

# EL DIACRONISMO ENTRE LAS FORMACIONES TORDILLO Y QUEBRADA DEL SAPO (KIMERIDGIANO) EN EL SECTOR SUR DE LA CUENCA NEUQUINA

Carlos ZAVALA<sup>1,4</sup>, Juan Manuel MARTÍNEZ LAMPE<sup>2</sup>, Marcela FERNÁNDEZ<sup>3</sup>, Mariano DI MEGLIO<sup>4</sup> y Mariano ARCURI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur - IADO, CONICET, Bahía Blanca. Email: czavala@gcsargentina.com

<sup>2</sup> Repsol YPF, Neuquén

<sup>3</sup> Petrobrás Energía, Neuquén

<sup>4</sup> GCS Argentina. Bahía Blanca

## RESUMEN

Las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo corresponden a unidades clásticas acumuladas en un medio continental dentro de la cuenca Neuquina durante el Kimeridgiano. En el área de estudio, estas unidades se disponen en contacto neto sobre depósitos marinos a continentales del Grupo Lotena (Caloviano Medio - Oxfordiano) y son a su vez cubiertas por los depósitos marinos de la Formación Vaca Muerta (Titoniano). De acuerdo a su posición en la secuencia, estas unidades han sido consideradas como equivalentes por diversos autores, aunque las relaciones de contacto entre las mismas no habían sido documentadas hasta el presente. Relevamientos detallados de campo efectuados entre la sierra de Chacaico y la Quebrada del Sapo han permitido identificar por primera vez un afloramiento donde se exponen adecuadamente las relaciones estratigráficas entre estas dos unidades. En el mismo puede observarse que las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo son diacrónicas, y se encuentran limitadas por una importante discordancia erosiva (superficie de deflación) la cual tendría además un significado tectónico. La Formación Tordillo sería más antigua, y habría sido depositada con anterioridad a una importante fase de deformación tectónica con una consecuente inversión del relieve. El pasaje hacia la Formación Quebrada del Sapo ocurre mediante una discordancia de erosión tapizada por ventifactos, la cual hace desaparecer totalmente a la Formación Tordillo hacia el este en poco más de 600 m. Sobre esta discontinuidad se abren progresivamente los depósitos de la Formación Quebrada del Sapo. La depositación de esta unidad habría ocurrido sobre un relieve de bajos de deflación, labrados sobre las pelitas de la Formación Lotena.

Palabras clave: *Formación Tordillo, Formación Quebrada del Sapo, Jurásico, cuenca Neuquina.*

**ABSTRACT:** *The diachronism between the Tordillo and Quebrada del Sapo formations (Kimmeridgian), in the southern part of the Neuquén Basin.*

The Tordillo and Quebrada del Sapo formations are clastic units of non-marine origin accumulated in the Neuquén basin during the Kimmeridgian. These units unconformably overly marine to non-marine deposits of the Lotena Group (Middle Callovian - Oxfordian) and are in turn covered by Tithonian fine-grained marine deposits assigned to the Vaca Muerta Formation. According to their position in the sequence, these units were considered as lateral equivalents by different authors, although the bounding relationships among them had never been documented before. Detailed field surveys performed recently in an area located between the Sierra de Chacaico and the Quebrada del Sapo allowed the discovery of a laterally continuous outcrop where the bounding relationships between these two units were conveniently displayed. Along this outcrop it can be observed that the Tordillo and Quebrada del Sapo formations are diachronous, and are bounded by a major unconformity (deflation surface) which might have also a tectonic significance. The Tordillo Formation is older, and it was accumulated before an important phase of tectonic inversion. The upper boundary with the Quebrada del Sapo Formation is represented by an erosional surface draped with ventifacts. This unconformity completely erodes and makes disappear the Tordillo Formation in about 600 metres. The fluvial and aeolian deposits of the Quebrada del Sapo Formation rest above this surface and progressively thickens towards the east. The Quebrada del Sapo Formation was accumulated over a deflation relief scoured on the fine-grained deposits of the Lotena Formation.

Keywords: *Tordillo Formation, Quebrada del Sapo Formation, Jurassic, Neuquén basin.*

## INTRODUCCIÓN

El Kimeridgiano de la cuenca Neuquina se caracteriza por un importante espesor de depósitos continentales, los cuales se

habrían acumulado en distintos ambientes y subambientes sedimentarios entre los que se destacan sistemas de abanicos aluviales, sistemas fluviales, sistemas lacustres y sistemas eólicos (Peroni *et al.*

1984, Gulisano 1988, Arregui 1993, Zavala *et al.* 2005a, Spalletti y Colombo Piñol 2005). Esta depositación continental ha sido vinculada a una desconexión temporaria de la cuenca Neuquina del océa-

no Pacífico, la cual culminaría con una inundación catastrófica durante el Títoniano (Mutti *et al.* 1994, Legarreta 2002, Cevallos 2005), representado por las lutitas de *offshore* asignadas a la Formación Vaca Muerta. La variabilidad de facies de los depósitos continentales del Kimeridgiano y su complejidad han llevado a la distinción de numerosas unidades litoestratigráficas a lo largo del tiempo. Las principales unidades reconocidas corresponden a las formaciones Tordillo (Grobeber 192 a, 1946), Quebrada del Sapo (Parker 1965, Digregorio 1972), Sierras Blancas (Marchese 1971, Digregorio 1972) y Catriel (Marchese 1971, Digregorio 1972), más otras unidades de posición estratigráfica incierta como la Formación Fortín 1 de Mayo (Gulisano *et al.* 1984), carente de fósiles y localizada entre las formaciones Lotena y Tordillo al sur del cordón de la Piedra Santa. A este respecto, si bien Gulisano *et al.* (1984) asignaron a la Formación Fortín 1 de Mayo al Grupo Lotena, Leanza y Hugo (1997) correlacionan esta unidad con los conglomerados y lutitas rojas aflorantes por encima del Grupo Lotena en el Puente Picún Leufú, considerada como Formación Tordillo o Formación Quebrada del Sapo por otros autores (*e.g.* Zavala y Freije 2002, Zavala 2005a, Veiga y Spalletti 2007).

Hasta el presente, el Kimeridgiano de la cuenca Neuquina no ha brindado fósiles. La asignación de estos depósitos al Kimeridgiano se debe a su posición en la secuencia, ya que se apoyan sobre capas del Oxfordiano y son sucedidas por depósitos marinos con fauna del Títoniano. Esta ausencia de elementos faunísticos y de otros indicadores cronoestratigráficos ha sido crítica al momento de tratar de construir las relaciones estratigráficas entre las distintas unidades, en aquellos casos en que no es posible observar las relaciones de contacto.

En este contexto, en el sector sur de la cuenca Neuquina, específicamente en el flanco este de la sierra de Chacaico afloran dos unidades asignadas al Kimeridgiano, las cuales han sido consideradas

