

singular destructive earthquakes in any geographic setting may be associated with some active fault or volcano.

Seismic Hazard

Historical records allow us to state that some very damaging earthquakes, with magnitudes between 5.0 and 8.0, have been detected in Cuban territory, although their hazardousness depends not only on the magnitude and proximity to the focus, *but above all on the vulnerability of the built infrastructure*. In this regard, it is important to highlight that the threat derived from earthquakes includes those whose epicenters may be located many kilometers from our coasts, especially if they have a magnitude greater than 6.

The elastic waves generated by these earthquakes can cause oscillations in tall buildings, wall vibrations, falling and shifting of objects, and, in extreme cases, partial or total collapses. An example is the 2010 Haiti earthquake, which caused oscillations in some tall buildings in Bayamo, and the 2020 Cayman Islands earthquake, which was perceptible throughout the entire extent of the island of Cuba. Now we must add the earthquake in question, which occurred more than 100 km NW of the island and was perceptible throughout the western part of the national territory.

Cuban territory has been divided into three regions according to seismic hazard: Eastern, Central, and Western. The *Western region* (Pinar del Río, Artemisa, Havana, Mayabeque, Matanzas, and Isle of Youth)(2), which concerns us, presents much lower historical seismic activity than the rest of the country, but is not therefore exempt from hazardousness. In this regard, it is noteworthy that since June 11, 2023, this region has remained in seismic calm, as no event has occurred within this territory. In this regard, it must be reiterated that "*the absence of seismic activity in this region may mean that energy is accumulating in the subsurface, which could reach the point of causing a large-magnitude earthquake at any future time.*" That prediction by Arango-Arias and Iturralde-Vinent ⁽²⁾ was partially fulfilled by the past June 8th earthquake, of M 6.2, which fortunately caused little damage. However, the epicenter of this earthquake is not located within the national territory, so from this perspective, the region continues in seismic calm.

In short, it is necessary to emphasize that Cuban territory is a seismically active zone, with varying levels of hazard,

so the possibility of earthquake occurrence must be taken into account when designing constructions, especially tall buildings, schools, and hospitals.

With respect to seismic hazard, one cannot ignore the possibility that an earthquake located between Cuba and Florida could lead to a technological disaster in the country or nearby territories. A hot spot is the Turkey Point Nuclear Power Plant, located south of the city of Miami, from where northerly winds blow, especially during winter, potentially dispersing radioactivity.

Some facts to remember

1. The earthquake of June 8, 2026, had its epicenter located outside the national territory, but nevertheless affected the western region up to Matanzas, including the Isle of Youth.
2. For 3 years, for 1,098 days (June 11, 2023 – June 8, 2026), no earthquake whose epicenter was located in the western part of Cuban territory has occurred. This situation remains.
3. San Cristóbal and Artemisa suffered damage to some facilities as a result of the magnitude 5.1 earthquake that occurred on June 29, 2021.
4. The most damaging earthquake in western Cuba occurred on January 23, 1880, causing great destruction in San Cristóbal, Candelaria, and their surroundings; its maximum intensity (level of destruction) has been estimated at VIII degrees on the MSK scale.
5. The occurrence of a magnitude 6.2 earthquake a little over 100 kilometers WNW of Mantua, which was felt throughout western Cuba, is a call to emphasize the need for earthquake-resistant measures in all buildings, especially essential facilities such as hospitals, schools, and others to be built in Cuba, according to the recommendations of the Cuban Seismic Standard NC 46:2017.

