

Vallecillo, Nuevo León: una nueva localidad fosilífera del Cretácico Tardío en el noreste de México

Alberto Blanco^{1,3,*}, Wolfgang Stinnesbeck¹, José Guadalupe López-Oliva², Eberhard Frey³, Thierry Adatte⁴, y Arturo H. González⁵

¹Geologisches Institut, Universität Karlsruhe, Postfach 6980, 76128 Karlsruhe, Alemania.

²Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 104, 67700 Linares, N.L., México.

³Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr.13, 76133 Karlsruhe, Alemania.

⁴Institut de Géologie, Université de Neuchâtel, 11 rue Emile – Argand, 2007 Neuchâtel, Suiza.

⁵Instituto de Antropología e Historia, Bravo 120, Centro, Saltillo, Coah., México.

*e-mail: ukj3@rz.uni-karlsruhe.de

RESUMEN

Margas laminares depositadas durante el Turoniano (Cretácico Superior) contienen peces, tortugas marinas, ammonites e inocerámidos con buen grado de preservación. La ausencia de fauna bentónica y de bioturbación sugieren que los sedimentos fueron depositados bajo condiciones de estancamiento. La fauna selácea consiste en dientes de *Ptychodus mortoni*, impresiones corporales de cf. *Scyliorhinus* y discos vertebrales de un tiburón no determinado. Por otra parte, los picnodontes están representados por dos grupos posiblemente pertenecientes a dos familias. La fauna teleóstea está representada por ejemplares del orden Ichthyodectiformes (1 familia), orden Tselfatiformes (1 familia), orden Aulopiformes (1 familia, 2 géneros) y Pachyrhizodontoidei (1 familia).

La fauna es muy similar a la de otras localidades tethianas en Líbano, Israel, Marruecos, igual que en el Mar Interior del Oeste de los EUA (por ejemplo, Kansas). Eso extiende la distribución paleobiogeográfica de algunos grupos de peces tethianos hasta México.

Palabras clave: Fm. Agua Nueva, Turoniano, teleosteos, tafonomía, Vallecillo, México.

ABSTRACT

In the vicinity of Vallecillo, N.L. Mexico, laminated marlstones of Turonian age contain well-preserved fishes, marine turtles, ammonites and inoceramids and indicate deposition under outer shelf environments. The absence of benthic faunal elements and bioturbation suggests stagnation and anaerobic sediment conditions. The selacean fauna consists of teeth of *Ptychodus mortoni*, body impressions of cf. *Scyliorhinus* and vertebra of an unidentified shark. Picnodontids are probably represented by two families. Teleosteans are represented by Ichthyodectiformids (one family), Tselfatiforms (one family), Aulopiforms (one family, two genera) and Pachyrhizodontids (one family).

The fauna present at Vallecillo is similar to tethyan associations from Libanon, Israel, Morocco, and to assemblages of the Western Interior Seaway of the USA (e.g., Kansas). The geographic distribution of some tethyan fishes is extended into Mexico.

Keywords: Fm. Agua Nueva, Turonian, teleosteans, taphonomy, Vallecillo, Mexico.

INTRODUCCIÓN

En los alrededores del municipio de Vallecillo, estado de Nuevo León, existen pequeñas canteras en las que se explotan comercialmente margas laminares del Cretácico Tardío. En el transcurso de la explotación, los trabajadores descubren fósiles que destacan por la excelente preservación de esqueletos y en algunos casos de partes blandas. Tales yacimientos fosilíferos de conservación (*Konservat-Lagerstätten*) son considerados “joyas” paleontológicas, ya que proporcionan importante información sobre la morfología completa de especies extintas, además de permitir reconstrucciones ecológicas y evolutivas de las comunidades biológicas originales.

