



# Ichnofósiles en una sucesión fluvio-lacustre en la Sierra Madre Occidental, Durango, México

Eguiluz y de Antuñano, Samuel<sup>a,\*</sup>; Hernández Ocaña, María Isabel<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Geólogo consultor, Rinconada Precolombina, Bonampak 103, Coyoacán, C.P. 4700 CDMX, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Tierra, Carretera a Cerro Prieto Km 8, Ex. Hacienda de Guadalupe, Linares N.L., México, C.P. 67700.

\* [seguiluz662@gmail.com](mailto:seguiluz662@gmail.com)

## Resumen

Al sur del pueblo de Garame de Abajo, estado de Durango, mediante trabajos de campo se estudió una sucesión litológica no descrita previamente en la literatura geológica, en la que existe la presencia de trazas fósiles que se identifican con los icnogéneros *Planolites*, *Palaeophycus* y *Camborygma*. La cantidad de las trazas es escasa, pero la icnocenosis puede relacionarse a la icnofacies *Scoyenia*. Los icnogéneros están en una sucesión estratigráfica compuesta por cinco unidades formadas por siliciclásticos, carbonato y toba, que se aglutinan en un grupo al que informalmente se designa con el nombre de Garame. La litología y estructuras sedimentarias vinculadas a los icnogéneros, aunado a tapetes microbianos, rizolitos, troncos fósiles y palinomorfos, sugieren que la sucesión ascendente de facies varía de aluvial a fluvio-lacustre, depositadas en un paleoambiente continental subaéreo. Zirrones detríticos, polen y posición estratigráfica debajo de la cubierta volcánica de la Sierra Madre Occidental sugieren una posible edad de depósito Cretácico-Paleógeno, con acortamiento estructural.

**Palabras clave:** *Planolites*, *Palaeophycus*, *Camborygma*, *Scoyenia*, Durango, Cretácico-Paleógeno.

## Abstract

*At the south of the Garame de Abajo town, Durango state, through field work a lithological succession not previously described in the geological literature was studied, in which there exists a trace of fossils that are identified with the ichnogenera Planolites, Palaeophycus and Camborygma. The amounts of trace fossils are scarce, but the ichnocoenosis may correspond to the Scoyenia ichnofacies. The ichnogenera are in a stratigraphic succession composed of five lithological units formed by siliciclasts, carbonates and tuffs, which are included together in a group that is informally designated as Garame. The lithology and sedimentary structures linked to the ichnogenera, as well as microbial mats, rhizoliths, fossil wood and palynomorphs, suggest that the ascending succession of facies varies from alluvial to fluvial-lacustrine, deposited in a subaerial continental paleoenvironment. Detrital zircons, pollen and stratigraphic position under the volcanic cover of the Sierra Madre Occidental suggest a possible Cretaceous-Paleogene age, with structural shortening.*

**Keywords:** *Planolites*, *Palaeophycus*, *Camborygma*, *Scoyenia*, Durango, Cretaceous-Paleogene.

## 1. Introducción

La icnología (ichnos, huella y logos, tratado) puede ser estudiada desde el punto de vista taxonómico, por la morfología que presenta; tafonómico, por la relación estructural orgánica que la formó; o etológico, por el comportamiento del organismo vinculado a las condiciones ambientales en que se formó (Buatois y Mángano, 2011). La icnología apoya a la sedimentología para descifrar la reconstrucción de ambientes antiguos al integrarse como herramienta al estudio de una parte del aspecto total de la roca, como estructuras primarias preservadas *in situ* originadas por organismos que transitaron el medio de depósito, que vivieron condiciones físicas y químicas particulares (temperatura, humedad, batimetría, tasas de sedimentación, salinidad, etc.), en medios subaéreos o subacuáticos, lo que garantiza que el entorno litológico se vincula genéticamente al ambiente en el que el organismo se adaptó (Müller, 1962; Pemberton, 1992; Bromley, 1996). La icnología posee una baja resolución bioestratigráfica temporal, pero facilita comparaciones paleo-ecológicas adecuadas para rocas de variada edad. La clasificación de icnofacies originalmente agrupó a conjuntos de trazas fósiles asociadas a un contexto batimétrico y hábitat del sustrato marino particular (Seilacher, 1967; Pemberton *et al.*, 1992), esto creó un paradigma que perdura en la actualidad, entre la profundidad del ambiente, constitución del sustrato y su relación con la traza fósil. Para la interpretación de ambientes sedimentarios los parámetros más importantes son las características de acumulación del sedimento (estructuras y texturas sedimentarias, fósiles, etc.), vinculadas con las características paleo-icnológicas esenciales, como son el índice de bioturbación, la abundancia y la icnodiversidad, entre otros factores (Taylor y Goldring, 1993; Bann *et al.*, 2008; Gingras *et al.*, 2007; Pemberton *et al.*, 1992). El estudio de las trazas fósiles de origen continental ha mostrado un importante avance, algunos ejemplos, en especial de ambientes fluvio-lacustres, son los realizados por Buatois y Mángano (2009), Melchor *et al.* (2012) y Sato *et al.* (2018). En estos ambientes la distribución de las trazas se distingue esencialmente por una combinación de diversos factores tafonómicos, como el estrés ambiental, el tipo de sedimento y el nivel de la columna de agua, y en especial, por los procesos tafonómicos que afectan significativamente la preservación de las trazas (Buatois y Mángano, 1996). Los rasgos mineralógicos, texturales y estructuras sedimentarias constituyen la fábrica particular en una sección estratigráfica, estos rasgos permiten inferir el medio de depósito, aunado a los fósiles dan una mayor aproximación al ambiente, pero ante la carencia de estos fósiles en sucesiones litológicas sedimentarias, la identificación de los rastros dejados por los organismos es de gran ayuda para apoyar la interpretación y reconstrucción de ambientes sedimentarios antiguos. El uso de icnofósiles

y sus asociaciones, como herramienta vinculada a la estratigrafía, es de gran utilidad y proporciona alta resolución para identificar procesos formadores de eventos transgresivos, regresivos, inundación, condensación, interrupciones, etc., en el registro secuencial de depósitos en diferentes ambientes evolutivos de una cuenca.

Por primera vez en la literatura geológica se da a conocer de manera informal, a cinco unidades litológicas que se denominan: Aguajito, Adobes, Los Rodeos, Rancho Viejo y Ratia, estas unidades se integran en un grupo al que se designa, también de manera informal, con el nombre Garame. Estas litologías fueron descritas y preliminarmente designadas en informes inéditos de la compañía GEOCA (1961), que realizó exploración de uranio para la institución del Gobierno de México denominada Uranio Mexicano (URAMEX), pero actualmente esos informes son del dominio público y pueden ser consultados en el portal del Servicio Geológico Mexicano, en el ícono consulta de informes técnicos URAMEX ([www.gob.mx/sgm](http://www.gob.mx/sgm)). La sección estratigráfica que se describe en este trabajo está formada principalmente por siliciclastos, tobas y distribución limitada de carbonatos, las características litológicas, aunado a trazas fósiles dejadas por organismos, sugieren cambios de ambiente de depósito repetitivos. La sucesión de unidades objeto de este trabajo aflora al sur de la población de Garame de Abajo, Municipio de Santiago Papasquiaro, Durango, en la Sierra Madre Occidental. El acceso al área se realiza por carretera pavimentada hasta el poblado de Garame de Abajo y por camino de terracería y brechas hay acceso limitado al área de estudio (Figura 1). El objetivo del presente trabajo es dar a conocer el registro de trazas fósiles, que aunadas a las características litológicas, permiten interpretar el ambiente de depósito de una sección estratigráfica no conocida con anterioridad.

## 2. Metodología

En la década de los años ochenta se tuvo el primer contacto con el área mediante un reconocimiento preliminar. Recientemente se realizó la compilación de los trabajos previos y se realizaron tres periodos de campo para obtener datos estratigráficos y estructurales. La metodología del trabajo consistió en observaciones de campo que permitieron distinguir texturas, estructuras y estimar espesores de la columna estratigráfica (Figura 2), los cambios de coloración de las rocas facilitaron distinguir cinco unidades litológicas, que se integran en un grupo litoestratigráfico, su nomenclatura aquí es preliminar e informal pues su designación está fuera de los alcances del presente trabajo, pero por sus características litoestratigráficas y extensión pueden identificarse como formaciones para un trabajo futuro. Para describir las estructuras dejadas por la biodiversidad orgánica en el registro geológico se consideró

