

La icnofacies de *Glossifungites* en la Formación Salamanca, Paleoceno, paraje Campamento Villegas, Chubut, Argentina

María Fernanda RODRÍGUEZ^{1,2} y José Luis PANZA¹

Abstract. THE *GLOSSIFUNGITES* ICHNOFACIES IN THE SALAMANCA FORMATION, PALEOCENE, CAMPAMENTO VILLEGAS, CHUBUT, ARGENTINA. The firmground *Glossifungites* ichnofacies is recorded in marginal to shallow marine deposits of the Salamanca Formation (Danian) at Campamento Villegas (Chubut). The trace fossil suite is a low diversity, firmground association dominated by dense *Thalassinoides* burrows, related to the erosive exhumation of restricted estuarine bay muds. The sandy littoral facies overlying the discontinuity support the recognition of a wave ravinement surface due to transgressive shoreface retreat.

Resumen. Se ha reconocido la icnofacies de *Glossifungites* de sustrato firme en depósitos marino marginales a marinos someros de la Formación Salamanca (Daniano) aflorante en cercanías de Campamento Villegas (Chubut). Se trata de una asociación de trazas fósiles de sustrato firme, de baja diversidad, dominada por densas excavaciones de *Thalassinoides*, relacionada con la exhumación erosiva de depósitos pelíticos correspondientes a una bahía estuarina restringida. Las facies litorales arenosas que suprayacen a la discontinuidad sustentan el reconocimiento de una superficie de ravinamiento de oleaje originada por el retroceso transgresivo del *shoreface*.

Key words. Argentina. Chubut. Paleocene. Salamanca Formation. Ichnology. *Glossifungites* ichnofacies.

Palabras clave. Argentina. Chubut. Paleoceno. Formación Salamanca. Icnología. Icnofacies de *Glossifungites*.

Introducción

Las icnofacies sustrato-controladas han sido extensamente analizadas en la literatura, en particular aquéllas que caracterizan a sustratos duros en depósitos carbonáticos. Uno de los aspectos más destacables en relación con ellas es su importancia en la identificación de superficies de discontinuidad estratigráfica. En secuencias clásticas, la icnofacies sustrato-controlada más común es la icnofacies de *Glossifungites*. Redefinida por Frey y Seilacher (1980), esta icnofacies se asocia a sustratos firmes o semilitificados que deben su origen a exposición subaérea o a compactación y exhumación erosiva subsecuente de depósitos pelíticos (MacEachern *et al.*, 1992). Esta icnofacies presenta un amplio rango ambiental, ya que la exhumación de sedimentos compactados puede tener lugar en ambientes someros como resultado de la erosión costanera, o en ambientes profundos por la acción erosiva de canales submarinos en sedimen-

tos previamente depositados (Pemberton *et al.*, 1992). Una característica importante de la acción de los organismos en sustratos firmes es que puede destacar la presencia de discontinuidades erosivas, facilitando su reconocimiento e interpretación genética (MacEachern *et al.*, 1992). Así, en diversos trabajos se ha aprovechado la información icnológica para evaluar las implicancias estratigráficas de estos horizontes (Pemberton *et al.*, 1992; MacEachern *et al.*, 1992).

En este trabajo se presenta un ejemplo de la icnofacies de *Glossifungites* en depósitos marinos marginales a marinos someros de la Formación Salamanca aflorantes en el valle inferior del río Chubut.

La asociación de trazas fósiles analizada aquí refleja un cambio abrupto en las condiciones que anteceden y suceden a un evento erosivo, y constituye un elemento de importancia para evaluar el significado estratigráfico del horizonte al cual se relaciona.

Marco geológico

El área de interés se ubica dentro de un importante distrito minero de caolín y arcillas situado en el valle inferior del río Chubut. En la figura 1 se presenta el mapa geológico de este sector, basado en

¹Servicio Geológico Minero Argentino. Julio A. Roca 651, 10º piso (1322) Buenos Aires, Argentina.

mafrod@secind.mecon.gov.ar

²Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428 Buenos Aires, Argentina.

Figura 1. Mapa de ubicación y mapa geológico del área de Campamento Villegas (modificado de Panza, 2000). / *Location and geologic map of the Campamento Villegas area (modified from Panza, 2000).*

Panza (2000). Las observaciones fueron realizadas principalmente en canteras activas, que proporcionan buenas exposiciones de las sedimentitas paleógenas. Las localidades más importantes para el objetivo del trabajo son las canteras Chenque, La Chiquita, Valeriana, Linares, Don Lucho, Villanueva, Cardenal, Marito y Cholita (figura 1).

