Paleontología Mexicana
ISSN:2007-5189
Volumen 11, núm. 1, 2022, p. 21 – 28

Mecanismos de alteración tafonómicos y paleoecológicos del yacimiento fosilífero de la Formación Agua Nueva, en Vallecillo, Nuevo León

Taphonomic and paleoecological alteration mechanisms of the fossiliferous deposit of the Agua Nueva Formation, in Vallecillo, Nuevo León

Guadiana-Padilla, Greta[1], Silva-Martínez, Luis Encarnación[1,*]

[1] Laboratorio de Paleobiología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán s/n, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. C.P. 66455. https://orcid.org/0000-0001-6770-4705; https://orcid.org/0000-0001-9152-734X

[*] aluis.silva.paleo@gmail.com

Resumen

Se describen los procesos de alteración tafonómicos de algunos ejemplares fósiles colectados en dos canteras del municipio de Vallecillo en Nuevo León, México, afloramiento que corresponde al Cenomaniano medio-Turoniano del Cretácico Superior. Aunado a esto, se realizaron análisis de microfacies para conocer el ambiente de depósito con base a texturas, microfacies y contenido microfaunístico para posteriormente, inferir las condiciones paleoambientales de la zona de muestreo que permitieron la preservación de los fósiles en el yacimiento fosilífero. Se infiere que existió un evento de anoxia local provocado por un estancamiento, fenómeno que permitió la preservación del material de Vallecillo.

Palabras clave: Cretácico Superior, Formación Agua Nueva, mecanismos de alteración tafonómica.

Abstract

The taphonomic alteration processes of some fossil specimens collected in two quarries in the municipality of Vallecillo in Nuevo León, Mexico, an outcrop corresponding to the middle Cenomanian-Turonian of the Upper Cretaceous, are described. In addition, microfacies analyses were carried out to know the depositional environment based on textures, microfacies and microfaunal content, in order to infer the paleoenvironmental conditions of the sampling area that allowed the preservation of the fossiliferous deposit. It is inferred that there was a local anoxia event caused by stagnation, a phenomenon that allowed the preservation of the Vallecillo material.

Keywords: *Upper Cretaceous, Agua Nueva Formation, taphonomic alteration processes.*

Cómo citar / *How to cite*: Guadiana-Padilla, G., Silva-Martínez, L.E., (2022). *Mecanismos de alteración tafonómicos y paleoecológicos del yacimiento fosilífero de la Formación Agua Nueva, en Vallecillo, Nuevo León*. Paleontología Mexicana 11(1), 21–28.

Manuscrito recibido: Diciembre 5, 2021.
Manuscrito corregido: Mayo 23, 2022.
Manuscrito aceptado: Mayo 28, 2022.

1. Introducción

El municipio de Vallecillo ha sido, históricamente, un lugar de explotación de minerales como plata y plomo, que data de la época de la colonia hasta días recientes, en los que se extrae la "piedra de Vallecillo". La piedra laja se presenta en capas muy delgadas de donde se extraen fragmentos cortados de secciones correspondientes a la estratificación en los afloramientos rocosos. Algunos autores como Blanco-Piñón *et al*. (2001), indican que las capas fosilíferas de Vallecillo alcanzan espesores de 4 m, y están formadas de margas de colores rosados con laminación milimétrica, paralela a los estratos. Estas capas están intercaladas con bancos de lutita laminar de 2–6 cm. La secuencia fosilífera subyace a calizas grises de 30 cm y lutitas que pertenecen a la Formación Agua Nueva. Posteriormente, Blanco-Piñón (2003a) propone el nombre de "Miembro Vallecillo" debido a las particularidades que presenta la litología del afloramiento, como lo son la presencia de margas fosilíferas con laminación milimétrica, nódulos y bandas de óxidos entre los estratos. Desde su descubrimiento como yacimiento fosilífero en la década de los noventa, la localidad ha sido importante y reconocida a nivel mundial por su relevante contenido faunístico, el cual va desde bivalvos y ammonoideos, hasta peces y reptiles. Entre los reportes de peces se encuentran especies endémicas y en estados de conservación excepcionales, tales como la preservación de partes blandas de invertebrados, que incluyen los sifones en ammonoideos, o las vísceras en peces y reptiles. En el presente trabajo se analizarán los procesos tafonómicos que atravesaron algunos ejemplares fósiles de la localidad, y las implicaciones paleoambientales que contribuyeron a su preservación.

2. Descripción del área de estudio

La sección muestreada se localiza en el municipio de Vallecillo, Nuevo León. Las canteras se localizan a 4 km hacia el suroeste de la cabecera municipal de Vallecillo, Nuevo León, México, llegando por la carretera nacional 85, y se sitúan en las coordenadas 26°39'34.80" N y 99°59'12.68" O. El afloramiento está conformado por una secuencia de marga y caliza arcillosa, con intercalaciones de lutita laminar de estratificación milimétrica, que presenta algunos horizontes de materiales con alto contenidos de óxidos de hierro, tales como la limonita y la goethita. (Figura 1).

