

Icnofósiles en la Formación Ahuichila, noreste de México

Ichnofossils in the Ahuichila Formation, northeastern Mexico

Samuel Eguiluz-de Antuñano^{1,*}; María Isabel Hernández Ocaña²

¹ Consultor, Ciudad de México; Rinconada Precolombina 103, CDMX.

² Goldengeociencias, Nuevo León; Cádiz No. 827, Colonia Anzures, Benito Juárez.

*seguiluz662@gmail.com

Resumen

En la Formación Ahuichila hay trazas fósiles que se identifican a nivel icnogénico como *Planolites*, *Palaeophycus*, *Cochlichnus*, *Thalassinoides*, *Camborygma* y ?*Protovirgularia*, así como rizolitos. Estas trazas posiblemente se asocian con la icnofacies *Scoyenia*, la cual se caracteriza por desarrollarse en sedimentos detríticos bien oxigenados de planicies de inundación y litoral lacustre. Se describe por primera vez la taxonomía de icnogéneros del Paleógeno en depósitos continentales en el noreste de México. Ante la carencia de fósiles, el conjunto icnogénico ratifica el ambiente de depósito previamente interpretado. Tobas de extracuenca intercaladas en la sucesión datan al depósito como Oligoceno. La Formación Ahuichila tiene asociaciones de litofacies que se interpretan como sub-ambientes de abanico aluvial, fluvial, evaporítico y lacustre somero, en ellos se alojan selectivamente los icnogéneros estudiados. El conjunto de trazas se encuentra en condiciones de flujo hidrodinámico variable, con alternancia de condiciones húmedas y áridas durante su depósito. Deformación de sedimento blando se vincula con la evolución sintectónica de esta formación.

Palabras clave: ambiente fluvio-lacustre, *Camborygma*, *Cochlichnus*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Thalassinoides*.

Abstract

In the Ahuichila Formation there are ichnofossils identified at the ichnogenic level as *Planolites*, *Palaeophycus*, *Cochlichnus*, *Thalassinoides*, *Camborygma* and ?*Protovirgularia*, as well as rhizolites. These fossil traces are linked to the *Scoyenia* ichnofacies, developed in well-oxygenated detrital sediments of floodplains and lake shorelines. For the first time, Paleogene ichnogenes are described in continental deposits in northeastern Mexico. Given the lack of fossils, the ichnogenic group confirms the previously interpreted deposition environment. Extra-basin tuffs interspersed in the succession dated the deposit to the Oligocene. The Ahuichila Formation has lithofacies associations that are interpreted as alluvial, fluvial, evaporite and shallow lacustrine sub-environments, the studied ichnogenes are selectively housed in them. The set of traces is found in conditions of variable hydrodynamic flow, with alternating humid and arid conditions during their deposition. Soft sediment deformation is linked to the syntectonic evolution of this formation.

Keywords: *Camborygma*, *Cochlichnus*, fluvio-lacustrine environment, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Thalassinoides*.

Cómo citar / How to cite: Eguiluz-de Antuñano S., & Hernández Ocaña, M. I. (2024). Icnofósiles en la Formación Ahuichila, noreste de México. *Paleontología Mexicana*, 13(1), 45–55.

Manuscrito recibido: Abril 29, 2023.

Manuscrito corregido: Enero 3, 2024.

Manuscrito aceptado: Enero 5, 2024.



1. Introducción

Las trazas fósiles, ante la ausencia de fósiles, son estructuras que ayudan a interpretar las condiciones ambientales de un depósito sedimentario continental o marino, debido a que la preservación de los icnofósiles es distinta a las de los fósiles corporales. Por ejemplo, algunos organismos de cuerpo blando suelen producir un mucus que ayuda a la precipitación de minerales (Buatois y Mángano, 2008). El estudio de los icnofósiles es un valioso complemento en el análisis de facies sedimentarias y puede ayudar a confirmar o a refinar las interpretaciones de los parámetros paleoambientales como la energía del medio, el tipo de grano, la consolidación del sustrato, batimetría, oxigenación, entre otros aspectos, o bien para proporcionar interpretaciones alternativas (Buatois y Mángano, 2008; 2011).

La carencia de restos fósiles diagnósticos, hasta el momento, en la Formación Ahuichila motiva a los autores a combinar métodos alternos como la identificación icnológica, estratigrafía y sedimentología, con objeto de interpretar el ambiente y sub-ambientes en que se depositaron estas rocas sedimentarias siliciclásticas, carbonatadas y evaporíticas. Este trabajo reporta diversos icnogéneros, con sus correspondientes descripciones, asociados a depósitos continentales (fluvio-lacustres) en el noreste de México, en un entorno tectónico inestable de la Formación Ahuichila (Oligoceno), que aflora en el bajío del mismo nombre, en el estado de Coahuila.

Como antecedentes, Kellum (1932, 1936) describió una unidad conglomerática cenozoica formada por bloques y guijas de caliza, capas de ceniza volcánica y tufa (caliza impura), expuesta en las sierras de Jimulco, España y Praderones, las cuales están distribuidas en Coahuila, Zacatecas y Durango. Schulze (1953) refirió depósitos sedimentarios y volcánicos del Cenozoico en las sierras de la Comarca Lagunera y concluyó que existió vulcanismo previo al depósito de capas de conglomerado compuesto principalmente por clastos de caliza; durante la sedimentación de este conglomerado, el vulcanismo cesó y después continuó. Rogers *et al.* (1956) propusieron el nombre de Formación Ahuichila y designaron su localidad tipo en el bajío del mismo nombre (Figura 1). Para esta formación describieron dos unidades, la unidad inferior con un espesor de ~30 metros, compuesta por capas de arenisca y tobas interestratificadas, con capas delgadas de yeso y estratos ricos con material carbonoso en donde encontraron impresiones de plantas y fragmentos de tallos. La unidad superior es muy potente (> 200 metros), compuesta por conglomerado aparentemente masivo, formado mayormente por guijarros y bloques de caliza, arenisca, pedernal y rocas volcánicas subordinadas. Con base en una comparación subjetiva con el Conglomerado Rojo de Guanajuato estudiado por Edwards (1955) y por Fries *et al.* (1955), Rogers *et al.* (*op. cit.*) a la Formación Ahuichila se le asignó una

edad del Eoceno Tardío. Tardy (1980) documentó que la Formación Ahuichila se divide en tres miembros (conglomerado en la base, arenisca y lutita con yeso en la parte media y limolita en la cima), con más de 500 m de espesor y que yace en discordancia angular sobre las rocas marinas plegadas del Cretácico, e interpretó a esta formación como un depósito de molasa acumulado durante el Paleoceno Tardío y el Mioceno Temprano. Ramírez-Peña *et al.* (2019) argumentan que la Formación Ahuichila se acumuló en el Paleoceno. Eguiluz-de Antuñano *et al.* (2022a) describieron las características litológicas que sirven para identificar cuatro asociaciones de litofacies con subambientes de abanico aluvial, fluvial, evaporítico y lacustre somero intermitente, conjunto que diagnostica un clima variable de humedad y aridez durante su depósito, en una cuenca continental cerrada (Figura 1). Granos de circones obtenidos en tobas de la Formación Ahuichila tienen edades U-Pb de $26.4 \pm 1.1/-0.4$ Ma con el método TuffZirc, mientras que de una capa de arenisca en la parte inferior de esta formación se obtuvo una edad promedio ponderada de 28.1 ± 0.5 Ma (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2022b). Por lo tanto, el depósito de la Formación Ahuichila se puede situar en el Oligoceno. El presente trabajo contribuye al conocimiento existente de la Formación Ahuichila mediante el estudio de sus icnofósiles.