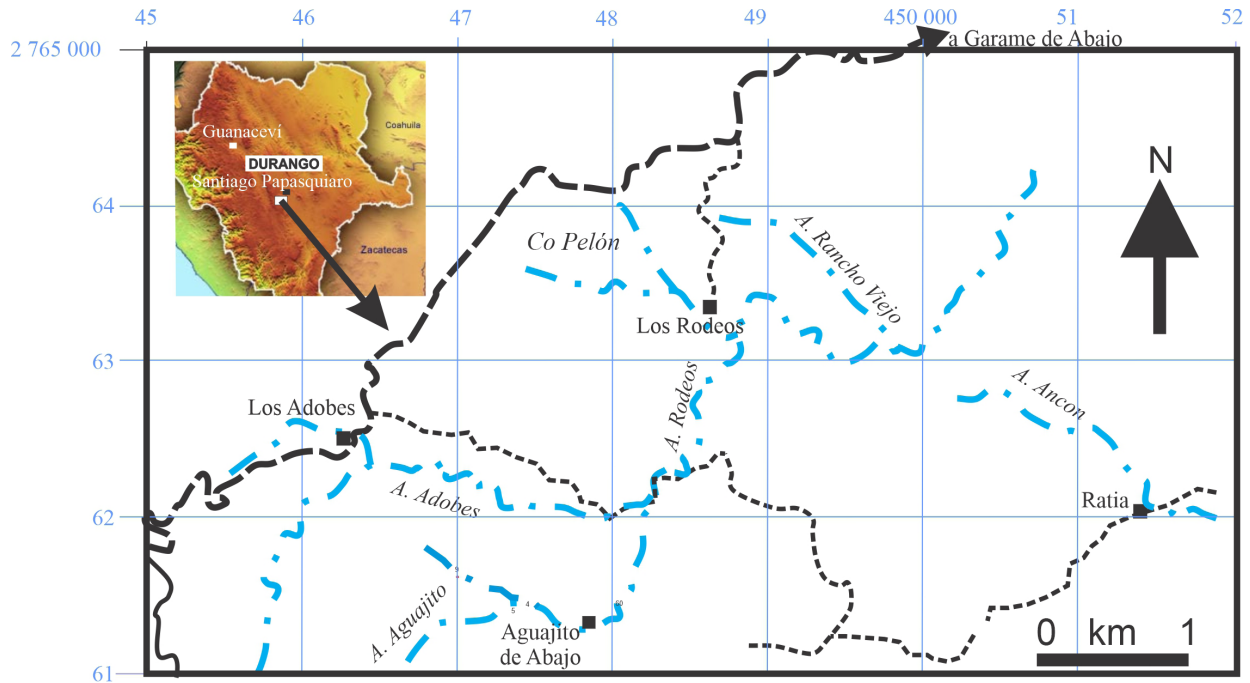


Figura 1. Localización del área de estudio. Se muestran los arroyos (en color azul) en donde afloran las unidades estratigráficas. Coordenadas en el sistema UTM.

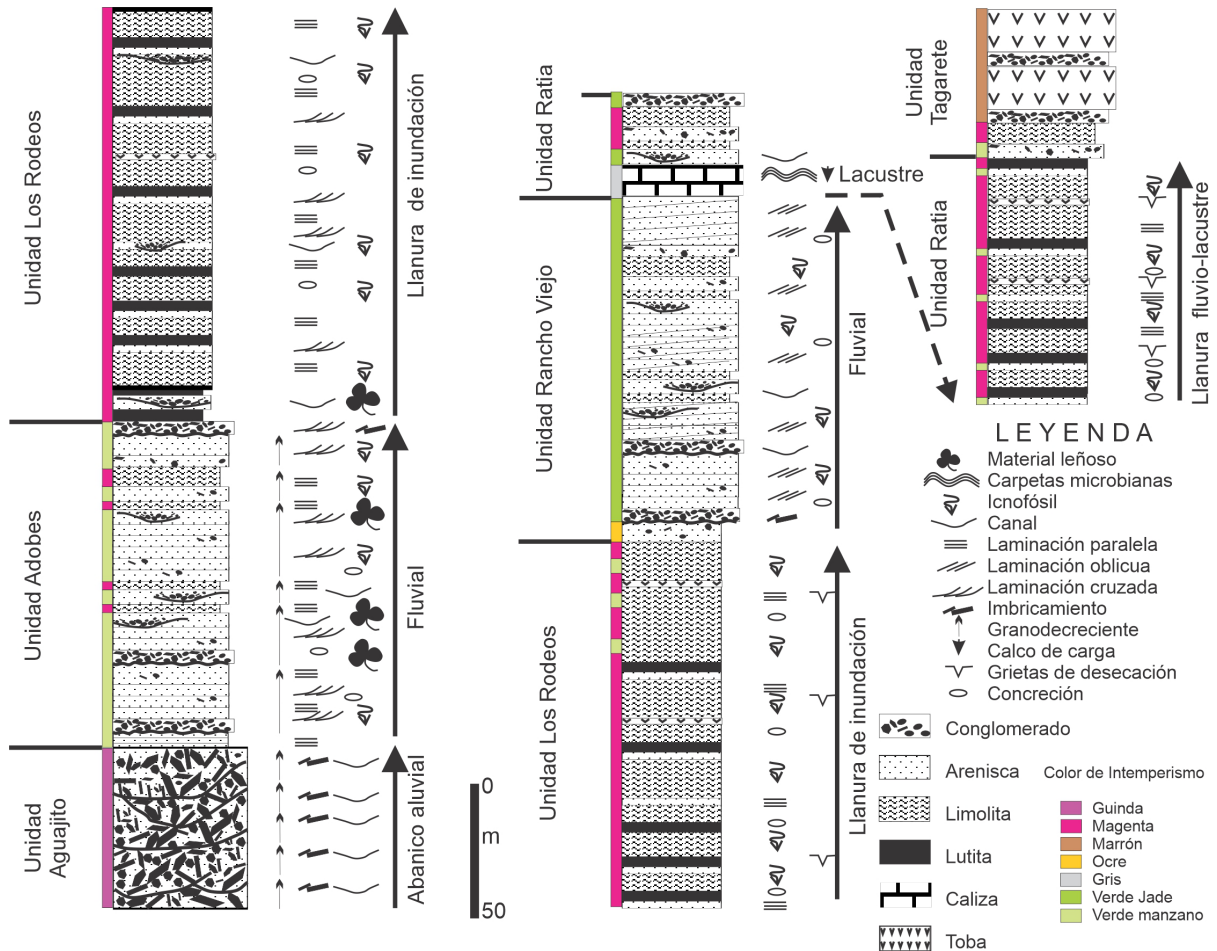


Figura 2. Columna estratigráfica de las unidades del grupo Garamé.

el índice de bioturbación (IB), de acuerdo con la propuesta de Taylor y Goldring (1993). Se identificaron a nivel de icnogénero las trazas fósiles estudiadas mediante imágenes tomadas en el campo y los icnogéneros preliminarmente se vinculan a una icnofacies. La identificación icnológica y características estratigráficas permitieron interpretar la sedimentología y posible ambiente de depósito.

### 3. Litoestratigrafía

#### 3.1. Unidad Aguajito

La unidad más antigua que aflora es referida informalmente como Aguajito (GEOCA, 1961) y está compuesta por conglomerado de guijas y guijarros, angulosos a subangulosos, granosoportados y burdamente estratificados, que provienen de rocas volcánicas, estos clastos tienen matriz de arenisca de grano grueso y presentan estructuras sedimentarias de corte y relleno, en capas de 40 a 60 cm de espesor, pero por estar amalgamadas aparentan ser masivas y su color es guinda y morado. Aflora un espesor de 60 m (Figura 2), sin observar su base y no presenta icnofósiles. Este conglomerado pasa en transición rápida a la unidad informal Adobes, descrita originalmente por GEOCA (1961) con el nombre de Papasquiario.

#### 3.2. Unidad Adobes

La unidad Adobes está compuesta por arcosa de grano grueso a grano medio y arenisca conglomerática, con mica blanca y fragmentos carbonizados de material leñoso fósil, posee estratificación paralela laminar, estratificación cruzada y estructuras de corte rellenas en la base por conglomerado subanguloso con grano-decrecimiento a la cima del estrato, en capas de 20 a 40 cm de espesor, de color verde manzana. Numerosos troncos y restos de madera fósil carbonizada en su base propician la precipitación de minerales de uranio. En esta unidad Miranda *et al.* (1982) reportan polen que mediante microscopía petrográfica identifican las especies *Classopollis* sp. (Pflug, 1953), *Classoidites crassiramosus* (Rueda-Gaxiola, 1967), *Polyplacodites* sp. (Hammen *et al.*, 1961), *Faveotricolpites* sp. (Pierce, 1961) y *Exesipollenites* sp. (Fensome, 1983). La cima de esta unidad tiene estructuras de corte y en la base de estas estructuras hay relleno de conglomerado con clastos de argilita de 0.5 a 4.0 cm de diámetro, subanguloso a moderadamente redondeados y bien cementados. La unidad Adobes tiene un espesor promedio de 100 m y su cima pasa en concordancia estratigráfica a la unidad Los Rodeos, predominantemente pelítica (Figura 2). En la base y la cima de los estratos hay trazas de organismos que se reconocen asignadas a los icnogéneros *Planolites* y *Palaeophycus*, que se describirán más adelante.

#### 3.3. Unidad Los Rodeos

La base de la unidad Los Rodeos está formada por lutita, limolita y arenisca de grano fino, con estratificación laminar paralela, o de ángulo bajo, con grietas de desecación y concreciones de sílice, se acumula en bancos de 3 a 4 m de espesor, interrumpidos por lentes de conglomerado con clastos de argilita, de 0.5 a 2.5 cm de diámetro, con forma angulosa y subangulosa, soportados por arenisca de grano medio, en capas delgadas, también se presentan intercaladas en la sección esporádicas capas de toba, pero son difíciles de reconocer. El color de esta unidad es magenta predominantemente, pero hay intervalos de coloración verdosa y el espesor de esta unidad fluctúa entre 175 a 200 m (Figura 2). Las trazas reconocidas en esta unidad están compuestas por los icnogéneros *Planolites* y *Camborygma*, asociados a galerías ramificadas que se identifican como posibles rizolitos. La cima de la unidad Los Rodeos pasa en transición concordante hacia la unidad Rancho Viejo.