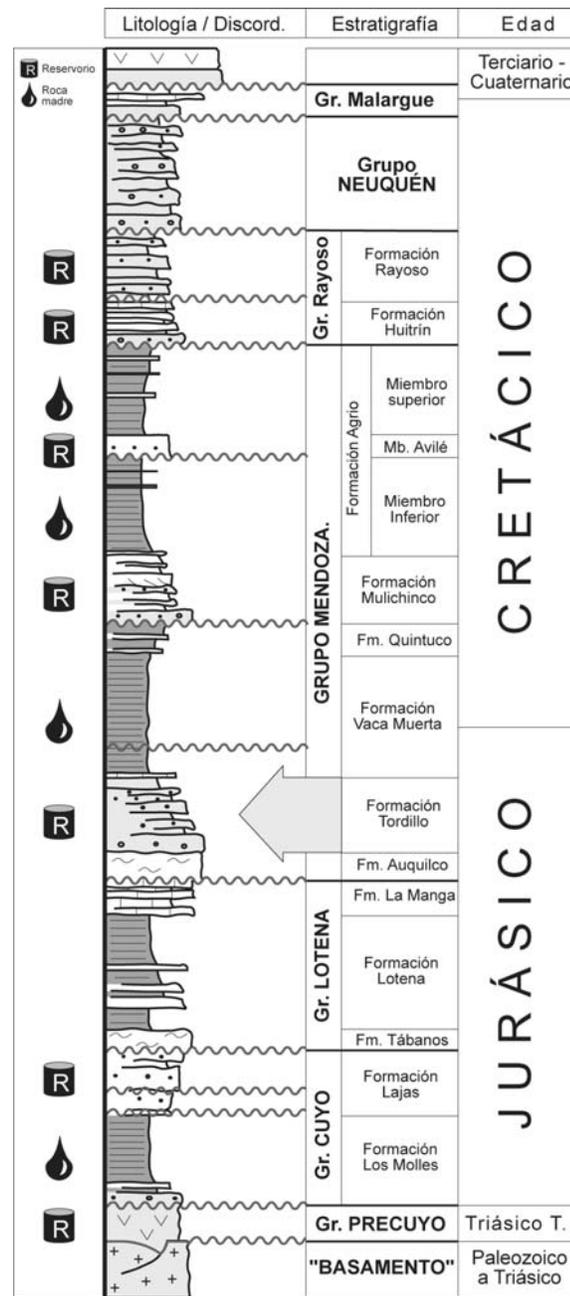


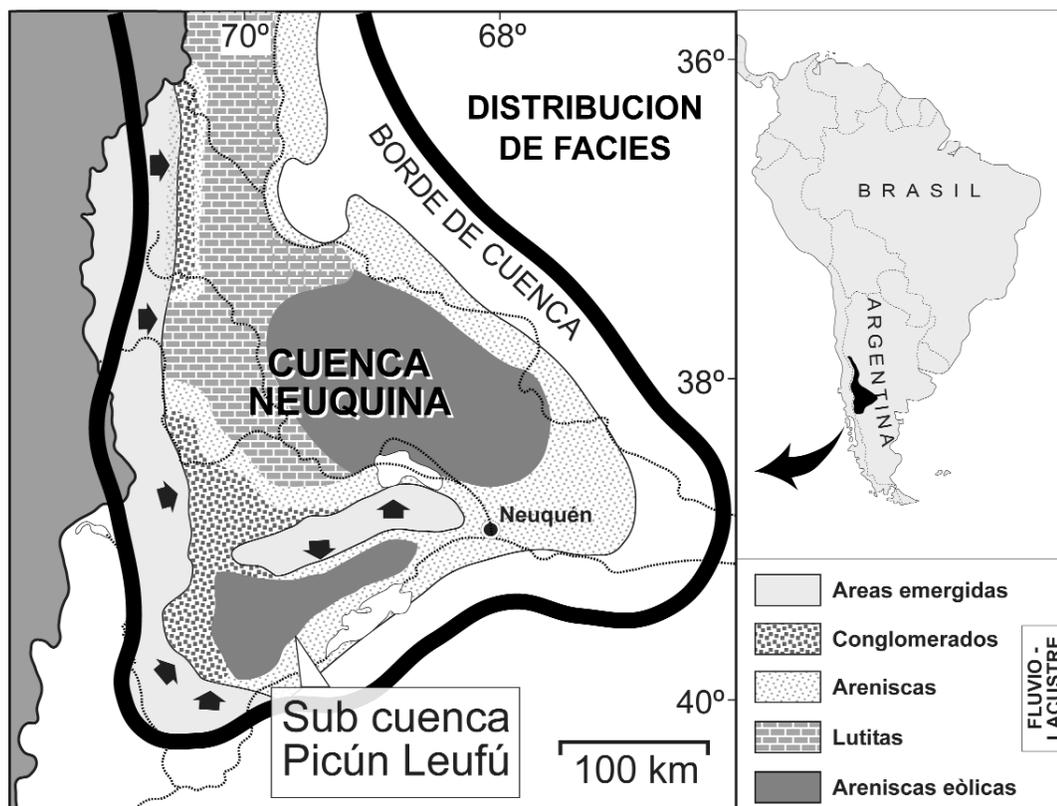
Figura 1: Columna estratigráfica generalizada para el sector centro de la cuenca Neuquina (modificada de Zavala y González 2001).

como equivalentes, con cambios de facies, por distintos autores (Gulisano 1988, Zavala *et al.* 2005a, Veiga y Spalletti 2007, entre otros), correspondientes a las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo. En este trabajo se documenta por primera vez un afloramiento en el cual se exponen adecuadamente las relaciones estratigráficas entre dichas unidades.

### MARCO GEOLÓGICO

La cuenca Neuquina ha sido definida co-

mo una cuenca de retroarco, desarrollada sobre corteza continental, y originada por el colapso termo-tectónico detrás de un arco magmático estacionario durante el Triásico Tardío (Mpodozis y Ramos 1989). El relleno sedimentario tuvo lugar principalmente durante el Jurásico y Cretácico, con la acumulación de una sucesión predominantemente clástica de unos 7.000 m (Fig. 1). Para más detalles sobre la estratigrafía de la cuenca Neuquina, el lector es referido a los trabajos de síntesis de Gulisano *et al.* (1984), Legarreta y



**Figura 2:** Mapa de distribución de facies de los depósitos continentales del Kime-ridgiano en la cuenca Neuquina (Formación Tordillo y equivalentes). Se indica asimismo la ubicación y ex-tensión de la cuenca (modificado de Vergani *et al.* 1995).

Gulisano (1989), Gulisano y Gutiérrez Pleimling (1995) y Legarreta y Uliana (1999).

La Formación Tordillo (y equivalentes), es una unidad predominantemente clástica con un amplio desarrollo en el Jurásico Tardío (Kimeridgiano) de la cuenca Neuquina (Fig. 2). Se compone de conglomerados verdosos a rojizos, areniscas y pelitas depositadas en diferentes paleoambientes sedimentarios no marinos, los cuales comprenden desde abanicos aluviales hasta sistemas lacustres y eólicos (Peroni *et al.* 1984, Gulisano 1988, Arregui 1993, Vergani *et al.* 1995, Spalletti y Colombo Piñol 2005). Esta unidad muestra un espesor sumamente irregular, el cual puede localmente exceder los 700 m y habría sido acumulada como una consecuencia de una desconexión temporal de la cuenca Neuquina con el océano Pacífico (Mutti *et al.* 1994, Legarreta 2002, Cevallos 2005). Los depósitos eólicos se encuentran ampliamente desarrollados en las zonas centrales de la cuenca, donde en condiciones apropiadas contienen importantes acumulaciones de

hidrocarburos. No obstante su extensión en el subsuelo, los afloramientos de depósitos eólicos son sumamente escasos y se hallan localizados únicamente al sur de la dorsal de Huíncul (Subcuenca de Picún Leufú, Fig. 2) formando parte de una unidad clástica aparentemente equivalente conocida como Formación Quebrada del Sapo (Parker 1965, Digregorio 1972). Estos últimos afloramientos constituyen una delgada franja reconocida a lo largo del flanco sur del anticlinal de Picún Leufú, con un espesor variable de entre 0 y 60 m (Zavala *et al.* 2005a).

**La Formación Tordillo en el área de la sierra de Chacaico**

Al contrario de lo comúnmente asumido, esta unidad clástica presenta una amplia distribución en el ámbito oeste de la sierra de Chacaico, con espesores que alcanzan los 65 m (Fig. 3). Los afloramientos de la Formación Tordillo al oeste de la localidad de Los Molles son en general poco conocidos y no aparecen indicados

en las cartas geológicas de la zona. A continuación se indican algunas características de la Formación Tordillo en las principales localidades de estudio.

En la localidad de estancia María Juana (Fig. 3) la Formación Tordillo se compone por conglomerados gruesos masivos a crudamente estratificados, los cuales llegan a alcanzar un espesor de 32 m. Las paleocorrientes medidas sobre algunas estructuras direccionales e imbricación de clastos indican una dirección hacia el O y NE.

En el cerro Chacaico (Fig. 3), la Formación Tordillo se integra por conglomerados gruesos, con menores intercalaciones de areniscas conglomerádicas. El espesor de la unidad en esta localidad alcanza los 22 m y muestra paleocorrientes orientadas hacia el N, NE y E. Un aspecto distintivo de la Formación Tordillo en estas localidades es la dominancia de facies gruesas, mientras que las facies de areniscas finas y de lutitas rojas están totalmente ausentes. Asimismo, no se han observado en estos depósitos evidencias internas de procesos eólicos,

siendo dominante la carga de lecho asociado a flujos diluidos con alta carga en suspensión. La presencia de carga en suspensión en los flujos diluidos se evidencia a partir de la abundante matriz arenosa, la cual a menudo resulta en una fábrica matriz sostenida.