Actualmente se conocen en México pocos sitios como éstos, siendo Vallecillo una nueva localidad que hasta la fecha no ha sido investigada. El presente trabajo es el resultado de una colaboración científica entre la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCT), El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), el Museo de Historia Natural de Karlsruhe (SMNK) y el Instituto de Geología de la Universidad de Karlsruhe, Alemania. Desde mayo de 1997 se están investigando los sedimentos y la fauna de Vallecillo con la intención de elaborar un inventario faunístico, así como la determinación taxonómica de los grupos presentes. Se propone establecer una edad bioestratigráfica más exacta de las capas y conocer las condiciones ecológicas que llevaron a la formación de este importante depósito fosilífero.

El municipio de Vallecillo, N.L., se encuentra a

125 km al norte de Monterrey y 20 km al norte de Sabinas Hidalgo, sobre la Carretera Nacional No. 85, que une Monterrey, N.L. con Nuevo Laredo, Tamps. Las capas fosilíferas afloran en pequeñas canteras que se ubican a 3 km al oeste de la cabecera municipal ($100^{\circ} 01' - 99^{\circ} 58'$ Latitud Norte y $26^{\circ} 39' - 26^{\circ} 43'$ Longitud Oeste) y están comunicadas con ésta por un camino de terracería (Figura 1).

Las capas fosilíferas de Vallecillo alcanzan un espesor visible de 4 m y consisten en margas de color rosa de 5-10 cm de espesor, con laminación paralela de escala milimétrica (Figura 2). El color rosa es consecuencia de la concentración de goethita dispuesta en láminas de 1 mm de espesor.

Las margas fosilíferas consisten de *mudstone* calcáreo con un contenido cercano al 65 % de carbonatos y tienen la propiedad de fracturarse paralelamente al plano de estratificación formando lajas de pocos centímetros de espesor. Estas capas están intercaladas con bancos de lutita laminar no fosilífera de 2-6 cm. La secuencia fosilífera subyace a calizas grises de 30 cm y lutitas que pertenecen a la Formación Agua Nueva.

La Formación Agua Nueva aflora ampliamente, sin mayor contenido macrofaunístico, en el noreste de México.

FAUNA DE VALLECILLO

Hasta hoy, la fauna encontrada en Vallecillo consiste en aproximadamente 400 ejemplares de peces,

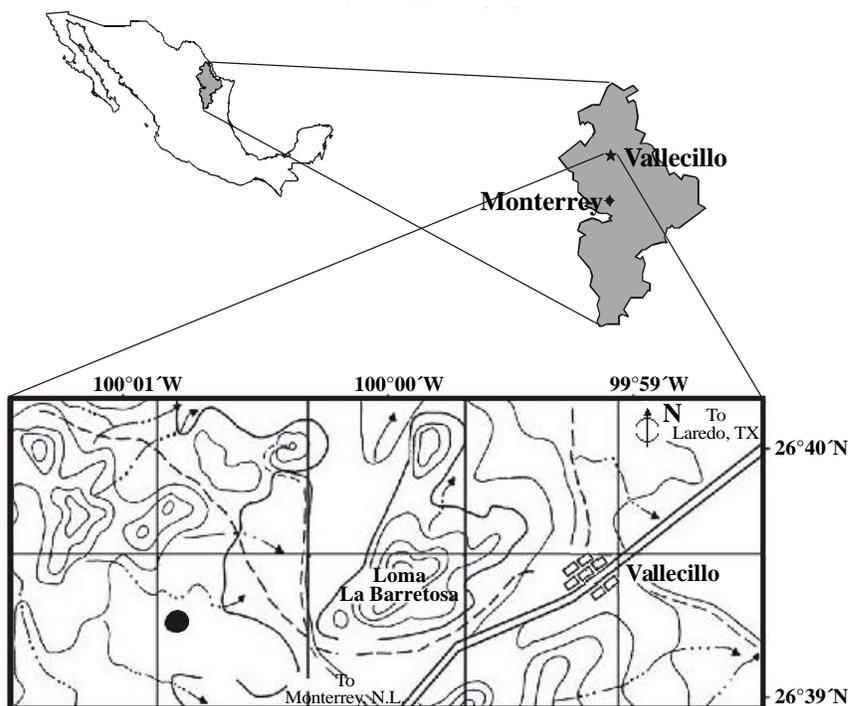


Figura 1. Localización del municipio de Vallecillo, Nuevo León. El círculo negro en el mapa indica la ubicación de las canteras fosilíferas.

