

SINTESIS ICNOLÓGICA DE UNIDADES MESOZOICAS MARINAS DE LA CUENCA NEUQUINA, NUEVOS DATOS Y PERSPECTIVAS

Pablo J. PAZOS

UBA-CONICET: Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.

E-mail: pazos@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

En este trabajo se realiza una síntesis icnológica de las unidades marinas de la cuenca Neuquina teniendo en cuenta el marco estratigráfico de los hallazgos, se presentan nuevos datos y se mencionan aquellos aspectos aún no abordados. Los registros más antiguos han sido documentados en el Jurásico y contienen icnotaxones (*Lapispira*) que han sido descritos por primera vez para Sudamérica en facies de plataforma. Otros constituyen un muy buen ejemplo de trazas bien preservadas en depósitos deltaicos jurásicos de la Formación Lajas, con influencia mareal. Allí, el registro incluye *Asterosoma*, *Asteriacites*, *Dactyloidites*, *Diplocraterion*, *Gyrochorte*, *Palaeophycus*, *Polykladichnus*, *Schaubcilindrichnus*, *Siphonichnus*, *Thalassinoides*, *Teichichnus* y trazas poco frecuentes en ambientes marinos someros como *Helminthorhapse* y rizolitos, entre otras, indicativas de un complejo engranaje de facies. Los carbonatos jurásicos de la Formación La Manga contienen tempestitas con *Dactyloidites*, *Gyrochorte*, *Jamerosonichnites* y *Thalassinoides*, en Bardas Blancas. El registro icnológico del Cretácico Inferior se halla documentado en las Formaciones Mulichinco y Agrio. En la primera los icnofósiles aparecen en la zona de Vega de Escalone y comprenden *Asteriacites*, *Lockeia*, *Ophiomorpha*, *Gyrochorte* y posiblemente *Bergaueria*. En la Formación Agrio, tanto en Bajada del Agrio (localidad tipo) como en otras localidades dispersas en la cuenca aparecen icnofósiles tales como *Gyrochorte*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides* y *Teichichnus*. Nuevo material proveniente de ambas unidades incluye scratches subácuos o de arrastre de vertebrados (*Characichnos*?) provenientes de las localidades de Vega de Escalone y Puerta Curaco. Las trazas de locomoción de artrópodos incluyen formas con apéndices diferenciados (*Diplichnites*?) e indiferenciados. En la Formación Agrio se reconocieron huellas tridáctilas de terópodos en el anticlinal cerro Rayoso, que confirman exposición subaérea en una zona hasta el presente interpretada como cercana al depocentro de la cuenca. En Mina La Continental se han documentado trazas complejas atribuibles a bivalvos tellínidos asignables a *Hillichnus*. En la mencionada localidad, aparecen huellas de terópodos. Éstas, como las de tellínidos anteceden el registro de fósiles corpóreos, que marcan condiciones de somerización extrema hasta exposición subaérea, lo que muestra claramente el valor de los estudios icnológicos en las interpretaciones paleoambientales, particularmente en sucesiones donde otros tipos de fósiles se hallan ausentes. Quedan numerosos intervalos marinos y unidades que aún no han sido estudiados, pero sin duda uno de los más interesantes se halla en la Formación Molles de naturaleza turbidítica o hiperpícnica, de la que no se conocen datos icnológicos. Del mismo modo son casi inexistentes los estudios de bioerosión y registros de trazas producidas por la meiofauna. Por todo ello, el conocimiento icnológico de los intervalos marinos de la cuenca Neuquina está en su infancia, si se lo compara con estudios paleontológicos de tipo bioestratigráfico, sedimentológicos o de rutina en la industria del petróleo tanto en afloramiento como en coronas.

Palabras clave: *ICnología, Neuquén, Cretácico, Trazas fósiles, Marino, Trazas de natación.*

ABSTRACT: *Ichnological synthesis of the marine units of the Neuquén Basin, new data and future perspectives.* In this paper the ichnology of the marine intervals of the Neuquén Basin is reviewed, taking into account an stratigraphic framework and discussing previous works on ichnology that contain some ichnogenera (*Lapispira*) that are firstly documented in South America in Jurassic of the Río Atuel area, and other ichnogenera that constitute well preserved records in the Jurassic tidal influenced deltas of the Lajas Formation. The trace fossil record includes *Asterosoma*, *Asteriacites*, *Dactyloidites*, *Diplocraterion*, *Gyrochorte*, *Palaeophycus*, *Polykladichnus*, *Schaubcilindrichnus*, *Siphonichnus*, *Thalassinoides*, *Teichichnus* and rare traces in shallow marine deposits like *Helminthorhapse* and root traces indicative of a very complex facies scheme. A special mention deserves the traces from the carbonates of the La Manga Formation at Bardas Blancas, that contain ichnogenera like *Dactyloidites*, *Gyrochorte*, *Jamerosonichnites* and *Thalassinoides* recorded in tempestites. The Lower Cretaceous record documented in the Mulichinco and Agrio Formation is composed of *Asteriacites*, *Gyrochorte*, *Lockeia*, *Ophiomorpha*, and possibly *Bergaueria*, documented in the Mulichinco Formation at Vega de Escalone locality. Other traces described in the Agrio Formation are *Gyrochorte*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Teichichnus* among others of dubious assignation recorded at Bajada del Agrio and other areas of the basin. New material coming from both units includes subaqueous vertebrate scratches (*Characichnos*?) both from Vega de Escalone and Puerta Curaco. Arthropod trackways include both some with differentiated (*Diplichnites*?) and other specimen with undifferentiated appendages. In the case of the Agrio Formation at Cerro Rayoso, teropod tracks are indicatives of subaerial exposure in sections expected to be fully marine. Complex traces assigned to *Hillichnus* produced by tellinacean bivalves are the only record of such bivalves in the

basin. Those ichnogenera are good examples that precede body fossil records and along with the scratch marks suggest very shallow and occasional subaerial exposition in areas of the basin unexpected according to paleogeographic maps. Finally a brief analysis of the further work in the turbidites of the Molles Formation or the exploration of bioerosion and meiofauna records suggest that the knowledge about the ichnology of the Neuquén Basin is in its infancy if it is compared with the stratigraphic, paleontologic (biostratigraphic) and sedimentologic studies and also remains unexplored related to changes in permeability of reservoirs of bioturbated deposits documented from cores.

Keywords: *Ichnology, Neuquén, Marine, Cretaceous, Swimming traces.*

INTRODUCCIÓN

La cuenca Neuquina (Fig.1), por su potencial energético en hidrocarburos líquidos y gaseosos, ha sido objeto de innumerables estudios geológicos, sedimentológicos, paleontológicos y petroleros en general, entendiendo a estos últimos como los referidos al procesamiento de información sísmica, perfilaje, coronas, *cutting*, etc. Sin embargo, son escasos los estudios detallados que abordan la icnología, y menos aún aquellos que lo hacen a partir de la información de subsuelo (coronas). En este caso, una razón es el poco uso de las coronas desde el punto de vista de sus características litofaciales y mucho menos en lo que respecta a su caracterización icnológica, que en la gran mayoría de los casos ha sido superficialmente descrita. Esto ha llevado a un conocimiento dispar, que hace que los estudios icnológicos en los intervalos marinos de la cuenca Neuquina, tanto en estudios de afloramiento como en subsuelo, permitan un trabajo promisorio a futuro.