3. Material y métodos

Se siguieron los protocolos de muestreo en campo propuestos por Compton (1962). Se realizó el levantamiento del perfil estratigráfico, por medio de un registro de las características del afloramiento, colectando muestras de roca y material fósil, que a su vez se marcaron y almacenaron en bolsas de polietileno para su posterior procesamiento en el laboratorio. A la par, se llevó a cabo el registro fotográfico, que forma parte de la caracterización tafonómica del material. En este se utilizó el método de análisis tafonómico estandarizado por Fernández-López (1988, 1997, 999, 2000), que consiste en la observación de asociaciones conservadas, características estructurales, y ubicación en el estrato entre otros elementos que se encuentran *in situ*. En conjunto con los resultados de los análisis de texturas y microfacies, esto nos permite interpretar los procesos que atravesó cada ejemplar fósil, desde el momento de su muerte hasta el instante de ser encontrados y analizados en el laboratorio.

Los análisis paleontológicos incluyen características geológicas y taxonómicas. Para analizar la roca se elaboraron láminas delgadas, siguiendo el método de Reed y Mergner (1953), con el propósito de analizarlas bajo el microscopio, y así determinar el ambiente de depósito, textura y microfacies, mediante los criterios de Dunham (1962), Folk (1962), Wilson (1975) y Flügel (1982), los cuales permitieron la posterior reconstrucción paleoambiental

4. Resultados

4.1 Mecanismos de alteración tafonómica

Las dos principales divisiones de los mecanismos de alteración tafonómica son la bioestratinomía (que incluye procesos previos al enterramiento del organismo) y la fosildiagénesis (todo lo que acontece desde el enterramiento definitivo).

Entre los mecanismos bioestratinómicos tenemos a todos los procesos físicos, químicos y biológicos. En la Figura 2a, se observa un proceso químico conocido como disolución, en el cual se destruye el aragonito de la concha del organismo, de manera que deja expuesta la impresión de las partes internas. Por otro lado, en las Figuras 2b y 2c se observa un fenómeno biológico conocido como incrustación, en el cual se registra huella de actividad. En este caso, esto representa una asociación simbiótica de otro grupo, (Cirripedia), en la concha de los ejemplares de *Pseudaspidoceras* sp. En la Figura 3 se observan ejemplos de procesos físicos, entre los que se incluyen a la erosión y el transporte. En la Figura 3a se muestra un crustáceo que presenta pérdidas de partes. Esto se debe a un proceso de erosión bioestratinómica en donde se presenta la desarticulación del organismo, y la pérdida por desgaste y dispersión de sus partes. En la Figura 3b se observa el mismo fenómeno. En este caso queda solo el cráneo de un *Rhyncodercetis* sp., mientras que el cuerpo se pierde previo al proceso de litificación. Lo mismo sucede en la Figura 3d, donde se observan las vértebras de un pez y la evidente pérdida del material. En casos como este,