En este trabajo se citan dos nuevas localidades consideradas claves para el entendimiento del origen y significado de esta unidad. La primera de ellas se localiza hacia el margen NE de la laguna Blanca (Fig. 3), a unos 300 m al norte de la casa del guarda fauna. En dicha localidad afloran 34 m de conglomerados gruesos, intercalados con areniscas conglomerádicas con estructuras direccionales. Estos depósitos se disponen sin base conocida, y presentan un suave buzamiento hacia el NE, donde son sucedidos en contacto semicubierto por las pelitas negras y calizas titonianas de la Formación Vaca Muerta. Se relevaron 6 datos de paleocorrientes sobre estratificación cruzada de bajo ángulo, las cuales muestran una dirección de aporte hacia el N y NNE.

La segunda localidad, denominada como Barda Norte, se ubica en el flanco norte del cañón del arroyo Picún Leufú, localizado al norte del cerro Lohan Mahuida y al oeste de la desembocadura del arroyo Ñirecó en el arroyo Picún Leufú (Fig. 3). En esta localidad se reconocen 65 metros de conglomerados gruesos blanquecinos y areniscas conglomerádicas. Se relevaron 17 datos de paleocorrientes sobre estratificación cruzada de bajo ángulo, las cuales muestran una orientación hacia el N, NE y NO. Estos conglomerados se apoyan sobre depósitos arenosos y lutíticos asignados la Formación Lotena, siendo a su vez cubiertos por las pelitas negras con fauna del Titoniano de la Formación Vaca Muerta. Un aspecto sumamente interesante de esta localidad es la presencia de una discordancia angular y erosiva al tope de los conglomerados de la Formación Tordillo (Fig. 4), la cual es sellada por las lutitas de la Formación Vaca Muerta. Esta superficie de truncamiento se halla tapizada por ventifactos, mientras que los clastos muestran un

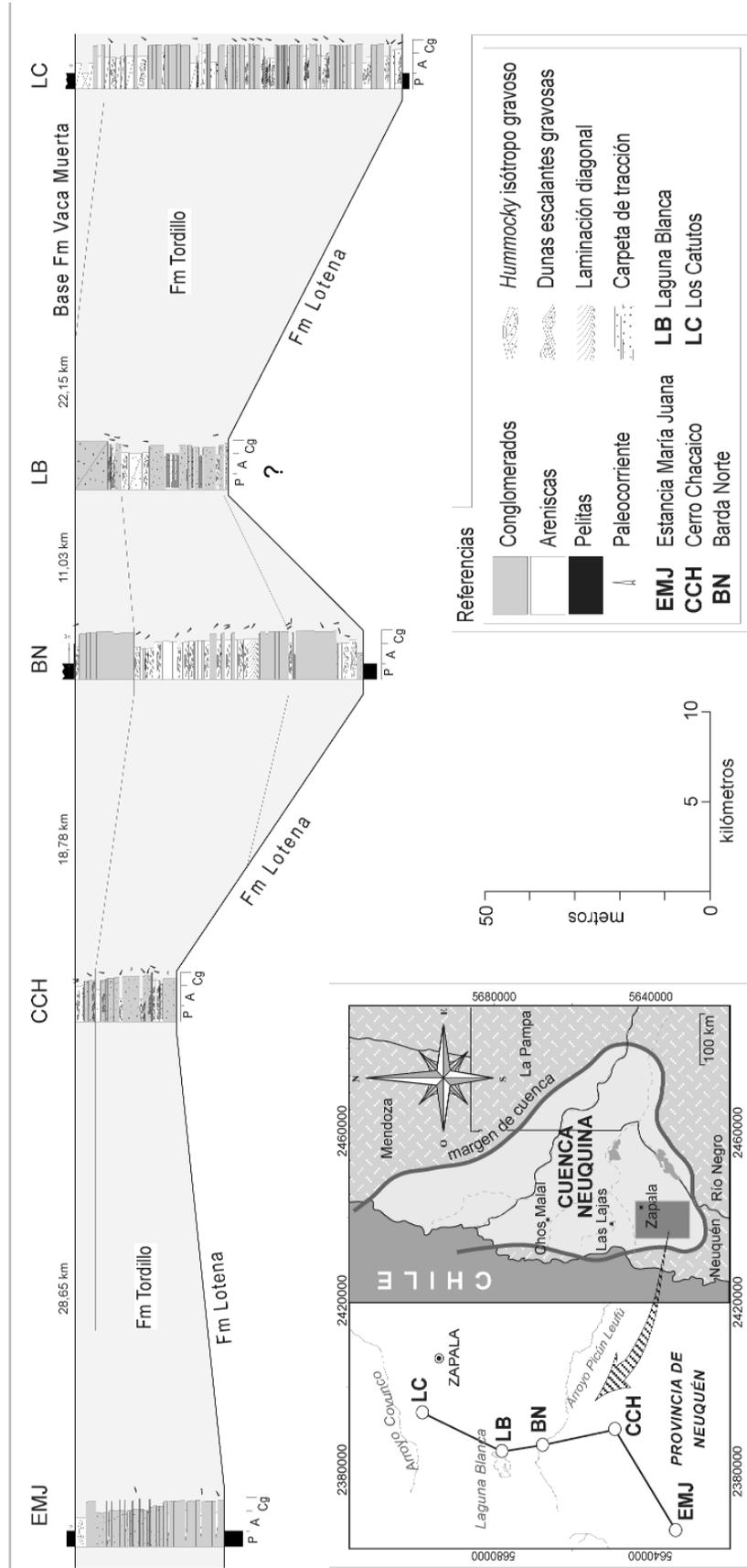
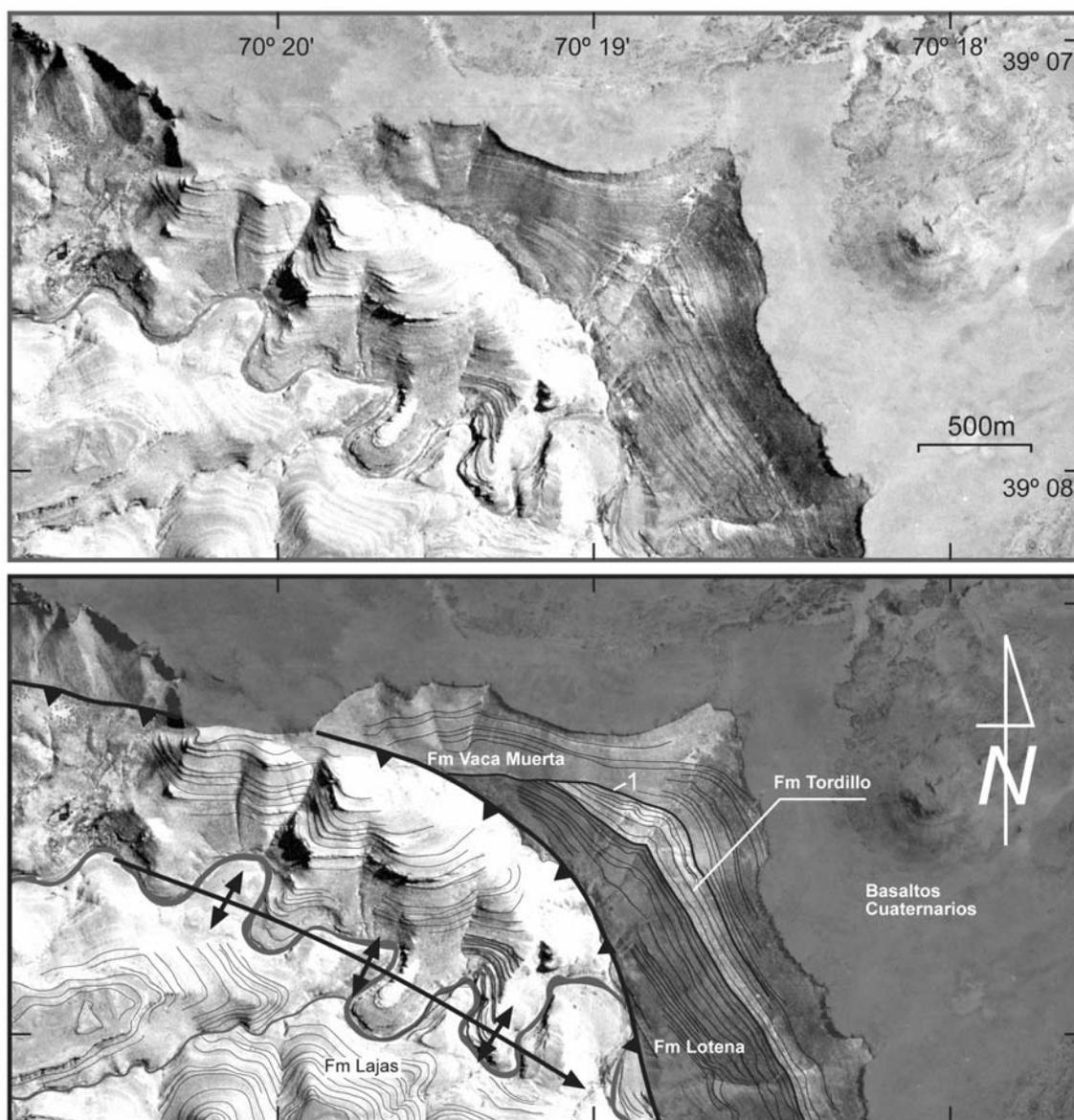