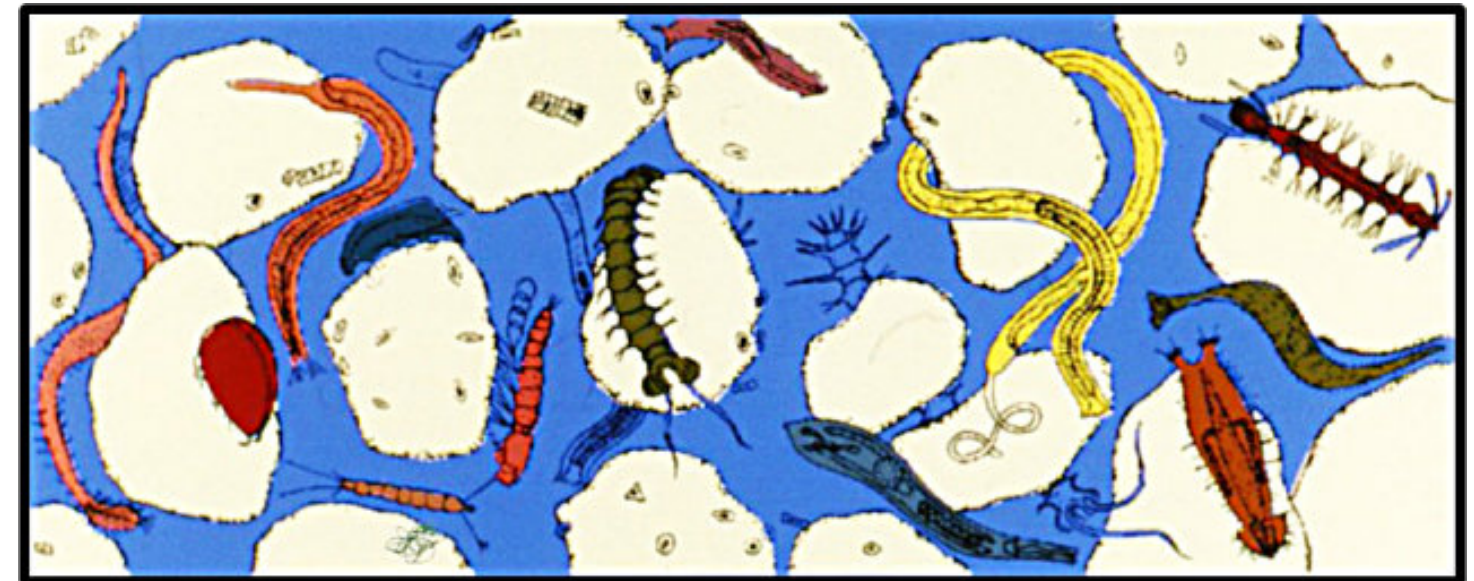
NOTES

- (1) The Richter scale for earthquake magnitudes is currently obsolete. The Moment Magnitude (Mw) is now used, which reflects the total energy released, called the "seismic moment."
- (2) Arango-Arias, E., Iturralde-Vinent, M.A. 2026. Assessment of seismic activity in Cuba up to 2025 (+ Photos). Cubadebate 26/2/26, 08:45h.

LA IMPORTANCIA DE LA CRIPTOBIOTURBACIÓN EN SUCESIONES SEDIMENTARIAS DEL REGISTRO GEOLÓGICO

JHONNY E. CASAS^{1,2}

¹Escuela de Petróleo y ²Escuela de Geología Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



Modificado de Bromley (1990)

Introducción

La identificación e interpretación de trazas fósiles ha contribuido de manera significativa en las últimas décadas como indicador paleoambiental. En años recientes, su estudio denominado icnología, ha sido utilizado con éxito en la definición e interpretación de discontinuidades estratigráficas, superficies clave para la aplicación de los conceptos de estratigrafía secuencial. Hasta comienzos del siglo XXI, la mayoría de los trabajos publicados identificaban, interpretaban y discutían una serie de trazas fósiles producto de la actividad de organismos macrobentónicos. Se le dedicó muy poca atención a las trazas fósiles producto de la actividad biogénica a escala milimétrica, la cual fue denominada por primera vez en 1942 por Molly F. Mare [1], como la actividad del meiobentos. El término proviene del griego meion (μείος), que significa «más pequeño», y benthos (βένθος), que se traduce como «fondo marino».

La bioturbación intersticial del meiobentos

En 1933, el zoólogo alemán Adolf Remane fue uno de los investigadores pioneros en usar tamices para estudiar la minúscula fauna presente en las capas del sedimento superficial en la bahía de Kiel (Alemania). En su publicación utilizó la palabra alemana

Sandlückenfauna o «fauna de intersticios de arena» [2], para referirse, entre otros, a copépodos y arquianélidos que viven entre el sedimento. Dos años después, en 1935, Aubrey G. Nicholls publicó un artículo donde describía con mayor detalle el mismo concepto de Remane [2], pero usando el término «fauna intersticial». Este término describe con mayor detalle al conjunto de copépodos, nematodos, rotíferos, protozoos y otros animales suficientemente pequeños como para vivir y alimentarse entre los intersticios del sedimento [3] (pág. 379).

Ya en 1942, se publica un nuevo término: meiobentos [1] (pág. 519-520), el cual fue acuñado por primera vez para definir un conjunto de metazoos bentónicos que se distinguían por su pequeño tamaño, intermedio entre el microbentos y el macrobentos. En términos más específicos, los organismos del meiobentos se refieren a un grupo de seres invertebrados de dimensiones intermedias entre la macrofauna y la microfauna, que habitan todo tipo de sedimentos, principalmente en ambientes marinos y en todas las zonas climáticas. Estos organismos pueden presentarse en densidades altísimas de millones de individuos por metro cuadrado [4]. Las actividades de esta meiofauna (sinónimo de meiobentos), modifican diversas propiedades físicas,

químicas y biológicas de los sedimentos, generalmente en forma simultánea. Por ejemplo, desplazando los granos de sedimento durante la construcción de madrigueras y movilizand la materia orgánica y los microorganismos situados en los intersticios entre los sedimentos durante su búsqueda de alimentos [5].

El conjunto meiofaunal o meiobentos está compuesto principalmente por ostrácodos, nematodos, copépodos, arquianélidos, malacostráceos, anfípodos haustóridos, anomópodos, halacáridos, turbelarios, algunos tipos de foraminíferos, así como equinodermos y moluscos juveniles [1, 2, 3, 6], los cuales perturban el sedimento de una manera muy activa y continua. Dicha perturbación es producida por una meiofauna característica, cuyos límites formales de tamaño, han sido variables a través de los últimos 30 años. No obstante, en líneas generales se definen operativamente, en base al ancho de malla estandarizado de los tamices: entre 500 μm como límite superior y 40 μm como límite inferior [6]. Estos organismos viven esencialmente entre los granos del sedimento (Figura 1), alimentándose de diversas partículas, principalmente bacterias, diatomeas y algas, adheridas a los granos de arena [1]. Este tipo de bioturbación es tal que la consistencia y las estructuras primarias de los sedimentos pueden ser modificadas por los organismos de la meiofauna que viven en ellos, asociándose comúnmente su presencia a sedimentos arenosos de grano fino a muy fino.

