suprayacen a los niveles con amonites, se han documentado bivalvos atribuibles a *Ctenostreon neuquense*, posiblemente coincidentes con los originalmente descritos por Weaver (1931) y pertenecientes a la Zona de Asociación de *Retroceramus stehni* (Damborenea 1990, 1994; Riccardi et al. 1993). El registro de estos invertebrados podría sugerir una edad que alcanzaría el Caloviano inferior (Riccardi et al. 2011). Cabe aclarar que este intervalo fue interpretado por Gulisano y Hinterwimmer (1986) como relacionado a un sistema deltaico, sugiriendo la existencia de canales distributarios fluvio-mareales, marcando una continuidad progradante antes que la retrogradante observada en este trabajo.

El intervalo D comienza con un desplazamiento de facies respecto al intervalo anterior, ya que sobre facies marinas se depositan areniscas amalgamadas. Si se acepta que el Bathoniano medio a tardío está representado por debajo de la discordancia como lo sugeriría el amonite documentado en este trabajo, la misma no sería Intrabajociana si no intrabathoniana, aunque no es posible descartar una edad caloviana para la misma. En un reciente trabajo, Steel et al. (2023) analizaron la distribución de facies, quiebres de plataforma y discordancias para la Formación Lajas mediante la integración de datos de afloramiento y subsuelo. Estos autores encontraron que no es posible el seguimiento de la discordancia Intrabajociana o Lohanmahuídica de este trabajo en las cercanías de la dorsal de Huinul. En este sentido, la magnitud del intervalo representado por la discordancia no sería adecuado para la denominación de discordancia Intrabajociana que se ha dado en subsuelo y hacia el este de la cuenca, donde el Bajociano superior se encontraría presente (Zavala y González 2001; Steel et al. 2023). Cabe aclarar que la edad bajociana superior ha sido sugerida por Zavala (1996 b) sobre la base de un amonite correspondiente a la Cronozona Rotundum Standard (Riccardi 2008), que luego fue extrapolada a toda la cuenca y es particularmente utilizada en el establecimiento de la edad de la Formación Lajas al sur de la dorsal, como se desprende de numerosos trabajos (Gugliotta et al. 2015; Kurcinka et al. 2018; Steel et al. 2018).

Desde el punto de vista paleoambiental, el desplazamiento de facies evidenciado al inicio del intervalo D marca la progradación de un sistema mareal hasta fluvial con y sin influencia

mareal. Esto queda sugerido por los arreglos heterolíticos, ya que el ambiente muestra mayor control mareal hacia la base, y se hace progresivamente fluvial sin influencia mareal alguna hacia el techo. Según Gulisano y Hinterwimmer (1986) este intervalo fue interpretado como una llanura de marea arenosa con canales y hacia el sector superior presentaría barras mareales submareales. Para el intervalo D, de este trabajo dichos autores sugirieron un ambiente marino marginal, posiblemente deltaico con fuerte influencia mareal y acción fluvial subordinada. Además, desde el punto de vista petrolero sugirieron que las facies mareales con buena continuidad lateral presentarían buenas condiciones de roca reservorio (Gulisano y Hinterwimmer 1986). Al tope del intervalo D, se han reconocido huellas de dinosaurios que serían compatibles con las atribuibles a dinosaurios tireóforos y constituyen, sin duda, las rastrilladas más antiguas documentadas en la Cuenca Neuquina (Fig. 8 E) semejantes a la analizada por Pazos et al. (2019), en Portada Covunco. Si se hace un análisis comparativo de la Formación Lajas hacia el norte de la Dorsal de Huincul, en el perfil de Portada Covunco, las semejanzas son bastante notables. La mayoría de los estudios estratigráficos secuenciales, palinológicos y magnetoestratigráficos (Zavala y González 2001; Martínez y Quattrocchio 2004; Iglesia Llanos et al. 2019) determinaron una edad bathoniana inferior a caloviana, y los circones confirmaron una edad fundamentalmente caloviana para la sucesión (González Estebenet et al. 2021) que coincide con lo sugerido por Lambert (1944), Stukins et al. (2013) y Chalabe et al. (2022). Por lo tanto, si el amonite de Puesto Seguel hallado en el intervalo C indica una edad bathoniana media a tardía, y los bivalvos sugieren una edad que podría alcanzar el Caloviano inferior (siendo los amonites indicadores de las edades más diagnósticas), no se podría descartar que el intervalo por encima de la discordancia Lohanmahuídica registre fundamentalmente el Caloviano, ya que por las facies presentes de naturaleza eurihalina los amonites no podrían haber existido. Steel et al. (2023) mantuvieron que la discordancia definida por Zavala y González (2001) en la localidad de Portada Covunco, es de edad intrabathoniana, contra González Estebenet et al. (2021) que la consideraron de edad intracaloviana. De esta manera, la edad caloviana del intervalo D quedaría potenciada.