Los estudios icnológicos en coronas, aunque existentes, habitualmente se hallan sujetos a acuerdos de confidencialidad con compañías petroleras, lo que hace que la difusión sea prácticamente nula. Paradójicamente, estas restricciones no son frecuentes en el extranjero donde la cooperación y vinculación entre el ámbito académico y la industria es más armoniosa. Con todo, en los últimos años se han dado a conocer esquemas paleoambientales basados fundamentalmente en estudios de superficie en unidades de la cuenca Neuquina que contemplan la icnología como una fuente de información destacada, para caracterizar el medio deposita-

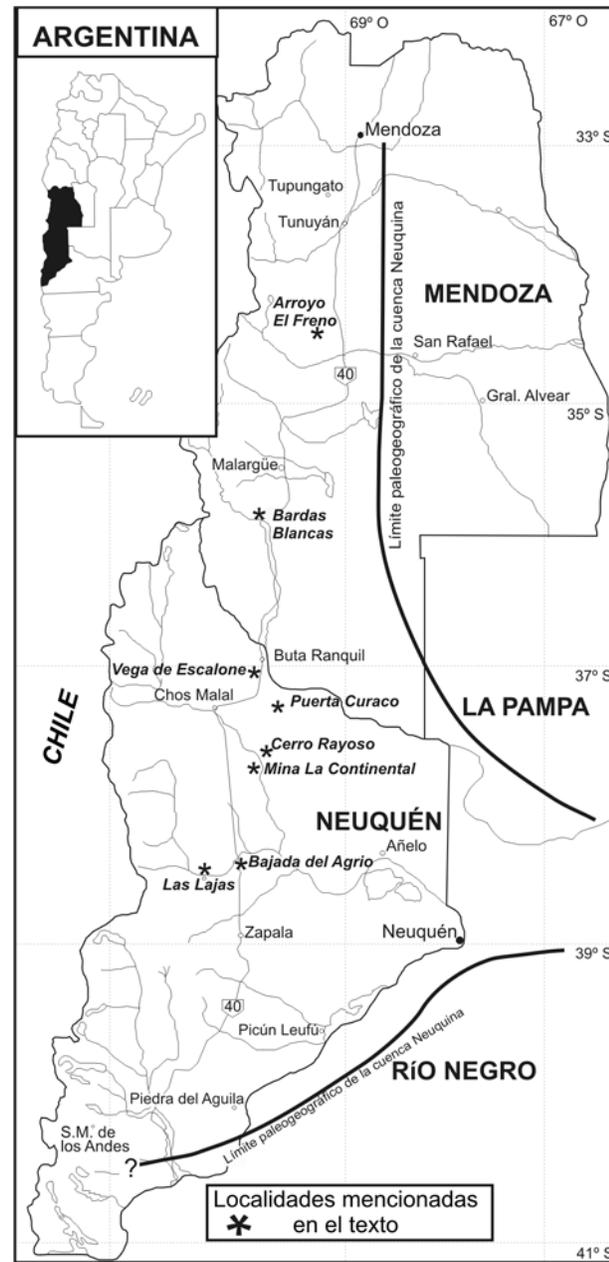


Figura 1: Mapa de ubicación geográfica, paleogeográfico de la cuenca Neuquina y distribución de localidades mencionadas en el texto.

cional (sustrato) y en definitiva aportar información para refinar estudios paleoambientales (p. ej. McIlroy *et al.* 2005, McIlroy 2007).

En este trabajo se efectúa una síntesis de los datos icnológicos documentados previamente con ilustraciones de las distintas unidades litoestratigráficas de la cuenca

ca, y se dan a conocer nuevos hallazgos en unidades del Cretácico Inferior. Asimismo, se destacan los intervalos estratigráficos pendientes de estudio así como aspectos icnológicos no abordados hasta el presente.

Del conocimiento icnológico de las unidades marinas de la cuenca Neuquina es posible diferenciar la información que proviene del ámbito mendocino de la cuenca de aquella que se registra en el engolfamiento y faja plegada, donde se observan marcados cambios litofaciales. Sin embargo, se analiza el contenido icnológico dentro de las distintas unidades litoestratigráficas, contenidas en un marco estratigráfico secuencial ampliamente aceptado para la cuenca (véase Legarreta y Gulisano 1989, Legarreta 2002).

El registro de algunos icnofósiles ya descritos y fundamentalmente los nuevos hallazgos que tienen un valor paleoambiental indiscutible es destacado, ya que documentan aspectos relacionados con parámetros físico-químicos precisos como batimetría, exhumación, erosión y disponibilidad de alimento, pero que también son evidencia de una fauna no registrada aún en restos fósiles corpóreos, lo que sugiere indirectamente un posible valor bioestratigráfico o amplía el conocimiento de las comunidades marinas.

ICNOFACIES Y SUSTRATOS

La icnología es una disciplina que en los últimos años ha dejado de ser meramente un objeto de estudio paleontológico para convertirse en una herramienta aplicable en distintos campos de la estratigrafía y la sedimentología. La razón básica y fundamental de dicho cambio se sustenta en algunos de los principios básicos de la icnología, que destacan la importancia de las características morfológicas (construccionales) de una estructura biogénica (bioturbación) antes que de la identificación del productor de una traza. Esto está basado en que la convergencia de comportamiento puede llevar a distintos productores a construir la misma estructura por repetición de un patrón determi-

nado de comportamiento, ante ciertas condiciones del medio (Bromley 1996). Entre esas condiciones, se hallan los parámetros físico-químicos y fundamentalmente las características del sustrato.

El ya tradicional concepto seilacheriano de icnofacies marinas está fundamentalmente ligado a variaciones batimétricas desde sus orígenes (Seilacher 1967) y ha sido progresivamente modificado con la inclusión de nuevas icnofacies continentales más allá de *Scoyenia* y sub-icnofacies marinas dentro de las ya existentes (véase McIlroy 2008). Por otra parte, temporalmente en el registro geológico algunas icnofacies han modificado su significado batimétrico. Por ejemplo, icnogéneros dominantes de la icnofacies de *Nereites*, como los grafogliptidos, que caracterizan fondos submarinos profundos, por debajo de la plataforma, en los registros del Terciario (p. ej. Cárpatos, Pirineos, Alpes) son comunes en ambientes someros del Paleozoico (véase Uchman 2004). Es decir, el significado batimétrico asignable depende del intervalo geológico en consideración. Por otra parte existen algunas icnofacies continentales como *Copriniophraera* (Genise *et al.* 2000), definida para caracterizar paleosuelos, que se halla dominada por trazas de nidos de insectos (abejas, avispas y escarabajos peloteros) cuyos productores tienen requerimientos ambientales muy específicos y predominan en el registro geológico durante el Cenozoico, lo que obliga a buscar alternativas para caracterizar, por ejemplo, paleosuelos del Paleozoico Superior.

El factor que hace la diferencia entre un enfoque puro y exclusivamente paleontológico de uno con aplicaciones geológicas, fundamentalmente estratigráficas y sedimentológicas, se relaciona directamente con el sustrato e indirectamente con otros factores físico-químicos, como la oxigenación, turbidez, salinidad, disponibilidad de alimento y la temperatura, entre otros (Lettley *et al.* 2007, Mac Eachern *et al.* 2007 a, b). Como tal, un sustrato es sensible a variaciones en saturación en agua, puede tener diferente participación granulométrica y puede ser objeto de

compactación, exposición y endurecimiento por procesos diagenéticos, exhumación o también puede estar cubierto por matas microbiales que aportan consistencia y aumentan la cohesión. Estas variaciones en el sustrato involucran, en sucesiones silicoclásticas, tiempos notablemente diferentes en la adquisición de consistencia que en medios carbonáticos. Ese tiempo y esa consistencia quedarán reflejados en las estrategias de colonización del sustrato y en las características de las trazas fósiles y el índice o grado de bioturbación. Por ejemplo, sustratos duros, xílicos y orgánicos, requieren bioturbadores que utilicen estrategias de perforación para colonizarlos. Como contraparte, los sustratos blandos en medios marinos y subácueos serán predominantemente colonizados por aquellos organismos capaces de generar una estructura que evite el colapso de las paredes de tubos, por medio de pelletización o tapizado de paredes.