Figura 3: Corte estratigráfico de la Formación Tordillo entre las localidades de Estancia María Juana (EMJ) y Los Catutos (LC), 80,96 km. CCH: Cerro Chacaico; BN: Barda Norte, I.B.: Laguna Blanca.



**Figura 4:** Vista de la discordancia angular reconocida al techo de la Formación Tordillo (1) en Barda Norte, cerca de la desembocadura del arroyo Nirecó en el Picún Leufú. Esta discordancia es trasladada por las pelitas de la Formación Vaca Muerta.

aspecto lustroso evidenciando una prolongada exposición a procesos eólicos. De este modo, se podría documentar la presencia de una fase diastrófica ocurrida entre los tiempos de acumulación de las formaciones Tordillo y Vaca Muerta, en donde el nivel con ventifactos correspondería un lag residual de una unidad no acumulada en la localidad. Esta erosión hace presumir la existencia de una unidad sedimentaria equivalente, posiblemente de naturaleza eólica, la cual se localizaría en posición estratigráfica entre las formaciones Tordillo y Vaca Muerta.

#### La Formación Quebrada del Sapo al sur del cerro Picun Leufú

Propuesta de modo informal por Parker (1965) y formalizada más tarde por Digregorio (1972), la Formación Quebrada del Sapo se integra por conglomerados gruesos, pelitas rojas y areniscas finas. A diferencia de la Formación Tordillo, la Formación Quebrada del Sapo al sur de la dorsal presenta cambios rápidos de facies acompañado por grandes variaciones de espesor. En la localidad de Arroyo Picún Leufú, Zavala y Freije (2001, 2002) reconocieron para esta unidad una geometría de cuña sumamente marcada, ya

que la misma llega a desaparecer en poco más de 2 km, con un marcado cambio de facies (Fig. 5).

Desde el punto de vista paleoambiental, la Formación Quebrada del Sapo se integra por conglomerados y areniscas conglomerádicas acumuladas en un medio fluvial a lacustre, los cuales intercalan con pelitas rojas lacustres. Estos niveles rojizos alternan con un potente espesor de areniscas finas blanquecinas, con laminación paralela y formas tractivas de gran escala, las cuales contienen estructuras diagnósticas de acumulación eólica (Gulisano 1988, Zavala *et al.* 2005a). Por el contrario, si bien la Formación Tordillo

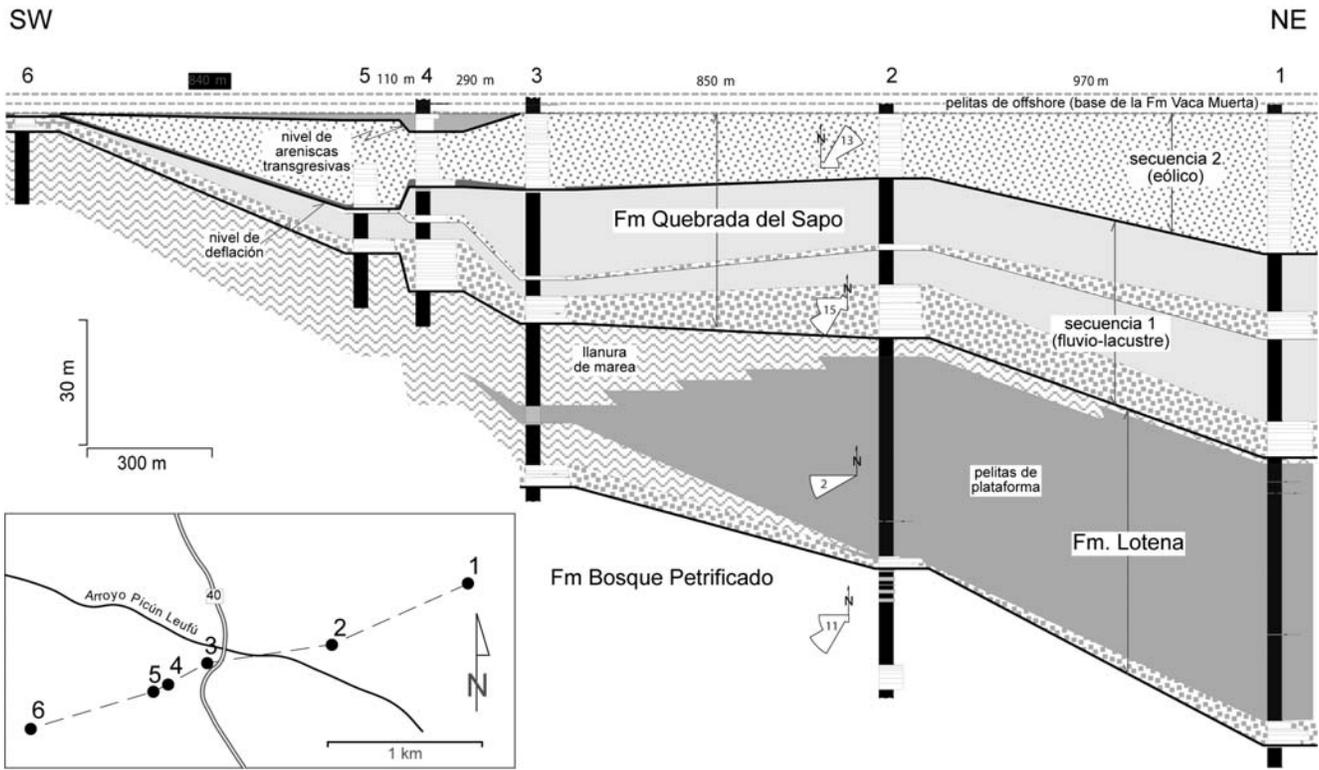


Figura 5: Corte estratigráfico de la Formación Quebrada del Sapo en el área del puente sobre el arroyo Picún Leufú. Note la geometría cuneiforme de estos depósitos, los cuales llegan a desaparecer en poco más de 2 km. Nótese asimismo que las paleocorrientes son marcadamente distintas a aquellas observadas en la Formación Tordillo ya que muestran una clara dirección hacia el suroeste (modificado de Zavala y Freije 2002).