La Formación Salamanca (Daniano) está representada en esta región por una sucesión sedimentaria de 30 m de espesor máximo, depositada bajo condiciones marino-marginales hasta marinas poco profundas. Se distinguen dos secciones dentro de la uni-

dad: una inferior esencialmente silicoclástica y una superior carbonático-clástica (figura 2). Cabe señalar que estas rocas fueron denominadas por otros autores como Formación Cañadón Iglesias (Lapido y Page, 1979); la ausencia de diferencias significativas con la Formación Salamanca llevó a Spalletti (1980), Panza (1981) y Sacomani y Panza (1999) a desechar esa denominación, criterio que se sigue en este trabajo.

Las sedimentitas paleógenas yacen en discordancia sobre ignimbritas y riolitas de la Formación Marifil (Jurásico Inferior a Medio), intensamente cao-

concordancia a la Formación Río Chico (Paleoceno) y en discordancia a la Formación Sarmiento (Eoceno-Oligoceno), a la Formación Montemayor (Plioceno) o bien está truncada por los niveles antiguos de terrazas del río Chubut.

Facies

Sobre la base de las observaciones realizadas en la margen norte del río Chubut, se realizó un perfil integrado de la unidad (figura 2). En las distintas secciones analizadas, los afloramientos de la Formación Salamanca presentan un tramo inferior predominantemente clástico caracterizado por una importante variación lateral de facies, y un tramo superior comparativamente menos potente, carbonático-clástico, con mayor continuidad lateral. Las litofacies reconocidas fueron:

a. Pelitas: son arcilitas y limolitas grises a negras, en general masivas, fragmentosas, dispuestas en estratos tabulares a lenticulares muy extendidos. Están ampliamente distribuidas, se registran en todos los perfiles con espesores variables. Localmente aparecen laminadas o como alternancias muy delgadas de arcilla y limo. Pueden contener concreciones carbonáticas de gran tamaño y planchas de yeso. Muy localmente (cantera La Chiquita), se reconocieron limolitas masivas con marcas de raíces. Los restos fósiles son poco abundantes; se hallaron improntas de hojas de palmeras y otras angiospermas acumuladas en el relleno de un pequeño canal, algunos restos de troncos y foraminíferos escasos y mal preservados (Malumián, 2000) en las canteras Don Lucho y La Chiquita. No se hallaron restos de megafauna, y la bioturbación es escasa y poco definida, exceptuando el contacto superior de esta facies, que está caracterizado en algunas localidades de la margen norte del río Chubut por la asociación de trazas fósiles objeto de este trabajo.

b. Pelitas y areniscas intercaladas: conforman paquetes heterolíticos que se sobreponen o reemplazan lateralmente a las facies de pelitas. En algunos sectores se observan pelitas rosadas con lentes arenosas medianas a gruesas; las lentes pueden tener hasta 20 cm de espesor, presentan artesas y clastos blandos en la base. En ocasiones, se ven estructuras de deformación sinsedimentaria en las pelitas. Esta facies está claramente expuesta en la cantera Valeriana. La bioturbación es escasa; localmente, aparecen estructuras horizontales que se identificaron como *Palaeophycus*.

c. Areniscas medianas a finas con estratificación entrecruzada: son en general areniscas cuarzosas a líticas, con escasa matriz, que se disponen en cuerpos lenticulares extendidos del orden de 1-2 m de espesor. Las estructuras pueden ser estratificación entrecruzada planar, tangencial simple, o en artesa. En algunos ca-

Figura 2. Perfil integrado de la Formación Salamanca en la margen norte del río Chubut. / *Integrated section of the Salamanca Formation, north margin of the Chubut River.*

linizadas en amplios sectores. La relación entre ambas unidades permite inferir la existencia de un paleorrelieve con escaso desnivel, pero localmente irregular; así, en algunas localidades hay un pasaje paraconcordante entre volcanitas caolinizadas y arcilitas paleógenas, en tanto que en otras se observan depósitos de conchillas muy cementados, con abundantes clastos líticos volcánicos, apoyados en discordancia de erosión sobre ignimbritas jurásicas no alteradas.

A su vez, la Formación Salamanca infrayace en

Figura 3. Vista general de los afloramientos de la Formación Salamanca en el sector de las canteras Villanueva - Don Lucho. El contacto entre la sección inferior y la sección superior está en el tope del nivel de arcillitas blanquecinas. Por encima, se disponen areniscas conglomerádicas verdosas con varios niveles de concreciones, y alternancia de areniscas calcáreas y coquinas. / *General view of the Salamanca Formation outcrops in Villanueva - Don Lucho quarries. The boundary between the lower and upper sections lies at the top of the white mudstone bed. Above, greenish pebbly sandstones with several concretionary layers are replaced by alternating calcareous sandstones and coquinas.*

Los se ven alternancias con sedimentos más finos dentro de la laminación, que incluyen material vegetal carbonizado. En la margen norte del río Chubut, aparecen areniscas entrecruzadas planares por debajo de la sección superior de la unidad, o reemplazando lateralmente a las facies pelíticas (cantera Marito, proximidades de la cantera Cardenal). Presentan buena selección y escaso cemento carbonático. En la margen sur del río Chubut (Cantera Cholita) forman cuerpos lenticulares extendidos de 2 a 4 m de espesor. No se hallaron fósiles ni estructuras biogénicas en estas capas; el muestreo micropaleontológico fue estéril.