El caso intermedio corresponde a los sustratos firmes, que se asocian en el esquema de Seilacher (1967) con la icnofacies de *Glossifungites*. La misma ha sido tradicionalmente relacionada con superficies de discontinuidad resultantes de compactación, exhumación, erosión y posterior colonización, lo que le confiere un valor estratigráfico significativo ya que su génesis se asocia a superficies de inundación siempre subsiguientes al desarrollo de límites de secuencia (MacEachern *et al.* 1992, Pemberton *et al.* 2001). Por este motivo, las trazas en estos sustratos se caracterizan por rellenos que se relacionan con el estrato más moderno (relleno pasivo), antes que con las características de la capa hospedante. La utilización indiscriminada de la icnofacies de *Glossifungites* sin contemplar la extensión regional del nivel portador es cuestionable. Si la extensión regional no es documentable y el arreglo de facies por debajo y por encima de la misma no difiere, puede no necesariamente indicar límites de secuencias o superficies de gran valor estratigráfico. Por ejemplo, esta icnofacies en registros actuales se halla en point-bars que no tie-

nen una expresión regional (Gingras *et al.* 2000) y que pueden dar lugar a malinterpretaciones de orden estratigráfico, ya que la firmeza del sustrato no se relaciona con ningún cambio alocíclico en el sistema depositacional, sino que se debe a variaciones autocíclicas del ambiente. Por consiguiente, un estudio que incluya aspectos geológicos (sedimentológicos, estratigráficos) con otros puramente paleontológicos (morfología) es la mejor forma de obtener resultados con aplicaciones a los estudios paleoambientales, estratigráficos y en algunos casos hasta bioestratigráficos.

MARCO GEOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

La cuenca Neuquina se halla localizada al pie de los andes entre los 32° y 40° LS (Fig.1) y es posible reconocer dos sectores en la misma. El septentrional, localizado a lo largo del cinturón andino, aflora en Argentina y Chile en la Cordillera Principal. El meridional, definible claramente al sur de los 36° LS es donde la cuenca se expande hacia el antepaís formando un gran engolfamiento (engolfamiento neuquino). Es precisamente en este último ámbito, donde las sucesiones silicoclásticas y carbonáticas, marinas y continentales se presentan en afloramientos de una continuidad lateral extraordinaria, que permite el seguimiento de estratos, a veces amalgamados, por kilómetros. Semejante exposición geológica ha llevado a que en la cuenca se establezcan aceptables esquemas estratigráficos, se delimiten unidades por discontinuidades y se provean mapas de variaciones de facies y paleogeográficos (p. ej. Legarreta 2002). La historia geológica de la cuenca es compleja ya que acompaña a los cambios en el marco tectónico del margen occidental del Gondwana (Ramos y Folguera 2005).

Los inicios de la cuenca se remontan al Triásico Tardío-Jurásico Temprano con una etapa de *ríft* que registra tanto facies de *synríft* como de *sag*. Los depósitos volcánoclasticos subaéreos y subácueos, del-

tas de grano grueso y finalmente un episodio marino regionalmente muy extendido con abundante desarrollo de facies pelíticas ricas en materia orgánica (Formación Molles) marcan el primer gran episodio marino, documentado por una fauna de amonites que atestigua la edad jurásica de dicho evento transgresivo. Desde el punto de vista estratigráfico, comprende al denominado Precuyano y Cuyano o mesosecuencia Cuyo de Legarreta y Gulisano (1989). Unidades deltáicas (Formación Lajas) marcan la etapa regresiva que culmina con el primer evento de desecación de la cuenca con evaporitas (Formación Tábanos). Un nuevo ciclo sedimentario, marca la transición a una etapa de cuenca de *backarc* (Grupo Lotena) donde se intercalan facies silicoclásticas y carbonáticas (p. ej. Formación La Manga) para culminar en un nuevo evento evaporítico correspondiente al yeso principal o Formación Auquilco, durante el Oxfordiano.

Una marcada discontinuidad regional con el desarrollo de facies continentales (Formación Tordillo) marca el inicio de uno de los ciclos sedimentarios más importantes en la cuenca, ya que comprende el comienzo de la etapa de antepaís registrado particularmente en la parte superior del llamado Grupo Mendoza, que se extiende desde el Kimmeridgiano hasta el Hauteriviano tardío-Barremiano temprano. Las facies marinas de este intervalo, particularmente aquellas dominadas por pelitas negras, registran el pasaje Jurásico-Cretácico (Formación Vaca Muerta) en tanto que las facies marinas someras, con intervalos carbonáticos y silicoclásticos y episodios de facies continentales relacionadas con regresiones forzadas (p. ej. Veiga *et al.* 2005) caracterizan al resto del Grupo Mendoza. En particular, la unidad cuspidal cuenta con muy buenos controles bioestratigráficos (Aguirre-Urreta y Rawson 1997, Aguirre-Urreta *et al.* 2005, 2007) y con la primera datación absoluta del Hauteriviano Superior en el mundo (Aguirre-Urreta *et al.* 2008a).

Un motivo de discusión estratigráfica es un intervalo suprayacente que contiene

una unidad cuyo miembro inferior se halla en el Grupo Mendoza y los restantes en el Grupo Rayoso. Esta peculiaridad corresponde al llamado Miembro Chorrado de la Formación Huitrín de acuerdo al esquema de Legarreta y Gulisano (1989) y Legarreta (2002). Una discusión acerca del origen y posición estratigráfica de dicho intervalo ha sido recientemente discutida por Pazos *et al.* (2008c), a partir de la incertidumbre que Strömback *et al.* (2005) señalan acerca de la posición estratigráfica del mismo en un esquema estratigráfico secuencial. La Formación Huitrín contiene fundamentalmente facies continentales pero posee un intervalo marino de naturaleza carbonática (Miembro La Tosca) que es precedido por evaporitas. Ambas facies representan la última ingresión marina desde el Pacífico. Por encima, se desarrollan facies continentales incluidas en los Grupos Bajada del Agrio (ex Rayoso) y Neuquén. Finalmente en el límite Cretácico-Terciario tiene lugar una nueva ingresión marina, desde el Atlántico que recientemente se ha comprobado se extiende mucho más al oeste de lo habitualmente mencionado y que muestra que la misma era coetánea con la existencia de volcanismo explosivo, donde se han preservado abundantes restos plantíferos por debajo y por encima de las intercalaciones marinas (véase Aguirre-Urreta *et al.* 2008b).

SÍNTESIS ICNOLÓGICA

Triásico-Jurásico (Ciclo Precuyano-Cuyano)

En este intervalo estratigráfico se registra la primera ingresión marina en el ámbito neuquino con depósitos desde marino someros hasta de plataforma externa de la Formación Puesto Araya (en Mendoza) y depósitos que indican condiciones más profundas que las precedentes, registrados en las turbiditas de la Formación Molles (hiperpicnitas?). Esta unidad tiene gran desarrollo en el ámbito del engolfamiento de la cuenca Neuquina (Legarreta 2002). Marca la etapa de mayor reducción en el aporte clástico y es suce-

didada por facies regresivas, de naturaleza variada, entre las que se destaca la Formación Lajas, con abundantes indicadores mareales y un registro icnológico variado, para culminar con las evaporitas de la Formación Tábanos (Legarreta 2002). El intervalo Hettangiano-Sinemuriano ha sido analizado icnológicamente por Lanés *et al.* (2007) en Mendoza. Allí se hace un pormenorizado estudio de una traza fósil poco frecuente llamada *Lapispira*, que ha sido mencionada en otros depósitos restringidos al Jurásico en el mundo y que en este caso aparece en tempestitas, con otras formas más comunes como *Rhizocorallium*.

Lapispira ha sido identificada recientemente por Wetzel (2008) en depósitos relacionados con las hiperpicnitas producidas en el mar de la China, por el ingreso de las cenizas de la erupción del volcán Pinatubo. Este evento sedimentológico, además de constituir un preciso marcador temporal, permitió estudiar aspectos relacionados con los tiempos de colonización de un sustrato y la relación entre colonización y la disponibilidad de alimento. Debe remarcar que Lanés *et al.* (2007) han mostrado numerosos cortes de la traza y con distintas orientaciones. Esto permite sugerir que existen secciones donde la misma es comparable con *Gyrolithes* y, por esta razón, las secciones donde la doble espira no es visible reducen la posibilidad de su identificación y, tal vez a eso se deba su registro tan escaso, que pasa del Jurásico al reciente, lo que le conferiría el carácter similar a un taxón lázaro.