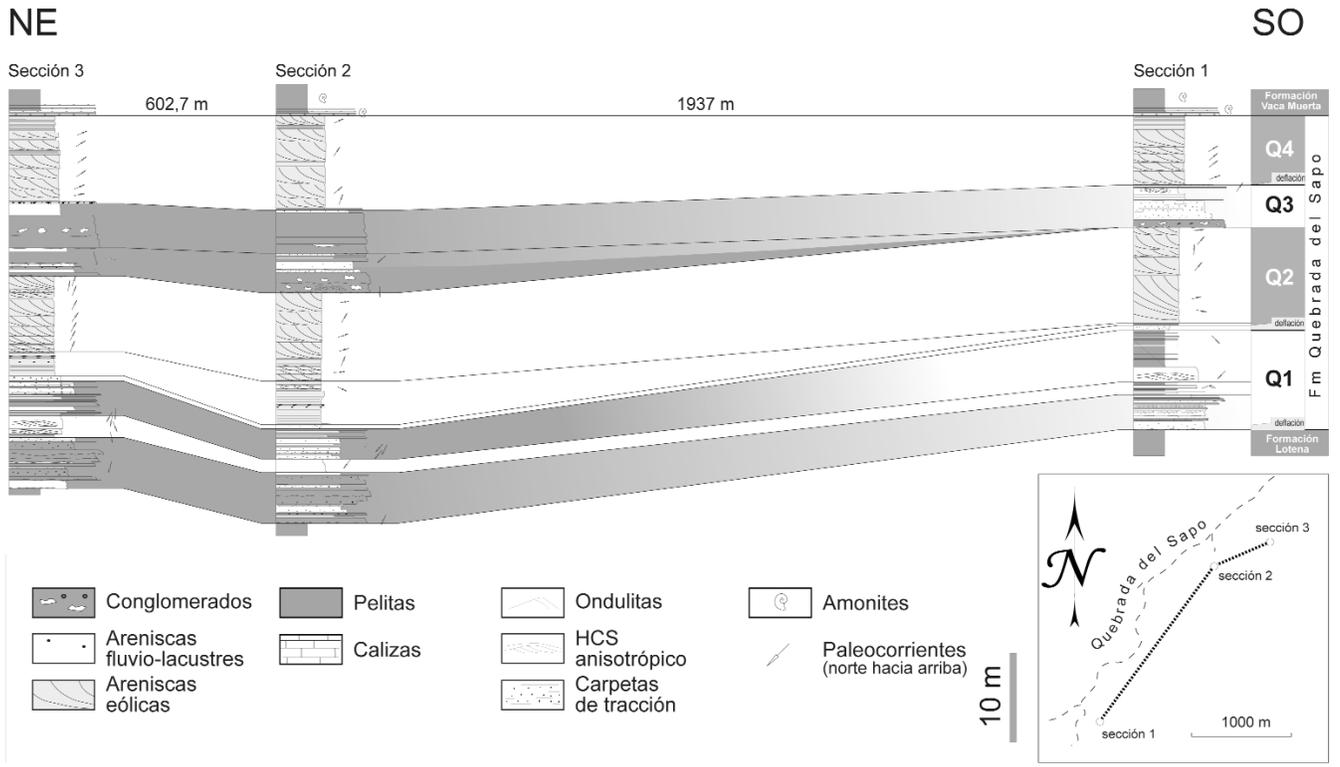


Figura 6: Corte estratigráfico de la Formación Quebrada del Sapo en su localidad tipo. Note el progresivo cambio de facies hacia el sur para las facies conglomerádicas (modificado de Zavala et al. 2005a).

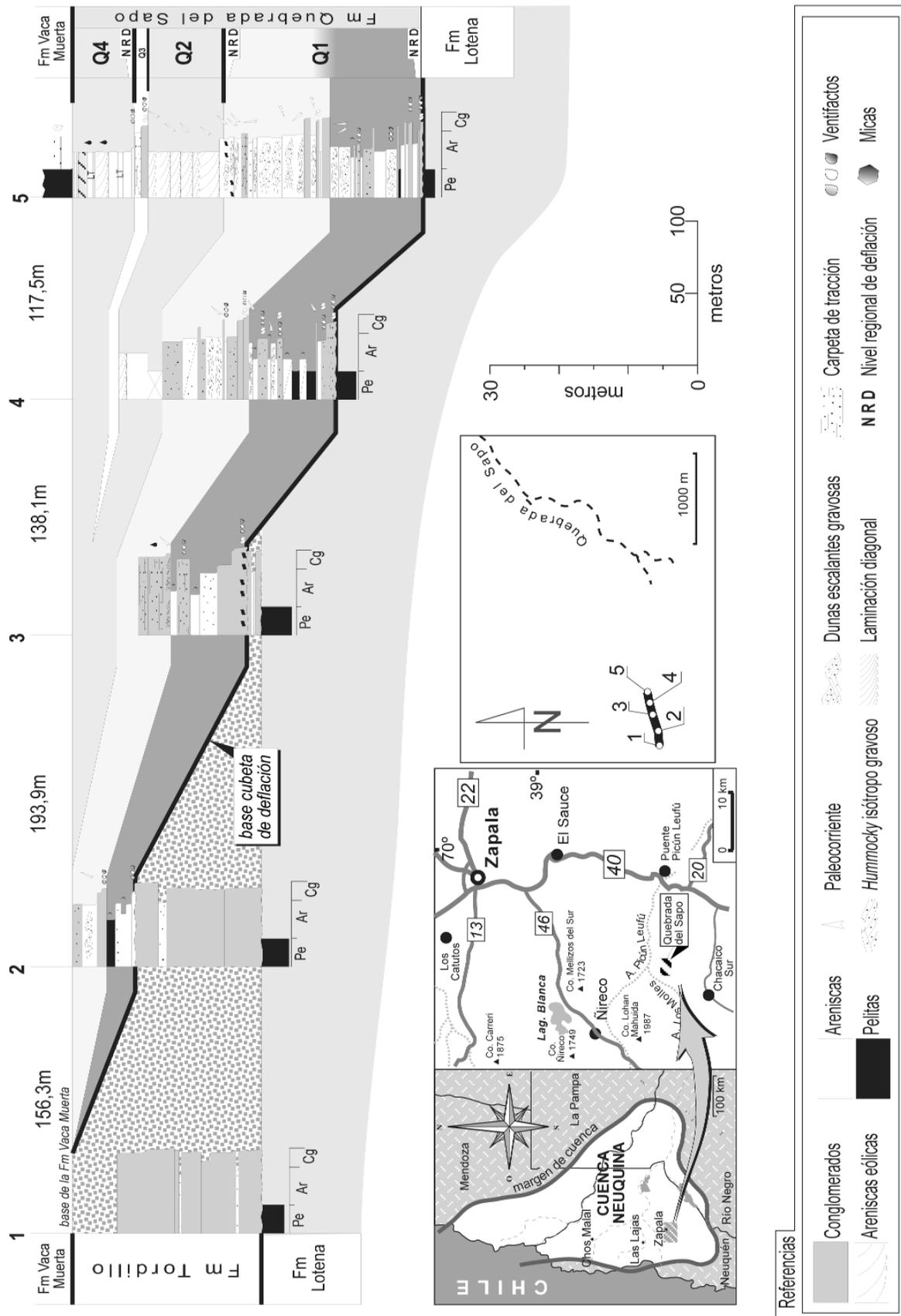
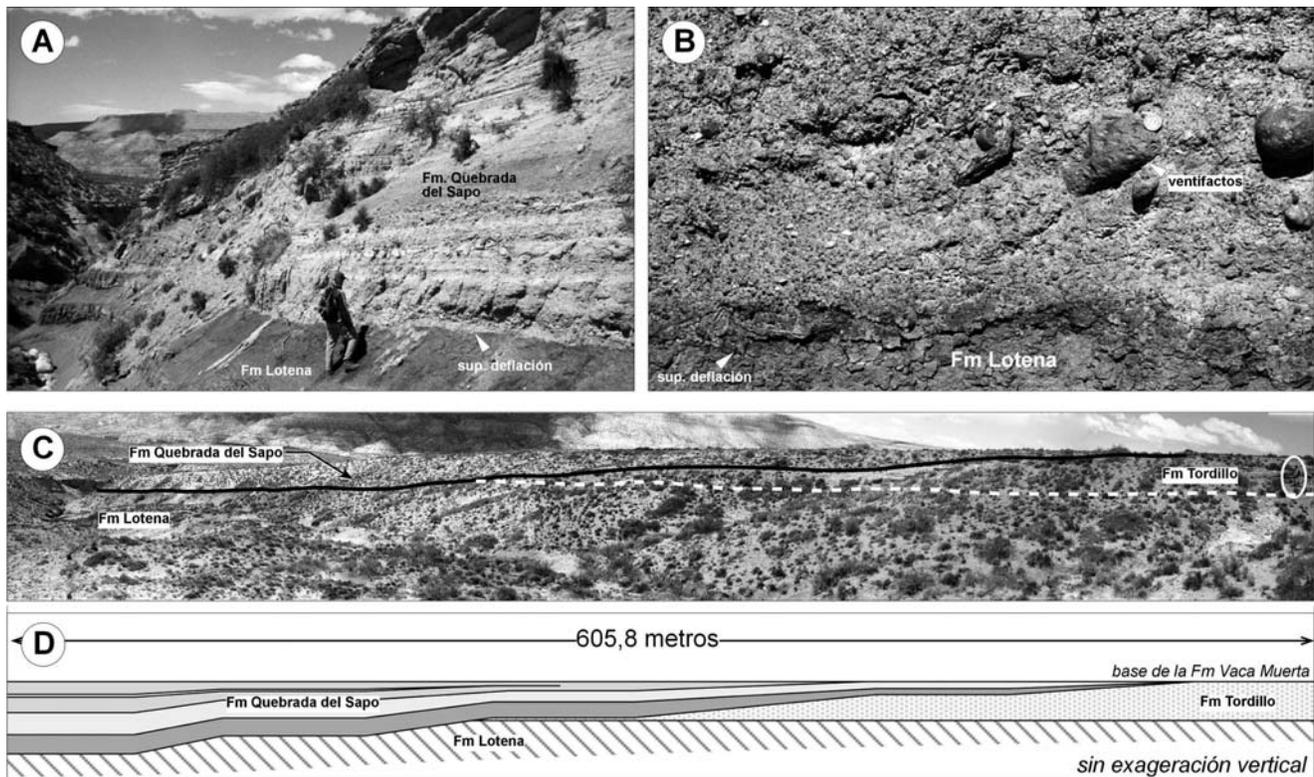