Como ya ha sido mencionado en este trabajo, la acumulación del Grupo Cuyo principalmente en áreas cercanas a la Dorsal de Huincul, estuvo influenciada por su actividad tectónica durante el Jurásico. En este sentido, el escenario depositacional para el conjunto se vuelve aún más complejo, si consideramos que la continentalización de la Formación Lajas, evidenciada en los depósitos de Puesto Seguel, no sería equivalente a las capas rojas de naturaleza fluvial de la For-

mación Challacó (no documentadas en la localidad de estudio). Lo anterior también fue sugerido por Zavala et al. (2020) en un estudio del Grupo Cuyo al sur de la Dorsal de Huincul, donde propusieron que la Formación Challacó es una unidad depositacional de significado tectonoestratigráfico, desarrollada exclusivamente al sur de la Dorsal de Huincul y que se presenta en discordancia sobre la Formación Lajas, desarrollada en una cuenca de características salobres y lacustres, interpretación que excede la propuesta de este trabajo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha avanzado en el entendimiento de las características paleoambientales de la Formación Lajas en la localidad de Puesto Seguel, donde se han definido 4 intervalos (A-D) que debieron ser analizados en un marco estratigráfico, limitado por discontinuidades. Estas últimas, objeto principal de estudio en este trabajo, permitieron comprobar la propuesta de Leanza (2009) en cuanto a su existencia.

Dada la existencia de dos discontinuidades, en sentido estratigráfico por debajo de la primera, llamada discordancia Seguélica/Intrabajociana 1 (Leanza, 2009), se presenta el pasaje de una plataforma abierta, que se someriza al registrar eventos de tormenta que rematan con oleaje de buen tiempo, e indican que la profundidad se halla por encima del nivel de base de ola de buen tiempo. Por encima de esta discordancia, los datos paleoambientales indican que existe un arreglo retrogradante desde facies marino-marginales hasta facies marinas normales, con amonites y corales, que muestran una evolución paleoambiental mucho más compleja que la mera progradación deltaica propuesta por Gulisano y Hinterwimmer (1986). Además, la existencia de facies marino-marginales con abundantes indicadores mareales, la migración lateral de canales y la Icnofacies de *Teredolites* por debajo de los niveles marinos abiertos, resultan novedosos para la localidad y muestran un arreglo transgresivo para los intervalos B y C de este trabajo. En lo que respecta a la fauna, el hallazgo del amonite *Choffatia* sp. indet. es asignable a la Zona de Asociación de Cadomites-Tulitidae o a la Zona Steinmanni Standard del Bathoniano medio a tardío. El nivel con bivalvos muy posiblemente coincida con el nivel documentado por Weaver (1931). La fauna hallada es menos precisa, aunque podría alcanzar el Caloviano, que la atribuible al amonite y correspondería a la Zona de Asociación de *Retroceramus stehni* (Damborenea 1990, 1994; Riccardi et al. 1993). De lo expuesto, puede concluirse que no existen evidencias del Bajociano superior y gran parte del Bathoniano, por encima de la discordancia Seguélica/Intrabajociana 1. Esto, en gran parte