d. Areniscas medianas a gruesas con estratificación entrecruzada en artesa: son areniscas cuarzosas a líticas, en ocasiones de grano grueso con predominio de cuarzo límpido y anguloso y escasa matriz pelítica. En la margen sur del río Chubut aparecen intercaladas con pelitas masivas, formando estratos tabulares extendidos; muy localmente se asocian a conglomerados en facies de relleno de canal, en tanto que en otros sectores (cantera Valeriana) forman varios cuerpos lenticulares superpuestos a las facies de pelitas. Las bases de las artesas suelen presentar clastos líticos (volcanitas alteradas) tamaño sábulo o grava

fina, o bien intraclastos pelíticos.

e. Areniscas gruesas a conglomerádicas masivas: conforman estratos tabulares del orden de 3 m de espesor; en su composición predomina el cuarzo anguloso y límpido de origen volcánico, con fragmentos líticos subordinados de volcanitas alteradas y bioclastos muy fragmentados. En general son masivas o con laminación horizontal grosera; a veces se observa gradación normal de tamaños de grano. En estas areniscas se reconocen siempre dos o tres niveles de concreciones calcáreas, a veces continuos, en general situados en la mitad superior de los bancos (figuras 3 y 4). Esta facies está bien expuesta en todas las canteras de la margen norte del río Chubut.

f. Conglomerados: en el sector Linares sobreyacen al caolín mediante contacto erosivo. Son matriz-sostenidos, con clastos de volcanitas de 20-30 cm de diámetro y troncos de alrededor de 1 m, en una matriz arenosa gruesa; pasan hacia arriba a areniscas cuarzosas gruesas con estratificación entrecruzada en artesa de gran escala. También se reconocieron conglomerados asociados a las facies de areniscas entrecruzadas en las canteras de la margen sur.

g. Areniscas finas a medianas con cemento carbonáti-

Figura 4. Afloramientos de la Formación Salamanca en el sector Linares. Se apoya en discordancia sobre las volcanitas caolinizadas de la Formación Marifil. Los depósitos de la sección superior comprenden areniscas gruesas macizas con niveles de concreciones, areniscas calcáreas bioturbadas y coquinas. /Salamanca Formation outcrops in the Linares area. The unit lies unconformably above the caolinized volcanites of the Marifil Formation. Upper section deposits comprise massive coarse-grained sandstones with concretionary layers, bioturbated calcareous sandstones and coquinas.

co: presentan color rosado a castaño claro; el grado de consolidación es variable. La composición es cuarzo-lítica, con bioclastos muy fragmentados y abundante cemento carbonático. No se observan estructuras sedimentarias mecánicas. Se presentan por lo común como cuerpos tabulares o lenticulares plano-convexos muy pandos, con espesores de 1 a 3 metros. Los bancos consolidados alternan con otros más friables de características similares. El contenido paleontológico es escaso; pueden reconocerse restos de valvas de ostreidos indeterminables. Suprayacen a areniscas gruesas masivas mediante contacto neto (Sector Linares, figura 4), o bien a facies finas de la sección inferior de la unidad. Por otro lado, pueden aparecer intercaladas con la facies de calizas bioclásticas (Cantera Don Lucho, figura 3). Presentan abundantes estructuras biogénicas, que por lo general se disponen en niveles definidos, y en muchos casos se ven destacadas por la fuerte cementación del relleno. Es común observar en la base de los estratos estructuras bien preservadas como hiporrelieves convexos. Hacia arriba en estos niveles, la densidad de bioturbaciones produce un moteado más o menos grueso que homogeneiza totalmente el depósito. La forma más común es *Thalassinoides paradoxicus*, en tanto que aparecen escasos ejemplares de *T. suevicus* y *Palaeophycus* isp.

h. Calizas bioclásticas: son rocas en general bien

consolidadas, de colores que varían del amarillo ocre al rosado claro. Las estructuras sedimentarias presentes son gradación normal o estratificación entrecruzada planar o en artesa pobremente definida, aunque la mayoría de los bancos son masivos o están profundamente bioturbados. Se observa una proporción dominante de bioclastos en su composición, con grado variable de fragmentación desde baja a muy alta. La mayoría son fragmentos de valvas de moluscos, con corales y briozoarios subordinados. En menor proporción, aparecen litoclastos de volcanitas, en su mayoría alterados (caolinizados), con diámetros que oscilan entre 2 y 10 mm. La matriz es arenosa; predominan los clastos de cuarzo y volcanitas. El cemento carbonático es muy abundante; en muchos casos, aparece un agregado grueso de cristales de calcita reemplazando bioclastos disueltos. La geometría de los cuerpos varía de lentiforme muy extendida con base plana y techo suavemente abovedado a casi tabular, y la estructura interna es compleja. Se apoyan sobre las facies arenosas con cemento carbonático, pero ocasionalmente las coquinas conforman un depósito de tipo residual apoyado mediante contacto erosivo sobre volcanitas sin alterar. La relación bioclastos/matriz determina la existencia de dos tipos básicos dentro de esta facies: coquinas bioclasto-sostenidas (depósitos bioclásticos con empaquetamiento denso) y coquinas matriz-sostenidas (depósitos bio-