Figura 7: Corte estratigráfico mostrando las relaciones diacrónicas entre las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo (modificado de Zavala *et al.* 2005b).



**Figura 8:** a) Vista hacia el este donde se observa el contacto entre las Formaciones Lotena y Quebrada del Sapo. b) Detalle del contacto donde se observan los ventifectos localizados hacia la base de la Formación Quebrada del Sapo. c y d) Vista panorámica y dibujo del afloramiento adonde se exponen las relaciones estratigráficas entre las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo. Una persona en C (círculo a la derecha) como escala.

en el área contiene asimismo conglomerados, estos carecen de intercalaciones de areniscas eólicas y lutitas rojas.

En su localidad tipo, en la quebrada del Sapo, la Formación Quebrada del Sapo alcanza los 45 m (Fig. 6). Zavala *et al.* (2005a) reconocieron para esta unidad la existencia de cuatro secuencias depositacionales (denominadas en este trabajo como Q1 a Q4), dos secuencias fluvio lacustres (Q1 y Q3) y dos eólicas (Q2 y Q4). Los niveles conglomerádicos contienen intraclastos de areniscas y clastos líticos redondeados partidos, lo cual evidencia procesos de redepositación. Los niveles fluvio-lacustres muestran paleocorrientes orientadas hacia el SO y ESE, mientras que los depósitos eólicos muestran direcciones de avance hacia el NE (Zavala y Freije 2001, 2002, Zavala *et al.* 2005 a, b). Es de destacar que tanto en la base de la primera unidad de conglomerados como debajo de las unidades eólicas, se reconocen niveles de deflación con ventifectos. En ninguna de las sec-

ciones estudiadas en la quebrada del Sapo se ha podido comprobar una interdigitación entre las secuencias eólicas y fluviales, sino que en todos los casos se ha reconocido un contacto neto con evidencias de deflación al techo de las secuencias fluvio-lacustres.

#### LA RELACIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE LAS FORMACIONES TORDILLO Y QUEBRADA DEL SAPO

Las evidencias de campo muestran que las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo son sumamente distintas en su litología, paleocorrientes y origen, a pesar de disponerse aparentemente en una misma posición estratigráfica. Si bien diversos autores (Gulisano 1988, Veiga y Spalletti 2007) han considerado estos cambios como relacionados a cambios de facies dentro de un "erg" o mar de arena, las evidencias de terreno muestran que estas

unidades no serían equivalentes, mediando entre ellas una importante fase de deformación tectónica de edad intra-Kimmeridgiana.

Relevamientos detallados de campo efectuados entre la sierra de Chacaico y la quebrada del Sapo (Figs 7 y 8) han permitido identificar por primera vez un afloramiento (39° 13' 47,2" S, 70° 14' 48,2" O) donde se exponen adecuadamente las relaciones estratigráficas entre estas dos unidades (Fig. 7). En el mismo puede observarse que las formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo son diacrónicas (Zavala *et al.* 2005b) y se encuentran limitadas por una importante discordancia erosiva (superficie de deflación) la cual tiene además un significado tectónico. De este modo, la Formación Tordillo sería más antigua y habría sido depositada con anterioridad a una importante fase de deformación tectónica con una consecuente inversión del relieve. El pasaje hacia la Formación Quebrada del Sapo ocurre mediante una discordancia de ero-

sión tapizada por ventifactos (Figs. 8, a y b), la cual hace desaparecer totalmente a la Formación Tordillo hacia el este en poco más de 600 metros (Figs. 8, c y d). Sobre esta discontinuidad intra-kimmeridgiana se abren progresivamente hacia el este los depósitos de la Formación Quebrada del Sapo. La depositación de esta unidad habría ocurrido sobre un relieve de bajos de deflación, labrados sobre las pelitas de la Formación Lotena. Aunque estas últimas pelitas a menudo contienen fauna marina, las mismas muestran cerca del contacto con la Formación Quebrada del Sapo, una fuerte alteración (Fig. 8, a y b) evidenciada por una coloración rojiza, la cual podría relacionarse a una oxidación vinculada a exposición subaérea. En la Figura 9 se presenta un corte estratigráfico con una orientación general E - O, en el cual puede observarse a una escala más regional el contacto entre ambas unidades. Esta inversión tectónica del relieve y la erosión vinculada a la Formación Quebrada del Sapo sería la causante de la discordancia angular con truncamiento observable al techo de la Formación Tordillo en el arroyo Ñirecó (Fig. 4), la cual es a su vez sellada por las pelitas titonianas de la Formación Vaca Muerta.

### ESQUEMA EVOLUTIVO PARA EL KIMMERIDGIANO (FORMACIONES TORDILLO Y QUEBRADA DEL SAPO) EN EL SUR DE LA CUENCA NEUQUINA

A partir de las nuevas evidencias de terreno presentadas en este trabajo es posible establecer un posible esquema evolutivo para las unidades continentales del Kimmeridgiano en la cuenca Neuquina (Fig. 10). En dicho esquema se indican cuatro situaciones evolutivas reflejadas a lo largo de un corte con orientación SO - NE. Las tres primeras situaciones (t1, t2 y t3) conciernen a la acumulación de las formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo, mientras que la cuarta (t4), muestra la situación a tiempos de la transgresión del