#### 3.4. Unidad Rancho Viejo

La unidad Rancho Viejo está compuesta por arcosa de grano medio y horizontes de conglomerado, con estratificación laminar paralela y estratificación cruzada de ángulo bajo, en capas de 40 a 80 cm de espesor, que pueden amalgamarse y dar apariencia masiva (Figura 2). Es característica de esta unidad su coloración verde jade, el espesor completo es inferior a 60 m. Las trazas que se reconocen en esta unidad son formadas por los icnogéneros *Planolites* y *Palaeophycus*. El contacto superior de esta unidad pasa en transición y concordancia a la unidad Ratia.

#### 3.5. Unidad Ratia

La litología más joven que se describe en este trabajo es la unidad informal Ratia y constituida en la base por arenisca de grano fino de limolita y lutita, tienen estructura laminar y se amalgaman para formar bancos de 1 a 3 m de espesor, interrumpidas por toba o arenisca de grano fino a grano medio y algunas estructuras de corte y relleno de conglomerado con clastos de 0.5 a 2.0 cm de diámetro, angulosos a subredondeados y predomina una coloración magenta a violácea. Esta litología lateralmente cambia a caliza gris, en capas delgadas, con carpetas microbianas. La parte superior de la unidad es predominantemente arenosa, de grano grueso y conglomerática, de color crema, ocre, verdoso o inclusive blanquecino, con capas decimétricas de toba intercalada. El espesor completo de la unidad Ratia es variable, pero no mayor a 100 m (Figura 2). La bioturbación en la unidad Ratia es escasa y hay trazas fósiles difíciles de identificar. La sucesión estratigráfica arriba descrita pasa en transición a toba, arenisca y conglomerado de otra unidad denominada informalmente Tagarete, no estudiada en este trabajo. Una muestra de roca sedimentaria en la



parte inferior de la unidad Ratia tiene población de zircones detríticos con edades de 240, 138 y 90 Ma (Guzmán-Lugo *et al.*, 2016), con la mayor población de este mineral detrítico para la edad más joven y este último dato, acorde a la Comisión Internacional de Estratigrafía (IUGS, 2017), corresponde a la cima del Turoniano, por lo que el depósito de la unidad Ratia puede ser Coniaciano o más joven.

El conjunto de unidades descritas aquí se propone designarlas informalmente como un grupo con el nombre de Garame. Estas unidades tienen estrecha semejanza litológica con las rocas sedimentarias que afloran en Guanaceví, Durango (Terrones-Benítez, 1922; Cruz-Pérez y Ríos-Vázquez, 1999) y, por lo tanto, se requiere hacer una correlación regional que pueda incluir a estas litologías en un grupo mayor. Estas rocas están afectadas por fallas inversas, normales, lítricas y laterales, con pliegues amplios, que arman el buzamiento noroeste de un anticlinal orientado NW-SE, esta estructura sugiere que las rocas descritas fueron afectadas por un episodio de acortamiento, por lo tanto, su deformación requiere un estudio especial fuera de los alcances de este trabajo.

#### 4. Icnotaxonomía

##### *Planolites* Nicholson, 1873

**Descripción.** *Planolites* isp. presenta trazas cilíndricas simples, con sección transversal de aproximadamente 8 milímetros de diámetro mayor y 5 milímetros de diámetro menor, de superficie lisa homogénea, con 70 milímetros o más de longitud, en acomodo sub-horizontal a oblicuo, sin ramificaciones, abundantes trazas entrecruzadas, conservadas en epirrelieve o atenuadas por intemperismo (Figuras 3 A–E), la estructura en relleno de madriguera está ausente, el relleno de la traza es diferente al de la matriz hospedante como característica de este icnogénero y en este caso se ve bien la diferencia (Figura 3 A). Estas trazas son muy frecuentes en las unidades Adobes y Los Rodeos, a escala de observación decimétrica el índice cualitativo de bioturbación IB varía de 3 a 4, dispuestas en capas de limolita y arenisca de grano fino, con estratificación laminar paralela. (Figura 5 A–B).

**Comentarios.** Según Pemberton y Frey (1982) y adoptado por otros autores, *Planolites* se diagnostica sobre la base de que es una traza simple sin forro, mientras que *Palaeophycus* es una traza con forro. *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 se ha asignado a organismos productores muy variados como, por ejemplo, anélidos e insectos, que reflejan un comportamiento de búsqueda de alimento y producen relleno activo o trazas de domicilio (Pemberton y Frey, 1982; Fillion y Pickerill, 1984; Seilacher, 2007) y raramente se encuentran ramificadas. Ambientalmente se ha reportado

tanto en medios marinos como continentales, para este último especialmente en medios fluviales, lacustres (Pieńkowski, 2004) y eólicos (Ekdale *et al.*, 2007), frecuentemente asociado en la icnofacies de *Scoyenia* (Buatois y Mángano, 2002) y en rocas sedimentarias que van desde el Precámbrico al Holoceno.

##### *Palaeophycus* Hall, 1847

**Descripción.** Se reconoce *Palaeophycus* isp., por presentar su traza horizontal, tubular y ligeramente curva en las puntas, se conserva en forma de epirrelieve, el relleno de las trazas es el mismo que la matriz hospedante, su longitud sobrepasa 100 mm, con 10 mm de diámetro (Figura 4 A–C; Figura 5 A–C). Estas trazas se alojan en arenisca de grano fino y limolita, con estratificación paralela laminar, con índice cualitativo de bioturbación IB de 2 a 3, en estratos de escala de observación decimétrica y está presente en las unidades Adobes y Rancho Viejo.

**Comentarios.** La identificación del icnogénero *Palaeophycus* ha sido confusa al no proponer Hall (1847) el ejemplar tipo específico para su designación original. Trabajos posteriores propusieron cambios para definir su adecuada icnotaxonomía (Bassler, 1915) y fue Andrews (1955) quien propuso el material tipo como referencia para *Palaeophycus*. Häntzschel (1975) y Pemberton y Frey (1982) realizaron una revisión taxonómica minuciosa de los icnogéneros *Palaeophycus* y *Planolites* con objeto de hacer una distinción adecuada entre ellos, pero según Fillion y Pickerill (1984) queda pendiente un diagnóstico taxonómico menor para excluir de este icnogénero a las madrigueras y galerías sinuosas que se llegan a presentar. El icnogénero *Palaeophycus* se ha interpretado como estructuras de alimentación, de organismos suspensívoros o de detritus (Pemberton y Frey, 1982). *Palaeophycus* se distingue por la presencia de un forro en la pared, el cual está ausente en *Planolites* (Pemberton y Frey, 1982; Keighley y Pickerill, 1995). En ambiente continental esta traza se ha asociado a facies lacustres y fluviales (Melchor, 2004; Barras y Twitchett, 2016) y a la icnofacies de *Scoyenia* (Buatois y Mángano, 2011). Su alcance estratigráfico se ha reportado desde el Precámbrico al Reciente.

##### *Camborygma* Hasiotis y Mitchell, 1993

**Descripción.** Este icnogénero posee una galería cilíndrica, de forma robusta, constituida por un conducto vertical a ligeramente inclinado, anillado, de 20 milímetros de diámetro, con 300 milímetros de longitud, con la pared de la traza rodeada por una litología de grano muy fino, mientras que el relleno de la traza es conservado en arenisca de grano medio. Hacia la base de la galería se observa una cámara esférica a subesférica, bien definida, que mide aproximadamente 50 milímetros de diámetro, la cual está conectada con el eje vertical que tiene forma aparente de anillos o nódulos (Figura 6 A–B). Varias estructuras