Una etapa transgresiva dominada por depósitos de pelitas negras, turbiditas y condiciones marinas ampliamente extendidas corresponden a la Formación Molles, la que llamativamente no cuenta con antecedentes icnológicos. Durante la etapa regresiva del ciclo depositacional, se reconocen varias unidades formacionales, importantes desde el punto de vista petrolero por contener abundantes litosomas psamíticos, que en superficie se hallan ampliamente representados por la Formación Lajas/Challacó, aflorantes en

las zonas homónimas (Fig.1). Se trata de facies silicoclásticas que incluyen una serie de depósitos que conforman un sistema deltaico con fuerte impronta mareal, rasgos atípicos en cortejos de mar alto (McIlroy *et al.* 2005). Los ambientes dominados o influenciados por mareas son generalmente muy buenos para preservar el registro de actividad biológica, dado que las frecuentes cortinas de fango, matas microbiales y variaciones en la consistencia del sustrato permiten una buena preservación del registro icnológico, usualmente poco diversificado, o subdividido en asociaciones diferenciables, de acuerdo a la interacción y predominio de distintos parámetros fisicoquímicos como cambios en la salinidad, energía, turbidez, exposición subaérea, entre otros factores (Pemberton *et al.* 2001, Lettley *et al.* 2007, MacEachern y Gingras 2007). En general estos ambientes han sido interpretados como registros mixtos de la icnofacies de *Cruziana-Skolithos*, tomando a la salinidad como parámetro excluyente en el control de la fauna, que se caracteriza por poca diversidad y elevadas poblaciones que muestran estrategias exitosas de adaptación a condiciones adversas (Pemberton *et al.* 2001). Sin embargo, otros autores como Bromley y Asgaard (1991) no enfatizan a la salinidad como factor determinante. Los modelos icnológicos para ambientes transicionales, han sido basados casi exclusivamente en los registros del Cretácico Inferior del *Western Interior*, y recientemente, ha sido sugerido que dicho modelo ha sido sobreutilizado (MacEachern y Gingras 2007, p. 187). En el caso de la Formación Lajas la existencia de un abundante registro mareal ha sido asociado a factores fisiográficos que controlaron la geometría de la cuenca (controles estructurales) y que permitieron la amplificación del registro de mareas aun en condiciones de mar alto (véase McIlroy 2007). En esta unidad se han realizado descripciones de icnofábrica, en el sentido de Taylor *et al.* (2003) y McIlroy (2008). McIlroy (2007) menciona e ilustra para el prodelta *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichnus*, *Teichichnus*,

posibles *Siphonichnus* y otras trazas no ilustradas. En el frente deltaico se registra la mayor diversidad con *Asterosoma*, *Diplocraterion* y *Thalassinoides*, entre otras. Sin embargo, es altamente llamativa la presencia de un icnogénero poco común en ambientes marinos someros a marginales como *Helminthorbaphe*, muy frecuente en la icnofacies de *Nereites*, indicativa de ambientes más profundos, en los registros post-paleozoicos (Uchman 2004). Cabe destacar, que trazas superficiales con geometría espiraladas (tipo *Cosmoraphe*) son también frecuentes en la icnofacies de *Nereites*. Esta comprende una mezcla de grafoglíptidos y trazas de pastoreo complejas. Sin embargo, estructuras espiraladas han sido recientemente descritas en planicies de marea modernas (p. ej. Dashtgard *et al.* 2008) atribuidas al poliqueto *Paraonis*. Otro icnogénero que McIlroy (2007) ilustra es *Asteriacites* que aparece restringido a los depósitos de canales de marea, en planicies de mareas, donde las variaciones de salinidad y permanencia de condiciones subaéreas son menos estresantes que en el entorno. Otros componentes de la icnofauna de ambientes mareales, son más frecuentes en registros marinos estenohalinos, como *Dactyloidites*, *Ophiomorpha* y otras trazas que indican condiciones hasta subaéreas como las producidas por raíces (rizolitos). Otros icnogéneros también mencionados incluyen *Polykladichnus*, *Taenidium* y se ilustran ejemplares de *Didymaulichnus* que son cuestionables ya que su preservación como relieve positivo los hacen asignables a *Gyrochorte*.

Durante el Jurásico, y dentro del Grupo Lotena, tuvo lugar el desarrollo de una importante rampa carbonática registrada en la Formación La Manga (Legarreta 2002). En general, las trazas en rocas carbonáticas representan un desafío para su estudio, ya que suelen tener una muy pobre expresión, relacionada con la meteorización de dichas litologías, pero además constituyen un emblema para las interpretaciones estratigráficas secuenciales, ya que una diagénesis muy temprana de los carbonatos modifica el sustrato sin

implicar condiciones aloéclicas (Malpas 2000). Con todo, Lazo *et al.* (2008) han dado a conocer una interesante icnofauna compuesta por *Dactyloidites*, *Jameroso-nichnites* y *Thalassinoides*, presentes en facies someras con evidencias de tormenta, en las inmediaciones de la localidad de Bardas Blancas (Fig. 1).

Cretácico Inferior (Grupo Mendoza)

El registro icnológico del Grupo Mendoza ha sido poco estudiado y cuenta con icnogéneros tales como *Arenicolites*, *Gyrochorte*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides* y *Teichichnus*, documentados por Spalletti *et al.* (2001), Doyle *et al.* (2005), Lazo *et al.* (2005) y Sagasti (2005). En dichos estudios se han documentado trazas fósiles en facies de tormenta proximales hasta distales y donde las trazas fósiles han sido un complemento para la interpretación paleoambiental antes que constituirse en el objeto principal de estudio. Una excepción es el trabajo de Rodríguez *et al.* (2007) en la Formación Mulichinco, en las inmediaciones de Vega de Escalone (Fig.1) que reportan el primer registro para el Cretácico de Argentina de trazas de ofiuras asignadas a *Asteriacites* (véase Fig. 2 a) junto con formas atribuibles a *Ophiomorpha*, trazas de bivalvos asignadas a *Lockeia* y otras de productor desconocido como *Gyrochorte*, además de trazas de escape/equilibrio. Es importante mencionar que formas subcirculares y someras asignadas a *Lockeia* resultan morfológicamente más afines a trazas de anémonas cavadoras asignables a *Bergaueria*. Estos registros son interesantes ya que aparecen con indicadores sedimentológicos de baja profundidad (ondulitas de oleaje), estructuras producidas por flujos combinados y en un contexto que indica rápida somerización, tasas fluctuantes de sedimentación-erosión y otros indicadores paleontológicos como masas de serpúlidos que podrían ser indicativos de salinidad variable a reducida (Rodríguez *et al.* 2007). Las asociaciones de trazas aparecen en facies muy bien diferenciadas y marcan condiciones altamente contrastantes con la inmediatamente infrayacen-

te Formación Vaca Muerta, caracterizada por pelitas negras que indican falta de oxigenación, lo que ha dado lugar a una importante preservación de amonites piritizados y restos de vertebrados (véase Gasparini y Fernández 2005). Los registros icnológicos de la Formación Mulichinco, parecen *prima facie* anómalos, dado que indican condiciones muy someras, en una posición estratigráfica cercana a la base de la unidad y en un área de la cuenca donde son esperables facies más profundas (p. ej. Schwarz y Howell 2005), lo que muestra la importancia de los estudios sedimentológicos-icnológicos para alcanzar interpretaciones paleoambientales más refinadas.