2. Litofacies, icnogéneros y ambientes de depósito de la Formación Ahuichila

Con base en las características litológicas de la Formación Ahuichila en afloramientos del Bajío de Ahuichila (Figura 1), se reconocen cuatro litofacies (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2022a). El criterio empleado para definir cada litofacies es la litología, tamaño de grano, estructuras sedimentarias primarias y estructuras sedimentarias biogénicas. Mediante el diagrama ternario de McBride (1963) se clasificó con lupa el tipo de arenisca que integra la suma de cuarzo, pedernal y cuarcita en un extremo y segrega al contenido de feldespato y fragmentos de líticos en extremos opuestos. La clasificación textural de Dunham (1962) se utilizó para roca caliza. Con cámara digital y escala apropiada se obtuvieron imágenes *in situ* de varios tipos de trazas fósiles, en diferentes niveles estratigráficos y en varias localidades que son citadas en este texto (Tabla 1). Las estructuras dejadas por la biodiversidad orgánica en el registro geológico se describieron morfológicamente, en donde se consideró la longitud y grosor del trazo, posición en las capas, características del rastro y el índice de bioturbación (IB) de acuerdo con la propuesta de Taylor y Goldring (1993). Las imágenes digitales obtenidas de las trazas en el afloramiento se identificaron en gabinete a nivel de icnogénero; la resolución, preservación, o inclusión de la traza dentro de la roca, no permitió la identificación de icnoespecie. La abundancia relativa de las

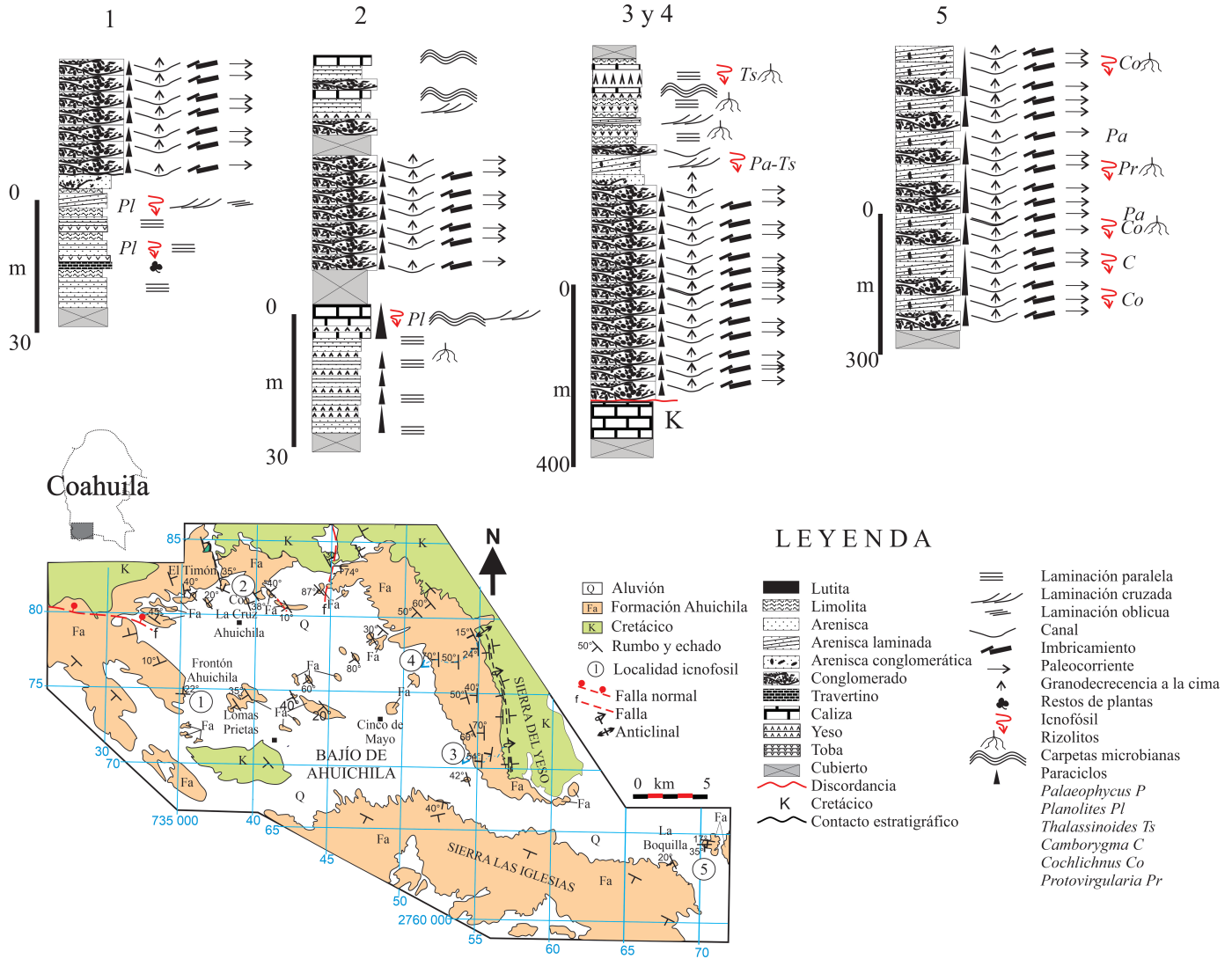


Figura 1. Localización del área en el estado de Coahuila. Mapa geológico con la ubicación de las secciones estratigráficas estudiadas: el Frontón de Ahuichila (1), cerro La Cruz (2), arroyos Colorado (3), El Yeso (4) y puerto La Boquilla (5). Iconogéneros presentes en las secciones estratigráficas: *Planolites* (Pl), *Palaeophycus* (Pa), *Thalassinoides* (Ts), *Camborygma* (C), *Cochlichnus* (Co), ?*Protovirgularia* (Pr).

trazas varía de escasa a moderada, por lo que no fueron recuperados ejemplares físicos con objeto de dejar los iconofósiles *in situ* para estudios futuros más detallados.

Las características litológicas (con énfasis en las estructuras sedimentarias), aquí son interpretadas como indicadores de energía hidrodinámica y consolidación del sustrato, que, aunado al conjunto icnológico, dieron la pauta para interpretar parámetros paleoecológicos, que conducen a considerar que los iconogéneros se relacionan con la icnofacies *Scoyenia* (Seilacher, 1987; Bua-tois y Mángano, 1995, 1996), como se describirá más adelante.

2.1. Litofacies de ortoconglomerado

Esta litofacies (Figura 1) está formada por ortoconglomerado y escasa ortobrecha, en donde dominan

clastos de caliza y arenisca. Estos ortoconglomerados tienen espesor de ~400 m cuando están en la base de la sección, o más de 200 m cuando están en la cima (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2022a). En esta litofacies no se observaron trazas fósiles.

2.2. Litofacies de litarenita -limolita- lutita

La sucesión de ortoconglomerado que está en la base, cambia de forma gradual, en corto espacio, a litarenita de grano grueso a grano mediano (Figura 1). La sucesión de litarenita, limolita y lutita tiene capas bien definidas, delgadas a medianas lateralmente continuas, con estratificación laminar y estratificación cruzada de ángulo bajo, sin embargo, existen estratos con estratificación festonada y diversas marcas de flujo (*flute marks*, *flute casts* y saltación de granos). Las coloraciones gris

Tabla 1. Localización de icnogéneros por localidad. En X y Y están las coordenadas Universal Transversa Mercator DATUM WGS84, carta topográfica INEGI G13D48. Con las estructuras sedimentarias se interpreta el flujo hidrodinámico de depósito. Explicación en el texto.