Algunas investigaciones como las de Cullen [7], Howard & Frey [8, 9] y Bromley [10], reportan que la actividad de estos organismos es tan intensa que pueden destruir tanto las estructuras sedimentarias primarias como las trazas fósiles de mayor tamaño, dejando apenas huellas imperceptibles de su actividad. En una serie de experimentos efectuados en tanques de laboratorio con sedimentos tomados del canal de Bristol en Reino Unido [7], se reportó que, tras un periodo de 10-14 días de haber removido toda la macrofauna cuyo tamaño excediera de 1 milímetro, todas las huellas de actividad macrobéntica que existían previamente en el sedimento, desaparecieron gradualmente por efecto de la nueva bioturbación meiofaunal. En este proceso destacaron como miembros más activos y ampliamente distribuidos, los ostrácodos y los nematodos, cuyas velocidades de movimiento a través del sedimento fueron estimadas en 2 mm/s [7].

Estudios adicionales efectuados en sedimentos recientes, analizaron núcleos de arena de grano fino, tomados en un estuario de Georgia (EE. UU.), concluyendo que la intensa bioturbación causada por anfípodos haustóridos, había alterado por completo las laminaciones primarias de la arena, dándole un aspecto «difuso» [8]. Esta misma observación fue realizada previamente por Howard & Elders en 1970 fide [8], en sedimentos de la isla Sapelo, también en la costa de Georgia.

No es sino hasta mediados-finales de la década de los 90, del siglo XX, cuando aparecen con mayor frecuencia publicaciones donde se describen e interpretan claramente ejemplos de actividad meiofaunal en rocas sedimentarias antiguas [11-16]. Todas ellas se basaron en el análisis de núcleos o testigos de areniscas cretácicas, interpretadas como depósitos de anteplaya del Miembro Falher D (Albiense), de la Formación Spirit River, así como de sucesiones estuarinas también del Albiense, de la Formación Bluesky [12], ambas en Alberta, Canadá. Una de las mencionadas publicaciones [14] también cita reconocer numerosos ejemplos de evidencias de actividad meiofaunal, en sucesiones sedimentarias de la cuenca de lago de Maracaibo. Específicamente, se cita su identificación sobre todo en los intervalos B-Superior del campo petrolero Barúa-Motatán, en el B-Inferior del campo Ceuta y del Bloque III, en el intervalo C-4 del Bloque I y en el intervalo B-2 del campo petrolero Lagunillas (Bloques 70/80), todos ellos correspondientes a rocas de la Formación Misoa de edad Eoceno medio.



Figura 1. Visualización artística de un ambiente marino intersticial, mostrando diminutos crustáceos (misticocáridos) que viven asociados a sedimentos de las zonas intermareal y playera. Fuente: Modificado de [6].

En la mayoría de los casos descritos, el grado de bioturbación de las areniscas parece ser tan intenso y homogéneo que no se aprecian estructuras sedimentarias primarias (Figura 2), o las mismas se preservan en forma de bandas muy tenues o difusas [11], casi como un «fantasma» (Figura 3). En otros casos dichas estructuras sedimentarias van desapareciendo gradualmente a medida que aumenta la intensidad de la bioturbación meiofaunal [11, 14] (Figuras 4 y 5).



Figura 2. Núcleo LL-3577 (Formación Misoa, B-2, Lago de Maracaibo, Venezuela). Profundidad: 3882,8 pies. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por meiofauna, aunque es posible observar todavía algunas trazas de *Ophiomorpha*. Escala en cm. Fuente: [14].



Figura 3. Núcleo 7-25-71-13W6 (Miembro Falher, Formación Spirit River, Alberta, Canadá). Profundidad: 2010,4 metros. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por meiofauna, aunque es posible observar todavía la laminación cruzada original de la roca, pero sumamente difusa.

Abundantes ejemplos adicionales proceden de literatura geológica existente, sobre todo de los años 80 y comienzos de los 90, periodo en el que el número de publicaciones de carácter sedimentológico fue notoriamente abundante. En muchas de estas publicaciones se observan fotografías de núcleos o testigos, que muestran claramente este tipo de bioturbación meiofaunal, sin que los autores originales mencionaran o se percataran de su existencia, o de su importancia. Excelentes ejemplos de ello se observan en [17] (pág. 234), [18] (pág. 100), [19] (pág. 246), [20] (pág. 299), [21] (pág. 384) y [22] (pág. 458), por citar algunos.



Figura 4. Núcleo 7-25-71-13W6 (Miembro Falher, Formación Spirit River, Alberta, Canadá). Profundidad: 1998,6 metros. Arenisca de grano fino a medio, moderada a fuertemente bioturbada por meiofauna. Es posible observar que la laminación cruzada va tornándose difusa, casi desapareciendo hacia la base del núcleo, a medida que aumenta la intensidad de la bioturbación meiofaunal. Es posible reconocer en esa zona basal, algunos pequeños *Macaronichnus* sp. Fuente: [14].