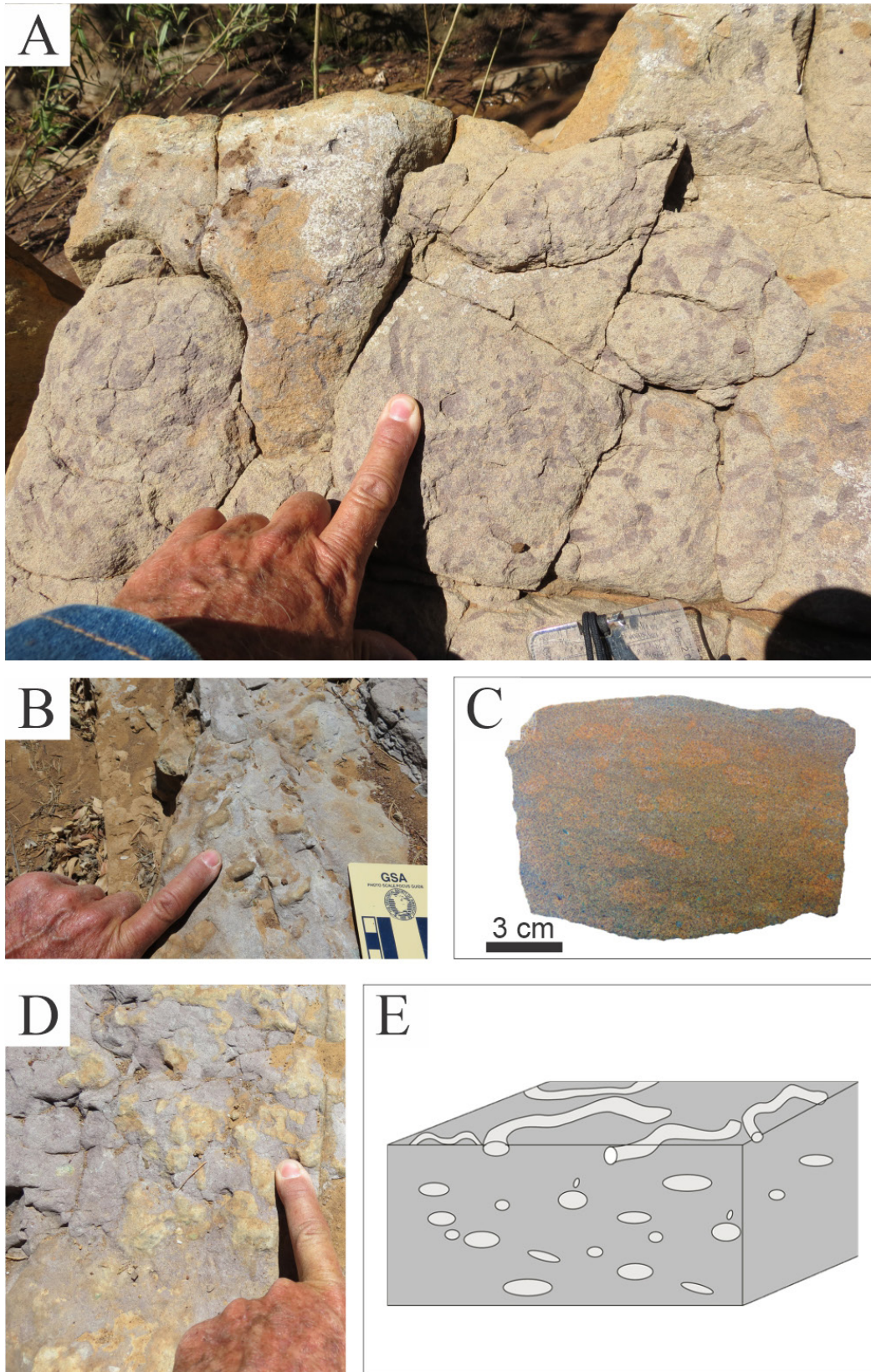


Figura 3. A) Trazas horizontales cilíndricas y entrecruzadas de *Planolites*, el relleno de la pista es diferente al de la matriz hospedante y en este caso se ve bien la diferencia, las trazas están atenuadas posiblemente por intemperie, ubicadas en la unidad informal Los Rodeos, escala del dedo 6 cm (localidad 4, UTM 446,450; 2 762,736). B y D) Trazas horizontales de *Planolites*, ubicadas en la unidad informal Adobes, arroyo Aguajito (localidad 1, UTM 447,342; 2 761,512). C) Cortes transversales con galerías de *Planolites* (misma localidad). E) Representación esquemática de cómo se conserva *Planolites* dentro de la roca hospedante.



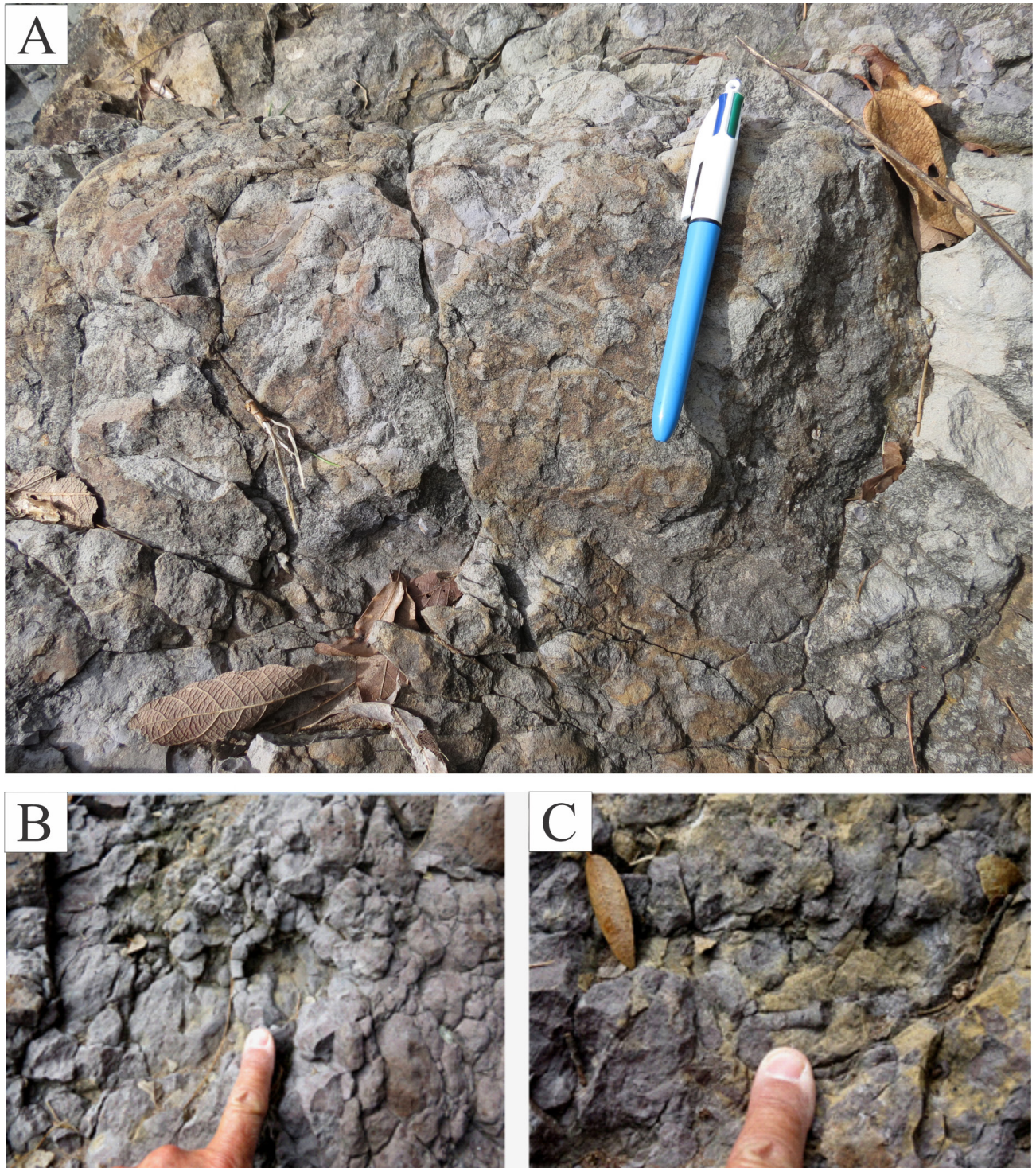


Figura 4. A) Trazas de *Palaeophycus* mal conservadas. B) y C) Numerosas trazas de *Palaeophycus*, en donde se alcanzan a distinguir conductos individuales, con una morfología tubular y curva, la pared no tiene ornamentación y el relleno es similar al de la matriz donde están las trazas, en el tercio superior de la unidad Adobes. Escala de la uña 1.5 cm (localidad 2, arroyo Los Rodeos, UTM 448,597; 2 762,681).



similares rodean a la galería mejor preservada y su relieve se conserva entre siliciclastos de grano fino a muy fino, de color magenta en la unidad Los Rodeos y su presencia tiene un índice de bioturbación relativo IB 2. Adicionalmente, en esta litología hay *Planolites*, formas identificadas como posibles rizolitos (Figura 7 A) y concreciones subsféricas, calcáreas, de 10 a 20 milímetros de diámetro, que parecen ser atribuibles a icnofósiles.

**Comentarios.** El icnogénero *Camborygma* incluye sistemas perforantes simples o complejos, con túneles con eje vertical, subvertical o subhorizontal, que termina en una cámara hacia la base de la galería, con rasguños y marcas de los organismos productores (Genise, 2017; Smith *et al.*, 2008), sus dimensiones son muy variables, desde 10 a 400 cm de longitud y diámetros de 1 a 14 cm. Siguiendo los criterios icnotaxonómicos de Hasiotis y Mitchell (1993) basados en la arquitectura de la estructura perforante, este icnogénero tiene cuatro icnoespecies: *Camborygma lironomos* Hasiotis y Mitchell, 1993, *Camborygma araioklados* Hasiotis y Mitchell, 1993 y *Camborygma symplokonomos* Hasiotis y Mitchell, 1993 y *Camborygma eumekenomos* Hasiotis y

Mitchell, 1993. Los tres primeros construyen un conducto de comunicación corto en donde la cámara de habitación está en la zona freática somera y se asocia a depósitos de canal, dique, desborde de canal y planicie de inundación proximal, a diferencia de *Camborygma eumekenomos* Hasiotis y Mitchell 1993, que construye un conducto más largo para que su cámara de habitación se aloje en la zona freática que es relativamente más profunda a la superficie. El material estudiado en este trabajo no se asignó a una icnoespecie particular. Este icnogénero representa la actividad de crustáceos decápodos (Cambaridae), de ambiente fluvial (Hasiotis y Mitchell, 1993; Hasiotis y Honey, 2000). Se ha interpretado como trazas de domicilio (Domichnia), en donde los organismos tratan de alcanzar el nivel freático (Do Nascimento *et al.*, 2017). Este organismo habita en planicies de inundación distal, como pudiera ser el caso del ejemplar descrito en este trabajo. *Camborygma* es conocido en depósitos continentales, se asocia estrechamente a depósitos de paleosuelo, con niveles freáticos fluctuantes en bosques, matorrales y vegetación herbácea abierta (Keighley y Pickerill, 1995). Este icnogénero da nombre