Localidad	X	Y	Icnogénero	Estructuras sedimentarias	Flujo
1 Frontón Ahuichila	735076	2774625	<i>Planolites</i>	Rizaduras de corriente, estratificación cruzada, canales	turbulento
2 Cerro La Cruz	739382	2780890	<i>Planolites</i>	Estratificación cruzada en <i>packstone</i>	turbulento
3 Arroyo Colorado	755453	2771092	<i>Palaeophycus</i> , <i>Thalassinoides</i>	Estratificación festonada	turbulento
4 Arroyo El Yeso	753910	2774730	<i>Thalassinoides</i>	Estratificación laminar paralela	laminar
5 Puerto La Boquilla	770452	2765404	<i>Camborygma</i>	Estratificación laminar paralela	laminar
			<i>Palaeophycus</i>	Estratificación cruzada, <i>flute casts</i>	turbulento
			<i>Cochlichnus</i>	Estratificación cruzada, <i>flute casts</i>	turbulento
			<i>Planolites</i>	Estratificación cruzada, <i>flute casts</i>	turbulento
			? <i>Protovirgularia</i>	Estratificación laminar paralela	laminar

claro, beige y verde claro, así como la ausencia de pirita en las rocas aquí descritas sugieren oxigenación en la sedimentación. Esta litofacies tiene variaciones, tanto vertical, como lateral, en donde se intercalan capas delgadas de caliza y yeso, o bien, ocurre la intercalación de capas gruesas de ortoconglomerado. En esta litofacies hay numerosas estructuras convolutas atribuidas a deformación de sedimento blando durante su depósito (Figura 2). En esta litofacies hay tobas de caída, de color verde o blanco descritas en trabajos previos (v.g. Rogers *et al.*, 1956). El aporte volcánico de extracuenca permite diferenciar a los afloramientos de la Formación Ahuichila, con otros conglomerados continentales en el centro y norte de México que tienen vulcanismo intracuenca (Schulze, 1953; Aranda-Gómez y McDowell, 1998).

En esta asociación de litofacies existen varios icnogéneros. *Planolites* isp. (Nicholson, 1873), se presenta en corte transversal con forma cilíndrica o subelíptica simple, con 5 mm a 10 mm de diámetro, sin revestimiento externo y la litología del relleno es diferente al entorno litológico que le rodea como característica potestativa de este icnogénero. Hay varias trazas rectilíneas con 100 mm a 200 mm de longitud con morfología conservada en epirrelieve (Figura 3a - d). La superficie de la pared es lisa y homogénea. Hay trazas entrecruzadas que no tienen bifurcaciones y su acomodo es paralelo o suavemente inclinado al plano del estrato. Estas características concuerdan con descripciones realizadas para este icnogénero por Pemberton y Frey (1982), Buckman (1994) y Keighley y Pickerill (1995). Estas trazas también se reconocen en la asociación de facies de caliza lacustre. Las capas de litarenita en donde hay trazas son de grano fino y grano medio, con rizaduras de corriente, estratificación cruzada de ángulo bajo y canales pequeños. A escala de observación, el índice cualitativo de bioturbación IB varía de 2 a 3 (Taylor y Goldring, 1993). En capas de caliza de textura *wackestone* y *packstone* las

trazas están asociadas a estratificación cruzada y con tapetes microbianos. Esta traza se identificó en el Frontón de Ahuichila y en cerro La Cruz (Figura 1).

Pemberton y Frey (1982), comentan que *Planolites*, “puede considerarse un sinónimo menor de *Palaeophycus*, pero se mantiene como un icnotaxón válido sobre la base de la estabilidad de la nomenclatura”. Este icnogénero está en ambientes marinos, fluviales, lacustres y eólicos (Pieńkowski, 2004; Ekdale *et al.*, 2007). La traza es producida por tránsito de anélidos e insectos en busca de alimento y domicilio (Fillion y Pickerill, 1984; Seilacher, 1987). El icnogénero está asociado a la icnofacies *Scoyenia* (Buatois y Mángano, 1995, 1996, 2002) y está presente en rocas sedimentarias del Precámbrico al Holoceno.

Palaeophycus isp. (Hall, 1847), se encuentra en litarenita de grano medio fino a grueso, con estratificación cruzada de ángulo bajo, así como estratificación festonada. La morfología de la traza se conserva en epirrelieve tubular con ~5 mm de diámetro, con curvatura en las puntas, su longitud subhorizontal tiene ~100 mm (Figura 3 d y e) y el relleno de las trazas es diferente a la matriz envolvente, característica potestativa de este icnogénero. El índice cualitativo de bioturbación IB es de 2 a 3 (Taylor y Goldring, 1993), en estratos de 20 cm a 30 cm de espesor y solo se reconoce en flujo hidrodinámico turbulento de la asociación de litofacies arenisca-limolita-lutita. Esta traza se encontró en el arroyo Colorado y puerto La Boquilla (Figura 1).

La identificación del icnogénero *Palaeophycus* es imprecisa. Hall (1847) no propuso un ejemplar tipo específico. Andrews (1955) es quien propone el material tipo de referencia para su designación original. El icnogénero *Palaeophycus* se considera como una estructura de alimentación de organismos suspensívoros o de detritus (Pemberton y Frey, 1982). Se registra en ambientes lacustre y fluvial (Melchor, 2004; Barras y Twitchett, 2016). Se asocia a la icnofacies *Scoyenia* (Buatois y

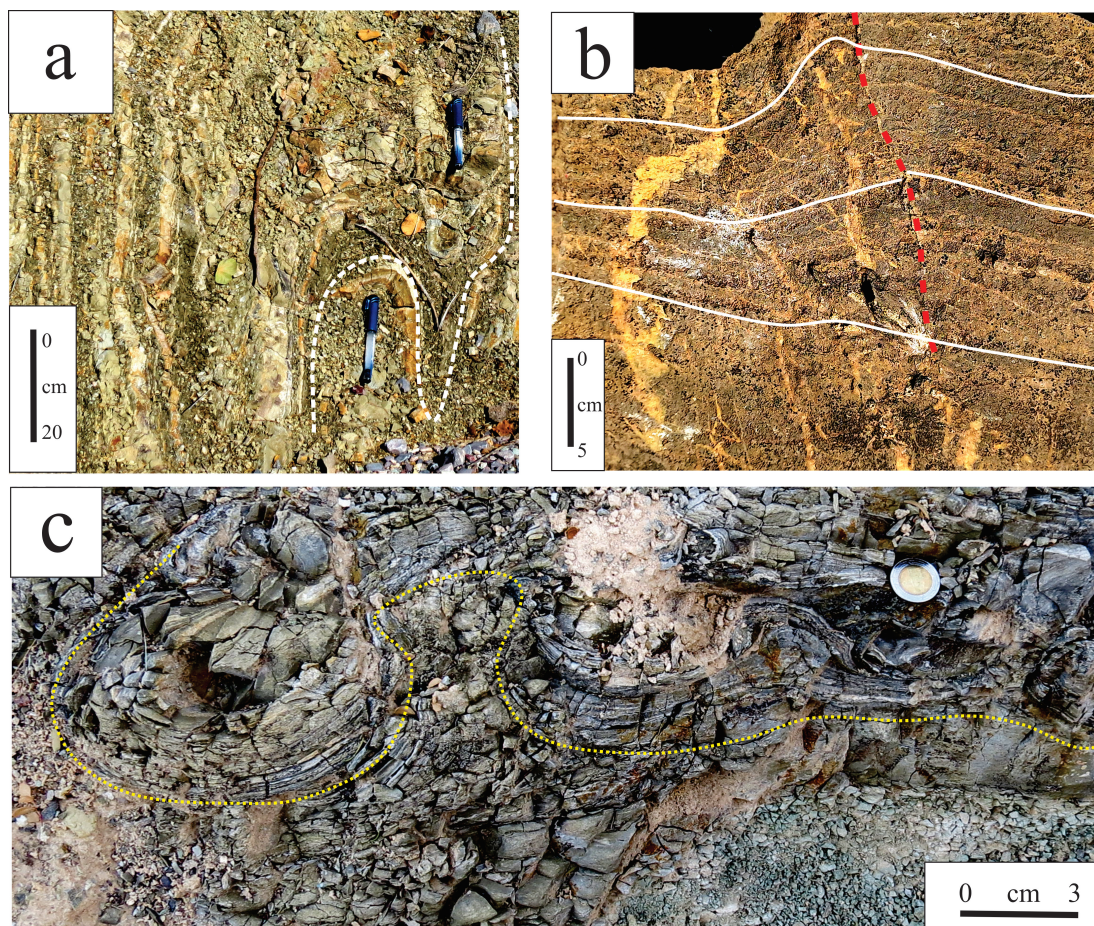


Figura 2. Deformación de sedimento blando en estratos de la Formación Ahuichila: litofacies arenisca-limolita-lutita en el arroyo Colorado (a). Pliegue y falla oblicua (línea roja cortada) en caliza con carpetas microbianas en la localidad Lomas Prietas (b). Capas de limolita y toba con pliegues convolutos en el arroyo Colorado (c).