clásticos con empaquetamiento suelto a disperso). El contenido paleontológico de estas rocas es: *Pycnodonte (Phygraea) burckhardti* (Bohm); *Pycnodonte (Phygraea) sp*; *Odontogryphaea concors* (Ihering); *Gryphaeostrea callophylla* (Ihering); *Ostrea sp*; *Chlamys salamanca* Ihering; *Venericardia cf. V. feruglioi* Petersen; *Panopea sp cf. P. patagonica* Feruglio; otros bivalvos y gastrópodos no determinados, equinodermos regulares, corales solitarios y briozoos. Las estructuras biogénicas en general se disponen en niveles discretos donde son muy abundantes; predomina netamente *Thalassinoides* isp (canteras Chenque, La Chiquita, Don Lucho, Villanueva, Cardenal y Marito).

i. Areniscas glauconíticas: de grano mediano y grueso hasta sabulítico, friables, presentan color castaño amarillento y verdoso; conforman paquetes de morfología general lenticular, con estructuras entrecruzadas planares. Son glauconíticas, compuestas por litoclastos blanquecinos y oscuros, cristaloclastos de feldespatos y escaso cuarzo (Panza, 2000). En la cantera Chenque aparece un espesor importante de esta facies, superpuesta a las areniscas calcáreas y calizas bioclásticas de la sección superior.

Interpretación de las facies

En los perfiles analizados, se pueden reconocer fácilmente dos asociaciones de facies que caracterizan a la sección inferior y a la sección superior de la unidad, separadas por un límite neto que en muchos casos está densamente bioturbado.

Asociación inferior. Comprende a los depósitos identificados como facies a, b, c, d y f. Los conglomerados (f) y areniscas gruesas entrecruzadas en artesa (d) se disponen erosivamente sobre el sustrato jurásico o intercalados en facies pelíticas (Sector Linares, canteras Valeriana y Don Carlos I, canteras de la margen sur del río Chubut). Las estructuras sedimentarias de las facies d y f indican flujos de energía moderada a alta; la disminución en el tamaño de las formas de lecho y la tendencia granodecreciente indica depósitos de relleno de canal. La ausencia de fósiles y bioturbaciones sugiere condiciones de agua dulce, por lo que se interpreta un origen fluvial para los mismos.

Las pelitas (a), por otro lado, representan depósitos por decantación en un cuerpo de agua restringido, parcialmente conectado con el mar. La presencia de material algo más grueso (limo hasta arena fina) formando láminas indica la acción esporádica de corrientes débiles; la ausencia de megafauna, la bioturbación escasa, representada por trazas de organismos infaunales pobremente definidas, y la presencia local de foraminíferos (Malumián, 2000) es indicado-

ra de condiciones salobres. Es conocida la baja diversidad de las asociaciones faunísticas en este tipo de ambientes (Hudson, 1990), que en general están compuestas por elementos marinos empobrecidos. En las icnofaunas se ha verificado una tendencia similar (Miller, 1984; Pemberton y Wightman, 1992); por otro lado, se incrementa la proporción de estructuras biogénicas intraestratales comparativamente profundas, ya que a cierto nivel dentro del sustrato las condiciones son prácticamente isohalinas (Rhoads, 1975). Las limolitas con marcas de raíces sugieren un ambiente de *salt marsh*, en áreas emergidas permanente o periódicamente; del mismo modo, los restos de angiospermas y troncos hallados indican la cercanía de zonas abundantemente vegetadas.

Las facies pelítico-arenosas finas (b) y cuerpos arenosos con estratificación entrecruzada planar, tangencial o en artesa con abundantes intraclastos arcillosos (c) que reemplazan lateralmente a las facies pelíticas se interpretan como de origen mareal. Las facies heterolíticas finas sugieren planicies de marea, en tanto que los cuerpos arenosos finos a medianos con estratificación entrecruzada corresponden a canales. En estos depósitos es notoria la ausencia de fósiles; la bioturbación escasa (sólo se reconocieron estructuras biogénicas en las facies heterolíticas, representadas por excavaciones horizontales simples) señala condiciones ambientales extremas. Las facies arenosas no muestran bioturbación, lo que puede deberse a condiciones de alta energía vinculadas a la acción de corrientes.