La suprayacente Formación Agrio es muy rica en fauna fósil (Aguirre-Urreta *et al.* 2005, Lazo *et al.* 2005). Sin embargo, estudios icnológicos sistemáticos han sido recientemente comenzados por Fernández (2008) y por Pazos *et al.* (2007, 2008 a, b, c). Entre los hallazgos más relevantes se deben mencionar las pisadas de dinosaurios terópodos, registradas en facies mixtas (carbonáticas-silicoclásticas), halladas en áreas donde nunca se hubiera sospechado exposición subaérea para ese sector de la cuenca (véase Pazos *et al.* 2008b). Esto pone de manifiesto la utilidad de algunas trazas para registrar emersión cuando típicas estructuras como grietas de desecación, edafización y facies continentales están ausentes. Asimismo, invitan a un profundo replanteo de los esquemas paleogeográficos vigentes y permiten explicar la ausencia de buenos marcadores bioestratigráficos como cocolitos y amonites, que constituyen la base de la bioestratigrafía de la unidad, pero que dependen de condiciones de salinidad estable. La interpretación paleoambiental preliminar es un ambiente marino marginal sujeto a fuerte influencia mareal (Pazos *et al.* 2008b). Las huellas de terópodos tanto como la presencia de trazas complejas atribuibles a bivalvos tellínidos, constituyen otros ejemplos interesantes donde las trazas fósiles pueden ser fehacientemente asignadas a un productor más allá que de éstos no se cono-

can como fósiles corpóreos en la unidad. En dicho contexto las trazas son indicativas de elementos de una comunidad que no ha quedado corpóreamente preservada y que muestra una diversidad mayor.

NUEVOS ELEMENTOS Y SU VALOR PALEOAMBIENTAL

En las Formaciones Mulichinco (Vega de Escalone y Puerta Curaco, Fig.1) y Agrio (Mina La Continental-Cerro Rayoso, Bajada del Agrio, Fig.1) del Grupo Mendoza se ilustra material nuevo y emblemático para efectuar inferencias paleoambientales. Este nuevo material en algunos casos es de imposible colección en el campo, mientras que otros (CP 20677/78/79/80/81/82) se halla en el repositorio de paleontología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA).

Dado que escapa a los objetivos de este trabajo realizar estudios sistemáticos e icnotaxonómicos detallados, todo el material nuevo es asignado preliminarmente, o dejado en nomenclatura abierta, para futuros estudios icnotaxonómicos. Sin embargo, en algunos casos la asignación a grandes grupos como artrópodos, bivalvos, vertebrados, resulta igualmente significativa y útil, por la ubicación en un contexto de facies.

Formación Mulichinco

Los nuevos hallazgos icnológicos en la unidad valanginiana incluyen trazas de vertebrados, que indican natación, y que dejan impresiones marcas de arrastre de sus dedos, a veces con impresiones terminales. Estas trazas (Fig. 2 b, c), además de indicar la presencia de vertebrados donde los huesos no han sido hallados, sugieren paleopropiedades someras, ya que la flotabilidad (*buoyancy*) del productor nos indica ocasionales interacciones con el fondo. Dado que se trata de trazas de poco porte, sugieren productores de pequeño tamaño y, por consiguiente, muy bajas profundidades. Desplazamientos sobre sustratos con una cobertura fangosa, tal vez emergida, obliga al animal a arrastrar sus miembros y dejar estructu-

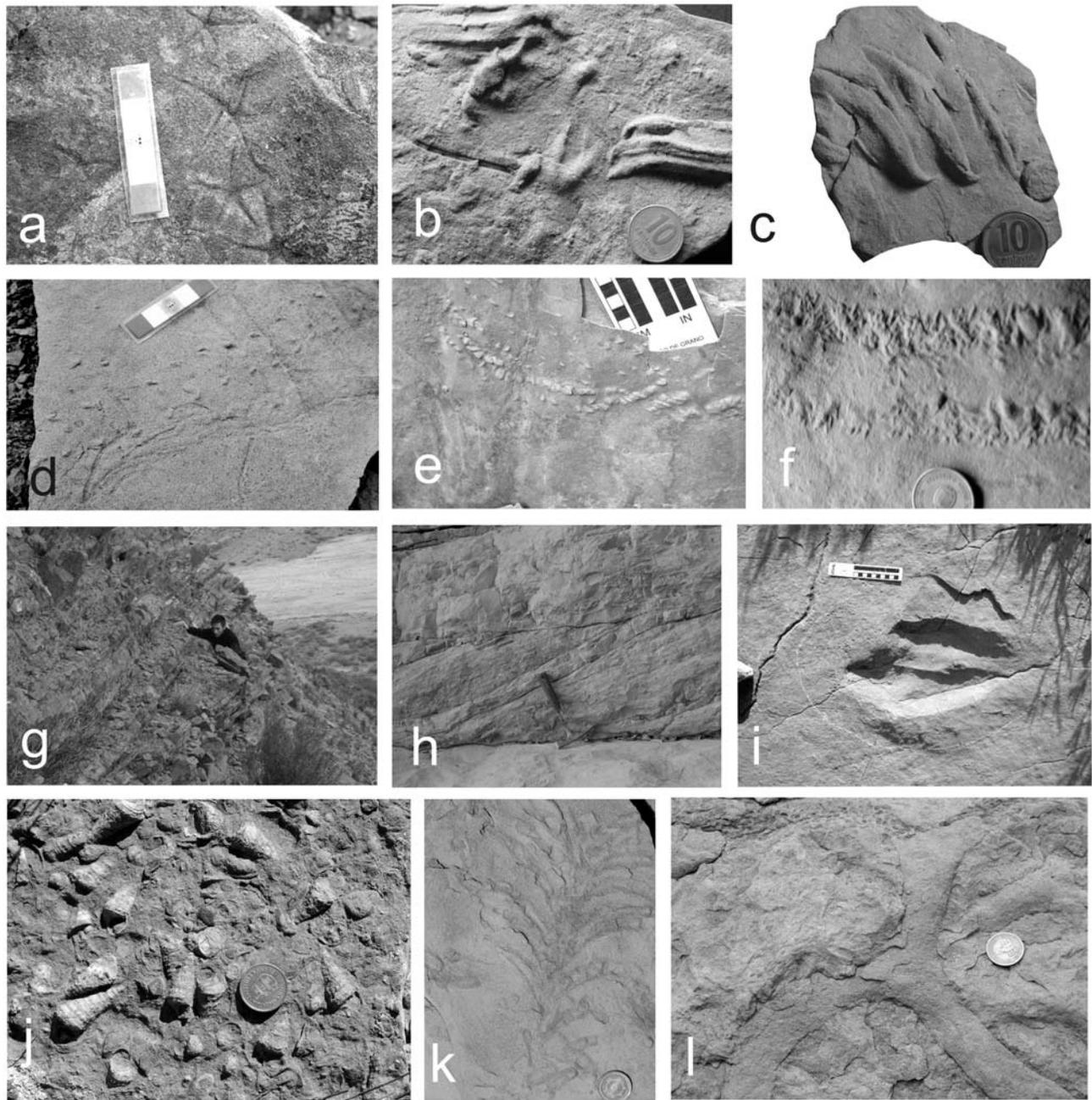


Figura 2: Rasgos sedimentológicos e icnológicos: a) *Asteriacites*, epirrelieve negativo, Vega de Escalone, foto de campo; b) Vega de Escalone: *scratches* de vertebrados subácueos-arrastre, con impresión terminal de dedos (CPBA 20677), trazas en hiporrelieve de *Gyrochorte* (CPBA 20678), cortadas por los *scratches* semejantes a *Characichnos*, hiporrelieve positivo; c) Puerta Curaco, hiporrelieve positivo *scratch* tridígito. CPBA 20679; d) Vega de Escalone: CPBA 20680, trazas de locomoción de artrópodos (*Diplichnites*?) que cortan a *Gyrochorte* (CPBA 20681), hiporrelieve positivo; e) Vega de Escalone: trazas de locomoción de artrópodos, mostrando desplazamientos laterales, hiporrelieve positivo, foto de campo; f) Vega de Escalone: traza de locomoción de un posible artrópodo con apéndices indiferenciados, hiporrelieve positivo CPBA 20682; g) Vega de Escalone: vista de superficie heterolítica con acreción lateral; h) superficies de reactivación con cortinas de fango; i) huella tridáctila de terópodo en cerro Rayoso, hiporrelieve positivo; j) Bajada del Agrio: coquina integrada por gastrópodos potamídidos con coberturas de briozoarios y serpúlidos, foto de campo; k) Mina La Continental: formas ramosas de *Hillichnus* hiporrelieve, foto de campo; l) Bajada del Agrio, *Ophiomorpha* en hiporrelieve, obsérvense los moldes de pellets en el sector superior y las bifurcaciones horizontales, foto de campo.