Mángano, 2011). Su alcance estratigráfico se ha reportado desde el Precámbrico al Reciente.

Cochlichnus (Hitchcock, 1858), solamente se observó en la litofacies de litarenita-limolita-lutita y se presenta como relieves epi o hemi-cilíndricos y horizontales, con ~2 mm de espesor como promedio y unos pocos centímetros de largo, con pared lisa y no se observan estrías anulares ni ramificaciones. Su desplazamiento tiene morfología ligeramente curva a sinusoidal, así como rectilínea (Figura 3f y g). Este icnogénero se reconocen en la base del estrato. El índice de bioturbación IB de esta traza es 1 (Taylor y Goldring, 1993). Las estructuras sedimentarias (estratificación laminar cruzada de ángulo bajo y marcas *flute cast*) vinculan estas trazas fósiles con un régimen de flujo hidrodinámico parcialmente laminar. Estas trazas son moderadamente abundantes y se reconocieron únicamente en el puerto La Boquilla (Figura 1).

La principal característica descrita en la literatura para *Cochlichnus* es su morfología regularmente serpenteante, con amplias curvas sinusoidales. El icnogénero tiene paredes lisas o con estrías anulares, según la especie y nunca presenta ramificaciones o meniscaciones internas (Buatois y Mángano, 1995; Buatois

et al., 1997). Se interpreta como un rastro de alimentación (*Pascichnia*), pastoreo (*Agrichnia*) o locomoción (*Repichnia*) de un nemátodo, anélido o una larva de insecto (Moussa, 1970; Metz, 1992; Buatois *et al.*, 1997; Buatois y Mángano, 1995, 2004; Pazos *et al.*, 2007). En la actualidad se conocen varios organismos pertenecientes a estos grupos que realizan trazas similares en aguas superficiales (Metz, 1992). La corta longitud del trazo y su disposición ampliamente serpenteante sugieren que el organismo productor no estaba en contacto continuo con el sustrato, sino que se movía a través del agua tocando brevemente el fondo.

Camborygma (Hasiotis y Mitchell, 1993), en el área de estudio tiene morfología constituida por un conducto tubular robusto y relativamente corto, dispuesto verticalmente, inclinado, o puede ser subhorizontal. Está ornamentado con nódulos, pero no anillado, con ~20 mm de diámetro y ~50 mm de longitud. La pared de la traza está rodeada por arenisca de grano mediano y el relleno tubular tiene arenisca de grano grueso (Figura 4a y b). En la parte inferior del conducto hay una cámara subglobular con pared irregular, que mide aproximadamente 40 mm de diámetro. Concurren varias estructuras similares aledañas entre sí, con un

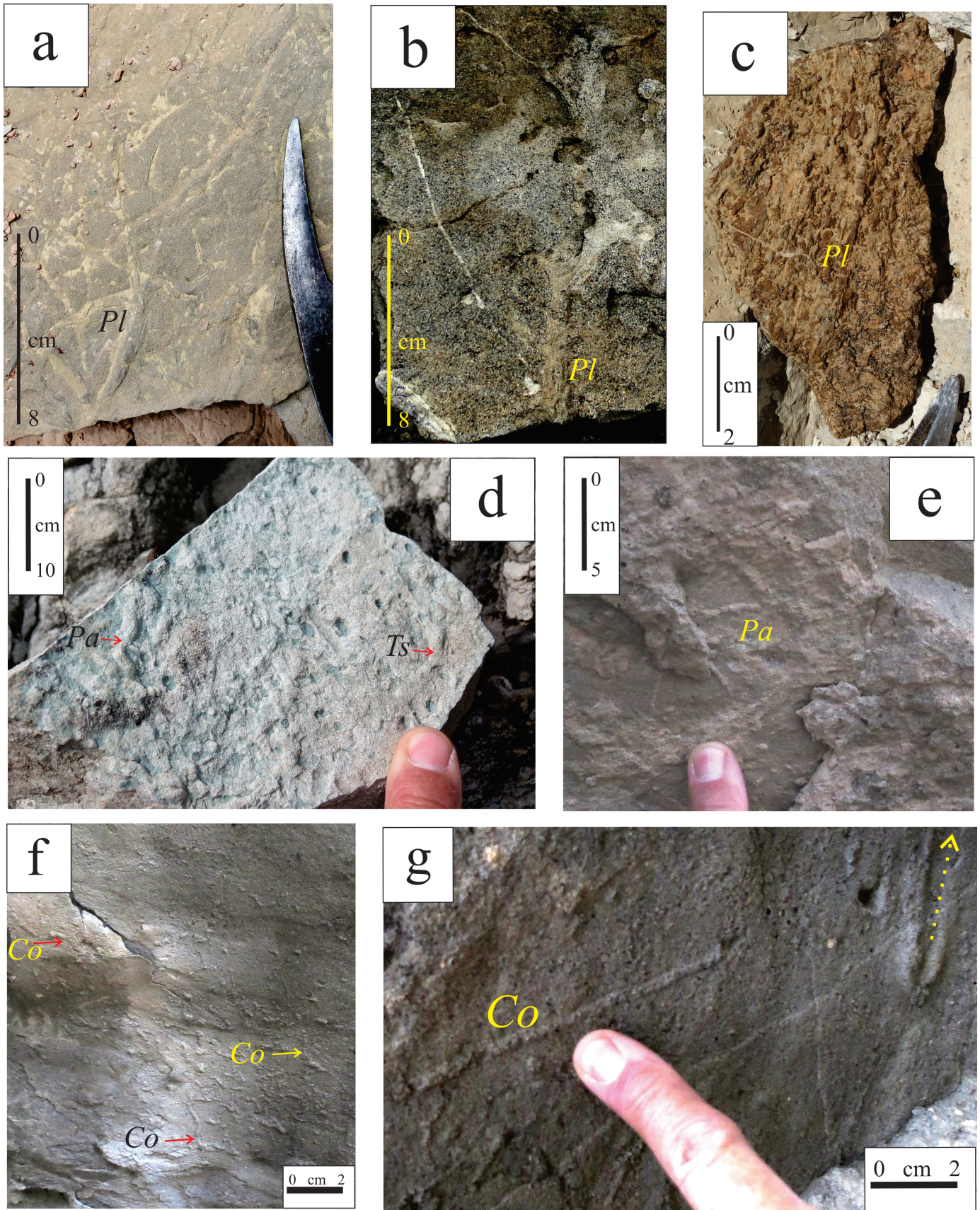


Figura 3. *Planolites* isp. (*Pl*) en las litofacies arenisca-limolita-lutita en el Frontón de Ahuichila (a), en puerto La Boquilla (b) y en litofacies de caliza en cerro La Cruz (c). *Thalassinoides* (*Ts*) y *Palaeophycus* (*Pa*) asociados en arroyo Colorado (d) y *Palaeophycus* en puerto La Boquilla (e). *Cochlichnus* (*Co*) con traza sinuosa en la base de estratos de litofacies arenisca-limolita-lutita (f). *Cochlichnus* de forma rectilínea (g), en puerto La Boquilla (Tabla 1), con flujo de corriente indicado con línea cortada en flecha.