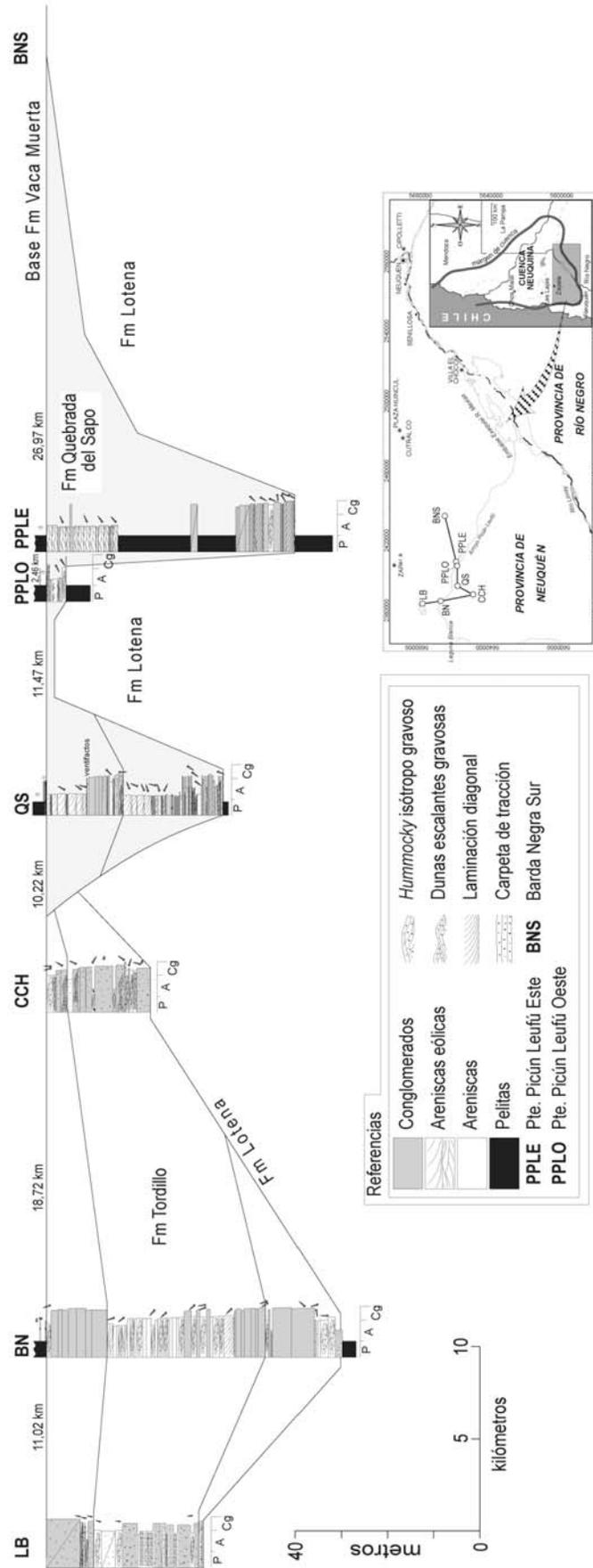


Figura 9: Corte estratigráfico regional mostrando las relaciones laterales entre las Formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo. El relieve irregular sobre el que se acumula la Formación Quebrada del Sapo se relacionaría a cubetas de deflación.

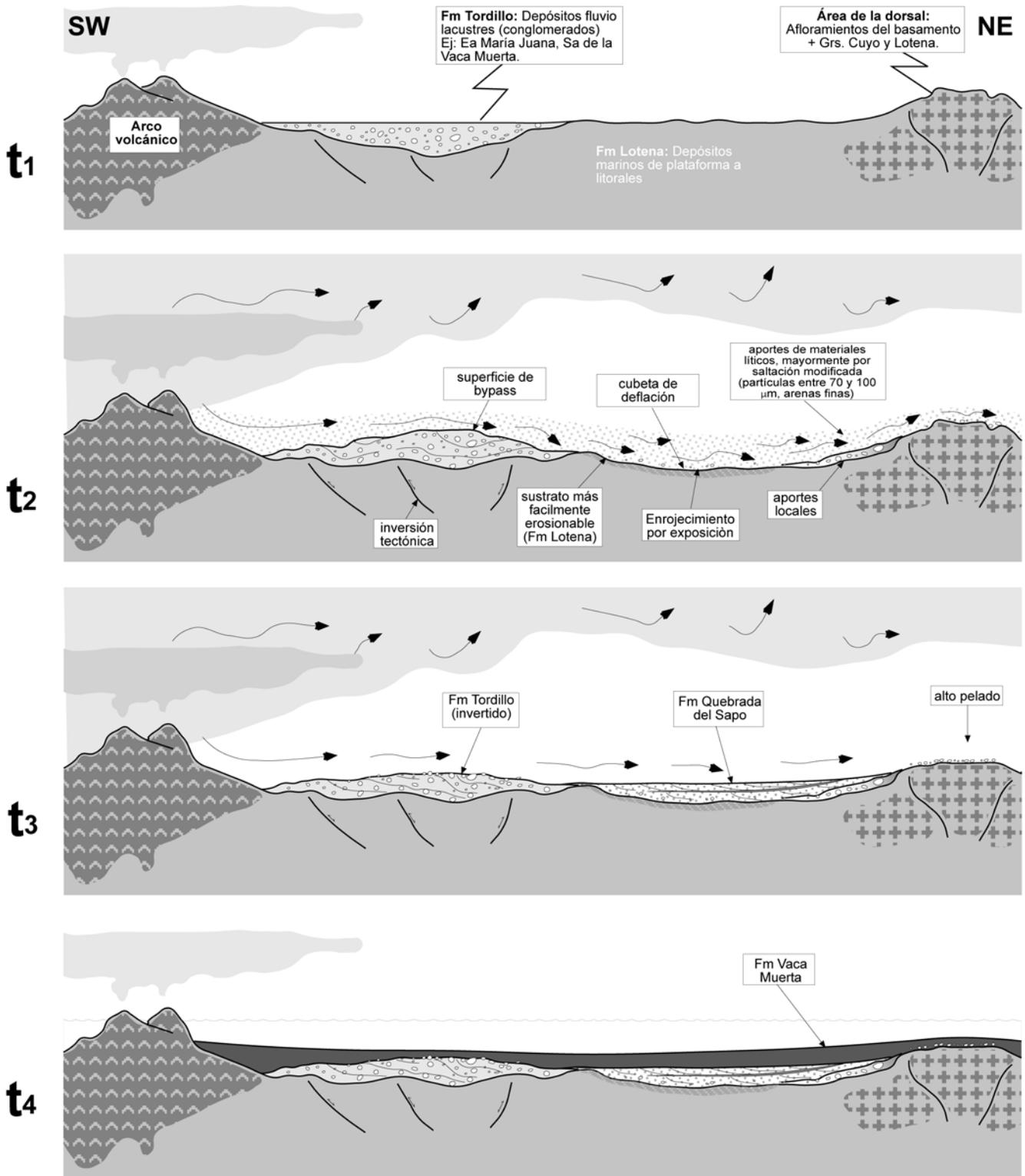


Figura 10: Esquema evolutivo para el Kimeridgiano de la cuenca Neuquina. t1) Acumulación de los conglomerados de la Formación Tordillo. t2) Inversión tectónica intra-kimeridgiana y labrado de cubetas de deflación. t3) Acumulación de los depósitos eólicos de la Formación Quebrada del Sapo. t4) Transgresión del Titoniano y acumulación de las pelitas de la Formación Vaca Muerta.

Titoniano (Formación Vaca Muerta). Para un mejor entendimiento de este corte

es necesario aclarar que el mismo abarca desde el suroeste de la subcuenca de Pi-

cún Leufú (zona de Estancia María Juana - Las Coloradas), hasta el ámbito de la

Dorsal de Huíncul.

**Estadio t1:** La situación inicial corresponde a la acumulación de los depósitos clásticos gruesos pertenecientes a la Formación Tordillo. Los datos de campo indican que esta unidad se habría acumulado en un depocentro elongado con orientación aproximada N - S y paleocorrientes hacia el norte, localizado preferentemente en el sector centro-oeste de la cuenca Neuquina.

**Estadio t2:** Este esquema ejemplifica la situación al inicio de la acumulación de la Formación Quebrada del Sapo. Hacia el suroeste observamos que parte de los depósitos clásticos gruesos de la Formación Tordillo han sido invertidos tectónicamente. Observamos asimismo un incremento notable en la actividad volcánica hacia el oeste y además, que la actividad eólica comienza a ser importante, resultando en la abrasión de los depósitos clásticos gruesos expuestos, y en la erosión de cubetas de deflación sobre los sustratos finos, más fácilmente erosionables, correspondientes a acumulaciones de las formaciones Lotena y Bosque Petrificado. En la zona de Picún Leufú, por debajo de los niveles con ventifactos de la base de la Formación Quebrada del Sapo, se reconocen pelitas rojas con fósiles marinos pertenecientes a la Formación Lotena, sugiriendo que el color rojo podría relacionarse a una oxidación por una prolongada exposición subaérea previa o contemporánea con la deflación. La deflación de estos materiales finos rojizos podría explicar asimismo la coloración de la matriz en los depósitos eólicos basales presentes en las áreas localizadas en subsuelo al norte de la Dorsal de Huíncul. Las exposiciones en el área de la dorsal, por su parte, habrían constituido una fuente de aporte local, tanto mediante el accionar de flujos gravitativos inducidos por lluvias torrenciales, como de materiales arenosos más gruesos transportados por el viento a través de arrastre y saltación. La existencia de estos flujos gravitativos, a menudo con paleocorrientes anómalas relacionadas a un relieve irregular, ha sido documentada en

afloramientos (Zavala y Freije 2001, 2002, Zavala *et al.* 2005a) y coronas a ambos lados de la dorsal. Los clastos mayores son principalmente ventifactos, indicando una importante abrasión eólica en áreas expuestas en zonas adyacentes.