ras semejantes. Esto último es muy frecuente en ambientes continentales (p. ej. Walter 1982, Swanson y Carlson 2002,

Melchor y Sarjeant 2004) pero posiblemente uno de los pocos registros en ambientes marino marginales. En el material

aquí documentado, no se infiere que se trate de bajotrazas (*undertracks*), dado que la preservación incluye buen detalle y en

el caso de la muestra de Puerta Curaco el relieve de la traza es muy marcado y profundo, con bordes muy netos. Sin embargo, en lo que se refiere a la evidencia de natación o su generación en sustratos emergidos, dado que no existe ninguna otra evidencia secundaria de exposición subaérea, resulta más probable un registro subáqueo por natación o inmersión ocasional en un ambiente que posiblemente pueda quedar expuesto. En cualquier caso, estas trazas son importantes para mostrar que la cuenca se hallaba expuesta o cuasi-expuesta en dicho intervalo estratigráfico y en dichas localidades. Dado que las trazas siempre aparecen como hiporelieves convexos, en la interfase pelita-arenisca, es posible que el sustrato fangoso haya permitido una buena preservación, por la existencia de pegamentos orgánicos (*bioglué*), matas microbiales, tal vez en algunos casos expuestas. La importancia de películas de fango y *bioglué* (cf. Seilacher 2007) es fundamental para la preservación de delicadas icnotaxobases; particularmente ésto es destacable cuando se trata de trazas de locomoción de invertebrados, donde la preservación de apéndices aumenta con la consistencia del sustrato.

Como ejemplo de *scratches* posiblemente de natación de vertebrados se presenta un ejemplar aislado (CPBA 20679) encontrado en las inmediaciones de la localidad de Puerta Curaco (Fig. 2c) y otra laja (CPBA 20677) proveniente de localidad de Vega de Escalone (Fig. 2b). En el último caso corresponde a material colectado en la facies D de Rodríguez *et al.* (2007), junto con trazas de invertebrados artrópodos, donde se marca un pasaje desde condiciones dominadas por oleaje a otras dominadas por mareas. Representan *scratches* de pequeños vertebrados, posiblemente cocodrilomorfos (Fig. 2b) o salamandroides (Fig. 2c) semejantes a *Characichnos*, aunque sin formar rastrilladas, si se compara con las morfologías descritas por los autores previamente mencionados (véase Whyte y Romano 2001, Melchor y Sarjeant 2004). En el material de Puerta Curaco (Fig. 2c) el nivel de preser-

vación de los dedos hundiéndose en un sustrato mixto es muy bueno (CPBA 20679), dejando evidencias del arrastre o movimiento perfectamente preservado. En la localidad de Vega de Escalone, se documentaron trazas de locomoción de artrópodos, con apéndices diferenciados (Fig. 2d) tipo *Diplichmites* (CPBA 20680), movimientos laterales de artrópodos (Fig. 2e), muy semejantes a formas reconocidas en las cruzianiformes por locomoción y trazas dudosamente atribuidas a artrópodos (CPBA 20682) pero claramente con apéndices indiferenciados (Fig. 2f). La combinación de trazas de vertebrados e invertebrados en la Facies D de Rodríguez *et al.* (2007) aparece junto a estructuras entrecruzadas con indicadores de paleotransporte bipolares, indicativas de mareas, a las que se agregan estratificación heterolítica inclinada, producto de la migración lateral de canales (Fig. 2g) en un medio con influencia mareal, y sugieren un ambiente marino marginal, extremadamente somero, que evoluciona transgresivamente hacia facies marinas normales en intervalos suprayacentes. El contacto entre las facies C y D de Rodríguez *et al.* (2007), podría indicar controles alocíclicos dado el cambio en el patrón de apilamiento que se torna transgresivo, granodecreciente y profundizante. Los cambios sedimentológicos están acompañados por un cambio en la icnofauna ya que las trazas aquí analizadas no aparecen en la facies C de dichos autores.

Formación Agrio

En la sección superior del miembro superior o Agua de la Mula (cf. Leanza y Hugo 2001) se han reconocido abundantes rasgos mareales, como estratificación heterolítica inclinada, estructuras bipolares, cortinas de fango (Fig. 2h), evidencias de exposición subaérea como grietas de desecación poco preservadas y fundamentalmente, abundantes rastrilladas de terópodos, que aparecen en niveles con microondulitas de oleaje (Pazos *et al.* 2008a) en las inmediaciones de Mina La Continental o en el flanco oriental del anticlinal del cerro Rayoso (Fig. 2i). Asimismo,

una atípica fauna, comparada con registros previos en la cuenca, está computada por gastrópodos potamididos (Fig. 2j) para el intervalo cuspidal de la Formación Agrio, presentes en numerosas localidades de la cuenca. Las coquinas con gastrópodos contienen ejemplares recubiertos por masas de serpulidos y briozoarios, que son indicativos de ambientes sometidos a condiciones intermareales a submareales, cambios de salinidad y condiciones estresantes (Taylor *et al.* 2009). A ello debe agregarse estructuras tridimensionales ramosas (Fig. 2k) recientemente dadas a conocer por Pazos *et al.* (2008b) muy complejas y atribuibles a *Hillichnus* que acreditan la presencia de bivalvos tellínidos, nunca registrados corpóreamente en todo el Cretácico de la cuenca Neuquina. En conjunto, estas trazas y las características litofaciales evidencian un marco depositacional completamente diferente del sugerido oportunamente por Legarreta (2002) que en su mapa de facies sugiere facies más profundas sin exposición subaérea, al menos para la zona de Mina La Continental- Cerro Rayoso, donde además se documentan rasgos mareales.

ESTUDIOS FUTUROS

Hasta el presente no se cuenta con estudios detallados y sistemáticos en el miembro inferior o Pilmatué de la Formación Agrio, donde se han identificado robustos ejemplares de *Ophiomorpha* (Fig. 2l). Tampoco se cuenta con estudios sistemáticos de bioerosión en ninguno de los intervalos marinos de la cuenca. Asimismo, el registro de trazas producidas por la meiofauna (cf. Knaust 2007) no ha sido explorado hasta el presente.

Una mención especial merecen las turbiditas de la Formación Molles, importantes desde el punto de vista petrolífero y bioestratigráfico. Resulta llamativo que la existencia de flujos gravitatorios (turbiditas-hiperpícnitas) que resultan excelentes fuentes de preservación de icnofaunas pre-evento depositacional (*event-bed*), no hayan sido estudiadas. Su investigación

podría aportar considerables inferencias acerca de la ciclicidad y colonización del medio y permitiría comparar dichos depósitos con las icnofacunas registradas en turbiditas-hiperpícnitas, por ejemplo, del Cenozoico de la cuenca Austral, donde grafoglíptidos y trazas de pastoreo son marcadamente abundantes (p. ej. Ponce *et al.* 2007, Carmona *et al.* 2008)

Finalmente, es oportuno destacar que es abundante el material que puede ser analizado a partir de testigos corona, con el consiguiente refinamiento en las interpretaciones paleoambientales, detección de discontinuidades de valor estratigráfico y, por sobre todo, entender cómo las modificaciones que produce la bioturbación aumentan o disminuyen la calidad de un reservorio a través de cambios en valores de permeabilidad (Pemberton y Gingras 2005). En definitiva, la cuenca Neuquina propone el desafío de analizar y discutir modelos icnológicos existentes, refinar interpretaciones paleoambientales previas o modificarlas y entender las variaciones de permeabilidad producto de modificaciones en la fábrica primaria (icnofábrica), así como establecer marcos estratigráficos secuenciales de alta frecuencia en secciones de afloramiento y subsuelo. Todo ello se encuentra en sus comienzos, con el desarrollo de tesis doctorales y sin lugar a dudas producirá en un futuro no tal lejano, cambios en la visión de la evolución paleoambiental de muchos de los intervalos marinos de la cuenca Neuquina.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realiza una síntesis de los registros icnológicos documentados en unidades marinas de la cuenca Neuquina, que muestran que dichos estudios están poco desarrollados si se los compara con el conocimiento existente sobre otros aspectos geológicos y paleontológicos.