Figura 5. Núcleo 10-12-57-19W5 (Formación Bluesky, Alberta, Canadá). Profundidad: 2664 metros. Sutil contacto irregular entre una arenisca con estratificación cruzada muy difusa (mitad inferior) y una arenisca similar, pero totalmente bioturbada por meiofauna y sin estructuras visibles (mitad superior). Diámetro del núcleo: 4 pulgadas. Fuente: [12]

Los descubrimientos más antiguos de meiofauna fósil son escasos y fortuitos debido a la naturaleza delicada y al pequeño tamaño de los organismos involucrados. Sin embargo, se han reportado fósiles acordes al tamaño del meobentos, en la Formación Doushantuo (suroeste de China), que datan de 50 Ma antes del comienzo del Cámbrico [23], confirmando una edad ediacárica para el meobentos. Ya en el Cámbrico inferior se reconocen, a pesar de su diminuto tamaño, restos de meobentos de concha dura, identificados como ostrácodos [6].

En núcleos o testigos, las huellas de actividad meiofaunal son a veces difíciles de identificar; sin embargo, cuando es posible, estas se caracterizan por una serie de marcas a escala milimétrica. Muchas veces en forma de pequeñas pistas circulares, semicirculares o rectas que resaltan ligeramente sobre el contexto general visual de la roca debido a la agrupación de granos de color claro, lo cual recuerda en cierta forma a la bioturbación producida por *Macaronichnus* juveniles

[14]. Una buena parte de los ejemplos corresponde o ha sido descrita en sucesiones de estratos arenosos de grano fino a medio, interpretados en una variedad de ambientes litorales y mareales, incluyendo la anteplaya. En estos contextos es común encontrar huellas de este tipo de actividad meiofaunal, comúnmente asociadas a estratos con otras trazas fósiles tales como: *Macaronichnus*, *Palaeophycus*, *Teichichnus* y *Ophiomorpha*, típicas de la icnofacies *Skolithos*. También han podido identificarse, pero en mucho menor grado, asociadas a icnofacies del tipo *Cruziana* [14].

Bioturbación críptica

Décadas después del uso extendido del término «bioturbación meiofaunal», Pemberton & Gringas [24] emplean el término «bioturbación críptica» para describir esta misma actividad meiofaunal y la relacionan con las características de permeabilidad exhibidas por las rocas donde se reconoce este tipo de bioturbación. Estos autores [24], postulan una mejora en los parámetros de la distribución de la permeabilidad, inducida por la bioturbación críptica, resultante de alguno de los siguientes procesos:

- (a) la meiofauna altera, pero no destruye, la laminación sedimentaria.
- (b) la infauna a escala milimétrica o micrométrica, así como otras trazas tales como *Macaronichnus*, permiten preservar vestigios de la textura sedimentaria original, mediante un comportamiento de ingestión selectiva de granos
- (c) eliminación por completo de la estructura sedimentaria primaria, mediante organismos excavadores, en un sustrato que presenta poca variabilidad litológica.

En esta publicación [24], se postula que, en general, la bioturbación críptica es común en ambientes sedimentarios como canales clásticos estuarinos y canales distributarios, así como en los depósitos de la anteplaya superior. Se describen también dos interesantes casos de estudio: Bruce Field (Mar del Norte) y Ferron Sandstone (Utah). En ellos se analiza el comportamiento en términos de porosidad y permeabilidad, de los intervalos con bioturbación críptica [24], aportando además ejemplos con fotografías de núcleos o testigos de este tipo de perturbación biogénica. De este estudio se concluyó que el efecto de la bioturbación críptica no produce necesariamente un incremento de la permeabilidad, sino una reducción de la heterogeneidad interna. Esto

da lugar a una distribución más uniforme de dicha permeabilidad [24] en toda la unidad sedimentaria.

La identificación de bioturbación críptica no solo se ha circunscrito a los depósitos sedimentarios arenosos. También ha sido reportada en sucesiones clásticas de grano muy fino [7]. Schieber [25] muestra ejemplos de lutitas oscuras devónicas provenientes de EE. UU. (New Albany Shale y Chattanooga Shale), donde mediante el uso de rayos X y macrofotografías con alteración de contraste, fue posible observar este tipo de bioturbación normalmente imperceptible. Schieber y Wilson [26], analizando núcleos de rocas clásticas de grano fino ricas en materia orgánica, que abarcan desde el Ordovícico hasta el Cretácico (Formación Maquoketa, Genesee Shale, Huron Shale, Eagle Ford Shale), proponen que la existencia de bioturbación (denominada por los referidos autores como meioturbación), asociada a la alteración de las estructuras primarias por efecto de actividad de organismos meiofaunales, generan laminaciones «fantasma», contactos difusos y bandeamientos.

El término criptobioturbación

El término criptobioturbación fue acuñado por primera vez en 1975 por Howard & Frey [9], para designar la bioturbación ocasionada por organismos de la meiofauna, en sedimentos recientes (neoi cnología). Sin embargo, dicho término fue empleado por primera vez en el estudio de rocas antiguas (paleoicnología) apenas en el año 2007 [27, 28], para describir este nivel de bioturbación, que según los mismos autores, había pasado inadvertido durante décadas en el estudio del registro geológico, siendo notables algunas excepciones [11, 14, 16]. El resurgimiento del término criptobioturbación [27, 28], vino a sustituir a la expresión «bioturbación meiofaunal» y «bioturbación críptica», que aunque en la literatura parecen poseer una sinonimia aparente, en la realidad se podrían separar basados en si la descripción se realiza sobre la base de los procesos biológicos o sobre los procesos sedimentológicos. En este último caso, el uso de los términos bioturbación críptica o criptobioturbación, es perfectamente válido, reafirmando entonces como característica principal su escala milimétrica o submilimétrica, y su expresión a menudo desapercibida en las rocas sedimentarias que la contienen.