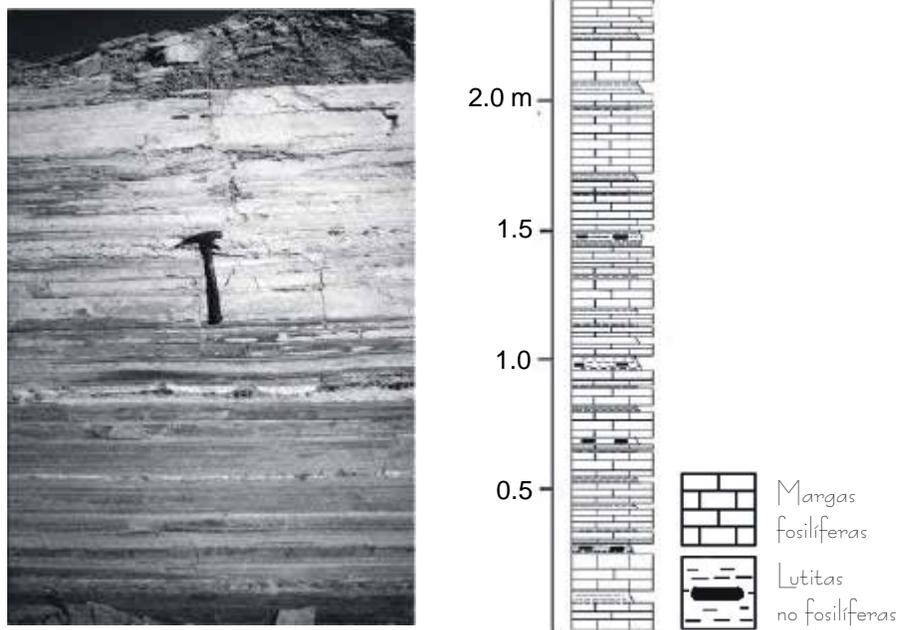


Figura 2. Perfil litológico de las capas fosilíferas de la Formación Agua Nueva. Vallecillos, Nuevo León.

tortugas marinas, ammonites e inocerámidos, los cuales han sido identificados de forma preliminar. Los especímenes rescatados de las canteras están almacenados en la colección paleontológica de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Actualmente, el estudio sistemático de esta fauna se realiza en el Museo de Historia Natural de Karlsruhe y en el Instituto de Geología de la Universidad de Karlsruhe, Alemania.

Seláceos

La fauna selácea está compuesta por dientes de *Ptychodus mortoni* Agassiz, 1843 (Lámina I, 1). Estos dientes son rectangulares en vista dorsal. El área de trituración de la corona muestra una cúspide alta que presenta una serie de crestas que parten radialmente desde el centro de la cúspide hasta el área marginal del diente.

Por otro lado, restos del tegumento (escamas pla-coideas) y de columna vertebral de *cf. Scyliorhinus* (Lámina I, 2), así como discos vertebrales de un seláceo no determinado (Lámina I, 3) representan la fauna selácea no determinada.

Picnodontes

Orden Pycnodontiformes Lehman, 1966

Este orden está representado por dos grupos: el primer grupo (Lámina II, 1) consiste en ejemplares de hasta

40cm de longitud que presentan un “piniculus parietalis” en el borde posterior del parietal, además de dientes branquiales. El segundo grupo (Lámina II, 2), está representado por formas pequeñas de aproximadamente 5 cm de longitud que semejan a aquellos de la familia Nursallidae en las siguientes características: vómer y esplénial con pequeños dientes globulares; ausencia de fosa supratemporal; boca orientada en sentido rostro-caudal y no rostroventralmente inclinada como en la mayoría de los grupos de picnodontes; y la presencia de aleta caudal alta y triangular con tres hipurales en forma de placas subtriangulares. Los especímenes ilustrados en este trabajo se encuentran actualmente en descripción.