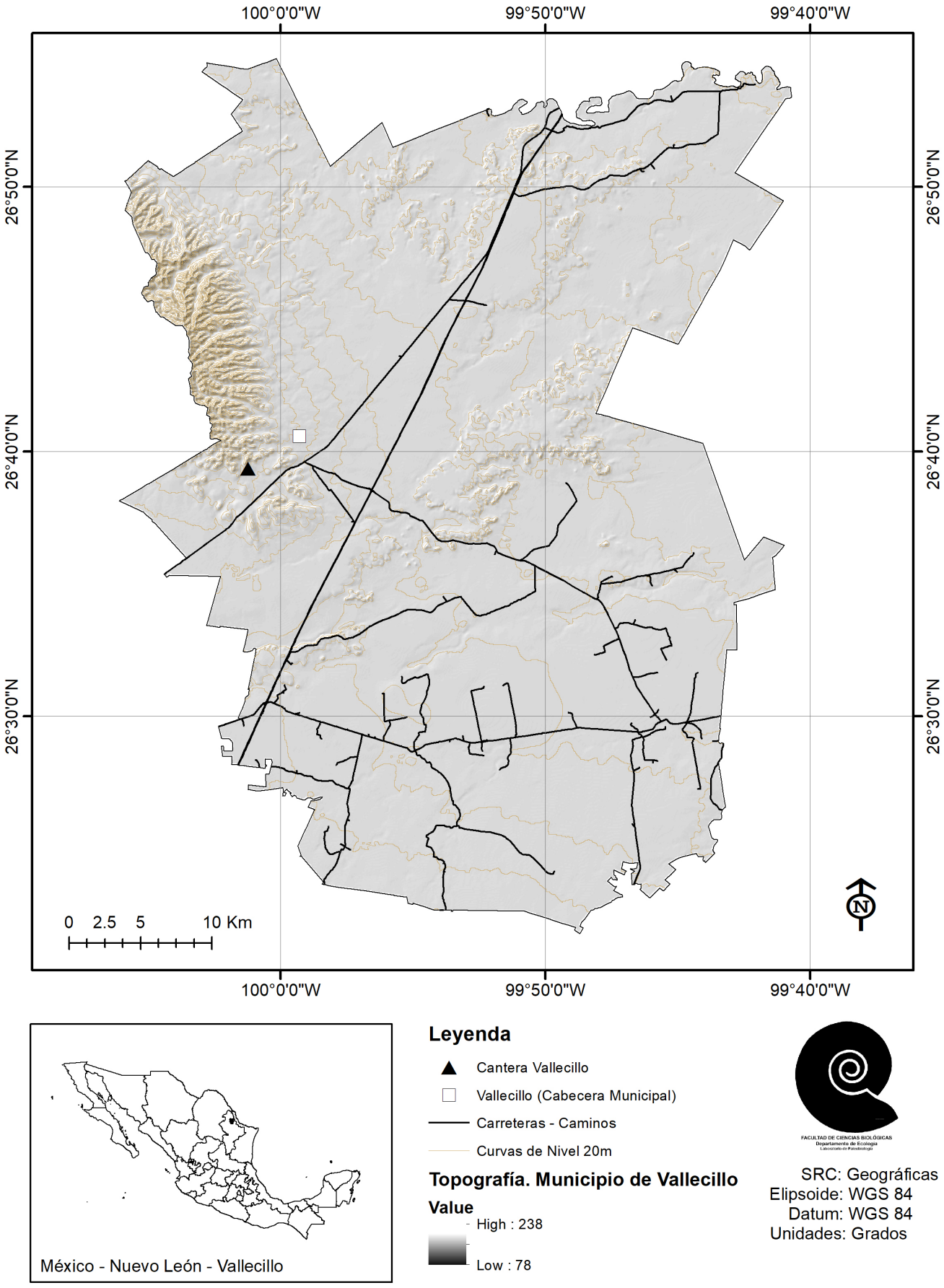

Figura 1. Mapa del área de estudio.

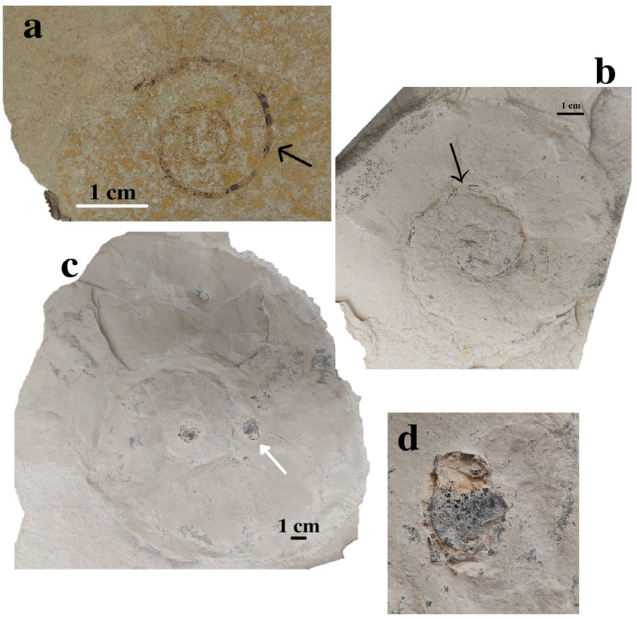

Figura 2. a Disolución, no existe rastro de la concha y marcado con una flecha, se presenta la mineralización del sifón en óxidos de hierro. **b** y **c** Incrustaciones de bivalvos en *Pseudaspidoceras* sp. d Acercamiento de la imagen c que muestra la epigénesis en el bivalvo incrustado sobre el ammonoideo.