Si bien la bioturbación macroscópica clásica es definida como un «caos biogénico» debido a la total destrucción de la fábrica y de las estructuras sedimentarias

originales [28], también se señala que la criptobioturbación, por su escala de acción, puede potencialmente perturbar por completo los sedimentos, con poca o ninguna distorsión en la laminación original [28]. Esto no siempre es el caso, ya que se han documentado numerosos ejemplos donde la criptobioturbación altera y homogeneiza completamente el sedimento, dando la apariencia de capas sedimentarias masivas, una estructura con la que en ocasiones pudo ser confundida y seguramente continúa siéndolo [14].

Descripciones de sucesiones sedimentarias exhibiendo criptobioturbaciones, principalmente para estudios en yacimientos de hidrocarburos, se han vuelto comunes en la literatura de los últimos 20 años, donde podemos citar algunos ejemplos emblemáticos como: Pemberton & Gingras [24], los cuales reportan bioturbación críptica en Toro Sandstone (Papúa Nueva Guinea) y en la Formación Mirador del Eoceno, en el campo petrolero Cusiana (Colombia). Netto et al. [29] mencionan una reducción de las propiedades petrofísicas (porosidad/permeabilidad), por efecto de la intensa criptobioturbación, en rocas marinas del Paleozoico superior (Rio Bonito/Palermo), en la cuenca Paraná de Brasil. Tonkin et al. [30] reportan niveles con criptobioturbaciones en la Formación Ben Nevis del Cretácico, costa afuera de Newfoundland (Canadá). Ezeh et al. [31] reportan núcleos o testigos con secciones crípticamente bioturbadas en rocas del Mioceno del delta de Níger. Mayorga & Sonnenberg [32] reportan la presencia de estratos de areniscas criptobioturbadas en Lewis Shale (Figura 6), del Cretácico superior (Campaniense-Maestrichtiense), de la cuenca Green River (Wyoming), así como ejemplos más antiguos de este tipo de bioturbación en estratos devónicos de antepaya de la Formación Tern [33], en la cuenca Bonaparte (Australia). Por último, se mencionará un reporte interno [34], para el campo San Joaquín (cuenca Oriental de Venezuela), en la Formación San Juan del Cretácico, donde se describen numerosos intervalos de areniscas de grano fino, completamente bioturbadas por meiofauna (Figura 7), e interpretadas como depósitos de antepaya [34].

Aunque la inmensa mayoría de la literatura existente describe este tipo de bioturbación en rocas de ambientes sedimentarios marino-marginales, Green et al. [35] reportan la primera documentación detallada de posible criptobioturbación en areniscas depositadas en ambientes marinos profundos, correspondientes a la

Formación Rio Dell (Plioceno), ubicada en la cuenca Eel River en California. Estos autores [35], sin embargo, postulan que este tipo de bioturbación difícilmente puede ser identificada a menos que existan algunas macro bioturbaciones preservadas en forma aislada, o que en secciones delgadas puedan observarse estructuras tubulares revestidas y con granos orientados.

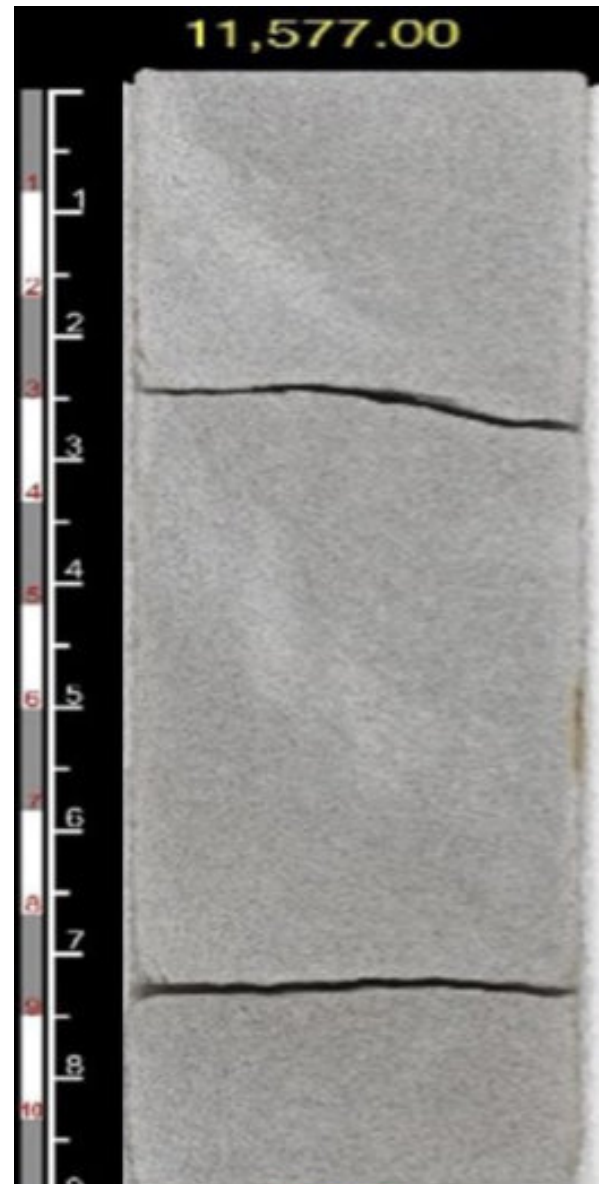


Figura 6. Núcleo Chain Lakes 5-5-4 (Lewis Shale, Green River, Wyoming). Profundidad: 11 577 pies. Arenisca de grano fino de apariencia masiva, pero completamente criptobioturbada. Escala vertical en pulgadas. Fuente: [32].