Teleósteos

La fauna teleóstea representa la fauna más abundante de la localidad y está representada por fragmentos y ejemplares completos de los siguientes grupos.

Orden Ichthyodectiformes Bardack y Sprinkle, 1969

El Orden Ichthyodectiformes está representado por peces de cuerpo largo y con cabeza pequeña y triangular. Como características de este orden, se observa la presencia de una hilera de dientes cónicos en el premaxilar, maxilar y dentario; presencia de una cresta supraoccipital prominente; cabeza articular del palatino modificada en un disco o maleolo; y coracoides bien desarrollados (Lámina III, 1).

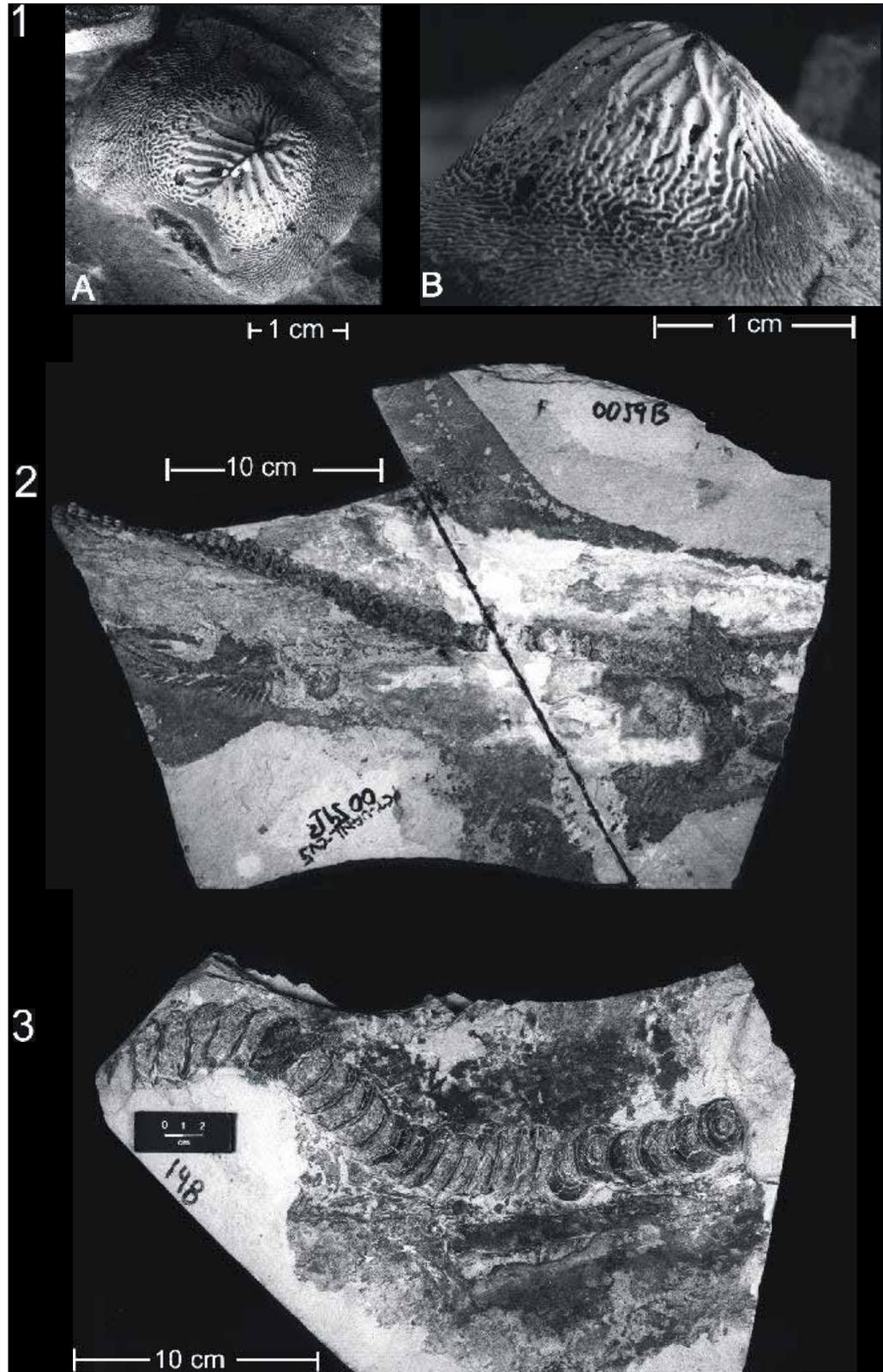


Lámina I.

- 1. Dientes aislados de *Ptychodus mortoni* Agassiz, 1843. A. Vista dorsal; B. Vista lateral.
- 2. Impresión corporal y columna vertebral de un seláceo del género cf. *Scyliorhinus*.
- 3. Discos vertebrales de un seláceo no determinado.