Esta asociación de facies representa un ambiente marginal aislado parcialmente del mar abierto, con dominio mareal; las condiciones inferidas de baja salinidad y la presencia de facies fluviales asociadas indican un origen estuarino para estos depósitos.

Asociación superior. Esta asociación está integrada por las facies de areniscas gruesas a conglomerádicas masivas (e), areniscas con cemento carbonático (g), calizas bioclásticas (h) y areniscas glauconíticas (i), características de la sección superior de la Formación Salamanca. Estas facies se apoyan sobre los depósitos clásticos de la sección inferior y también sobre volcánicas jurásicas que funcionaban previamente como pequeñas áreas emergidas (en estos casos, los afloramientos tienen muy poco espesor y son calizas bioclásticas muy cementadas). Esta asociación de facies se interpreta como el conjunto de depósitos que formaba la barrera fisiográfica que separaba del mar abierto el ambiente marginal restringido representado por la sección inferior.

Las areniscas gruesas, a veces conglomerádicas en la base (e), son depósitos litorales de ambiente marino abierto que se disponen en contacto erosivo, en muchos casos bioturbado, sobre las facies pelítico-

Figura 5. A, Vista en detalle del límite entre las dos secciones, con desarrollo de la icnofacies de *Glossifungites*, en la cantera Don Lucho. *Thalassinoides* isp. con relleno pasivo. Barra: 20 cm. / *Close view of the lower / upper section boundary, with Glossifungites ichnofacies, at Don Lucho quarry. Thalassinoides isp. with passive filling. Scale bar: 20 cm.* **B,** El mismo contacto, en la cantera Villanueva, con excavaciones verticales profundas (flechas) y topografía irregular. Barra: 20 cm. / *Same boundary as figure 5.A at Don Lucho quarry, with deep vertical burrows (arrows) and irregular topography. Scale bar: 20 cm.*

arenosas marginales. La granulometría, la laminación horizontal y gradación normal que se observan en algunos afloramientos de esta facies, indican condiciones de energía alta y flujos no canalizados. Del mismo modo, los niveles de concreciones carbonáticas aisladas o anastomosadas, lateralmente continuos, pueden interpretarse como indicio de acumulaciones de bioclastos que constituyen la fuente de carbonato de calcio para la cementación (Walderhaug y Bjorkum, 1998). En estas areniscas se hallaron asociaciones de foraminíferos muy abundantes y diversas (Malumián, 2000).

Los depósitos predominantemente calcáreos de la sección superior de la unidad se presentan como una serie de cuerpos más o menos lenticulares hasta tabulares de coquinas que se intercalan en areniscas con cemento carbonático muy bioturbadas. La relación de facies y la geometría indican que las calizas bioclásticas (h) comprenden esencialmente depósitos de barras litorales, en tanto que las areniscas calcáreas (g) corresponden a áreas de interbarra, menos afectadas por el oleaje y por lo tanto, más favorables para la colonización.

En la facies de calizas bioclásticas (h), las coquinas bioclasto-sostenidas reflejan la acción de oleaje que selecciona y orienta los bioclastos. Estos depósitos pueden presentar bioturbación esencialmente en los topes, o en capas donde el tamaño de grano es menor.

Las coquinas matriz-sostenidas, que son poco comunes, presentan como característica principal una menor fragmentación de conchillas, gradación normal de tamaños de la fracción bioclástica y disposición de valvas con fábrica sedimentaria anidada; este tipo de fábrica se considera diagnóstico de deposición a partir de flujos densos turbulentos tales como las corrientes generadas por tormentas (Kidwell y Holland, 1991).

Las areniscas con cemento carbonático (g) están siempre densamente bioturbadas, con asociaciones de muy baja diversidad conformadas por *Thalassinoides paradoxicus* y escasos *Palaeophycus* isp., indicando condiciones favorables para la colonización del sustrato en sectores protegidos, poco afectados por el oleaje. La formación de concreciones asociadas a los niveles bioturbados y la presencia de perforaciones en algunas de ellas sugieren períodos de estabilización del fondo y exhumación erosiva posterior.

En conjunto, los depósitos carbonáticos pueden interpretarse como originados en un ambiente litoral, con dominio de oleaje como mecanismo de transporte y acumulación. Finalmente, las areniscas glauconíticas que se superponen a las facies carbonático-clásticas reflejan condiciones algo más profundas dentro del *shoreface*.

En líneas generales, la existencia de importante

bioturbación en el tramo con influencia marina de la Formación Salamanca ya había sido mencionada por Legarreta y Uliana (1994), quienes además atribuyeron a la unidad un ambiente estuarino con influencia mareal. Por su parte, Malumián (1999) indica, para esta misma unidad, sobre la base de las microfaunas, condiciones disaeróbicas, frecuentes fondos blandos y un dominio mareal de condiciones extremas reflejadas por grandes áreas des pobladas.