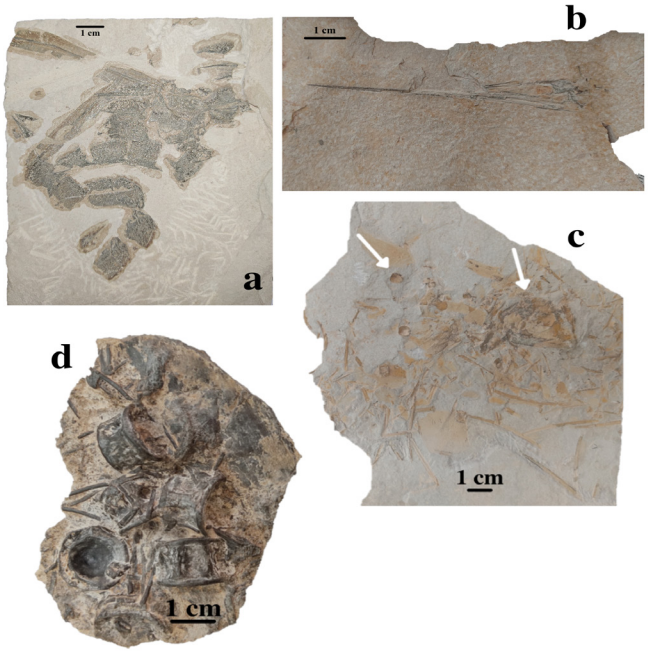

Figura 3. a Erosión bioestratinómica, pérdida y desarticulación de partes de cangrejo. **b** Desarticulación y pérdida en un *Rhyncodercetis* sp. **c** Desarticulación en osteíctio no identificado. Las flechas indican la cabeza y una vértebra en posición paralela al estrato. **d** Desarticulación en vértebras de pez no identificado.

se puede interpretar que el organismo estuvo sometido a un régimen de desplazamiento lo suficientemente evidente para generar pérdidas de sus partes, de modo que dió origen a un fósil alóctono. Sin embargo, para concluir esto se deberían considerar de igual manera las condiciones finales del yacimiento. Por ejemplo, en la Figura 3 se observa también la desarticulación de un pez no identificado, pero sus vértebras y espinas se encuentran en el mismo lugar, de modo que presenta cambios en la orientación conforme al estrato del que fueron recolectados. Esto indica que la desarticulación de sus partes se llevó a cabo por movimientos en el sustrato, y no debido a desplazamientos en la corriente del agua.

Los procesos fosildiagenéticos también se presentan de distintas formas. El aplastamiento es un fenómeno que sucede al inicio de la fosildiagénesis, y se genera debido a la compactación que experimenta el organismo, por los sedimentos que lo sepultan antes de la formación de los moldes. Este proceso aparece en varias de las imágenes, pero en la Figura 4, se representa marcado con una flecha, para señalar el aplastamiento de algunas de sus vértebras. Otro de los mecanismos es la mineralización, la cual presenta varios tipos de procesos y consiste en un intercambio o adición molecular a nivel orgánico. En la Figura 2a, señalado con una flecha, se encuentra el sifón de un ammonite. Este fenómeno corresponde al proceso de mineralización por concreción, que se origina por la formación de nuevos minerales en los espacios entre las partículas que rellenan los elementos conservados. En este caso, los minerales son de tipo ferruginoso. Este tipo de fósil suele formarse en restos orgánicos en fase de descomposición, cuando el ambiente es relativamente confinado. La Figura 4c presenta un ejemplar parcialmente preservado de *Goulmimichthys roberti* (Blanco y Calvin, 2003), y señalados con una flecha en la Figura 4 se encuentran partes del estómago y los intestinos, que incluyen materia fecal. La presencia de estas partes blandas, que suelen ser las primeras en ser consumidas o descompuestas, permite inferir la ausencia de carroñeros o detritívoros, quienes usualmente se alimentan de estos restos. También nos señalan que la descomposición fue anaeróbica, en un ambiente reductor donde es mucho más lenta y menos eficiente, lo que permitió la conservación de dichas estructuras.

La epigénesis consiste en el intercambio molecular que se da en las partes inorgánicas del animal, como las conchas en invertebrados o los huesos en peces. Concluye con la formación de un molde, proceso en el cual el sedimento posteriormente litificado adopta la forma del organismo. La Figura 2d representa la epigénesis en invertebrados, mientras que los peces de las Figuras 4 y 4b, lo hacen en vertebrados. Se observa nuevamente la concreción de elementos y compuestos, en este caso alrededor o sobre el molde o impresión del fósil. En la Figura 5a lo vemos representado en el *Inoceramus labiatus* (Schlotheim,1813) y por *Tselfatia formosa* (Arambourg, 1943) en las Figuras 5b y 5c.