Sobre la base de material ilustrado previamente se documentan los icnofósiles registrados en las unidades marinas de la cuenca, siguiendo un ordenamiento es-

tratigráfico acorde con los esquemas estratigráficos secuenciales. También se discuten los registros documentados que aparecen como anómalos, por ser incongruentes con las condiciones batimétricas preestablecidas o por constituir ejemplos muy poco frecuentes en el registro geológico.

Se da a conocer nuevo material, sobre el que es necesario efectuar estudios icnotaxonómicos detallados, pero que *prima facie* son importantes por constituir hallazgos que anteceden al registro de fósiles corpóreos de los productores. Como ejemplo de ello, se documentan huellas tridáctilas de dinosaurios terópodos, estructuras producidas por pequeños vertebrados, del tipo salamandroides o cocodrilmorfos, que documentan natación en un cuerpo de agua muy somero o emersión y posterior desplazamiento de los mismos en sustratos que adquirieron consistencia por actividad orgánica (matas microbiales?). Se dan a conocer trazas producidas por artrópodos que muestran apéndices diferenciados e indiferenciados, que aparecen en intervalos con trazas de natación o arrastre de pequeños vertebrados. Los ejemplos analizados, constituyen una muestra de cómo la icnología en forma conjunta con observaciones litofaciales de detalle refinan las interpretaciones paleoambientales, ya sea batimétricas, energéticas, de salinidad y enriquecen el conocimiento de la paleocomunidad presente.

Finalmente, se mencionan las unidades pendientes de estudio, o aquellos aspectos icnológicos nunca abordados en detalle como la bioerosión, estudios de meiofauna, variaciones en la permeabilidad. Esta contribución constituye una actualización del conocimiento icnológico de la cuenca Neuquina en sus intervalos marinos y anticipa modificaciones en los esquemas paleoambientales vigentes particularmente para las Formaciones Mulichinco y Agrío, con las indiscutibles consecuencias que éste puede tener en la exploración de hidrocarburos, ya sea para la búsqueda de reservorios, estudios de permeabilidad en subsuelo, y esquemas paleo-

ogeográficos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible por el financiamiento de los proyectos BID 1728 OC-AR PICT 189 y PIP 5960. La discusión de aspectos paleontológicos con el Dr. Darío Lazo, el aporte de material de Puerta Curaco por la Dra. Andrea Concheyro y por compartir trabajos de campo y la colaboración de la Lic. Diana E. Fernández, Dra. Débora Rodríguez, Srta. Romina Cirigliano y la invitación de la Dra. M. B. Aguirre-Urreta y Dr. Ernesto Cristallini a participar del simposio, son sinceramente agradecidas. Las observaciones detalladas de los revisores del manuscrito Mariano Verde (Universidad de la República, Uruguay) y Ricardo Melchor (Universidad Nacional de La Pampa) han sido muy útiles para el mejoramiento del trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre-Urreta, M.B. y Rawson, P.F. 1997. The ammonite sequence in the Agrío Formation (Lower Cretaceous), Neuquén basin, Argentina. *Geological Magazine* 134: 449-458.
- Aguirre-Urreta, M.B., Rawson, P.F., Concheyro, G.A., Bown, P.R. y Ottone, E.G. 2005. Lower Cretaceous Biostratigraphy of the Neuquén Basin. 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 Special Publication 252: 57-82, London.
- Aguirre-Urreta, M.B., Mourgues, F.A., Rawson, P.F., Bulot, L.G. y Jaillard, E. 2007. The Lower Cretaceous Chañarcillo and Neuquén Andean basins: ammonoid biostratigraphy and correlations. *Geological Journal* 42: 143-173.
- Aguirre-Urreta, M.B., Pazos, P.J., Lazo, D.G., Fanning C.M., Litvak, V.D. 2008a. First U-Pb shrimp age of the Hauterivian stage, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 91-99.
- Aguirre-Urreta, M.B., Pazos, P.J., Ramos, V.A., Ottone, E.G., Laprida, C. y Lazo, D.G. 2008b. The Pichaihue Limestones (Late Cretaceous) in the Agrío fold and thrust belt, Neuquén

- Basin, Argentina. 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice) Extended Abstracts: 33-36.
- Bromley, R. 1996. Trace Fossils: Biology, Taphonomy and Applications. Second edition, Chapman & Hall, 361 p., London.
- Bromley, R.G. y Asgaard, U. 1991. Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. *Lethaia* 24: 153-163.
- Carmona, N.B., Ponce, J.J., Olivero, E., López Cabrera, M.I. y Martinioni, D. 2008. Ichnology of Miocene hyperpicnites in the foreland austral basin, Tierra del Fuego Argentina. 2nd International Congress on Ichnology (Krakow), Abstracts: 26.
- Dashtgard, S.E., Gingras, M.K. y Pemberton, S.G. 2008. Grain-size controls of the occurrence of bioturbation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 257: 224-243.
- Doyle, P. Poiré, D.G., Spalletti, L.A., Pirrie, D., Brenchley, P. y Matheos, S. 2005. Relative oxygenation of the Thitonian-Valanginian Vaca Muerta-Chachao Formations of the Mendoza shelf, Neuquén Basin, Argentina. 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 Special Publication 252: 185-206, London.
- Fernández, D.E. 2008. Icnología de facies transicionales mixtas en el techo de la Formación Agrio en su localidad tipo. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédito), 126 p., Buenos Aires.
- Gasparini, Z. y Fernández M. 2005. Jurassic marine reptiles of the Neuquén Basin records, faunas and their paleogeographic significance. 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 Special Publication 252: 279-294, London.
- Genise, J. Mangano, M.G. Buatois, L.A., Laza, J. H y Verde, M. 2000. Insect trace fossil associations in paleosoils: The *Copriniaphaera* ichnofacies. *Palaios* 15: 49-64.
- Gingras, M., Pemberton, S.G. y Saunders, T. 2000. Firmness profiles associated with tidal-creek deposits: the temporal significance of Glossifungites assemblages. *Journal of Sedimentary Research* 70(5): 1017-1025.
- Knaust, D. 2007. Invertebrate trace fossils and ichnodiversity in shallow-marine carbonates of the German Middle Triassic (Muschelkalk). En Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism interactions: a Multifaceted Ichnology*, SEPM Special Publication 88: 223-240.
- Lanés, S., Manceño, M. y Damborenea, S. 2007. *Lapispira*: a double helicoidal burrow from Jurassic marine nearshore environments. En Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism Interactions: a Multifaceted Ichnology*, SEPM Special Publication 88: 59-78.
- Lazo, D.G., Cichowolski, M., Rodríguez, D.L. y Aguirre-Urreta, M.B. 2005. Lithofacies, palaeoecology and palaeoenvironments of the Agrio Formation, Lower Cretaceous of the Neuquén basin, Argentina. 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*, The Geological Society Special Publication 252: 295-315, London.
- Lazo, D.G., Palma, R.M. y Piethé, R. 2008. La traza *Dactyloidites ottoii* (Geinitz) en la Formación La Manga, Oxfordiano, Mendoza. *Nota Paleontológica. Ameghiniana* 45(2): 126-132.
- Leanza, H.A. y Hugo, C. 2001. Hoja Geológica Zapala, Hoja 3969-I, 1:250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 275: 1-128.
- Legarreta, L. 2002. Eventos de desecación en la Cuenca Neuquina: Depósitos continentales y distribución de hidrocarburos. 5^o Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas digitales, Buenos Aires.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior, Argentina). En Chebli, G. y Spalletti, L.A. (eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica 6: 221-243.
- Lettley, C., Gingras, M.K., Pearson, N. y Pemberton, S.G. 2007. Burrowed stitfgrounds on estuarine point bars: Modern and ancient examples, and criteria for their discrimination from firmgrounds developed along omission surfaces. En Pemberton, S.G. (ed.) *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration: a Core Workshop*. SEPM Core Workshop 17: 325-334.
- Malpas, J. 2000. Integrated sedimentology and paleoenvironmental analysis of marine flooding surfaces: a case study of the Miocene, Nahkul Formation, Gulf of Suez. *American Association Petroleum Geologists, Bulletin* 84: 1967-1868.
- MacEachern, J.A. y Gingras, M. 2007. Recognition of a brackish water trace fossils suites in the Cretaceous Western Interior Seaway of Alberta, Canada. En Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism Interactions: a Multifaceted Ichnology*, SEPM Special Publication 88:149-194.
- MacEachern, J.A., Raychaudhuri, I. y Pemberton, S.G. 1992. Stratigraphic applications of the Glossifungites ichnofacies: delineating discontinuities in the rock record. En Pemberton, S.G. (ed.) *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration: a Core Workshop*. SEPM Core Workshop 17: 169-198.
- MacEachern, J.A., Bann, K., Pemberton, S.G. y Gingras, M. 2007a. The Ichnofacies paradigm: high-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. En MacEachern, J.A. *et al.* (eds.) *Applied Ichnology*, SEPM Short Course Notes 52: 27-64.
- MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., Bann, K. y Gingras, M. 2007b. Departures from archetypal ichnofacies: effective recognition of environmental stress in the rock record. En MacEachern *et al.* (eds), *Applied Ichnology*, SEPM Short Course Notes 52: 65-94.
- 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. In Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism Interactions: a Multifaceted Ichnology*. SEPM Special Publication 88. 195-212.
- McIlroy, D. 2008. Ichnological Analysis: the common ground between ichnofacies workers and Ichnofabric analysts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 270(3-4): 332-338.
- McIlroy, D., Flint, S., Howell, J.A y 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, London.