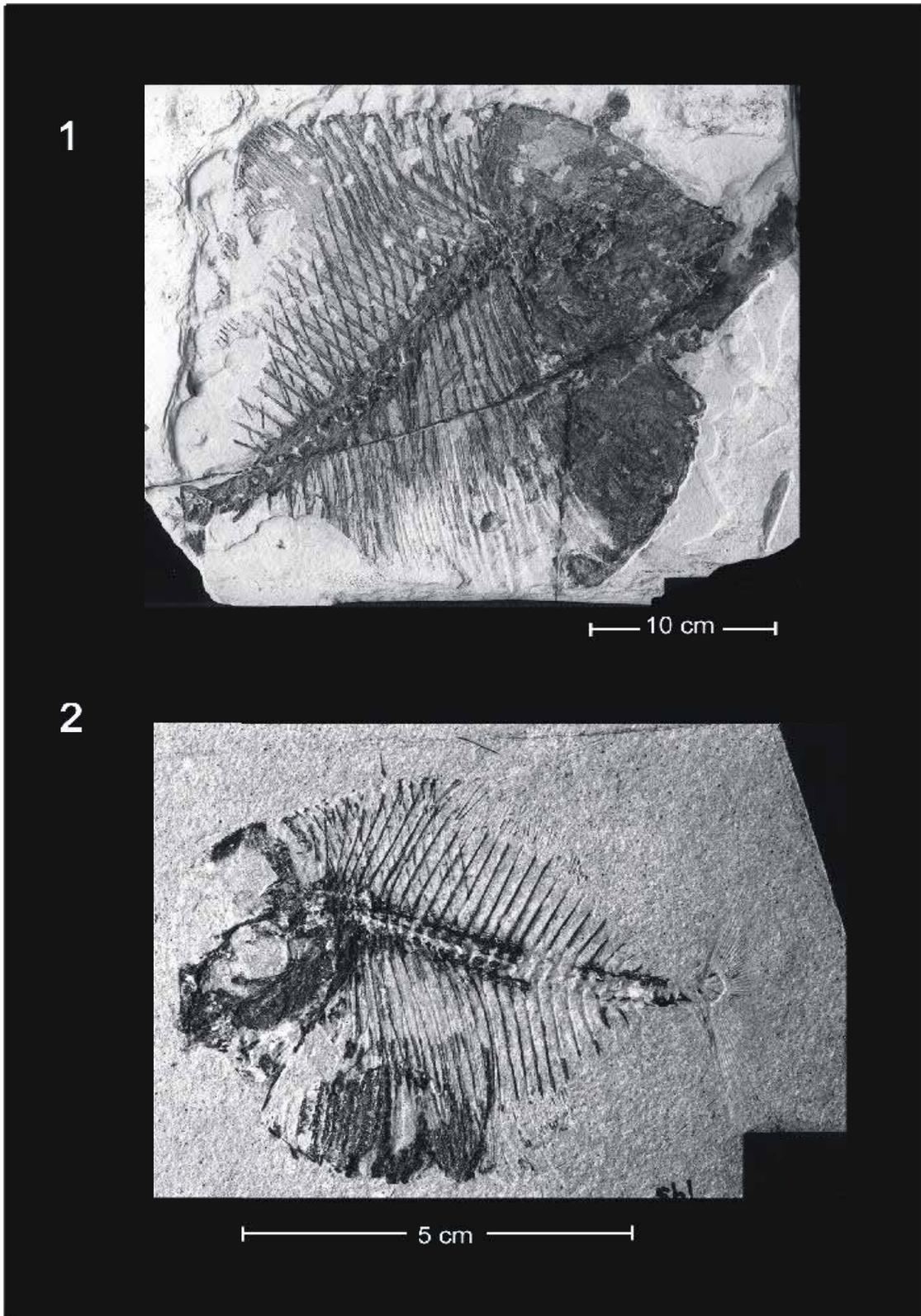


Lámina II.

- 1. Pez no determinado del orden Pycnodontoidei.
- 2. Pycnodontoidei de la familia Nursallidae.