es coincidente con la ausencia de Bathoniano en los afloramientos al sur de la dorsal (ej. Steel et al., 2018; Zavala et al. 2020). La sección cuspidal (intervalo D), que comienza por encima de la discordancia Lohanmahuidica/Intrabajociana 2 de Leanza (2009), ex Intrabajociana de acuerdo con el presente trabajo, presenta un intervalo amalgamado integrado por facies psamíticas con influencia mareal, pero sin ningún indicador fosilífero eurihalino, confirmado por el desplazamiento de facies respecto de los niveles marinos estenohalinos por debajo de la discontinuidad. Parte de la sucesión correspondiente al intervalo D de este trabajo, que muestra influencia mareal hacia la base, pero es netamente fluvial hacia el tope, podría haberse depositado mayormente en el Caloviano. En este sentido, las huellas atribuibles a dinosaurios tireóforos que son semejantes a la documentada en Portada Covunco, sustentan la posible contemporaneidad, que se ve enfatizada por las edades de circones detríticos que indican una edad caloviana (González Estebenet et al. 2021) más joven que la sugerida previamente por Pazos et al. (2019) asignada al Bathoniano tardío.

Como resultado del análisis de las discontinuidades en Puesto Seguel, puede concluirse que hacia el norte de la Dorsal de Huinca la Formación Lajas es indiscutiblemente más joven que en el depocentro al sur. La discordancia documentada en Portada Covunco por Zavala y González (2001), que fue atribuida al Bathoniano por Iglesia Llanos et al. (2019) y Steel et al. (2023), sería intracaloviana de acuerdo a González Estebenet et al. (2021) y posiblemente coincida con la discordancia superior de este trabajo, teniendo en cuenta que el amonite se halla estratigráficamente en el mismo intervalo (C) pero muy por debajo del nivel con bivalvos indicativos del Caloviano, estos últimos a pocos metros por debajo de la discordancia Lohanmahuidica (ex-Intrabajociana 2). Por otra parte, en un trabajo reciente de González Estebenet et al. (2023) se aportaron los primeros resultados de circones detríticos para la Formación Lajas en Sierra de la Vaca Muerta, y reafirman la edad caloviana para los afloramientos de la Formación Lajas hacia el norte de la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Alberto Riccardi por las observaciones aportadas en relación con la fauna de amonites y a la Dra. Susana Damborenea por su contribución respecto al estudio de los bivalvos encontrados en la zona de estudio. Asimismo, expresamos nuestro profundo agradecimiento al Lic. Alberto Gutiérrez Pleimling por sus observaciones, correcciones y opiniones que nos han permitido mejorar este

trabajo, y obtener la perspectiva del tema de estudio desde la industria hidrocarburífera. Este trabajo se realizó con el aporte del UBACyT-2020 y fondos PUE del IDEAN.