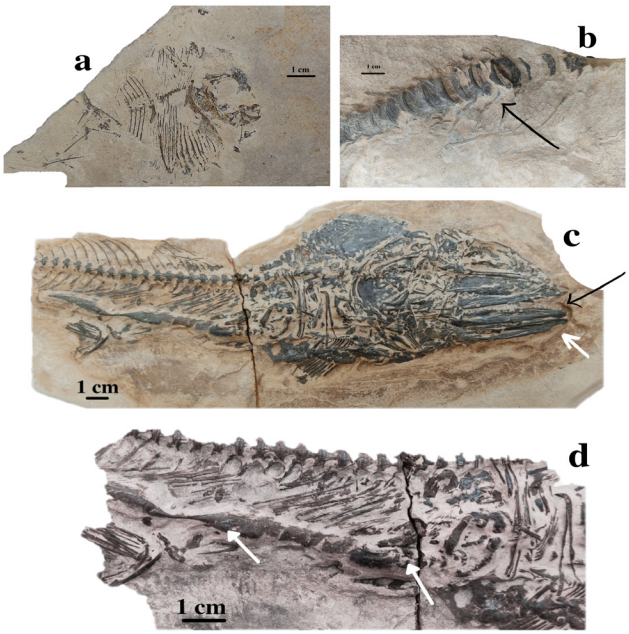

Figura 4. a Aplastamiento y epigénesis en *Nursallia* sp. **b** Aplastamiento en vértebras de pez no identificado **c** *Goulmimichthys roberti*, marcada con una flecha, la mandíbula ligeramente abierta **d** *Goulmimichthys roberti*, marcados con flechas el estómago e intestinos.

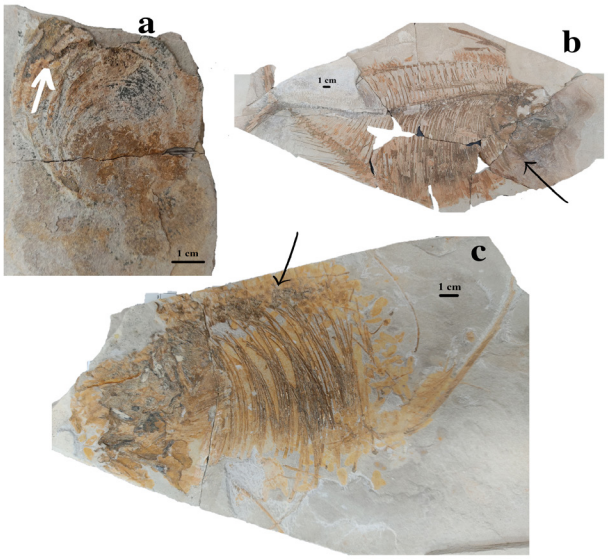

Figura 5. a Epigénesis y concreción a *Inoceramus labiatus* **b** y **c** *Tselfatia formosa*.

4.1 Interpretación paleoambiental

Del análisis de las láminas delgadas se determinó una textura (Dunham, 1962; Folk,1962) predominantemente mudstone, con algunas capas consecutivas con una textura wackestone, en la cual los principales aloquímicos fueron los foraminíferos planctónicos, con una matriz micrítica con abundante presencia de granos de óxidos y calcita. El ambiente de depósito, conforme a los análisis de microfacies estándar de Wilson (1975), y a Flügel (1982), se ubica como SMF 3, lo que corresponde a un mudstone de plataforma externa o incluso a una cuenca (Figura 6) (Tablas 1 y 2).

La sedimentación y posterior litificación del sedimento, se dio bajo condiciones particulares. La región de Vallecillo presenta entre sus características, un yacimiento tipo "konservat-Lagerstätte" (Blanco-Piñón, 2003b; Ifrim y Stinnesbeck, 2007; Stinnesbeck *et al.*, 2020), que se refiere a zonas en las que la conservación del registro fósil es realmente buena, dando origen a fósiles de partes blandas, que inclusive abarcan tejido conectivo y piel. Este tipo de fosilización se restringe a menos de 200 sitios del planeta, de los cuales uno de los más importantes corresponde a las Lutitas de Burgess, localizado en la provincia de Columbia Británica en Canadá. Aquí se identificaron especies de invertebrados de la explosión del Cámbrico. Otro ejemplo es la Caliza de Solnhofen en Alemania, del periodo Jurásico, en la cual se identificaron los *Archaeopteryx* mejor preservados del mundo. En cuanto al material que se ha reportado en la localidad fosilífera de Vallecillo, se encuentran organismos endémicos, tales como los peces *Goulmimichthys roberti* y *Vallecillichthys multivertebratum* (Blanco y Calvin, 2003). Recientemente se reportó también el polémico tiburón águila *Aquilolamna milarcae* (Vullo *et al.*, 2021) y reptiles como el *Mauriciosaurus fernandezi* (Frey *et al.*, 2017), todos excelentemente preservados.