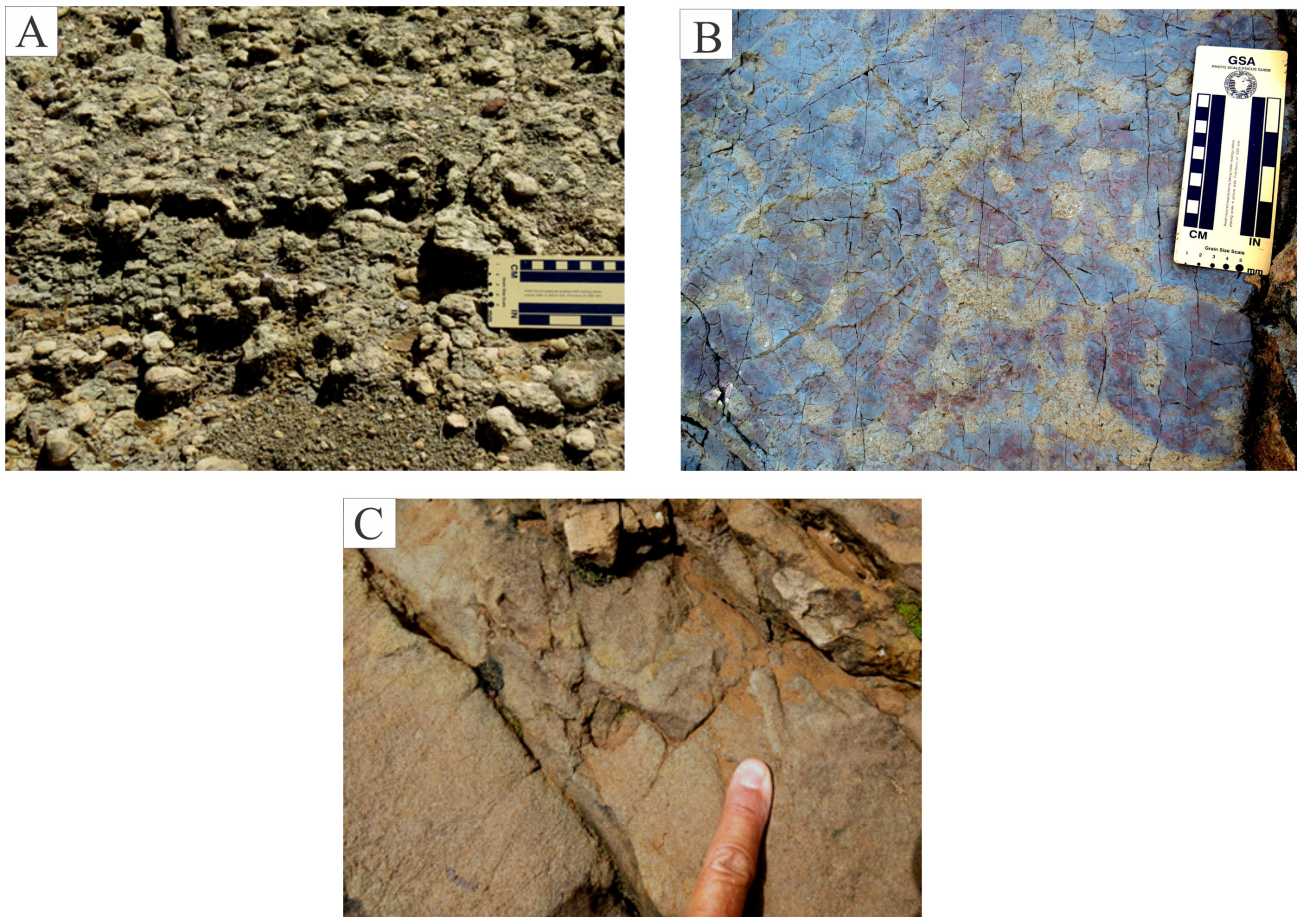


Figura 5. A) Trazas verticales mal conservadas de *Palaeophycus*, en la cima de la unidad Rancho Viejo (localidad 3 UTM 451,350; 2 762,431). B) Trazas de *Palaeophycus* mal conservadas en la base de la unidad Rancho Viejo (localidad 5, UTM 445,414; 2 762,101), en ambas localidades escala gráfica señalada. C) Trazas de *Palaeophycus*, en arenisca ubicada en la base de la unidad informal Adobes (localidad 1, en el arroyo Aguajito, UTM 447,342; 2 761,512). Uña de escala 1.5 cm.

a la icnofacies *Camborygma*, la cual es considerada como una fase de advenimiento masivo de crustáceos y organismos vermiformes, estas trazas se agrupan en una nueva icnofacies arquetípica que precedió a la extinción masiva de organismos del Paleozoico (Genise *et al.*, 2016), por lo que el registro *Camborygma* varía del Paleozoico Superior al Reciente, pero tiene un amplio reconocimiento en el Mesozoico (Hembree y Swaninger, 2018).

Adicionalmente a las trazas fósiles anteriormente descritas, hay evidencia de estructuras orgánicas de tapetes microbianos en estratos delgados de caliza (Figura 7 B-C), así como fragmentos aciculares de hojas de pinacea alojados en limolita, en posibles costras de desecación (Figura 7 C), fragmentos de troncos fósiles, algunos en posición de crecimiento y otros derribados (Figura 7 D) y rizolitos.

## 5. Discusión

Las icnofacies reconocidas en entornos continentales generalmente incluyen las icnofacies *Mermia*, *Coprinisphaera* y *Scoyenia*, (MacEachern *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2016), sin embargo, recientemente estas se han ampliado (Genise *et al.*, 2016). La icnofacies *Scoyenia* se caracteriza por tener una icnodiversidad baja, que en ocasiones es mono-específica, escasos icnogéneros exclusivos 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 a *Skolithos*, *Cruziana* y *Palaeophycus* y formas comunes en ambientes marinos (Buatois y Mángano, 1996).

El conjunto de icnogéneros descritos en las diferentes unidades estratigráficas de este trabajo muestra una baja diversidad de formas identificadas (Tabla 1) y las trazas que se presentan pueden corresponder con características asociadas más propias a la icnofacies *Scoyenia* que a otras icnofacies de ambiente subaéreo. La carencia de restos fósiles diagnósticos para identificar el ambiente y edad de depósito de estas rocas motiva a los autores para combinar métodos alternos de identificación icnológica, estratigrafía y sedimentología, con objeto de interpretar el ambiente y subambientes en que se depositaron estas rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas.

La columna estratigráfica muestra cambios substanciales de granulometría, fábrica y coloración (Figura 2). Las características litológicas descritas para la unidad Aguajito, denota inmadurez y poco transporte, que se interpreta como depósito de flujos de escombros con alta energía, relleno de canal y abanicos aluviales proximales (Miall, 1978), derivadas de una fuente de aporte constituida por rocas ígneas extrusivas. Sobre la litología anterior está la unidad Adobes, que pasa concordante y en transición a una granulometría con mayor selección. Sus características litológicas, estructuras sedimentarias y trazas de los icnogéneros *Palaeophycus* y *Planolites*, aunado a la presencia de troncos fósiles derribados y cuellos de troncos en posición vertical de posible crecimiento y palinomorfos, sugieren que este depósito pertenece a un ambiente fluvial, posiblemente trenzado (Miall, 2010) y la icnoasociación se asocia a un ambiente lacustre cerrado. La litología descrita en la cima de la unidad Adobes sugiere la presencia de canales de

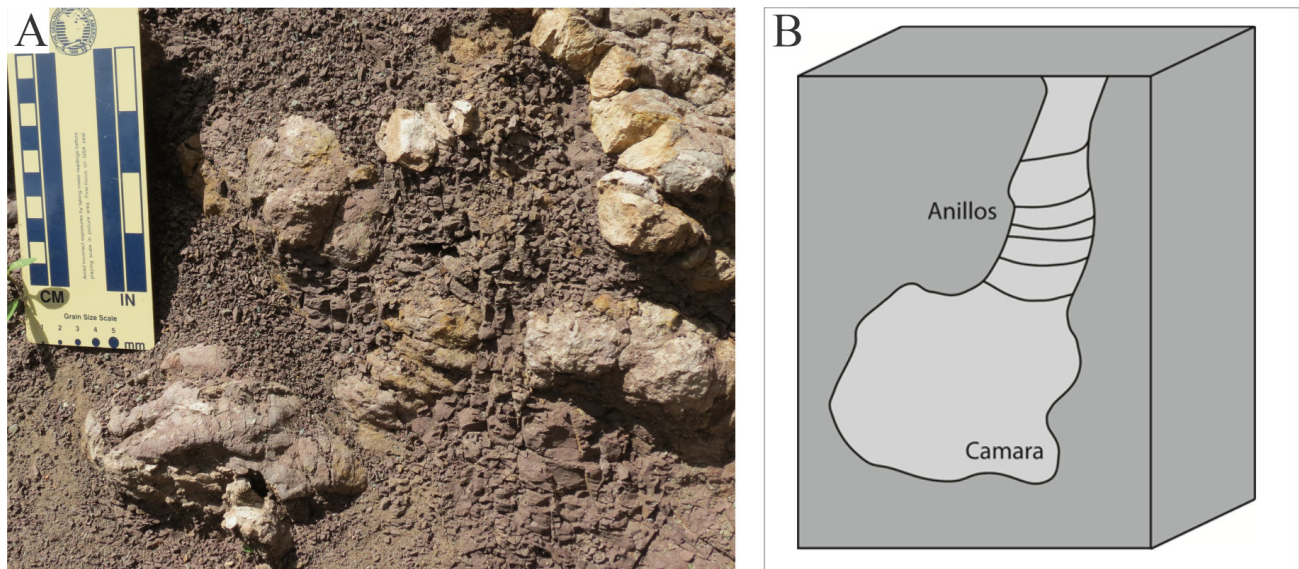


Figura 6. A) Galerías asignadas al icnogénero *Camborygma*, en la unidad Los Rodeos (localidad 6, UTM 448,483; 2 763,389). B) Representación de *Camborygma* isp. y su posición dentro del sustrato.