Figura 7. Núcleo JM-190 (Formación San Juan, Cuenca Oriental de Venezuela). Profundidad: 9479,4 pies. Arenisca de grano fino totalmente bioturbada por actividad meiofaunal, aunque es posible observar todavía, pero sumamente difusas, huellas de *Ophiomorpha* y *Macaronichnus* juveniles. Escala=1 pulgada. Fuente [34].

Comentarios finales

Interesantes experimentos de neoicnología llevados a cabo en laboratorio [36] consistieron en colocar capas delgadas de granos de arena sobre la superficie de una capa de arcillas, que contenía una densidad de nematodos similar a la de ambientes modernos (80 individuos/cm³). Los resultados proporcionaron evidencia empírica e ilustraron claramente la eficacia de los nematodos, para desplazar y dispersar los granos de arena, alejándolos de su ubicación original. En menos de dos días, aproximadamente el 75 % de la capa de arena se había difuminado en la capa de lodo infrayacente. Esto indicaba que incluso las capas de sedimento con un marcado contraste composicional, pueden volverse casi invisibles muy rápidamente,

dejando como resultado estructuras bandeadas difusas [36].

La importancia de poder identificar este tipo de actividad orgánica radica en el hecho de que permite explicar la aparente falta de estructuras sedimentarias que presentan muchos estratos de areniscas en diferentes formaciones y edades geológicas. Aunado a esto, se encuentra el hecho de que la gran mayoría de los ejemplos identificados hasta el momento en areniscas, están asociados principalmente a la icnofacies del tipo Skolithos en ambientes marino-marginal; y en menor medida a depósitos clásticos de aguas profundas. Esto convierte a la criptobioturbación en un poderoso indicador paleoambiental, en conjunto con los criterios sedimentológicos e icnológicos tradicionalmente utilizados [14, 37, 38].

Para autores clásicos como Pemberton et al. [28], las cada vez más numerosas publicaciones acerca de estudios en sucesiones sedimentarias antiguas, exhibiendo criptobioturbaciones, sirven para demostrar lo que J. Howard *fide* [28], vaticinó hace casi 50 años: «Las trazas fósiles se encuentran cuando se buscan, es decir, prácticamente existen en cualquier lugar si se observa con suficiente empeño... la ausencia total de trazas, por otro lado, debería ser motivo de gran preocupación para el investigador que analiza sedimentos antiguos y sugiere que sería conveniente reexaminar el intervalo con mucho mayor detalle».

Hasta ahora, los criterios para la identificación de criptobioturbación no han sido claramente establecidos o formalizados, debido precisamente a su carácter milimétrico y a las dificultades de su reconocimiento macroscópico. En algunos casos, es clave observar una gradación vertical desde intervalos visiblemente bioturbados por organismos macrobentónicos, a intervalos de apariencia masiva, como los mostrados en las figuras 5 y 6 [38]. En todos los otros casos, la observación de reliquias o «fantasmas» de estructuras sedimentarias, así como una serie de marcas a escala milimétrica en forma de pequeñas pistas circulares, semicirculares o rectas, que resaltan ligeramente sobre el contexto general visual de la roca debido a la agrupación de granos de color claro, parece ser un fuerte indicio de criptobioturbación.

Si bien la criptobioturbación está ampliamente distribuida en facies arenosas del registro geológico, su correcta identificación se ha convertido en un factor

clave al momento de describir e interpretar sucesiones sedimentarias. No obstante, presenta algunas limitaciones a la hora de reconocerla macroscópicamente, especialmente si los núcleos o testigos, no han sido seccionados verticalmente para permitir una visión bidimensional del estrato. Asimismo, existen limitaciones en estudios de afloramiento, donde podría ser muy difícil reconocerla debido a las alteraciones propias de las rocas expuestas a la

meteorización, las cuales pueden enmascarar por completo estas huellas milimétricas.