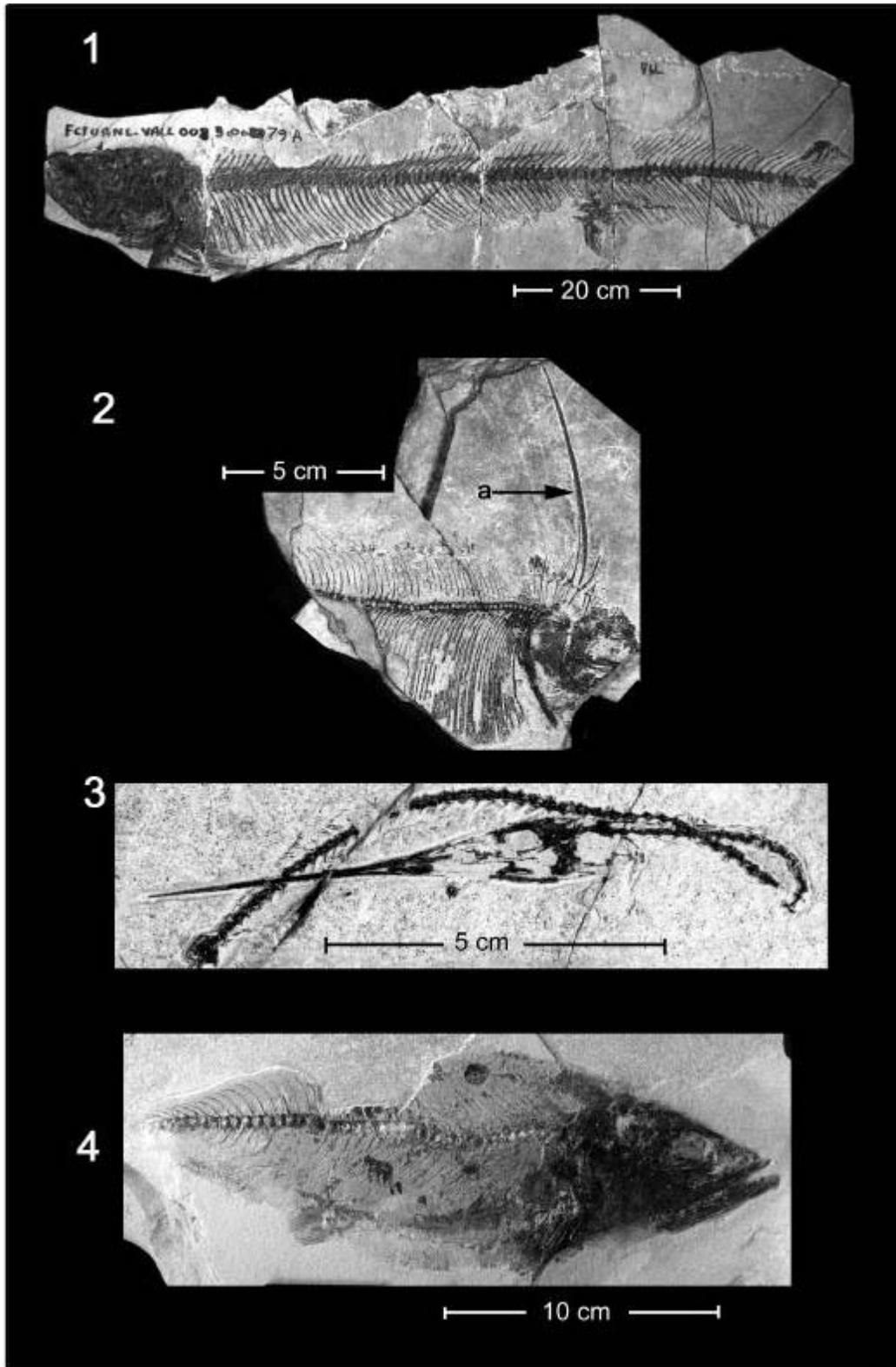


Lámina III.

1. Pez del orden Ichthyodectiformes.
2. Pez tselfatiforme (familia Tselfatiidae) que exhibe segmentación en el quinto rayo de aleta dorsal (a)
3. Esqueleto completo de un ejemplar de la familia Dercetidae.
4. Pez de la familia Pachyrhynchodontidae.

Orden Aulopiformes Rosen, 1973

Este grupo está representado por ejemplares de la familia Dercetidae (Lámina III, 3). Esta familia consiste en peces anguiliformes, de cuerpo lateralmente comprimido y región rostral del cráneo extremadamente alargada.

En Vallecillo se reconocen dos grupos: el primero se distingue por la presencia de premaxilar extremadamente largo y edentado, y dentario que no se extiende hasta la región distal del premaxilar como en *Rhynchodercetis* (Lámina III, figura 3); mientras que el segundo grupo presenta un premaxilar dentado y una mandíbula inferior que se extiende hasta el extremo distal del premaxilar como en *Dercetis* y en *Dercetoides* (no ilustrado).

Orden Tselfatiformes Nelson, 1994

Es el grupo de teleósteos más abundante en Vallecillo. Estos peces tienen longitudes que varían desde 10cm hasta de 80 cm. Los especímenes de Vallecillo presentan ligamentos bien osificados que conectan el cleithrum con la sínfisis mandibular; aletas dorsal y anal que se extienden respectivamente sobre toda