índice de bioturbación relativo IB 2 (Taylor y Goldring, 1993). Esta traza sólo se reconoció en el puerto La Boquilla (Figura 1).

Genise (2017) y Smith *et al.* (2008), describen el icnogénero *Camborygma* con dimensiones variables de longitud y diámetro. Los conductos tubulares simples o complejos con eje vertical, subvertical o subhorizontal y una cámara en la base de la galería, con rasguños y marcas de los organismos productores. Según la arquitectura de la estructura perforante, Hasiotis y Mitchell (1993) reconocen cuatro icnoespecies: *Camborygma lironomus*, *Camborygma araioklados*, *Camborygma symplokononum* y *Camborygma eumekenomus*. Los tres primeros tienen un conducto de comunicación corto (como las trazas observadas en este trabajo) y la cámara de habitación se instala en la zona freática somera, mientras que la última icnoespecie construye un conducto largo para situar a la cámara de habitación en la zona freática, más profunda a la superficie, lo cual, no se aprecia en el material observado. El material estudiado en este trabajo no tiene elementos para identificar una icnoespecie particular. *Camborygma* se encuentra aledaño a depósitos de canal, dique, desborde de canal y planicie de inundación proximal, Keighley y Pickerill (1995) lo reportan en depósitos de paleosuelo, con niveles freáticos fluctuantes en bosques, matorrales y vegetación herbácea abierta. Hasiotis y Mitchell (1993) y Hasiotis y Honey (2000) y asocian a este icnogénero con la actividad de crustáceos decápodos (Cambaridae) de ambiente fluvial. Se interpreta como trazas de domicilio (*Domichnia*) en donde los organismos tratan de alcanzar el nivel freático para alojar su morada (Do Nascimento *et al.*, 2017). Este icnogénero da nombre a la icnofacies *Camborygma*. Su edad abarca del Paleozoico Superior al Reciente, pero es muy abundante en el Mesozoico (Hembree y Swaninger, 2018).

En la Formación Ahuichila la traza ?*Protovirgularia* (McCoy, 1850) presenta mala preservación (Figura 4c). Su reconocimiento es dudoso; sin embargo, se presenta como estela bilobada en forma de quilla, con 2 cm de amplitud. La traza es horizontal a subhorizontal con ~15 cm de longitud, compuesta por costillas en forma de chevrón dispuestas para formar un patrón carinado. La sección transversal del sendero es descrita trapezoidal, amigdaloidal a triangular y se conserva como epirrelieve convexo/cóncavo e hiporelieve positivo (Han y Pickerill, 1994; Uchman, 1998). Sólo una traza se observó en la litofacies de arenisca-limolita-lutita en el puerto La Boquilla.

De acuerdo con su etología, *Protovirgularia* pertenece a *Repichnia* como forma de desplazamiento de bivalvos protobranquios vágiles (Gibert y Domenèch, 2008), artrópodos o anélidos; es cosmopolita en ambiente marino y continental (Knaust, 2022). Las características morfológicas de *Protovirgularia* son similares a varias estelas horizontales (Knaust, 2022), como *Cruziana*, *Scolicia*, *Nereites* y *Psammichnites*. *Cruziana bilobada* tiene numerosas marcas de arañazos a ambos

lados del surco, una característica no observada en ?*Protovirgularia*. *Scolicia* es bilateralmente simétrico y carece de costillas en chevrón que se desarrollan típicamente en *Protovirgularia*. *Nereites* tiene un surco mediano más ancho en lugar de una cuerda central, los lóbulos estrechamente espaciados a cada lado del surco y nunca son chevrón en comparación con *Protovirgularia*. La falta de una estructura dorsal mediana (p. ej., una cresta/surco recto) distingue a *Protovirgularia* de *Psammichnites*.

2.3. Litofacies caliza lacustre

Hay caliza lacustre con texturas *wackestone* y *packstone* de peloides y ostrácodos (Figura 4), las capas son delgadas y lateralmente continuas, con laminación paralela y laminación cruzada, esporádicamente hay deformación sinsedimentaria (Figura 2). En varios estratos hay microbialitas con morfologías diversas (Chacón-Baca *et al.*, 2022), como desarrollo laminar (Figura 4), crecimiento botroidal y posibles trombolitos. La presencia de *Planolites* isp., en el cerro La Cruz (descrito con anterioridad), aunado a rizolitos, apoya la idea de un ambiente lacustre (Figura 3c).

Estructuras sinsedimentarias deformadas observadas en la localidad de Lomas Prietas, constatan un régimen inestable en su depósito. En la sucesión estratigráfica de la Formación Ahuichila no se reconocen facies que sugieran la presencia de depósitos fluviales que haya alimentado a un lago perenne, de lo que se infiere que la asociación de carbonatos se acumuló en una cuenca cerrada (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2022a).

2.4. Litofacies evaporita-dolomía-con detritos finos

Esta litofacies en la Formación Ahuichila tiene un espesor mayor a 500 m. La evaporita se identifica como yeso y anhidrita, las cuales se caracterizan por presentar estructuras de tela de gallinero (*chicken wire*), enterolíticas, tipi (*teepee structure*) y/o polígonos de desecación. La evaporita tiene laminaciones paralelas de limolita y se intercala con capas delgadas de dolomía y microdolomía. En estos afloramientos hay rizolitos y *Thalassinoides* isp., así como carpetas microbianas con aspecto laminar, dendrítico y ondulado, las cuales interrumpen a los estratos de yeso (Eguiluz-y de Antuñano *et al.*, 2022a). *Thalassinoides* (Ehrenberg, 1944), se describe en la literatura como un sistema de galerías amplias con elementos tanto verticales como horizontales, galerías cilíndricas, ramificación regular, caracterizada por bifurcaciones en forma de Y, así como ensanchadas en el punto de bifurcación. Los elementos horizontales se unen para formar polígonos con galerías y las dimensiones son variables (Yanin y Baraboshkin, 2013). Esta traza se identifica en la Formación Ahuichila, tanto en las litofacies arenisca-limolita-lutita (Figura 3d), como en la litofacies evaporita-dolomía-detritos finos (Figura 4d). Se presenta en galerías horizontales pobremente