Referencias

- [1] MARE, M.F. 1942. A study of a marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. Mar. Biol. Ass.*, UK, 25, 517–554
https://plymsea.ac.uk/id/eprint/1212/1/A_study_of_a_marine_benthic_community_with_special_reference_to_the_micro-organisms.pdf
- [2] REMANE, A. 1933. Verteilung und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel*, **21**: 161–221 https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/58617/1/Remane_A_1928.pdf
- [3] NICHOLLS, A.G. 1935. Copepods from the interstitial fauna of a sandy beach. *J. Mar. Biol. Ass.* **20**: 379–405
https://plymsea.ac.uk/id/eprint/883/1/Copepods_from_the_interstitial_fauna_of_a_sandy_beach.pdf
- [4] URBAN-MALINGA, B. 2014. Meiobenthos in marine coastal sediments. En: Martini, I. P. & Wanless, H. R. (eds). Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences. *Geological Society of London, Special Publications*, **388**: 59–78.
- [5] SCHRATZBERGER, M. & INGELS, J. 2018. Meiofauna matters: The roles of meiofauna in benthic ecosystems. *J. Experimental Marine Biology and Ecology*. **502**: 12–25
https://www.researchgate.net/publication/313324364_Meiofauna_matters_The_roles_of_meiofauna_in_benthic_ecosystems
- [6] GIERE, O. 2009. *Meiobenthology*. The microscopic motile fauna of aquatic sediments. Springer-Verlag, Berlin, 538 p.
- [7] CULLEN, D.J. 1973. Bioturbation of superficial marine sediments by Interstitial Meiobenthos: *Nature*, **242**: 323–324
<https://www.nature.com/articles/242323a0>
- [8] HOWARD, J. D. & FREY, R. W. 1973. Characteristic physical and biological sedimentary structures in Georgia estuaries. *AAPG Bulletin*, **57**(7): 1169–1184. <https://pubs.geoscienceworld.org/aapg/aapgbull/article/57/7/1169/36878/Characteristic-Physical-and-Biogenic-Sedimentary>
- [9] HOWARD, J.D. & FREY, R.W. 1975. Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: Sedimentology and biology II. Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima*. **7**: 33–103.
- [10] BROMLEY, R.G. 1990. *Trace fossils, biology and taphonomy*. 2d ed.: London, Unwin-Hyman, 361 p.
- [11] CASAS, J.E. 1996. *Sedimentology, facies association and sequence stratigraphy of Falher divisions C and D, Lower Cretaceous Spirit River Formation, West-central Alberta, Canada*, McMaster University, Unpublished MSc Thesis, 231 p.
<https://macsphere.mcmaster.ca/items/94e886fd-83b3-46a4-b153-60ce3e4036f3>
- [12] TERZUOLI, A. 1996. *Sedimentology and ichnology of estuarine channels in the Lower Cretaceous Bluesky Formation: The Edson Gas Reservoir, West-Central Alberta, Canada*. McMaster University, Unpublished MSc Thesis, 180 p.
- [13] CASAS, J. & WALKER, R. Sequence Stratigraphy and Facies Association of Falher units C and D, Lower Cretaceous, Alberta Basin, Canada. II AAPG/SVG International Congress, Caracas, Venezuela, Abstracts, AAPG Bulletin, **80**(8): 1279 (1996).
- [14] CASAS, J. 1997. Importance of bioturbation by interstitial meiobenthos in ancient sedimentary successions. *Memorias I Congreso Latinoamericano de Sedimentología*, Margarita, Soc. Ven. Geol. Tomo I, 157–160.
https://www.researchgate.net/publication/250003981_Importancia_de_la_Bioturbacion_ocasionada_por_el_Meiobentos_intersticial_en_sucesiones_sedimentarias_antiguas
- [15] CASAS, J. & WALKER, R. 1997. High resolution sequence stratigraphy of Falher Division D, Spirit River Formation, Alberta, Canada. *Memorias I Congreso Latinoamericano de Sedimentología*, Margarita, Soc. Ven. Géol. Tomo I, 145–155.
- [16] CASAS, J. & WALKER, R. 1997. Sedimentology and depositional history of unit C and D of the Falher Member, Spirit River Formation, West-Central Alberta. *Bull. of Canadian Petroleum Geology*, 45(2): 218–238
<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/495267>
- [17] WEIMER, R.J., HOWARD, D.R. & LINDSAY, D.R. 1982. Tidal flats and associated tidal channels En: Scholle, P.A. y Spearing, D., ed., Sandstone Depositional Environments. *AAPG Memoir* 31, 191–245.