Iconología

La asociación de trazas fósiles objeto de este trabajo ha sido registrada en el límite entre la sección inferior y superior de la Formación Salamanca, en particular en el contacto entre facies pelíticas o limolíticas (a, b) y areniscas gruesas a conglomerádicas masivas (e) en las canteras Don Lucho, Villanueva, Linares y La Chiquita (figuras 5.A, 5.B, 6.A, 6.B).

Las facies de pelitas (a) presentan bioturbación escasa representada esencialmente por una disrupción difusa de la laminación o cambios texturales muy sutiles; no se reconocieron estructuras discretas identificables. Por su parte en las facies heterolíticas aparecen algunas excavaciones horizontales simples del orden de 0,5 cm de diámetro que se atribuyen a *Palaeophycus* isp.

Por otro lado, las trazas observadas en el contacto son en su gran mayoría sistemas tridimensionales de galerías de organismos infaunales suspensívoros, asimilables al icnogénero *Thalassinoides*. Estas excavaciones cortan a las estructuras difusas presentes en las pelitas; tienen en promedio 2 - 2,5 cm de diámetro, y en algunos casos alcanzan una profundidad de 30-40 cm dentro del estrato pelítico infrayacente. Las paredes son netas y no presentan revestimiento; el relleno es pasivo, compuesto por sedimentos arenosos gruesos a conglomerádicos finos de la capa suprayacente (figuras 5.B, 6.A, 6.B). En ocasiones se observan fragmentos grandes de conchillas en el relleno de las galerías. En el sector Linares (figura 6.A), se observa que las areniscas gruesas depositadas inmediatamente por encima del horizonte bioturbado comúnmente presentan intraclastos pelíticos y clastos de volcanitas alteradas, formando una acumulación de tipo residual de escaso espesor.

En la cantera Villanueva, las estructuras dominantes son excavaciones verticales profundas, labradas en capas de pelitas y areniscas intercaladas, con relleno pasivo compuesto por las areniscas gruesas de la capa superior. Localmente, las excavaciones penetran unos 30 a 40 cm en el sustrato (figura 5.B). Estas estructuras representan muy probablemente las secciones verticales de redes horizontales de galerías más profundas. En el nivel donde se hallaron restos de plantas, se observaron improntas de hojas de

Figura 6. A. Contacto bioturbado en el sector Linares. Excavaciones de paredes netas, rellenas pasivamente por arenas conglomerádicas. / *Bioturbated boundary at Linares area. Sharp-walled, unlined burrows are passively infilled with coarse pebbly sand.* **B.** Icnofacies de *Glossifungites* en la cantera La Chiquita. Las estructuras con relleno pasivo grueso penetran profundamente en limolitas con bioturbación difusa. Barra: 15 cm. / *The Glossifungites ichnofacies at La Chiquita quarry. Passively filled burrows penetrate deeply in diffusely bioturbated siltstones of the lower section.*

palmera atravesadas por estas estructuras.

El contacto bioturbado entre ambas secciones presenta topografía irregular, con ondulaciones marcadas (figuras 5.A, 5.B); en otras localidades (Sector Linares) la densidad de excavaciones es tal que el aspecto del contacto es brechoso (figura 6.A).

Las características observadas en la asociación de trazas descripta concuerdan con la icnofacies de *Glossifungites*, que se desarrolla sobre sustratos firmes pero no litificados, y por lo general está asociada con eventos de erosión submarina que exhuman sedimentos ya compactados y deshidratados (Frey y Seilacher, 1980, MacEachern *et al.*, 1992, Pemberton *et al.*, 1992). La infauna capaz de colonizar estos fondos está compuesta por organismos suspensívoros y/o predadores que excavan estructuras de habitación. La naturaleza cohesiva del sedimento impide su explotación por parte de organismos depositívoros, de manera que las estructuras de alimentación corresponden al período de depositación de las pelitas, y constituyen la icnocenosis que precede a la compactación de los sedimentos. Las relaciones de corte entre las dos asociaciones de estructuras revelan la diferencia temporal entre ambas.

Una de las características más destacadas de las trazas de fondos firmes es la presencia "anómala" de excavaciones verticales que serían imposibles de mantener en fondos fangosos blandos. Por otro lado, el gran porte de las excavaciones contrasta fuertemente con las estructuras pequeñas y predominantemente horizontales que caracterizan a estos fondos (MacEachern *et al.*, 1992). Otra característica que señala la cohesividad del sustrato es la nitidez de las paredes de las trazas y la ausencia de revestimiento. El relleno pasivo, por otra parte, indica la permanencia de galerías abiertas que no colapsaron luego de ser abandonadas por sus constructores.

Finalmente, la densidad de estructuras es también una característica típica de la icnofacies de *Glossifungites*, en la que se observa tendencia a la colonización en grandes números (MacEachern *et al.*, 1992).