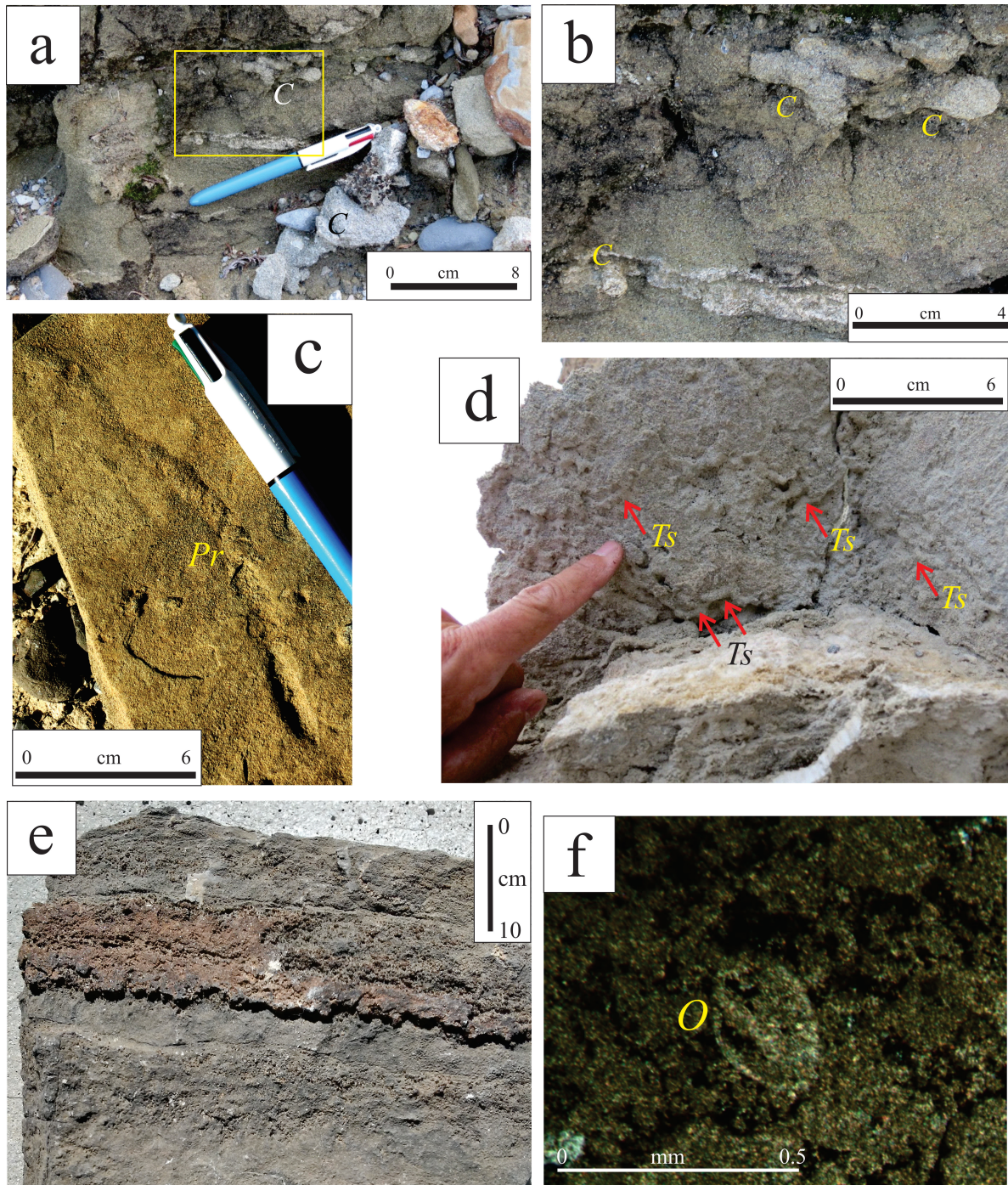


Figura 4. *Camborygma* isp. (C) en estratos de arenisca conglomerática en puerto La Boquilla (a), detalle en recuadro (b). *?Protovirgularia* isp. (Pr) en estratos de arenisca de grano mediano en puerto La Boquilla (c). *Thalassinoides* isp. (Ts) en estratos de terrígenos finos y evaporita en el arroyo del Yeso (d). Capas de tapetes microbianos en caliza en el cerro La Cruz (e). Ostrácodos (O) observados con luz polarizada al microscopio petrográfico en cerro La Cruz (f).

definidas, con ramificaciones en forma de Y, con pared lisa que forman un sistema de galerías simple con 1 cm de diámetro y ramificaciones. La longitud es variable (de 2 cm a 20 cm), se conservan en epirrelieve intercalado entre yeso, anhidrita y detritos finos, con rastros horizontales que se conectan a la superficie mediante ejes verticales o muy inclinados. *Thalassinoides* se encuentra asociado con *Palaeophycus* y posibles rizolitos.

Imágenes de los ejemplares se obtuvieron en los arroyos Colorado y El Yeso (Figura 1).

3. Discusión

La icnofacies *Scoyenia* se identifica por presentar icnodiversidad baja, en ocasiones monoespecífica o

pocos icnogéneros y similitud con icnoasociaciones marinas (Frey *et al.*, 1984). Esta icnofacies se presenta en una diversidad de subambientes continentales, periódicamente expuestos e inundados (v. gr. llanuras de inundación, lagos efímeros, zonas de transición entre áreas fluviales y lacustres) y áreas en márgenes de lagos (Buatois y Mángano, 1996; Melchor *et al.*, 2006; Wang *et al.* 2016). Generalmente *Scoyenia* también se asocia con *Skolithos*, *Cruziana*, *Palaeophycus* y formas comunes en ambientes marinos (Buatois y Mángano, 1996). Melchor (2004) tipifica a la icnofacies *Scoyenia* en sedimentos detríticos bien oxigenados de planicies de inundación y litoral lacustre. Las condiciones paleoambientales arriba enunciadas se ven reflejadas en las litofacies y la asociación de icnogéneros que tiene la Formación Ahuichila, por lo que estas condiciones se vinculan con la icnofacies *Scoyenia* (Seilacher, 1987), relacionada con llanuras de inundación y zonas de transición entre ambientes subaéreos y subacuáticos, con trazas horizontales de alimentación, trazas de habitación y de desplazamiento en donde hay diversos icnotaxones (*Scoyenia*, *Beaconites*, *Taenidium*, *Skolithos*, *Camborygma*, *Cruziana*, *Diplichnites* y *Umfolozia*), icnotaxones que son parcialmente reconocidos en este trabajo.

Las asociaciones de litofacies de la Formación Ahuichila muestran cambios substanciales de granulometría, fábrica con texturas y estructuras diversas, así como coloración particular que individualizan sistemas de depósito. Las características litológicas para la litofacies de paraconglomerados presentan poco transporte relativo e inmadurez (Eguiluz-y de Antuñano *et al.*, 2022a). Se interpreta como depósito de relleno de canal y de abanicos aluviales proximales (Miall, 1978, 2010), con ausencia de iconofósiles. La litofacies arenisca-limolita-lutita tienen estructuras sedimentarias que se interpretan como flujo hidrodinámico predominantemente turbulento sobre el flujo laminar. Esta litofacies posee el mayor contenido y diversidad de trazas, comparada con las litofacies de evaporita, caliza y detritos finos con menor diversidad. Los icnogéneros *Palaeophycus*, *Planolites* y *Thalassinoides*, se reconocen en tres conjuntos de litofacies, mientras que hay concentraciones de *Camborygma*, *Cochlichnus* y una aislada traza de posible *Protovirgularia*, en sólo una litoasociación en puerto La Boquilla. El conjunto iconofosilífero apoya la interpretación de condiciones paleoambientales fluviales y de planicie aluvial, con flujo laminar a turbulencia variable expresadas por estratificación cruzada, canales pequeños y diversas marcas de flujo (*flute casts* y saltación de granos), ambiente sugerido anteriormente (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2022a). Las características litológicas de las rocas carbonatadas y sus relaciones estratigráficas, verticales y laterales, se interpreta que su depósito es un ambiente lacustre somero, con inundaciones efímeras (Talbot y Allen, 1996) y lapsos con evaporación con la formación de salmueras (Lowenstein y Hardie, 1985) y/o formación de horizontes de suelo en un clima cálido

y aporte hídrico intermitente. En la litofacies evaporita -dolomita- los detritos finos sugieren flujo laminar, medios en donde se reconoce *Thalassinoides* y rizolitos. Las grietas de desecación representan un ambiente con periodos húmedos alternos con sequía y exposición subaérea, lo cual ocurre en depósitos de planicie fluvial y lacustre en ambientes de oxidación, con energía baja a moderada (MacEachern *et al.*, 2010).

Estas características litológicas inducen a interpretar en su conjunto que el ambiente de depósito de esta asociación está relacionado con una cuenca cerrada, con uno o más lagos hipersalinos. Las estructuras tipi y polígonos de desecación que sugieren condiciones de evaporación y deshidratación, aunado a superficies irregulares contorsionadas originadas por posibles superficies de disolución (Lowenstein y Hardie, 1985; Boggs, 1995; Bohacs *et al.*, 2000; Renaut y Gierlowski-Kordesch, 2010), así como capas plegadas por probable proceso de deformación sinsedimentario, con esporádicas brechas de dolomita y yeso que sugieren erosión y transporte local y efímero.