- [18] HAYES, B.J.R. 1988. Incision of a Cadotte Member paleovalley-system at Noel, B.C. - Evidence of a Late Albian sea level fall, en: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, 97–106.
- [19] VOSSLER, S.M. & PEMBERTON, S.G. 1988. Ichnology of the Cardium Formation (Pembina oilfield): Implications for depositional and sequence stratigraphic interpretations En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, 237–254.
- [20] HARDING, S.C. 1988. Facies interpretation of the Ben Nevis Formation in the North Ben Nevis M-61 well, Jeanne D'Arc Basin, Grand Banks, Newfoundland. En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 291–306.
- [21] MOSLOW, T.F. & PEMBERTON, S.G. 1988. An integrated approach to the sedimentological analysis of some lower Cretaceous shoreface and delta front sandstones sequences. En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 373–386.
- [22] RANGER, M.J., PEMBERTON, S.G. & SHARPE, R.J. 1988. Lower Cretaceous examples of a shoreface-attached marine bar complex: the Wabiskaw "C" Sand of northeastern Alberta En: James, D.P. and Leckie, D.A., ed., *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and subsurface*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoria 15, p. 451–462.
- [23] CHEN, J.-Y., BOTTJER, D., OLIVERI, P., DORNBOS, S., GAO, F., RUFFINS, S., CHI, H., LI, C.-W. & DAVIDSON E. 2004. Small bilaterian fossils from 40 to 55 million years before the Cambrian. *Science*, **305**: 218–222.
https://www.researchgate.net/publication/8527645_Small_bilaterian_fossils_from_40_to_55_million_years_before_the_Cambrian
- [24] PEMBERTON, S.G., & GINGRAS, M. 2005. Classification and characterizations of biogenically enhanced permeability. *AAPG Bulletin*, **89**(11): 1493–1517 <https://pubs.geoscienceworld.org/aapg/aapgbull/article/89/11/1493/40191/Classification-and-characterizations-of>
- [25] SCHIEBER, J. 2003. Simple Gifts and Buried Treasures –Implications of Finding Bioturbation and Erosion Surfaces in Black Shales. The Sedimentary Record, **1**(2): 4–8 <https://thesedimentaryrecord.scholasticahq.com/article/30047-simple-gifts-and-buried-treasures-implications-of-finding-bioturbation-and-erosion-surfaces-in-black-shales>
- [26] SCHIEBER, J. & WILSON, R. 2021. Burrows without a trace—How meioturbation affects rock fabrics and leaves a record of meiobenthos activity in shales and mudstones. *PalZ* 95: 767–791. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00590-7>
- [27] PEMBERTON, S. G., MACEACHERN, J., GINGRAS, M. & SAUNDERS, T. 2007. Cryptobioturbation and the work of sedimentologically friendly organisms. *AAPG Annual Convention*, Long Beach, California. Abstracts.
<https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/html/2007/annual/abstracts/lbPemberton.htm>
- [28] PEMBERTON, S.G., MACEACHERN, J. B, GINGRAS, M., & SAUNDERS T. 2008. Biogenic chaos: Cryptobioturbation and the work of sedimentologically friendly organisms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **270**(3–4): 273–279.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018208004239>
- [29] NETTO, R., TOGNOLI, F., BUATOIS, L. & MANGANO, M. 2008. Reduction in Reservoir Potential by Cryptobioturbation. A Case Study In Upper Paleozoic Shallow-Marine Sandstones (Rio Bonito/Palermo sedimentary succession, Paraná Basin, south Brazil). *Geological Society of America Abstracts with Programs*. **40**(6): 440.
<https://gsa.confex.com/gsa/2008AM/webprogram/Paper146577.html>
- [30] TONKIN, N., MCILROY, D., MEYER, R. & MOORE, A. 2010. Bioturbation influence on reservoir quality: A case study from the Cretaceous Ben Nevis Formation, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland, Canada. *AAPG Bulletin*, **94**(7): 1059–1078.
- [31] EZEH, S., MODE, A., ADEJINMI, K. & OZUMBA, B. 2013. Cryptobioturbation; The Hidden Signature in Reservoir Homogenization: Example from Early-Late Miocene Core of the Niger Delta Basin. *International Conference and Exhibition-NAPE ICE*, Lagos, Nigeria. 1–12.
https://www.researchgate.net/publication/326461934_Cryptobioturbation_The_Hidden_Signature_in_Reservoir_Homogenization_Example_from_Early-Late_Miocene_Core_of_the_Niger_Delta_Basin
- [32] MAYORGA, C. & SONNENBERG, S. 2021. High-Resolution Reservoir Characterization of the Lewis Shale, Greater Green River Basin, Wyoming. *SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference*, Houston, Texas, USA.
<https://doi.org/10.15530/urtec-2021-5653>
- [33] BANN, K. & FIELDING, C. 2004. An integrated ichnological and sedimentological comparison of non-deltaic shoreface and subaqueous delta deposits in Permian reservoir units of Australia, En: MCILROY, D. (ed.) 2004. The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. *Geological Society, London, Special Publications*, **228**: 273–310.
<https://www.lyellcollection.org/doi/pdf/10.1144/gsl.sp.2004.228.01.13>
- [34] CASAS, J. E. 2011. *Reporte Final de Estudios Geológicos. Caso Formación San Juan (Cretácico). Distrito Anaco, Venezuela*. Gazprom Latin América, Reporte interno no publicado, 100 p.
- [35] GREEN, T., GINGRAS, M., GORDON, G. & MCKEEL, D. 2012. The significance of deep-water cryptic bioturbation in slope-channel massive sand deposits of the lower Rio Dell Formation, Eel River basin, California. *Marine and Petroleum Geology*, **29**(1): 152–174.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817211001723?via%3Dihub>

- [36] SCHIEBER, J. & WILSON, R. 2021. Burrows without a trace - How meioturbation affects rock fabrics and leaves a record of meiobenthos activity in shales and mudstones. *Paläontologische Zeitschrift*. 95: 767-791. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00590-7>
- [37] CASAS, J. 2026a. Allostratigraphy of Falher member d, Spirit River formation (lower Cretaceous), Alberta, Canada. *Maya Revista de Geociencias*, 1: 109-123 <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/12/Revista-Maya-Geociencias-Enero-2026.pdf>
- [38] CASAS, J. E. 2026b. Criptobioturbación - La importancia de la bioturbación ocasionada por el meiobentos intersticial en sucesiones sedimentarias del registro geológico. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*. Vol. LXXXVI, 1: 19-27 <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2026/04/bacfiman86.1.19.pdf>



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 39 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú.

Autor/Co-autor en 67 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer. Autor de mas de 65 artículos de divulgación científica.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracen

ramosrogelio51@gmail.com



Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos lcnofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesías marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.