5. Discusión

Durante el muestreo se corroboró la presencia de las coloraciones y los grosores de los estratos indicados por Blanco-Piñón *et al.* (2001), además de la característica de laminación milimétrica, que es el factor de formación de la famosa "piedra de Vallecillo". Así mismo, los autores indican, refiriéndose a las características tafonómicas, que en la región de Vallecillo las partes refractarias, las cuales resisten mejor a la descomposición orgánica, presentan diferentes estados de preservación debido a la distinta composición química que tiene cada grupo fósil. El autor reporta cementación en los restos conservados de los vertebrados, además de un neomorfismo en bivalvos, observable también en el reemplazamiento del material original en ejemplares de peces. En los presentes resultados, la presencia de partes blandas se encontró en 2 ejemplares bien preservados, uno

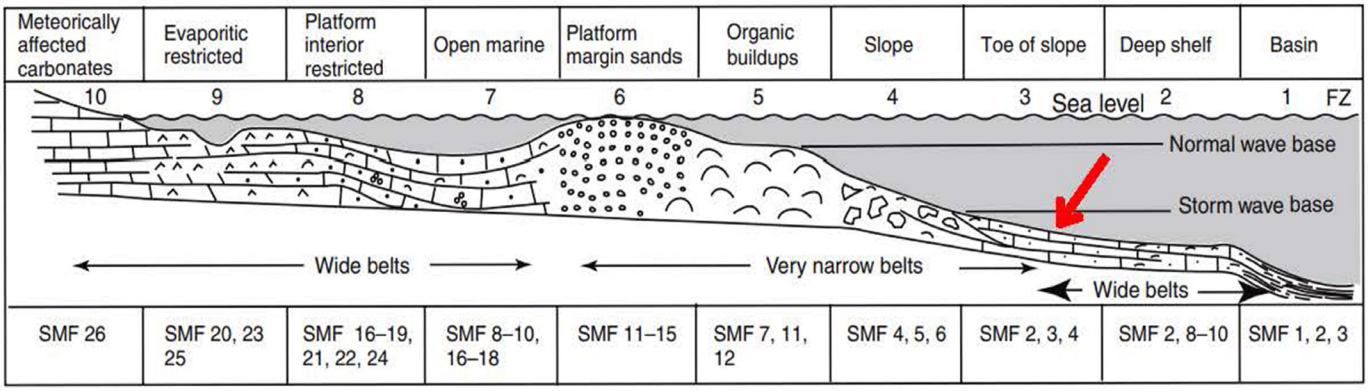

Figura 6. Diagrama de zonas de facies y tipos estándar de microfacies, en el cual, marcado con una flecha roja, aparece señalada la zona de plataforma abierta, justo bajo la zona de oleaje, característica que favorece la conservación fósil de la localidad, en las canteras de Vallecillo, Nuevo León, México. Modificado de Boggs Jr. (2009).

Tabla 1. Análisis de la Cantera 1, con clave CVG-1.

No. de lámina	Clave lámina	Capa	Color intemperizado	Color fresco	Textura	Matriz	Microfacies
1	1CVG_0	0	5YR 7/2	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
2	1CVG_1B	1	5YR 7/2	10YR 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
3	1CVG_1T		5YR 6/4	5YR 6/4	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
4	1CVG_2B	2	5YR 7/2	5YR 5/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
5	1CVG_2M		10YR 5/4	5YR 7/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
6	1CVG_2T		5YR 7/2	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
7	1CVG_4	4	5YR 7/2	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
8	1CVG_6B	6	5YR 7/2	10YR 8/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
9	1CVG_6T		5YR	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
10	1CVG_7B	7	5YR	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
11	1CVG_7T		5YR 6/4	10YR 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
12	1CVG_8	8	10YR 8/2	10YR 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
13	1CVG_9B	9	5YR 7/2	10R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
14	1CVG_9T		10YR 8/2	5R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
15	1CVG_10	10	5R 6/2	5YR 7/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
16	1CVG_11	11	5YR 7/2	10YR 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
17	1CVG_12	12	10YR 8/2	10YR 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
18	1CVG_13	13	10YR 8/2	5YR 7/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
19	1CVG_14B	14	5YR 7/2	10YR 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
20	1CVG_14T		10YR 7/4	5YR 7/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
21	1CVG_15	15	5YR 5/6	5YR 7/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
22	1CVG_16	16	10YR 5/4	5R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
23	1CVG_17B	17	10YR 6/2	10YR 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
24	1CVG_17M		5YR 6/4	5YR 5/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
25	1CVG_17T		10YR 6/2	10YR 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
26	1CVG_18B	18	10YR 8/2	10YR 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
27	1CVG_18T		10YR 8/2	10R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
28	1CVG_19	19	10YR 8/2	5R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR

Tabla 2. Análisis de la Cantera 2, con clave CVG-2.