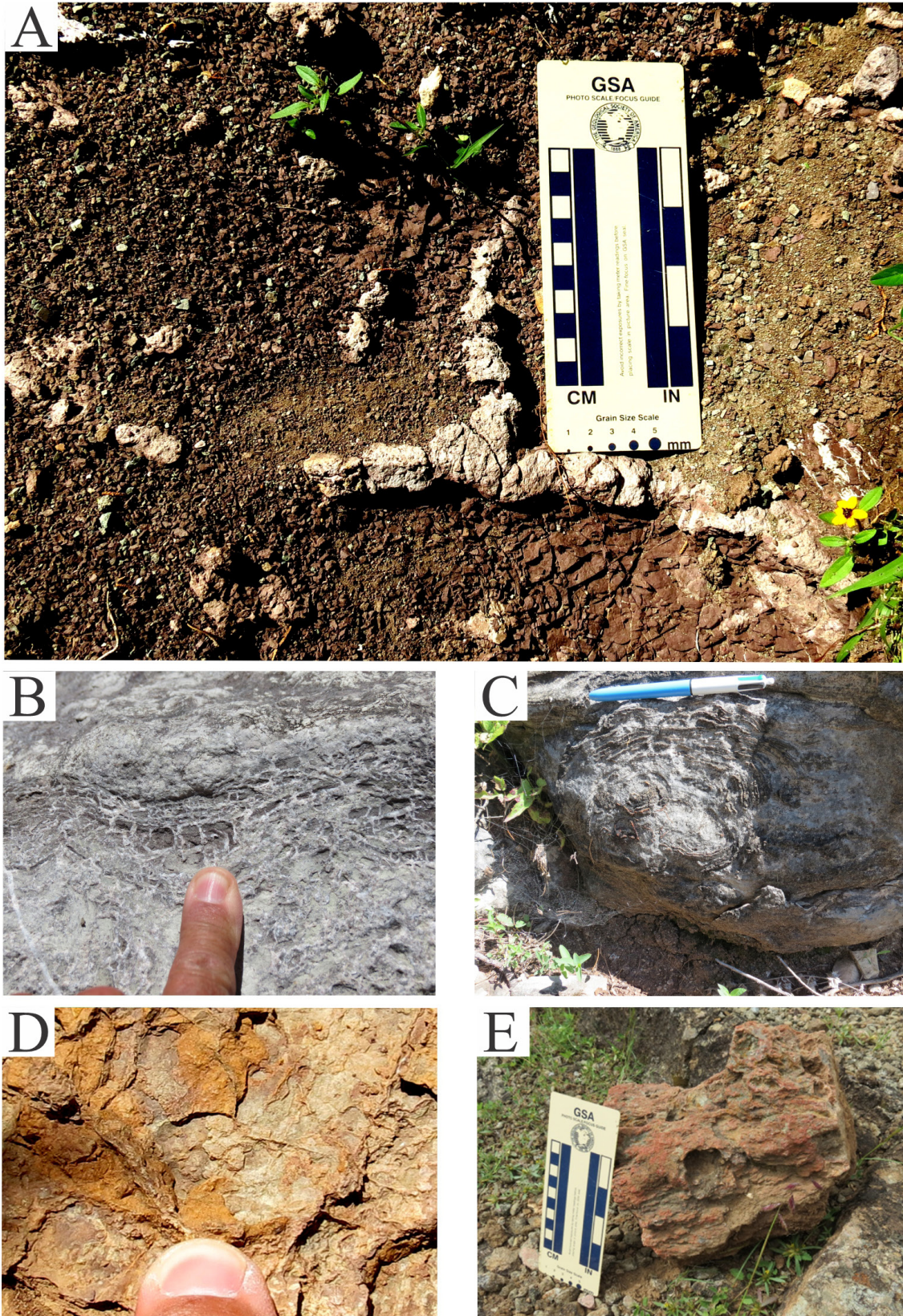


Figura 7. A) Posibles rizolitos en posición vertical, en limolita laminar y arenisca de grano fino, en la unidad informal Los Rodeos (localidad 6, UTM 448,483; 2 763,389). B) Detalle de estructuras de posibles estromatoporoides, en capas de caliza asociadas con carpetas microbianas en la unidad informal Ratia. C) Corte transversal de tapetes microbianos (posibles trombolitos), en capas de caliza de la unidad *Ratia*. Longitud de la escala 20 cm (cabecera del Arroyo Ancón, UTM 451,154; 2 762,657). D) Posible resto foliar acicular de Pinaceae, incluida en probable grieta de desecación en capas rojas de la unidad *Ratia* (localidad UTM 448,140; 2 764,157). E) Fragmento de tronco petrificado en la base de la unidad Adobes (UTM 447,305; 2 761,173).



Tabla 1. Asociación de las trazas fósiles en las unidades litológicas del grupo Garame (informal). Localidades: 1 y 2 unidad Adobes; 3 y 5 unidad Rancho Viejo; 4 y 6 unidad Los Rodeos.

Trazas	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3	Localidad 4	Localidad 5	Localidad 6
<i>Palaeophycus</i>	X	X	X		X	
<i>Planolites</i>	X	X		X		
<i>Camborygma</i>						X
rizolitos						X

erosión, con un flujo hidrodinámico mayor, en un sistema de depósito posiblemente de corriente fluvial trenzada o anastomosada (Leopold y Wolman, 1957; Bridge, 1985). Las características litológicas descritas para la unidad Los Rodeos, con numerosas trazas de *Planolites* y galerías asignables a *Camborygma* y posibles rizolitos, sugieren pertenecer a un depósito en ambiente encharcado (Talbot y Allen, 1986), condiciones similares han sido referidas para planicie de inundación del Paleoceno y Eoceno en la Formación Willwood en Wyoming (Smith *et al.*, 2008). Las estructuras sedimentarias con grietas de posible desecación indican un ambiente con periodos húmedos alternos con sequía y exposición subaérea, lo cual puede suceder en un depósito de planicie fluvial y lacustre en ambientes de oxidación. La unidad Rancho Viejo compuesta por capas de arcosa amalgamadas, pseudomasivas, con la presencia de escasas trazas del género *Palaeophycus*, vinculadas a sus características litológicas, permiten interpretar que su depósito obedece a una subsidencia con mayor aporte de siliciclastos e inhibición del desarrollo de trazas fósiles, en ambiente fluvial, con energía moderada (MacEachern *et al.*, 2010). La base de la unidad Ratia, tiene trazas fósiles escasas e irreconocibles, está compuesta por argilita de color magenta y guinda, que tiene cambios laterales a caliza, con desarrollo de tapetes microbianos. Estas características se vinculan con planicies de inundación y lagos someros, las tobas interestratificadas en la sucesión indican periodos de vulcanismo piroclástico y derrames, en un ambiente continental, en climas variables por cambios alternantes de desecación e inundación.

El conjunto de litologías se relaciona con un entorno hidrodinámico variable, de energía alta a energía baja y moderada, con cambios de ambiente alternantes, así como también procesos de inhibición de icnofauna, posiblemente afectados por subsidencia y aporte sedimentario acelerado (que son más evidentes en la unidad Rancho Viejo). El modelo de depósito para estas sucesiones estratigráficas se muestra en la Figura 8. Es de resaltar la coincidente semejanza del ensamble icnológico observado en la sucesión estratigráfica de este trabajo con otros reportes con rocas de ambiente continental del Cretácico Superior de Corea (Kim *et al.*, 2002), Wyoming (Smith *et al.*, 2008) y China (Wang *et al.*, 2016). Por el entorno descrito no se descarta la posibilidad de que puedan descubrirse huellas de vertebrados en estas rocas.