El episodio erosivo que exhuma el sustrato se manifiesta por la presencia de un contacto irregular, clastos blandos arrancados, etc. (Buatois y Mángano, 2000). En el caso analizado, la icnofacies se ha desarrollado en el contacto entre facies finas correspondientes a la bahía estuarina y los subsiguientes depósitos litorales de alta energía. La topografía irregular de la superficie y la presencia de un depósito residual observado por encima del contacto en el sector Linares (figura 6.B) señala que el evento erosivo que exhumó el fondo firme también afectó a sectores con volcanitas caolinizadas.

El cambio neto entre los parámetros ambientales previos y posteriores al episodio erosivo se manifiesta también por el contraste entre la icnocenosis resi-

dente y la de sustratos firmes (Buatois y Mángano, 2000). En la primera, las estructuras son escasas, y en los casos en que son identificables corresponden a *Palaeophycus*, un icnogénero ubicuo, que se ha registrado en facies marinas, marginales hasta dulceacuícolas; las características generales de la facies de pelitas señalan condiciones restringidas y probablemente salobres. Por otro lado, la segunda está dominada por un gran número de excavaciones verticales y redes horizontales de *Thalassinoides*, netamente marino (Buatois y Mángano, 2000), que cortan a las trazas de la icnocenosis residente. A partir de este horizonte estratigráfico, *Thalassinoides* es el icnogénero dominante en la sección superior de la unidad, en coincidencia con la aparición de faunas de foraminíferos, y luego de moluscos, corales, equinodermos y briozoos que sugieren condiciones no restringidas y de salinidad normal.

Discusión y conclusiones

La Formación Salamanca en el área de estudio está representada por una sucesión sedimentaria de poco espesor cuya evolución desde facies fluviales a marino-marginales restringidas y finalmente a marinas abiertas es un ejemplo claro de relleno transgresivo de valles estuarinos.

Esta sucesión se apoya en discordancia sobre volcanitas jurásicas mediante una superficie topográficamente irregular. La organización estratigráfica de las facies sugiere que corresponden al sector externo del valle estuarino. Los depósitos de la sección inferior comprenden el relleno inicial fluvial, que puede producirse aún durante las primeras etapas de la transgresión (Zaitlin *et al.*, 1994), seguido por las facies pelíticas, con mayor extensión areal, que se acumularon en la bahía estuarina. Lateralmente, aparecen facies arenosas o areno-pelíticas conformando canales y planicies de mareas. La evidencia paleontológica e icnológica indica condiciones restringidas y salobres.

La sección superior, integrada por facies arenosas, calcáreas y bioclásticas comprende a los depósitos de la boca del estuario y el *shoreface*. El contacto basal erosivo de la sección superior está marcado en algunos sectores por el desarrollo de la icnofacies de *Glossifungites*, a partir de la cual el dominio francamente marino se hace evidente. La discontinuidad bioturbada fue reconocida en localidades distantes entre sí aproximadamente 12,5 km sobre la margen norte del río Chubut. Un análisis detallado de los afloramientos de la margen sur probablemente revele una extensión lateral aún mayor. En el contexto planteado, cabe interpretar al horizonte con *Thalassinoides* y sus equivalentes laterales no bioturbados como una superficie de ravinamiento (Swift, 1968), ori-

ginada por el retroceso erosivo del *shoreface* acontecido durante el progreso de la transgresión. Zaitlin *et al.* (1994), en su análisis del relleno transgresivo de valles estuarinos señalan dos superficies de ravinamiento: mareal y de oleaje. La primera, generada por migración de canales mareales arenosos sobre los depósitos subyacentes y que en general tiene una morfología canalizada, está arealmente restringida. La segunda responde a la migración del *shoreface* que erosiona los depósitos de la boca del estuario preexistentes; presenta geometría planar y mayor continuidad lateral, pudiendo extenderse a sectores fuera del valle estuarino (Zaitlin *et al.*, 1994). Ambas superficies pueden dar lugar al desarrollo de icnofacies de sustrato firme (MacEachern y Pemberton, 1994). En este caso, se interpreta que la discontinuidad analizada corresponde al ravinamiento de oleaje, sobre la base de la extensión lateral detectada, y la presencia de depósitos gruesos no canalizados seguidos por acumulaciones de conchillas suprayaciendo a la misma. La expresión morfológica de esta superficie, incrementada por el desarrollo de la icnofacies de *Glossifungites*, es mucho más notoria que la del límite de secuencia basal. Por otra parte, en sectores donde los depósitos de conchillas de la sección superior se apoyan en discordancia de erosión sobre las volcánicas jurásicas, el contacto constituye la expresión de la superficie de ravinamiento de oleaje que se amalgama con el límite de secuencia en sectores de interfluvio (Zaitlin *et al.*, 1994), fuera de los límites del valle estuarino.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro reconocimiento a M. G. Mángano y L. A. Buatois, por el asesoramiento brindado, la lectura crítica de una primera versión del manuscrito y las sugerencias editoriales; a las autoridades del Servicio Geológico Minero Argentino agradecemos la autorización para publicar este trabajo, derivado de la realización de la Hoja 4366-27 "Campamento Villegas".