- Melchor, R. y Sarjeant, W.A. 2004. Small amphibian and reptile footprints from the Permian Carapacha Basin, Argentina. *Ichnos* 11: 57-78.
- Pazos, P.J., Lazo, D.G. y Aguirre-Urreta, M.B., 2007. Tetrapod and invertebrate trace fossils in marginal marine facies, Agrio Formation, Neuquén Basin. *Quinta Reunión Argentina de Icnología y Tercera Reunión de Icnología del MERCOSUR (Ushuaia)*, Resúmenes: 28.
- Pazos, P.J., Ottone, G. y Aguirre-Urreta, M.B., 2008a. Del Chorreadense de Groeber (1946) al Miembro Choreado: consecuencias estratigráficas. 17º Congreso Geológico Argentino (Jujuy), Actas 2: 793.
- Pazos, P.J., Lazo, D.G. y Aguirre-Urreta, M.B. 2008b. Trace fossils produced by tellinacean bivalves in tidal flats, Lower Cretaceous, Neuquén Basin, Argentina. 2nd. International Congress on Ichnology (Krakow), Abstracts: 98.
- Pazos, P.J., Fernández, D.E., Lazo, D.G., Tunik, M., Marsicano, C. y Aguirre-Urreta, M.B. 2008c. Ichnology of mixed carbonate-siliciclastic tidal flats, lower cretaceous, Neuquén basin, Argentina. 2nd. International Congress on Ichnology (Krakow), Abstracts: 99.
- Pemberton, S.G. y Gingras, M.K. 2005. Classification and characterizations of biogenically enhanced permeability. *AAPG Bulletin* 89 (11): 1493-1517.
- Pemberton, S.G., Spila, M., Pulham, A.J., Saunders, T., Robbins, D. y Sinclair, I.K. 2001. Ichnology and sedimentology of shallow marginal marine systems. *Geological Association of Canada, Short Course* 15: 1-154.
- Ponce, J.J., Olivero, E., Martinioni, D.R. y López Cabrera, M.I. 2007. Sustained and episodic gravity flow deposits and related bioturbation patterns in the Paleogene turbidites (Tierra del Fuego, Argentina). En Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism interactions: a Multifaceted Ichnology*, SEPM Special Publication 88: 253-266.
- Ramos, V.A. y Folguera, A. 2005. A tectonic evolution of the Andes of the Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland basin. 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 Publication 252: 15-36, London.
- Rodríguez, D., Pazos, P.J. y Aguirre-Urreta, M.B. 2007. Lower Cretaceous ophiuroid trace fossils from the Neuquén Basin, western Argentina. En Bromley, R. *et al.* (eds.) *Sediment-Organism interactions: a Multifaceted Ichnology*, SEPM Special Publication 88: 98-105.
- Sagasti, G. 2005. Hemipelagic record of orbitally-induced dilution cycles in Lower cretaceous sediments of the Neuquén Basin. 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 Special Publication 252: 231-250, London.
- Schwarz, E. y Howell, J.A. 2005. Sedimentary evolution and depositional architecture of a lowstand sequence set: the Lower Cretaceous Mulichinco 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 Publication 252: 109-138, London.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology* 5: 413-428.
- Spalletti, L.A., Poire, D., Pirrie, D., Matheos, S. y Doyle, P. 2001. Respuesta sedimentológica a cambios en el nivel de base en una secuencia mixta clástica-carbonática del Cretácico de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 14: 57-74.
- Strömback, A., Howell, J.A. y Veiga, G.D. 2005. The transgression of an erg-sedimentation and reworking/soft sediment deformation of Aeolian facies: the Cretaceous Troncoso Member, 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 Publication 252: 163-184, London.
- Swanson, B. y Carlson, K. 2002. Walk, Wade or Swim?. Vertebrate traces on an Early Permian Lakeshore. *Palaos* 17:123-133.
- Taylor, A.M., Goldring, R. y Gowland, S. 2003. Analysis and applications of ichnofabrics. *Earth Science Reviews* 60(3-4): 227-259.
- Taylor, P.D., Lazo, D.G. y Aguirre-Urreta, M.B. 2009. Early Cretaceous bryozoans from Argentina: a "by-catch" fauna from the Agrio Formation (Neuquén Basin). *Cretaceous Research* 30: 193-2003.
- Uchman, A. 2004. Phanerozoic history of the deep-sea trace fossils. In McIlroy, D. (ed.) *The application of ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis*, Geological Society Special Publication 228: 125-140, London.
- Veiga, G.D., Howell, J.A. y Strömback, A. 2005. Anatomy of a mixed marine-nonmarine lowstand wedge in a ramp setting. The record of the Barremian-Aptian complex relative sea-level fall in the central 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 Publication 252: 163-184.
- Walter, H. 1982. Zur Ichnologie der Oberen Hornburger Schichten des ostelichchen Harvorlandes. *Freiberg Forschungsheft C* 366, 3: 45-63.
- Wetzel, A. 2008. Recent bioturbation in the deep South China Sea: an uniformitarian ichnologic approach. *Palaos* 23: 601-615.
- Whyte, M.A. y Romano, M. 2001. A dinosaur ichnocoenosis from the Middle Jurassic of Yorkshire, UK. *Ichnos* 8: 223-234.

Recibido: 2009
 Aceptado: 2009