En cuanto a la edad de depósito de la unidad Adobes, los géneros *Classopollis* sp., *Classoidites crassiramosus*, *Polyplicadites* sp., *Faveotricolpites* sp. y *Exesipollenites* sp., (citados por Miranda *et al.*, 1982), tienen alcances estratigráficos amplios que varían desde el Jurásico al Mioceno. Según la base de datos (Palynodata, <https://paleobotany.ru/palynodata/taxa>) creada por White y Jessop (2002), la presencia de la asociación *Classoidites crassiramosus*, reportado en el Maastrichtiano en México (Rueda-Gaxiola, 1967), *Faveotricolpites* sp., persistente entre el Cenomaniano al Paleoceno en América y China (Pierce, 1961; Potonie, 1970) y principalmente *Polyplicadites* sp., que se distribuye entre el Maastrichtiano y Paleoceno en México, Guayana y Colombia (Hammen y García, 1964; Rueda-Gaxiola, 1967; Penny, 1969), son persistentemente presentes en el Cretácico Superior y Paleoceno. Por otro lado, la geocronología de los zircones detríticos (Guzmán-Lugo *et al.*, 2016) en la base de la unidad Ratia no permite que esta unidad pueda ser anterior al Turoniano tardío, lo que resulta congruente con la edad más joven que pueden tener *Polyplicadites* sp. y *Faveotricolpites* sp. Así mismo, si consideramos que la deformación de acortamiento estructural que tienen las rocas aquí descritas no es propia del dominio geológico de la cubierta volcánica félsica de la Sierra Madre Occidental y que este vulcanismo ha sido fechado no mayor a 34 Ma (Ferrari *et al.*, 2005), podemos inferir que el grupo Garame se depositó entre el Cretácico Superior y el Paleógeno.

## 6. Conclusiones

Este trabajo identifica la presencia de los icnogéneros *Planolites*, *Camborygma* y *Palaeophycus* en una sucesión siliciclastica de litología variada. No obstante, la diversidad y abundancia de las trazas fósiles es baja, estos icnogéneros posiblemente se vinculan con la icnofacies *Scoyenia*, ya que su relación parece más estrecha con ésta, que su liga a otras icnofacies continentales. Con base en la litología, características físicas de estructuras sedimentarias, ausencia de fósiles marinos, presencia de trazas orgánicas de los diversos icnogéneros aquí descritos, polen, rizolitos y cuellos de troncos fósiles en posición de crecimiento, en este trabajo se propone que las unidades estudiadas corresponden a un depósito subaéreo continental, con paleoambientes

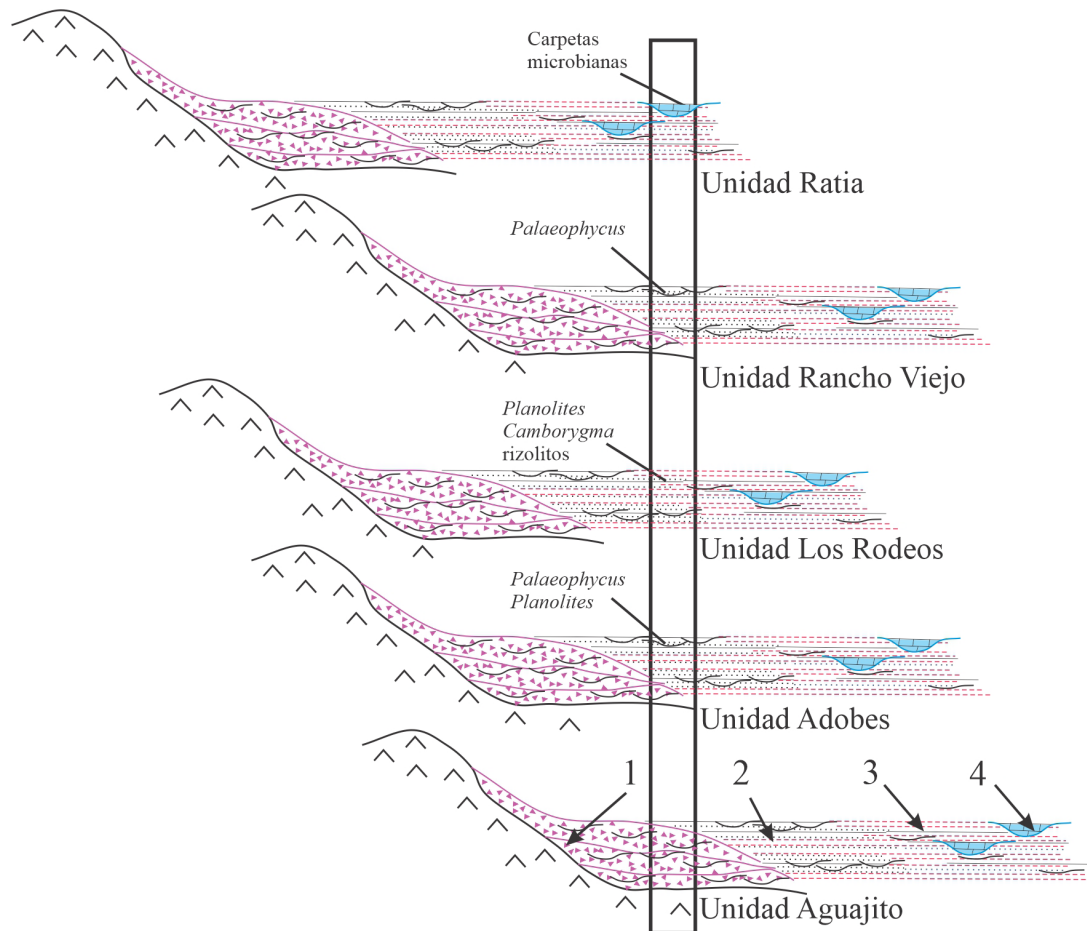


Figura 8. Modelo de depósito del grupo Garame. Las icnoasociaciones se distribuyen con las variaciones litológicas laterales que se sobrepone acordes a la subsidencia y acumulación sedimentaria conforme a la Ley de Walther, como se representa en la columna estratigráfica del recuadro. Al calce del modelo los sub-ambientes: (1) facies de abanico aluvial. (2) facies fluviales y canales entrecruzados. (3) facies de llanura fluvial y lacustre. (4) facies lacustres someras y efímeras. Iconoasociaciones acordes a la Tabla 1.

de ciclos alternantes, en un modelo sedimentario que varió desde abanicos aluviales, a llanuras de inundación y lacustre efímero. Estos ambientes se sucedieron temporal y espacialmente en apilamiento de agradación, con actividad volcánica intercalada representada por tobas. Sus características litológicas indican energía de depósito que varía desde alta a moderada y por su índice de bioturbación, que conserva mayormente las estructuras sedimentarias primarias, se considera con una tasa de sedimentación alta. La edad del depósito no está establecida, pero con base al contenido palinológico, edad más joven de los zircons detríticos, por la deformación estructural con acortamiento NW-SE que presenta la sucesión estratigráfica aquí estudiada y su relación estratigráfica con la cubierta volcánica félsica de la Sierra Madre Occidental, las rocas descritas en este trabajo pueden ser asignadas al Cretácico Superior-Paleógeno.

### Agradecimientos

Los autores agradecemos los valiosos comentarios de la revisión a este trabajo realizados por el Dr. Francisco Sour Tovar y Dr. Rafael Barbosa Gudiño, de manera particular el apoyo y sugerencias preliminares para mejorar este trabajo dados por el Dr. Josep Moreno Bedmar, Dra. Gabriela Pineda Salgado y Dr. Antoni Camprubí. La valiosa colaboración en los trabajos de campo de Juan José Islas Tenorio y los comentarios técnicos y facilidades logísticas de soporte técnico de Eduardo Rivera Carranza, ambos ingenieros del Servicio Geológico Mexicano. A la Dra. Uxue Villanueva Amadoz por sus observaciones sobre el alcance estratigráfico de los palinomorfos y a la Maestra Sandra Ramos, responsable de la Unidad Editorial del Instituto de Geología por su esmerado trabajo, a todos ellos reiteramos nuestro agradecimiento por los comentarios y sugerencias

vertidas que mejoraron este trabajo. Al señor José Cristóbal Quiñones por su apoyo como guía de campo.