El potente espesor de la sucesión sedimentaria (con más de 1000 m), aunado a numerosas estructuras convolutas en siliciclastos, con pliegues y fallas discretas en rocas carbonatadas, se conciben como deformación de sedimento blando, no reportado con anterioridad. Estos datos sugieren que la subsidencia estuvo sujeta a tectónica activa durante el depósito de la Formación Ahuichila.

4. Conclusiones

Este trabajo es el primer registro en el noreste de México que describe la morfología de los icnogéneros *Planolites*, *Palaeophycus*, *Cochlichnus*, *Protovirgularia*, *Camborygma* y *Thalassinoides*, relacionados a la icnofacies *Scoyenia*, en facies continentales del Paleógeno. Los iconofósiles en la Formación Ahuichila (Oligoceno) se encuentran en diferentes asociaciones litológicas y permiten corroborar la interpretación del ambiente fluvial y lacustre previamente propuesto.

El contenido iconofósil se asocia a regímenes de flujo hidrodinámico, tanto turbulento, como laminar. Las estructuras sedimentarias con deformación de sedimento blando reportadas en este depósito y su potente espesor sugieren que su génesis se vincula a un régimen tectónicamente inestable, en una cuenca con subsidencia activa, lo cual, aporta información adicional que apoya interpretaciones previas al estudio de esta formación.

Agradecimientos

Se agradece a los revisores anónimos que contribuyeron con acertadas opiniones para publicar lo aquí expresado.

Referencias

- Andrews, H. bN. Jr. (1955). Index of generic names of fossil plants, 1820-1950: *United States Geological Survey Bulletin*, 1013, 262 p. <https://doi.org/10.3133/b1013>
- Aranda-Gómez, J. J., & McDowell, F. W. (1998). Paleogene extension in the southern Basin and Range Province of Mexico; syndepositional tilting of Eocene Red Beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato Mining District. *International Geology Review*, 40 (2), 116–134. <http://dx.doi.org/10.1080/00206819809465201>.
- Barras, C., & Twitchett, R. J. (2016). The Late Triassic Mass Extinction Event. In Mángano, M. G., & Buatois, L. A. (eds.), *The Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events* (pp. 1–17). Springer, Dordrecht 2: Mesozoic and Cenozoic.
- Boggs, S. (1995) *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Prentice Hall, New Jersey, 774 p. <https://lib.hpu.edu.vn/handle/123456789/28988>
- Bohacs, K. M., Carroli, A. R., Neal, J. E., & Mankiewicz, P. J. (2000). Lake basin type, source potential and hydrocarbon character: an integrated sequence-stratigraphic-geochemical framework. In Gierlowski-Kordesch, E. H., & Keits, K. R. (eds.), Lake basins through space and time. *American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology*, 46, 3–33. <http://www.geology.wisc.edu/~carroll/publications/pdf/Bohacs%20et%20al,%202000.pdf>
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (1995). The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: An archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *ICHNOS*, 4 (2), 151–161.
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (1996). Icnología de ambientes continentales: problemas y perspectivas. III Reunión Argentina Icnológica, 5–30.
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (2002). Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: Implications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183, 71–86. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00459-X](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00459-X)
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (2004). Animal-substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lacustrine successions. En McIlroy, D. (ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. *Geological Society London Special Publication*, 228, 311–333. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.2004.228.01.14>
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (2008). Trazas fósiles de invertebrados. En Camacho, H. H., & Longobucco, M. (eds.), *Los Invertebrados Fósiles* (pp. 751–785). Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Vázquez Mazzini. Buenos Aires.
- Buatois, L. A., & Mángano, M. G. (2011). *Ichnology, Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0016756811001038>
- Buatois, L. A., Jalfin, G., & Aceñolaza, F. G. (1997). Permian Non-marine Invertebrate Trace Fossils from Southern Patagonia, Argentina: Ichnologic Signatures of Substrate Consolidation and Colonization Sequences. *Journal of Paleontology*, 71 (2), 324–336. <https://doi.org/10.1017/S0022336000039238>
- Buckman, J. O. (1994). *Archaeonassa* Fenton and Fenton 1937 reviewed. *ICHNOS*, 3, 185–192.
- Chacón-Baca, E., Eguiluz de-Antuñano, S., & Ramírez Peña, C. F. (2022). Diversidad microtextural preservada en la Formación Ahuichila (Paleoceno), un ejemplo del registro paleontológico microbiano en el noreste de México. *XVII Congreso Nacional de Paleontología*, Sonora, México, Resúmenes, p 18.
- Do Nascimento, D. L., Batezelli, A., & Ladeira, F. S. B. (2017). Freshwater decapoda trace fossils in floodplain paleosols of Marília Formation in Minas Gerais State (SE Brazil). *Revista Brasileira de Paleontologia*, 20 (3), 287–298. <https://doi.org/10.4072/rbp.2017.3.02>
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W. E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologist, Memoir*, 1, 108–121. <https://archives.datapages.com/data/specpubs/carbona2/data/a038/a038/0001/0100/0108.htm>
- Eguiluz-de Antuñano, S., Aranda-Gómez, J., & Juárez Arriaga, E. (2022a). Estratigrafía y ambientes de depósito de la Formación Ahuichila en el Sector Transversal de Parras, Sierra Madre Oriental. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 74 (1), 1–41. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2022v74n1a111121>.
- Eguiluz-de Antuñano, S., Juárez Arriaga, E., Chávez-Cabello, G., Ramírez-Peña, C., & Aranda-Gómez, J. (2022b). Geochronology and deformation of the Ahuichila Formation in Coahuila, Durango and Zacatecas states, Mexico. *Joint 118th Annual Cordilleran/72nd Annual Rocky Mountain Section Meeting - 2022*, Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/abs/2022CD-373337>.
- Edwards, J. D. (1955). Studies of some early Tertiary red conglomerates of Central Mexico. *U.S. Geology Survey Professional*, 264, 153–185. <https://doi.org/10.3133/pp264H>
- Ehrenberg, K. (1944). Ergänzende Bemerkungen zur den seinerzeit aus dem Miozän von Burgschleinitz beschriebenen Gangkernen und Bauten dekapoder Krebse. *Paläontologische Zeitschrift*, 23, 345–359.
- Ekdale, A., Bromdley, R. G., & Loope, D. B. (2007). Ichnofacies of an ancient erg: A climatically influenced traces fossil association in the Jurassic Navajo Sandstone, Southern Utah, USA. In W. Miller (Ed.), *Trace Fossils* (pp. 562–574). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452949-7/50161-3>
- Fillion, D., & Pickerill, R. K. (1984). Systematic ichnology of the Middle Ordovician Trenton Group. St. Lawrence Lowland, eastern Canada. *Maritime sediments and Atlantic Geology*, 20 (1), 1–40.
- Frey, R. W., Pemberton, S. G., & Fagerstrom, J. A. (1984). Morphological, ethological, and environmental significance of the ichnogenera *Scovenia* and *Ancorichnus*. *Journal of Paleontology*, 58, 511–528.
- Fries, C., Jr., Hibbard, C. W., & Dunkle, D. H. (1955). Early Cenozoic vertebrates in the red conglomerate at Guanajuato, Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 123 (7), 1–25.
- Genise, J. F. (2017). *Ichnoentomology Insect Traces in Soils and Paleosols*. Springer.
- Gibert, J. M., & Domènech, R. (2008). Trazas fósiles de nuculoideos (Protovirgularia) del Mioceno marino de la Cuenca del Vallès Penedès. *Revista Española de Paleontología*, 23 (2), 129–138. <https://doi.org/10.7203/sjp.23.2.20401>
- Hall, J. (1874). *Paleontology of New York*. C. Van Benthuyssen.
- Han, Y., & Pickerill, R. K. (1994). *Phycodes templus* isp. nov. from the Lower Devonian of northwestern New Brunswick, eastern Canada. *Atlantic Geology*, 30, 37–46. <https://doi.org/10.4138/2118>
- Hasiotis, S. T., & Mitchell, C. E. (1993). A Comparison of Crayfish Burrow Morphologies: Triassic and Holocene Fossil, Paleo- and Neoichnological Evidence, and the Identification of their Burrowing Signatures. *ICHNOS*, 2 (4), 291–314. <https://doi.org/10.1080/10420949309380104>
- Hasiotis, S. T., & Honey, J. (2000). Paleohydrologic and Stratigraphic Significance of Crayfish Burrows in Continental Deposits: Examples from Several Paleocene Laramide Basins in the Rocky Mountains. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, 70 (2). <https://doi.org/10.1306/D4268BA8-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Hembree, D. I., & Swaninger, E. S. (2018). Large *Camborygma* isp. in fluvial deposits of the Lower Permian (Asselian) Dunkard Group, southeastern Ohio, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491, 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.12.003>
- Hitchcock, E. (1858). *Ichnology of New England. A report on the sandstone of the Connecticut Valley, especially its fossil footmarks*. W. White, Boston.
- Keighley, D. G., & Pickerill, R. K. (1995). The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*, Historical perspectives and recommendations. *ICHNOS*, 30, 301–309.