**Estadio t3:** Esta situación muestra el estadio evolutivo durante la acumulación de la Formación Quebrada del Sapo. Se observa que, como consecuencia del traslape de las zonas emergidas en el área de la dorsal, la sucesión se torna progresivamente más monótona e integrada fundamentalmente por depósitos eólicos finos pertenecientes a la Formación Catriel, con un abundante contenido de materiales volcánicos.

**Estadio t4:** Este diagrama muestra la situación al momento de la inundación del Titoniano. De esta manera, las pelitas y margas de la Formación Vaca Muerta transgreden sobre los depósitos clásticos gruesos de la Formación Tordillo así como también sobre los depósitos eólicos de la Formación Quebrada del Sapo en la cuenca de Picún Leufú y sobre altos pelados de afloramientos de unidades anteriores y/o basamento en el área de la dorsal.

## CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto surge que las relaciones estratigráficas entre las unidades del Jurásico Tardío de la cuenca Neuquina parecieran ser bastante complejas y posiblemente el esquema aquí propuesto dista aun de ser el definitivo. Esta complejidad estratigráfica se ve acentuada en el caso de las unidades asignadas al Kimeridgiano por el reducido espesor que a menudo tienen estas unidades estratigráficas y la escasez de exposiciones adecuadas que revelen las relaciones de contacto entre las mismas.

Para el caso de las formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo, estas unidades serían claramente diacrónicas y estarían separadas por una fase distrófica intra-kimeridgiana. La Formación Tordillo sería más antigua y se habría acumulado a lo largo de un depocentro elongado localizado

hacia el oeste de la cuenca Neuquina.

La Formación Quebrada del Sapo, por su parte, sería más moderna y se habría acumulado por procesos eólicos y de resedimentación fluvio-lacustre sobre un relieve de bajos de deflación localizados hacia el centro-este de la cuenca Neuquina (Sub-cuenca de Picún Leufú).

Si bien este trabajo documenta por primera vez las relaciones estratigráficas entre las formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo al sur de la dorsal de Huíncul, restan establecer las relaciones precisas entre las Formaciones Tordillo y Sierras Blancas / Catriel en áreas centrales, unidades para las cuales ha sido sugerida una equivalencia temporal. No obstante, de acuerdo a este trabajo es posible que las Formaciones Sierras Blancas y Catriel sean más jóvenes que la Formación Tordillo, y se ubiquen por encima de la discontinuidad intra-kimeridgiana.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur y al CONICET por el apoyo brindado para la realización de este trabajo. Asimismo, se agradece a los directivos de Repsol YPF por su autorización para publicar parte de los resultados del trabajo de campo. Las sugerencias y comentarios por parte de la Dra. Silvia Lanés y de un segundo árbitro anónimo ayudaron a mejorar este trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arregui, C. 1993. Análisis estratigráfico paleoambiental de la Formación Tordillo en el subsuelo de la Cuenca Neuquina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 165-170, Mendoza.
- Cevallos, M.F. 2005. Análisis estratigráfico de alta frecuencia del límite Kimmeridgiano - Titoniano en el subsuelo de la Dorsal de Huíncul, Cuenca Neuquina. *Petrotecnia* (Diciembre): 34-55.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En Leanza, A.F. (ed.) *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 439-505, Córdoba.

- Grober, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección Nacional de Geología y Minería, Publicación 158: 1-110, Buenos Aires.
- Grober, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. 1. Hoja Chos Malal. Revista de la Asociación Geológica Argentina 1(3): 177-208.
- Guliano, C.A. 1988. Análisis estratigráfico y sedimentológico de la Formación Tordillo en el oeste de la provincia del Neuquén, Cuenca Neuquina, Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inérita), 119 p., Buenos Aires.
- Guliano, C.A. y Gutiérrez Pleimling A.R. 1995. The Jurassic of the Neuquén Basin. a) Neuquén Province. Secretaría de Minería de la Nación, Publicación 158: 1-111, Buenos Aires.
- Guliano, 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.
- Leanza, H.A. y Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969-III, Picún Leufú. Geología. Subsecretaría de Minería de la Nación, Boletín 218, 121 p., Buenos Aires.
- Legarreta, L. 2002. Eventos de desecación en la Cuenca Neuquina: depósitos continentales y distribución de hidrocarburos. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas en CD-ROM, Mar del Plata.
- Legarreta, L. y Guliano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la cuenca Neuquina (Triásico Superior-Terciario Inferior). En Chebli, G.A. y Spalletti, L.A. (eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas, Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Serie de Correlación Geológica 6: 221-244, San Miguel de Tucumán.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1999. El Jurásico y Cretácico del la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. En Caminos, R. (ed.) Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29(16): 399- 432, Buenos Aires.
- Marchese, H.G. 1971. Litoestratigrafía y variaciones faciales de las sedimentitas mesozoicas de la Cuenca Neuquina, provincia de Neuquén, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 26: 343-410.
- Mpodozis, C. y Ramos, V. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T. y Reimund, J.A. (eds.) Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, 11: 59-90, Houston.
- Mutti, E., Guliano C.A. y Legarreta, L. 1994. Anomalous systems tracts stacking patterns within third order depositional sequences (Jurassic-Cretaceous Back Arc Neuquén Basin, Argentine Andes). En Posamentier, H. W. y Mutti, E. (eds.) Second High-Resolution Sequence Stratigraphy Conference, Abstracts: 137-143, Tremp.
- Parker, G. 1965. Relevamiento geológico en escala 1:25000 entre el arroyo Picún Leufú y Catan Lil, a ambos lados de la ruta nacional N° 40. Informe Yacimientos Petrolíferos Fiscales, (inérito), Buenos Aires.
- Peroni, G., Di Mario, J. y Arregui, C. 1984. Estudio estadístico de perfiles de buzamiento aplicado al análisis de paleocorrientes - Formación Tordillo (Cuenca Neuquina), Provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 243-257.
- Spalletti, L.A. y Colombo Piñol, F. 2005. From alluvial fan to playa: an Upper Jurassic ephemeral fluvial system, Neuquén Basin, Argentina. Gondwana Research 8: 363-383.
- Veiga, G.D. y 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. y Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén basin, Argentina. En Tankard, A.J., Suárez Soruco, R. y Welsink, H.J. (eds.) Petroleum Basins of South America, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Zavala, C. y Freije, H. 2001. Jurassic clastic wedges sourced from the Huíncul Arch. A case study in the Picún Leufú area. Neuquén Basin, Argentina. AAPG Hedberg Conference, New Technologies and New Play Concepts in Latin America, 31-32, Mendoza.
- Zavala, C. y Freije, H. 2002. Cuñas clásticas jurásicas vinculadas a la Dorsal de Huíncul. Un ejemplo del área de Picún Leufú. Cuenca Neuquina. Argentina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Actas en CD - ROM, Mar del Plata.
- Zavala, C. y González, R. 2001. Estratigrafía del Grupo Cuyo (Jurásico inferior-medio) en la Sierra de la Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. Boletín de Informaciones Petroleras. Tercera Época, año XVII, 65: 52-64.
- Zavala, C., Maretto, H. y Di Meglio, M. 2005a. Hierarchy of bounding surfaces in aeolian sandstones of the Tordillo Formation (Jurassic). Neuquén Basin, Argentina. Geologica Acta 3: 133-145.
- Zavala, C., Martínez Lampe, J.M., Fernández, M. y Di Meglio, M. 2005b. La relación estratigráfica entre las formaciones Tordillo y Quebrada del Sapo (Kimmeridgiano) en la Cuenca Neuquina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 259-260, La Plata.

Recibido: 26 de marzo, 2008

Aceptado: 23 de julio, 2008