## Referencias

- Andrews, H.N. Jr., 1955, Index of generic names of fossil plants, 1820–1950: Bulletin of the United States Geological Survey, 1013, 262 pp.
- Bann, K.L., Tye, S.C., MacEachern, J.A., Fielding, C.R., Jones, B.G., 2008, Ichnological and sedimentologic signatures of mixed wave- and storm-dominated deltaic deposits: Examples from the Early Permian Sydney Basin, Australia, *en* Hampson, G., Steel, R., Burgess, P., Dalrymple, R. (eds.), *Recent Advances in Models of Siliciclastic Shallow-Marine Stratigraphy*: Dordrecht, SEPM Special Publication 90, 293–332.
- Barras, C., Twitchett, R.J., 2016, The Late Triassic Mass Extinction Event, *en* Mángano, M.G., Buatois, L.A. (eds.), *The Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events, Volume 2: Mesozoic and Cenozoic*: Dordrecht, Springer, 1–17.
- Bassler, R.S., 1915, Bibliographic index of American Ordovician and Silurian fossils: Bulletin of the United States National Museum, 92, 718 pp.
- Bridge, J.S., 1985, Paleochannel patterns inferred from alluvial deposits: a critical evaluation: *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 579–589.
- Bromley, R.G., 1996, *Trace fossils: Biology, taphonomy and applications*: London, Chapman and Hall, 349 pp.
- 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.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., 2009, Applications of ichnology in lacustrine sequence stratigraphy: Potential and limitations: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272, 127–142.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., 2011, *Ichnology, Organism-Substrate Interactions in Space and Time*: Cambridge, Cambridge University Press, 358 pp.
- Crúz-Pérez, R., Ríos-Vázquez, J.R., 1999, Carta Geológico-Minera Guanaceví G13 C17, Durango, escala 1:50000: Secretaría de Economía, Servicio Geológico Mexicano.
- Do Nascimento, D.L., Batezelli, A., Ladeira, F.S.B., 2017, Freshwater decapoda trace fossils in floodplain paleosols of marilia formation in Minas Gerais State (SE Brazil): *Revista Brasileira de Paleontologia*, 20(3), 287–298.
- Ekdale, A., Richard, G., Bromley, David, B. Loope, 2007, Ichnofacies of an ancient erg: A climatically influenced traces fossil association in the Jurassic Navajo Sandstone, Southern Utah, USA, *en* Miller III, W., *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects*: Netherlands, Elsevier, B.V., 562–574.
- Fensome, R.A., 1983, Miospores from the Jurassic-Cretaceous boundary beds, Aklavik Range, Northwest Territories, Canada. (Incorporating taxonomic reviews of several Groups of Mid-Late Mesozoic miospores): Canada, University of Saskatchewan, PhD Thesis, 762 pp.
- Ferrari, L., Valencia-Moreno, M., Bryan, S.E., 2005, Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 3, 343–378.
- 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 *Scoyenia* and *Ancorichnus*: *Journal of Paleontology*, 58, 511–528.
- Genise, J.F., 2017, *Ichnoentomology Insect Traces in Soils and Paleosols*: Switzerland, Springer, 694 pp.
- Genise, F.J., Emilio Bedatou, Bellosi, Eduardo S., Sarzetti, Laura C., Victoria Sánchez M., Marcelo Krause, J., 2016, The Phanerozoic four revolutions and evolution of paleosol ichnofacies, *en* Mángano, M.G., Buatois, L.A. (eds.), *Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events, Volume 2, Mesozoic and Cenozoic*: Verlag, Springer, 301–370.
- GEOCA, S.A., 1961, Informe de avance de los trabajos geológico-radiométricos sistemáticos y de reconocimiento llevados a cabo en la Sierra Garamé, Municipio de Santiago Papasquiaro, Durango II, periodo 1º-31 de enero, Brigada 4, Servicio Geológico Mexicano, Consulta de informes Técnicos, URAMEX, <[https://www.sgm.gob.mx/uramex\\_inf/Inf\\_Municipio3.jsp](https://www.sgm.gob.mx/uramex_inf/Inf_Municipio3.jsp)>, consultado el 12 de diciembre, 2018.
- Gingras, M.K., Pemberton, S.G., Henk, F., MacEachern, J.A., Mendoza, C., Rostron, B., Mendoza, C., Ronstron, B., O'Hare, R., Spila, M., Konhauser, K., 2007, Applications of Ichnology to Fluid and Gas Production in Hydrocarbon Reservoirs, *en* MacEachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K., Pemberton, S.G., (eds.), *Applied Ichnology*: Dordrecht, SEPM Society for Sedimentary Geology, 131–145.
- Guzmán-Lugo, A., Doria-Alvarado, H., Enriquez-Olmos, J., 2016, Informe final de la carta Llano Prieto G13 C58, escala 1:50000, Estado de Durango, Servicio Geológico Mexicano, 68 pp.
- Hall, J., 1847, *Paleontology of New York*: Albany, C. Van Benthuyssen, 338 pp.
- Hammen, T.V.D., Wymstra, T.A., Leidelmeyer, P., 1961, Paleocene sediments in British Guiana and Surinam: *Geologie en Mijnbouw*, 40(6), 231–232.
- Hammen T.V.D., García de M.C., 1964, La Flora del polen del Paleoceno de Colombia: Ministerio de Minas y Petróleos, República de Colombia, Servicio Geológico Nacional, *Boletín Geológico*, 12(1–3), 33–45.
- Häntzschel, W., 1975, Trace fossils and problematica, *en* Moore, R.C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea, Supplement 1*: Lawrence, E.U.A., Geological Society of America, University of Kansas Press, 1–269.
- 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.
- Hasiotis, S.T., Honey, J., 2000, Paleo-hydrologic 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), 127–139.
- 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.
- IUGS, 2017, Tabla Cronostratigráfica Internacional, <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02SpanishAmer.pdf>.
- Keighley, D.G., Pickerill, R.K., 1995, The ichnotaxa *Palaeophycus* and *Planolites*, Historical perspectives and recommendations: *Ichnos*, 30, 301–309.
- Kim, J.Y., Kim, K.S., Pickerill, R.K., 2002, Cretaceous nonmarine trace fossils from the Hasandong and Jinju formations of the Namhae area, Kyongsangnamdo, southeast Korea: *Ichnos* 9, 41–60.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., 1957, *River channel patterns; braided, meandering, and straight*: U.S. Geological Survey, Professional Paper 282-B.
- MacEachern, J.A., Pemberton, George S., Bann, Kerrie L., 2010, Ichnology and Facies Models, *en* James, N.P., Dalrymple, R.W. (eds), *Facies Models 4: Canadian Sedimentology GEO 6 Geological Association of Canada*, 19–58.
- Melchor, R.N., 2004, Trace fossil distribution in lacustrine deltas: examples from the Triassic rift lakes of the Ischigualasto-Villa Unión Basin, Argentina, *en* McIlroy, D. (ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*: London, Geological Society Special Publications, 335–354.

- Melchor, R.N., Bedatou, E., de Valais, S., Genise, J., 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: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239, 253–285.
- Melchor, R.N., Genise, J.F., Buatois, L.A., Umazano, A.M., 2012, Fluvial Environments, *en* Knaust, D., Bromley, R. (eds.), *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments*: London, *Developments in Sedimentology* 64, 327–378.
- Miall, A.D., 1978, Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits; a summary, *en* Maill, A.D. (ed.), *Fluvial Sedimentology*: Canada, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, 597–604.
- Maill, A.D., 2010, Alluvial deposits, *en* James, N.P., Dalrymple, R.W. (eds.), *Facies Models 4: Canada*, Canadian Sedimentology, Geological Association of Canada, 105–137.
- Miranda, E.C., Aquilez, L.E.N., Munguía, A.O.M., 1982, Resultado del trabajo de exploración geológica-radiométrica en la paleocuenca sedimentaria de Santiago Papasquiaro, Durango: Servicio Geológico Mexicano, Uranio Mexicano, Informe Inédito, 56 pp.
- Müller, A.H., 1962, Zur Ichnologie, Taxologie und Ökologie fossiler Tiere. Tiel I: Freiburger Forschungshefte, 151, 5–49.
- 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.
- Pemberton, S.G., 1992, Applications of Ichnology to Petroleum Exploration: Oklahoma, Society of Paleontologists and Mineralogists, 429 pp.
- Pemberton, S.G., Frey, R.W., 1982, Trace Fossil Nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* Dilemma: *Journal of Paleontology*, 56(4), 843–881.
- Pemberton, S.G., Frey, R.W., Ranger, M.J., 1992, The conceptual framework of Ichnology, *en* Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration*: Oklahoma, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 1–32.
- Penny, J.S., 1969, Late Cretaceous and Early Tertiary palynology, *en* Tschudy, R.H., Scott, R.A. (eds.), *Aspects of Palynology*: New York, U.S.A., John Wiley & Sons, 331–376.
- Pflug, H.D., 1953, Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte: *Palaeontographica Abteilung B*, 95, 61–171.
- Pieńkowski, G., 2004, Sołtyków, Poland an unique palaeoecological record of the Early Jurassic continental deposits: *Volumina Jurassica*, 2, 1–16.
- Pierce, R.L., 1961, Lower Upper Cretaceous plant microfossils from Minnesota: *Minnesota Geological Survey Bulletin*, 42, 1–86.
- Potonic, R., 1970, Synopsis of the genera of the sporae dispersae. Part 5, Supplement to all Groups (Turmae): *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 1–172.
- Rueda-Gaxiola, J., 1967, Contribution à l'étude palynologique et pétrographique du charbon crétacé du bassin de Sabinas, Coahuila, Mexique: applications géologiques: France, University of Lille, PhD Thesis, 184 pp.
- Sato, T., Chan, M.A., Ekdale, A.A., 2018, Trace fossils and fluvial-lacustrine ichnofacies of the Eocene Uinta and Duchesne River Formations, northern Uinta Basin, Utah: *Geology of the Intermountain West*, 5, 209–226.
- Seilacher, A., 1967, Bathymetry of trace fossils: *Amsterdam, Marine Geology*, 5(5), 413–428.
- Seilacher, A., 2007, *Trace Fossil Analysis*: Heilderberg, Springer, 226 pp.
- Smith, J.J., Hasiotis, Stephen T., Kraus, Mary J., Woody, Daniel T., 2008, Relationship of floodplain ichnocoenoses to paleopedology, paleohydrology, and paleoclimate in the Willwood Formation, Wyoming, during the Paleocene–Eocene thermal maximum: *Palaaios*, 23, 683–699.
- Talbot, M.R., Allen, P.A., 1996, *Lakes*, *en* Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3<sup>rd</sup> Edition: Blackwell, Oxford, 83–124.
- Taylor, A.M., Goldgring, R., 1993, Description and analysis of bioturbation and Icnofabric: *Journal of the Geological Society of London*, 150, 141–148.
- Terrones-Benitez, A., 1922, The camp of Guanacevi, *Engineering and Mining: Journal-Press*, 114(4), 139–144.
- White, M.J., Jessop, M.C., 2002, Population-based analysis and graphic interpretation of fossil palynomorph records from Palynodata: taxonomic and biostratigraphic implications: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180(1-3), 129–146.
- 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.

Manuscrito recibido: Enero 28, 2020.

Manuscrito corregido recibido: Mayo 30, 2020.

Manuscrito aceptado: Mayo 30, 2020.