No. de lámina	Clave lámina	Capa	Color intemperizado	Color fresco	Textura	Matriz	Microfacies
1	2CVG_1B	1	5R 6/2	10R 2/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
2	2CBG_1T		10YR 7/4	5R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
3	2CVG_2	2	5YR 7/2	5R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR
4	2CVG_3T	3	10R 6/2	5R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
5	2CVG_4B	4	10R 6/2	5R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
6	2CVG_4M		10R 6/2	5R 4/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
7	2CVG_4T		5YR 7/2	5YR 6/4	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
8	2CVG_5B	5	10YR 8/2	5YR 7/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
9	2CVG_5T		10YR 6/2	5R 6/2	Mudstone	Micrítica	SMF 3-FOR
10	2CVG_6T	6	10YR 4/2	10R 6/2	Wackestone	Micrítica	SMF 3-FOR

de ammonite no identificado y otro del pachyrhizodontidae *Goulmimichthys roberti*, parcialmente preservado. Esto es evidencia de la falta de desplazamiento del cadáver, y muestra la preservación del estómago y los ciegos intestinales, e inclusive de materia fecal. (Figuras 4c y 4d). Stinnesbeck *et al.* (2020) hacen un análisis tafonómico de la especie *Goulmimichthys roberti*, y mencionan la abundancia de individuos completos y articulados en las áreas de Vallecillo y Múzquiz. Los mismos autores indican que los individuos se conservan con la boca abierta y las aletas dorsal, pectoral y pélvica extendidas, lo que interpretan como el resultado del estrés respiratorio. El ejemplar reportado en este trabajo presenta mineralización de partes blandas que denotan que no experimentó depredación, probablemente ya que los depredadores se encontraban bajo las mismas condiciones de poca oxigenación en las aguas de Vallecillo. Ifrim y Stinnesbeck (2007) analizaron ammonoideos de Vallecillo, y mencionan la presencia de organismos alóctonos debido al desplazamiento del cadáver desde la zona de muerte, por lo que interpretan esto por la ausencia de ápticus unidos a las conchas de los ammonites. Además, notan la buena conservación de las conchas y la presencia de suturas en los moldes, como indicadores de que el transporte del organismo era entre distancias relativamente cortas y que no experimentaba alteraciones importantes. Aluden también, a que la ausencia de conchas de ammonites de pocos milímetros de diámetro, es debido a la disolución diagenética temprana por disolución del aragonito en condiciones de poco oxígeno.

En este trabajo se documenta un ammonoideo de pocos centímetros (31.4 mm) (Figura 2a), que solo presenta el sifón y una disolución completa de la concha. Sin embargo, la interpretación difiere a la de los autores previamente mencionados debido a que, aunque se sugiere que por su talla y probable nivel de maduración fue disuelto rápidamente, Ifrim (2006), y posteriormente, Ifrim y Stinnesbeck (2007), no terminan por concluir que todas las condiciones que se observan en los ammonoideos y los otros grupos taxonómicos del yacimiento, (la anoxia de la zona, las condiciones de disolución del aragonito por encima de la línea de compensación de los carbonatos y la presencia de aguas salobres interpretado esto a partir de la paleobiota, las microfacies y la presencia de Mg y Fe en las rocas del afloramiento), son indicadores de que la anoxia de la región de Vallecillo fue debido a un evento local por estancamiento, en el cual las temperaturas cálidas favorecieron la evaporación del agua, lo que dejó estancadas a las comunidades que habitaban la zona. Por este motivo, los fósiles encontrados en el afloramiento difícilmente son alóctonos, dado que el estancamiento no provocó una muerte inmediata de la comunidad, sino que tuvo que ser un proceso lento, en el que se fueron dando las condiciones de falta de oxígeno y posterior muerte de los organismos enterrados. Blanco-Piñón (2003b) fue el primero en mencionar que el afloramiento de la Fm. Agua Nueva en Vallecillo podría pertenecer a un yacimiento tipo konservat-Lagerstätte, lo cual se deduce por la presencia de un sifón en un ejemplar de ammonoideo, propuesta que después fue retomada en trabajos posteriores de Ifrim y Stinnesbeck (2007) y Stinnesbeck *et al.* (2020). Particularmente, creemos que la zona corresponde a un ambiente de estancamiento, que corresponde al tipo de preservación Lagerstätte de conservación e indica zonas dentro de la plataforma externa. Cabe recordar que la sección de Vallecillo es constantemente explotada para la comercialización de la "piedra de Vallecillo", y que la ausencia en número de ejemplares bien preservados y de conservación de partes blandas no es indicador de que no estén o no se conservaran, sino de la pérdida por daño o comercialización de estos.

6. Conclusiones

Siguiendo los criterios de clasificación de texturas de Dunham (1962), y el de microfacies estándar de Wilson (1975), los sedimentos corresponden a un mudstone

pelágico SMF3-FOR, que se interpreta como un ambiente de depósito de plataforma externa. La presencia de diferentes grupos taxonómicos y procesos de fosilización, indican condiciones konservat-Lagerstätte. Esto se interpreta como un ambiente que sufrió un sepultamiento súbito, generando la anoxia de la zona. La presencia de minerales calcófilos abundantes en las rocas, se infiere que se generó a partir de la reacción química de los carbonatos de los restos de los individuos, en el proceso diagenético de la fosilización interactuando con el agua. Todas estas condiciones descritas propiciaron la excelente conservación de los fósiles de Vallecillo.