la superficie dorsal y mitad terminal ventral del cuerpo y que presentan respectivamente el quinto y tercer rayo bien desarrollados y oblicuamente segmentados. (Lámina III, 2, Lámina IV). Estas características son conocidas en ejemplares del género *Tselfatia*, descrito por Arambourg (1943).

Orden Pachyrhizodontoidei Forey, 1977 Familia Pachyrhizodontidae Cope, 1872

De este grupo se observan peces de aproximadamente 40 cm de longitud y con cuerpo fusiforme. Otras características presentes son: concavidad en el margen del frontal debajo de la espina del autosfenótico; angular y articular fusionados; maxila y mandíbula largas con una sola hilera de dientes, e hipurales I y II fusionados formando una placa triangular amplia (Lámina III, 4).

Reptiles

La fauna reptiliana consiste en ejemplares semi-completos de aproximadamente 10 cm de longitud de dos especies de tortugas no determinadas (Lámina V).

Invertebrados

La fauna invertebrada consiste en ammonites de los géneros *Mammites*, *Spathites* y *Collignonicerias* y por lo menos dos especies de inocerámidos. Además se ob-

servan ostiones como fauna bentónica perizoal dispuesta sobre la concha de algunos ammonites (Lámina VI). Otros elementos bentónicos tales como bivalvos (a excepción de inocerámidos), braquiópodos, equinoideos, o artrópodos, parecen estar ausentes.