Bibliografía

- Buatois, L.A. y M.G. Mángano, 2000. Aplicaciones de la icnología en prospección de hidrocarburos y caracterización de reservorios. *Boletín de Informaciones Petroleras* (Tercera época), 17: 64-85.
- Frey, R.W. y A. Seilacher, 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia* 13: 183-207.
- Hudson, J.D., 1990. Salinity from faunal analysis and geochemistry. En: D.E.G. Briggs and P.R. Crowther (eds.), *Palaeobiology - A Synthesis*. London, Blackwell Scientific Publications, 406-410.
- Kidwell, S.M. and S.M. Holland, 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaiois*, 6: 426-434.
- Lapido, O. y R. Page, 1979. Relaciones estratigráficas y estructura del Bajo de la Tierra Colorada (provincia del Chubut). *Actas 7º Congreso Geológico Argentino* 1: 299-313.
- Legarreta, L. y M. A. Uliana, 1994. Asociaciones de fósiles y hiatos en el Supracretácico-Neógeno de Patagonia: una perspec-

- tiva estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana* 31: 257-281.
- MacEachern, J.A. y S.G. Pemberton, 1994. Ichnological aspects of incised-valley systems from the Viking Formation of the western Canada Sedimentary Basin, Alberta, Canada. En: R. Boyd, B.A. Zaitlin and R. Dalrymple (eds.), *Incised Valley Systems - Origin and Sedimentary Sequences*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 51: 129-157.
- MacEachern, J.A., Raychaudhuri I. and Pemberton, S. G. 1992. Stratigraphic applications of the *Glossifungites* Ichnofacies: Delineating discontinuities in the rock record. En: S. G. Pemberton (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration - A Core Workshop*. SEPM, Core Workshop, 17: 169-198.
- Malumián, N., 1999. La sedimentación y el volcanismo terciarios en la Patagonia Extraandina. En: R. Caminos (ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Anales* 29: 557-612.
- Malumián, N., 2000. [Informe micropaleontológico preliminar sobre los foraminíferos bentónicos de muestras de la Formación Salamanca. Informe Servicio Geológico Minero Argentino, 3 pp. (inédito)].
- Miller, M. F., 1984. Distribution of biogenic structures in Paleozoic nonmarine and marine-margin sequences: an actualistic model. *Journal of Paleontology*, 58: 550 - 570.
- Panza, J.L., 1979. [Descripción geológica de la Hoja 45e Las Plumas, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, informe, 97 pp. (inédito)].
- Panza, J.L., 1981. [Descripción geológica de las Hojas 46e "Gran Laguna Salada" y 47f "Meseta Cuadrada", provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, 227 p. (inédito)].
- Panza, J.L., 2000. [Hoja Geológica 4366-27, Campamento Villegas. Servicio Geológico Minero Argentino. Inédito.]
- Pemberton, S.G., MacEachern J. A. y Frey, R. W. 1992. Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphical significance. En: R.G. Walker & N. James (eds.), *Facies Models: Response to Sea Level Change*. St. Johns, Geological Association of Canada: 47-72.
- Pemberton, S.G. y D.M. Wightman, 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. En: S.G. Pemberton (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration - A Core Workshop*. SEPM, Core Workshop 17: 141-167.
- Rhoads, D.C., 1975. The palaeoecological and environmental significance of trace fossils. En: R. W. Frey (ed.), *The Study of Trace Fossils*. Springer Verlag, New York, 147-160.
- Sacomani, L. y Panza, J.L. 1999. Hoja Geológica 4366-III Las Plumas, provincia del Chubut, escala 1:250.000. Boletín 291, Servicio Geológico Minero Argentino, 95 p.
- Spalletti, L., 1980. *Paleoambientes sedimentarios en secuencias silico-clásticas*. Asociación Geológica Argentina, Serie B 8, 175 p., Buenos Aires.
- Swift D.J.P., 1968. Coastal erosion and transgressive stratigraphy. *Journal of Geology* 76: 444-456.
- Walderhaug, O. and P. A. Bjorkum, 1998. Calcite cement in shallow marine sandstones: growth mechanisms and geometry. *Spec. Publs. International Ass. Sediment.* 26: 179-192.
- Zaitlin, B.A., Dalrymple, R.W. y Boyd, R. 1994. The stratigraphic organization of incised-valley systems associated with relative sea level changes. En: R. Boyd, B. A. Zaitlin and R. Dalrymple, eds.: *Incised Valley Systems - Origin and Sedimentary Sequences*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 51: 45-60.