REFERENCIAS

- Almeida Junior, F.N., Steel, R.J., Olariu, C., Gan, Y. y Gomes Paim, P.S. 2020. River-dominated and tide-influenced shelf-edge delta systems: Coarse-grained deltas straddling the Early–Middle Jurassic shelf–slope break and transforming downslope, Lajas–Los Molles formations, Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentology* 67: 2883-2916.
- Arregui, C., Carbone, O. y Martínez, R. 2011. El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano-Medio) en la Cuenca Neuquina. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén*. 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 77-89, Buenos Aires.
- Bechis, F., Giambiagi, L.B., Tunik, M.A., Suriano, J., Lanés, S. y Mescua, J.F. 2020. Tectono-Stratigraphic Evolution of the Atuel Depocenter During the Late Triassic to Early Jurassic Rift Stage, Neuquén Basin, West-Central Argentina. En: Kietzmann, D. y Folguera, A. (eds.), *Opening and Closure of the Neuquén Basin in the Southern Andes*. Springer Earth System Sciences: 23-52. Cham.
- Canale, N., Ponce, J.J., Carmona, N.B., Drittanti, D.I., Olivera, D.E., Martínez, M.A. y Bourmod, C.N. 2015. Sedimentología e Icnología de deltas fluvio-dominados afectados por descargas hiperpícnicas de la Formación Lajas (Jurásico Medio), Cuenca Neuquina, Argentina. *Andean Geology* 42: 114-138.
- Canale, N., Ponce, J.J., Carmona, N.B. y Drittanti, D.I. 2016. Ichnology of deltaic mouthbar systems of the Lajas Formation (Middle Jurassic) in the Sierra de la Vaca Muerta, Neuquén basin, Argentina. *Ameghiniana* 53: 170-183.
- Cappa, L.A. 2016. Análisis paleoambiental de testigos corona del yacimiento "Loma Negra NI" (Formación Lajas) Dorsal de Huinca, Neuquén, Argentina. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Buenos Aires (inérita), 119 p., Buenos Aires.
- Chalabe, A.C., Martínez, M.A., Olivera, D.E., Canale, N. y Ponce, J.J. 2022. Palynological analysis of sandy hyperpycnal deposits of the Middle Jurassic, Lajas formation, Neuquén basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 116: 103867.
- D'Elia, L., Muravchik, M., Franzese, J.R. y Bilmes, A. 2012. Volcanismo de sin-rift de la Cuenca Neuquina, Argentina: relación con la evolución Triásico-Tardía - Jurásico Temprano del margen Andino. *Andean Geology* 39: 106-132.
- Damborenea, S.E. 1990. Middle Jurassic inoceramids from Argentina. *Journal of Paleontology* 64: 736-759.
- Damborenea, S.E. 1994. Circum-Pacific correlation of Argentine Early and Middle Jurassic bivalve zones. *Geobios* 17: 141-147.
- 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 Asociación Geológica Argentina* 2: 256-283.

- Dellapé, D.A., Pando, G.A., Uliana, M.A. y Musacchio, E.A. 1978. Foraminíferos y ostrácodos del Jurásico en las inmediaciones del arroyo Picún Leufú y la ruta 40 (Provincia del Neuquén, Argentina) con algunas consideraciones sobre la estratigrafía de la Formación Lotena. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 489-507.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: Leanza, A.F. (ed.), Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias: 439-505. Córdoba.
- Franzese, J.R. y Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 257-270.
- Franzese, J., Spalletti, L., Gómez Pérez, I. y Macdonald, D. 2003. Tectonic and paleoenvironmental evolution of Mesozoic sedimentary basins along the Andean foothills of Argentina (32°-54°S). *Journal of South American Earth Sciences* 16: 81-90.
- Freije, H., Azúa, G., González, R., Ponce, J.J. y Zavala, C.A. 2002. Actividad tectónica sinsedimentaria en el Jurásico del sur de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, pp. 17. Mar del Plata.
- González Estebenet, M.C. y Pazos, P.J. 2024. Distribución geográfica y temporal de las tidalitas de la Formación Lajas (Grupo Cuyo), Jurásico Inferior—Medio de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Este volumen.