- Kellum, L. B. (1932). Reconnaissance studies in the Sierra de Jimulco, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 43, 541–564.
- Kellum, L. B. (1936). Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico, Part III, Geology of the mountains west of the Laguna District. *Bulletin of the Geological Society of America*, 47, 1039–1090.
- Knaust, D. (2022). Who were the trackmakers *Protovirgularia*-Mollusks, arthropods, or annelids? *Gondwana Researchs*, 111, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.07.009>.
- Lowenstein, T. K., & Hardie, L. A. (1985). Criteria for the recognition of salt-pan evaporites. *Sedimentology*, 32, 627–644. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1985.tb00478.x>
- MacEachern, J. A., Pemberton, G., & Bann, K. L. (2010). Ichnology and Facies Models. In James, N. P., & Robert W. Dalrymple (eds.), *Canadian Sedimentology* (pp. 19–58). Geological Association of Canada.
- McBride, E. F. (1963). Classification of common sandstones. *Journal of Sedimentary Research*, 33, 664–669. <https://doi.org/10.1306/74D70EE8-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- McCoy, F. (1850). On some genera and species of Silurian Radiata in the collection of the University of Cambridge. *Annals and Magazine of Natural History*, 6, 270–290.
- Melchor, R. N. (2004). Trace fossil distribution in lacustrine deltas: examples from the Triassic rift lakes of the Ischigualasto-Villa Unión Basin, Argentina. In McIlroy, D. (ed.), *The Application of Ichnology to Paleoenvironmental and Stratigraphic Analysis* (pp. 335–354). Geological Society London Special Publications. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.228.01.1>
- Melchor, R. N., Bedatou, E., de Valais, S., Genise, J. F. (2006). Lithofacies distribution of invertebrate and vertebrate trace-fossil assemblages in an Early Mesozoic ephemeral fluvio-lacustrine system from Argentina: Implications for the Scoyenia ichnofacies, Elsevier, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239, 253285.
- Metz, R. (1992). Trace fossils from the Lower Jurassic nonmarine Towaco Formation, New Jersey. *Northeastern Geology Incorporating Northeastern Environmental Science*, 14, 29–34.
- Miall, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In Miall A. D., (ed.), *Fluvial Sedimentology: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, 5, 597–604.
- Miall, A. D. (2010). Alluvial deposits. In James N. P., & Dalrymple R. W. (eds.), *Facies Models 4* (105–137). Canadian Sedimentology, Geological Association of Canada.
- Moussa, M. T. (1970). Nematode fossil trails from the Green River Formation (Eocene) in the Uinta Basin, Utah. *Journal of Paleontology*, 44, 304–307.
- Nicholson, H. A. (1873). Contribution to the study of errant annelids of the Older Paleozoic rocks. *Proceedings of the Royal Society of London*, 21, 288–290.
- Pazos, P. J., Di Pasquo, M., & Rodríguez-Amenabar, C. (2007). Trace Fossils of the Glacial to Postglacial Transition in the El Imperial Formation (Upper Carboniferous), San Rafael Basin, Argentina. In Bromley, R. G., Buatois, L. A., Mángano, M. G., Genise, J. F., & Melchor, R. N. (eds.), *Sediment-Organism Interactions: A Multifaceted Ichnology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 88, 137–147.
- Pemberton, S. G., & Frey, R. W. (1982). Trace Fossil Nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* Dilemma. *Journal of Paleontology*, 56 (4), 843–881.
- Pieńkowski, G. (2004). Sołtyków, Poland an unique palaeoecological record of the Early Jurassic continental deposits. *Volumina Jurassica*, 2, 1–16.
- Renaut, W. R., & Gierlowski-Kordesch, E. H. (2010). Lakes. In James N. P., & Dalrymple R.W. (eds.), *Facies Models 4* (pp. 451–575). Canadian Sedimentology, Geological Association of Canada.
- Ramírez-Peña C. S., Chávez-Cabello, G., Fitz-Díaz, E., Aranda-Gómez, J. J., & Sosa, R. (2019). Uplift and syn-orogenic magmatism in the Concepción del Oro Block: A thick skinned (Lamaride-style?) contractional structure in the Mexican Fold and Thrust Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 93, 242–252. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.04.012>
- Rogers, C. L., de Cserna, Z., Tavera-Amezcu, E., & Ulloa, S. (1956). Geología general y depósitos de fosfatos del distrito de Concepción del Oro, Estado de Zacatecas. *Instituto Nacional de Investigación de los Recursos Minerales Boletín*, 38, 129 p.
- Schulze, G. (1953). Conglomerados terciarios continentales en la Comarca Lagunera de Durango y Coahuila y sus relaciones con fenómenos ígneos, geomorfológicos y climatológicos. *Instituto Nacional Para la Investigación de Recursos Minerales Boletín*, 30, 52 p.
- Seilacher, A. (1987). *Trace Fossil Analysis*. Heilderberg, Springer.
- Smith, J. J., Hasiotis, S. T., Kraus, M. J., & Woody, D. T. (2008). Relationship of floodplain ichnocoenoses to paleopedology, paleohydrology, and paleoclimate in the Willwood Formation, Wyoming, during the Paleocene–Eocene thermal maximum. *PALAIOS*, 23, 683–699. <https://doi.org/10.2110/palo.2007.p07-080r>
- Talbot, M. R., & Allen, P. A. (1996). Lakes. In Reading, H. G. (ed.), *Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy* (3rd ed., pp. 83–124). Blackwell, Oxford.
- Tardy, M. (1980). *Contribution à l'étude géologique de la Sierra Madre Orientale du Mexique* [Tesis doctoral]. Université Pierre et Marie Curie.
- Taylor, A. M., & Goldring, R. (1993). Description and analysis of bioturbation and Icnofabric. *Journal of the Geological Society of London*, 150, 141–148. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.150.1.0141>
- Uchman, A. (1998). Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: revision of the Marian Książkiewicz collection and studies of complementary material. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 68, 105–218.
- Wang, C., Wang, J., Hu, B., Lu, X., Wang, J., Hu, B., & Trace, X. L. (2016). Trace fossils and sedimentary environments of the upper cretaceous in the Xixia Basin, Southwestern Henan Province, China. *Geodinamica Acta*, 28 (1–2), 53–70. <http://www.tandfonline.com/loi/tgda20>
- Yanin, B. T., & Baraboshkin, E. Y. (2013). *Thalassinoides* Burrows (Decapoda Dwelling Structures) in Lower Cretaceous Sections of Southwestern and Central Crimea. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21 (3), 280–290. <https://doi.org/10.1134/S086959381303009X>