Referencias

Arambourg, C., 1943, Note préliminaire sur quelques poissons fossiles nouveaux: Bulletin de la Société géologique de France, 8(5), 281–288. DOI: https://doi.org/10.2113/gssgfbull.S5-XIII.4-6.281

Blanco-Piñón, A., Stinnesbeck, W., López-Oliva, J.G., Frey, E., Adatte, T., González, A.H., 2001, Vallecillo, Nuevo León: una nueva localidad fosilífera del Cretácico Tardío en el noreste de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2(18), 186–199. Disponible en: http://rmcg.geociencias.unam.mx/index.php/rmcg/article/view/996

Blanco, A., Cavin, L., 2003, New Teleostei from the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo (NE Mexico): Comptes Rendus Palevol, 2(5), 299–306. DOI: https://doi.org/10.1016/S1631-0683(03)00064-2

Blanco-Piñón A., 2003a, Lithographic marls from Vallecillo, N.L. Mexico: Agua Nueva Formation or a new lithologic unit? in Geological Society of America, Annual Meeting, Seattle, Washington, USA: Geological Society of America, Abstracts with Programs, 35(6), 87.

Blanco-Piñón A., 2003b, Peces fósiles de la formación Agua Nueva (Turoniano) en el Municipio de Vallecillo, Nuevo León, NE-México, México, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis doctoral, 345 pp. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/id/eprint/5834

Boggs, Jr, S., 2009, Petrology of Sedimentary Rocks (2nd ed.), Cambridge University Press, New York, 600 pp.

Compton, R., 1962, Geología de Campo, México D.F., México: Editorial Pax México, 5–26.

Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rock according to depositional texture. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Houston, Texas, 108–121. DOI: https://doi.org/10.1306/M1357

Fernández-López, S., 1988, Bioestratigrafía y Biocronología: su desarrollo histórico. En Meléndez, B. (ed.), Curso de conferencias sobre Historia de la Paleontología, Madrid: Real Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales, 185–215. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/21130/

Fernández-López, S., 1997, Ammonites, clinos tafonómicos y ambientes sedimentarios: Revista Española de Paleontología, 12(1), 102–128. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/21588/

Fernández-López, S., 1999, Tafonomía y Fosilización. Tratado de Paleontología, tomo I, En B. Meléndez (ed.), 1998: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 51-107, 438–441.

Fernández-López, S.R., 2000, Temas de Tafonomía, Departamento de Paleontología. Universidad Complutense de Madrid, 167pp. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/22003/

Flügel, E., 1982, Microfacies Analysis of Limestones: Berlin, Springer Verlag, 633 pp.

Folk, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types, En Ham, W.E. (ed.), Classification of carbonate Rocks-A Symposium: American Association of Petroleum Geologist Memoir 1, 62–84.

Frey, E., Mulder, E.W.A., Stinnesbeck, W., Rivera-Sylva, H.E., Padilla-Gutiérrez, J.M., González-González, A.H., 2017, A new polycotylid plesiosaur with extensive soft tissue preservation from the early Late Cretaceous of northeast Mexico, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 69 (1), 87–134. Disponible: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222017000100087&lng=es&nrm=iso

Ifrim, C., 2006, The Fossil Lagerstätte at Vallecillo, North-Eastern Mexico: Pelagic Plattenkalks related to Cenomanian-Turonian Boundary Anoxia, Germany, University of Karlsruhe, PhD thesis, 151 pp. DOI: 10.5445/IR/100000452

Ifrim, C., Stinnesbeck, W., 2007, Early Turonian ammonites from Vallecillo, northeastern Mexico: taxonomy, biostratigraphy and palaeobiogeographical significance: Cretaceous Research, 28(4), 642–664. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cretres.2006.10.004

Reed, F.S. y Mergner, J.L., 1953, Preparation of rock thin sections: Journal of Sedimentary Petrology, 38: 1184-1263. Disponible en: https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article-abstract/38/11-12/1184/539282/Preparation-of-rock-thin-sections?redirectedFrom=fulltext.

Stinnesbeck, E. S., Stinnesbeck, W., Herder, F., Rust, J., 2020, Taphonomy and paleobiology of the Late Cretaceous (Cenomanian-Turonian) pachyrhizodont Goulmimichthys roberti from Vallecillo and Múzquiz, northeastern Mexico: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 543(109607), 109607. DOI: https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109607

Vullo, R., Frey, E., Ifrim, C., González-González, M.A., Stinnesbeck, E.S., Stinnesbeck, W., 2021, Manta-like planktivorous sharks in Late Cretaceous oceans. Science, 371 (6535): 1253–1256. DOI: 10.1126/science.abc1490

Wilson, J.L., 1975, Carbonate facies in Geologic History: Berlin, Springer, 471 pp.