- González Estebenet, M.C., Naipauer, M., Pazos, P.J. y Valencia, V.A. 2021. U-Pb detrital zircon ages in the Lajas Formation at Portado Cuvunco: Maximum depositional age and provenance implications for the Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 110: 103325.
- González Estebenet, M.C., Naipauer, M. y Pazos, P.J. 2023. Nuevas edades geocronológicas U-Pb en circones detríticos de la Formación Lajas en la Sierra de la Vaca Muerta. 9° Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Resúmenes: 148. La Plata.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación 58: 1-110. Buenos Aires.
- Gugliotta, M., Flint, S.S., Hodgson, D.M. y Veiga, G.D. 2015. Stratigraphic record of river-dominated crevasse subdeltas with tidal influence (Lajas Formation, Argentina). *Journal of Sedimentary Research* 85: 265-284.
- Gugliotta, M., Fairman, J.G., Schultz, D.M. y Flint, S.S. 2016. Sedimentological and paleoclimate modelling evidence for preservation of Jurassic annual cycles in sedimentation, western Gondwana. *Earth Interactions*: 20-019.
- Gulisano, C.A. 1981. El Ciclo Cuyano en el norte de Neuquén y sur de Mendoza. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 579-592.
- Gulisano, C.A. y Hinterwimmer, G. 1986. Facies deltaicas del Jurásico medio en el oeste del Neuquén. *Boletín de Informaciones Petroleras*. Tercera Época 3 (8): 2-31.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 236-259. San Carlos de Bariloche.
- Guzmán, C., Tapia, F., Ambrosio, A., Gutiérrez-Pleimling, A., Bustos, G., Gómez, C. y González, J.M. 2021. Lower Jurassic deformation in the eastern Huincul High, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 109: 103295.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extrandino. *Boletín Informaciones Petroleras* 23 (226): 245-281.
- Horton, B.K. 2018. Tectonic regimes of the Central and Southern Andes: Responses to variations in plate coupling during subduction. *Tectonics* 37 (2): 402-429.
- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A. y Veiga, G.D. 2005. The Neuquén Basin: an overview. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. y Schwarz, E. (eds.), *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society of London, Special Publication 252: 1-14. Londres.
- Iglesia Llanos, M.P., Kietzmann, D.A., Kohan Martínez, M. y Minisini, D. 2019. Magnetostratigraphy of a Middle Jurassic delta system (Lajas Formation), Portada Cuvunco section, southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 94: 102235.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. y Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to the Middle Proterozoic in North America? *Geology* 17: 324-328.
- Keidel, J. 1925. Sobre la estructura tectónica de las capas petrolíferas en el oriente del Territorio del Neuquén. Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, sección geología. Publicación 8: 1-67.
- Kurcinka, C.E., Dalrymple, R.W. y Gugliotta, M. 2018. Facies and architecture of river dominated to tide-influenced mouth bars in the lower Lajas Formation (Jurassic), Argentina. *AAPG Bulletin* 102 (5): 885-912.
- Lambert, L.R. 1944. Algunas trigonias del Neuquén. *Revista del Museo de La Plata (nueva serie) Paleontología* 2: 357-397.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales (nueva serie)* 11 (2): 145-184.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior), Argentina. En: Chebli, G.A. y Spalletti, L.A. (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas*, Simposio Cuencas Sedimentarias Argentinas. Serie Correlación Geológica 6: 221-244. Tucumán.
- Legarreta, L. y Uliana, M. 1991. Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of back-arc basin fill, central Argentine Andes. En: McDonald, D.I.M. (ed.), *Sedimentation, Tectonics and Eustasy*. IAS Special Publications 12: 429-450.
- Legarreta, L. y Uliana, M. 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution.

- Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 120 (3): 303-330.
- Limeres, M. 1996. Sequence Stratigraphy of the Lower-Middle Jurassic in Southern Neuquén: Implications for Unraveling Synsedimentary Tectonics along the Huincul Wrench System. *GeoResearch Forum, Advances in Jurassic Research*. 1-2: 295-304.
- Martínez, M.A. y Quattrocchio, M.E. 2004. Palinostrostratigrafía y palinofacies de la Formación Lotena, Jurásico Medio de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 41: 485-500.
- McIlroy, D. 2007. Palaeoenvironmental controls on the ichnology of tide-influenced facies with an example from a macrotidal tide-dominated deltaic depositional system, Lajas Formation, Neuquén Province, Argentina. En: Bromley, R., Buatois, L., Mangano, M.G., Genise, J. y Melchor, R. (eds.), *Sediment-Organism Interactions: A Multifaceted Ichnology*. Society Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 88: 195-212.
- McIlroy, D., Flint, S., Howell y J.A., Timms, N. 2005. Sedimentology of the Jurassic tide dominated Lajas Formation, Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. y Schwarz, E. (eds.), *The Neuquén Basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. Geological Society, Special Publications 252: 83-108.
- Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. En: Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.), *Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°–39° latitude)*. Geological Society of America Special Paper 407: 97-124.
- Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2011. Modelo tectónico de la faja plegada y corrida de los gondwánides y la deformación de intraplaca pérmica inferior. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas en CD. Neuquén.
- Mosquera, A., Silvestro, J., Ramos, V.A., Alarcón, M. y Zubiri, M. 2011. La estructura de la Dorsal de Huincul. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Daniela J.C. y Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 385-397. Buenos Aires.
- Naipauer, M. y Ramos, V.A. 2016. Changes in Source Areas at Neuquén Basin: Mesozoic Evolution and Tectonic Setting Based on U–Pb Ages on Zircons. En: Folguera, A., Naipauer, M., Sagripanti, L., Ghiglione, M., Orts, D. L. y Giambiagi, L. (eds.), *Growth of the Southern Andes*. Springer International Publishing: 33-61. Cham.
- Naipauer, M., García Morabito, E., Marques, J.C., Tunik, M., Rojas Vera, E., Vujovich, G.I., Pimentel, M.M. y Ramos, V.A. 2012. Intraplate Late Jurassic deformation and exhumation in western central Argentina: constraints from surface data and U-Pb detrital zircon ages. *Tectonophysics* 525: 59-75.
- Naipauer, M., García Morabito, E., Manassero, M., Valencia, V.V. y Ramos, V.A. 2018. A Provenance Analysis from the Lower Jurassic Units of the Neuquén Basin. Volcanic Arc or Intraplate Magmatic Input? En: Folguera, A. et al. (eds.), *The Evolution of the Chilean-Argentinean Andes*, Springer: 191-222.
- Pángaro, F., Pereira, D.M. y Micucci, E. 2009. El sinrift de la Dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina: evolución y control sobre la estratigrafía y estructura del área. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65: 265-277.
- Pazos, P.J., González Estebenet, M.C, Cocca, S.E. y Pascua, D. 2019. The oldest record of a tyrophoran track in Gondwana: Geological implications of subaerial exposure in the lower part of the Lajas Formation at the Covunco section (Neuquén Basin), Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 94: 102198.
- Ramos, V.A. 1999. Evolución tectónica de la Argentina. En: Caminos, R. (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Buenos Aires, Anales 29: 715-784. Buenos Aires.
- Riccardi, A.C. 1993. Formación Los Molles. En: Riccardi, A.C. y Damborenea, S.E. (eds.), *Léxico estratigráfico de la Argentina*. Volumen 9: Jurásico. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria 21: 239-243.
- Riccardi, A.C. 2008. El Jurásico de Argentina y sus amonites. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 625-643.
- Riccardi, A.C., Damborenea, S.E. y Manceñido, M.O. 1993. Invertebrados Mesozoicos. En: Ramos, V. (ed.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Mendoza*. 12° Congreso Geológico Argentino, Relatorio II-12: 329-339. Buenos Aires.
- Riccardi, A.C., Damborenea, S.E., Manceñido, M.O. y Leanza, H.A. 2011. Megainvertebrados del Jurásico y su importancia geobiológica. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C. y Vallés, J.M. (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*. 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 441-464. Buenos Aires.
- Savrda, C.E. 1991. Teredolites, wood substrates, and sea-level dynamics. *Geology* 19: 905-908.
- Savrda, C.E., Ozalas, K., Demko, T.H., Huchison, R.A. y Scheiwe, T.D. 1993. Log grounds and the ichnofossil Teredolites in transgressive deposits of the Clayton Formation (Lower Paleocene), western Alabama. *Palaos* 8: 311-324.
- Savrda, C.E., Counts, J., McCormick, O., Urash, R. y Williams, J. 2005. Log-grounds and Teredolites in transgressive deposits, Eocene Tallahatta Formation (southern Alabama, USA). *Ichnos* 12: 47-57.
- Scivetti, N. y Franzese, J.R. 2019. Late Triassic-Late Jurassic subsidence analysis in Neuquén Basin central area. *Journal South American Earth Sciences* 94: 102230.
- Silvestro, J. y Zubiri, M. 2008. Convergencia oblicua: modelo estructural alternativo para la Dorsal Neuquina (39°S) Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (1): 49-64.
- Spalletti, L.A., Queralt, I., Matheos, S.D., Colombo, F. y Maggi, J. 2008. Sedimentary petrology and geochemistry of siliciclastic rocks from the upper Jurassic Tordillo Formation (Neuquén Basin, western Argentina): implications for provenance and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences* 25: 440-463.
- Steel, E., Simms, A.R., Steel, R. y Olariu, C. 2018. Hyperpycnal delivery of sand to the continental shelf: Insights from the Jurassic Lajas Formation, Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentology* 65: 2149-2170.

- Steel, R.J., Olariu, C., Rossi, V.M., Minisini, D., Brinkworth, W., Loss, L.M. y Vocaturo, G. 2023. Prograding early to middle Jurassic margin, Neuquén Basin: Topset process stratigraphy and morphodynamic sediment partitioning. *Basin Research* 35 (3): 978-1011.
- Stipanovic, P.N. 1966. El Jurásico en Vega de La Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20: 403-478.
- Stukins, S., McIlroy, D. y Riding, J.B. 2013. Comparative biostratigraphy and palaeoenvironmental analysis between the upper and lower Lajas Formation, Neuquén Basin, from Portada Covunco and Sierra de Chacaico. AASP-TPS 46^o Annual Meeting, San Francisco.
- Suero, T. 1942. Sobre la tectónica del Jurásico Superior y del Supracretácico en los alrededores de Cerro Lotena (Gobernación del Neuquén). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédito) 76 p., La Plata.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M.M. y Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: constraints on the Andean uplift from U–Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489: 258-273.
- Uliana, M.A. y Legarreta, L. 1993. Hydrocarbon habitat in a Triassic to Cretaceous Sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology* 16 (4): 397-420.
- Uliana, M.A., Biddle, K.T. y Cerdán, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentine sedimentary basins. En: Tankard, A.J. y Balkwill, H.R. (eds.), *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margins*. American Association of Petroleum Geologists 46: 509-614.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. y Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Soruco, R.S. y Welsink, H.J. (eds.), *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Special Publication 62: 383-402.
- Weaver, C.E. 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington, Memoir 1: 1-595.
- Westermann, G.E.G. y Riccardi, A.C. 1972. Middle Jurassic ammonoid fauna and biochronology of the Argentine-Chilean Andes. Part I: Hilocerataceae. *Palaeontographica* 140A: 1-116.
- Westermann, G.E.G. y Riccardi, A.C. 1979. Middle Jurassic Ammonoid fauna and Biochronology of the Argentine-Chilean Andes, II: Bajocian Stephanocerataceae. *Palaeontographica* 164A: 85-188.
- 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). Ministerio de Agricultura Sección Geología, Mineralogía y Minería, *Anales* 10 (1): 21-37.
- Zavala, C.A. 1993. Estratigrafía y análisis de facies de la Formación Lajas (Jurásico medio) en el sector suroccidental de la Cuenca Neuquina. Provincia del Neuquén. República Argentina. Tesis Doctoral, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (inédita), 259 pp. Bahía Blanca.
- Zavala, C.A. 1996a. Sequence stratigraphy in continental to marine transitions. An example from the middle Jurassic Cuyo group, south Neuquén basin, Argentina. *Geo Research Forum* 1: 285-293.
- Zavala, C.A. 1996b. High-resolution sequence stratigraphy in the middle Jurassic Cuyo group, south Neuquén basin, Argentina. *Geo Research Forum* 1: 295-303.
- Zavala, C.A. y Freije, H. 2002. Cuñas clásticas jurásicas vinculadas a la Dorsal de Huincul. Un ejemplo del área de Picún Leufú. Cuenca Neuquina, Argentina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 14. Mar del Plata.
- Zavala, C.A. y González, R. 2001. Estratigrafía del Grupo Cuyo (Jurásico inferior-medio) en la Sierra de la Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 65: 40-54.
- Zavala, C.A., Maretto, H. y Di Meglio, M. 2005. Hierarchy of bounding surfaces in Aeolian sandstones of the Tordillo Formation (Jurassic). Neuquén Basin, Argentina. *Geologica Acta* 3: 133-145.
- Zavala, C.A., Arcuri, M., Di Meglio, M., Zorzano, A. y Otharán, G. 2020. Jurassic Uplift Along the Huincul Arch and Its Consequences in the Stratigraphy of the Cuyo and Lotena Groups. Neuquén Basin, Argentina. En: Kietzmann, D. y Folguera, A. (eds), *Opening and Closure of the Neuquén Basin in the Southern Andes*. Springer: 53-74.