MICROFÓSILES Y EDAD

Los microfósiles consisten en foraminíferos planctónicos y calciesferas. De acuerdo a la presencia de *Heterohelix globulosa*, *Whiteinella archaeocretacea* y *W. paradubia*, se puede asignar un rango del Turoniano Inferior - Coniaciano Inferior para los sedimentos fosilíferos de Vallecillo (Caron, 1985; Nederbragt, 1990). Sin embargo, los géneros *Mammites*, *Spathites* y *Collignonicerias*, muestran su distribución exclusivamente para el Turoniano (Wright et al. 1998), lo que concuerda con los datos bioestratigráficos conocidos de la Formación Agua Nueva en la región (Sohl et al., 1991). Por lo tanto los sedimentos de Vallecillo se consideran de edad Turoniana.

TAFONOMÍA

Vertebrados

La fauna vertebrada consiste tanto de ejemplares completos como de cráneos, aletas caudales, y fragmentos de columnas vertebrales. La fauna presenta un aplanamiento en sentido lateral, como consecuencia de la compactación del sedimento, y se dispone de forma paralela al plano de estratificación. Algunos ejemplares muestran desarticulación y/o fragmentación parcial o completa.

Mineralización

Procesos de mineralización son notorios en los elementos conservados de la fauna fósil. Las partes originales constituidas por fosfato de calcio han sido totalmente reemplazadas por carbonato de calcio. Esto pudo ser comprobado por la reacción positiva que muestran estos elementos al ácido clorhídrico. Las partes óseas conservadas de los vertebrados se caracterizan por presentar color negro. Esto podría sugerir una baja tasa de descomposición en el medio de depósito además de presencia de sulfuros de hierro en sedimentos con bajas concentraciones de oxígeno (Martill, 1987).

Por otra parte, otras estructuras resistentes como dientes, muestran reemplazamiento total y/o parcial por carbonato de calcio. Mientras que en los dientes de *Ptychodus mortoni* se observa un reemplazamiento total de sus componentes originales a carbonato de calcio, los dientes de algunos picnodontes han mantenido la composición original, sin sufrir procesos de reemplazamiento. En la mayoría de los peces, la cavidad de la pulpa y la dentina se encuentran rellenas por carbonato de calcio.

Desarticulación

La fauna vertebrada presenta diferentes grados de desarticulación y fragmentación debido a diferentes procesos de alteración tafonómica (descomposición orgánica, acción de necrófagos, etc).

Las tortugas presentan desarticulación entre sus partes axiales y algunos elementos apendiculares, presentando cuerpos casi completos. Peces de cuerpos alargados (familia Dercetidae principalmente) exponen un mayor grado de fragmentación de la columna vertebral, y desarticulación entre la columna y el cráneo y/o aletas caudales. Además, algunas estructuras tales como aletas dorsales y/o pectorales están totalmente ausentes. Por otro lado, formas de mayor tamaño como pycnodontes,

ichthyodectiformes, pachyrhizodontidos y tselfatiformes, muestran cuerpos completamente articulados o bien con desarticulación menor de estructuras como espinas hemales o neurales de la columna (que quedan dispuestas de forma caótica alrededor de los ejemplares) o espinas de aletas pares e impares.

Elementos dérmicos

Una gran cantidad de peces exhiben buena preservación de escamas, y en algunos casos, como en *cf. Scyliorhinus*, es posible ver contornos corporales debido a la preservación de estos elementos dérmicos (Lámina I, 2). En algunos ejemplares (Tselfatiformes principalmente) las escamas son observadas en su posición original o



Lámina IV.

Pez tselfatiforme (Familia Tselfatiidae) que exhibe quinto rayo de la aleta dorsal (a) y tercer rayo de la aleta anal (b) bien desarrollados y segmentados transversalmente.

in situ, pero generalmente se encuentran dispuestas caóticamente alrededor del espécimen.

Contenido estomacal

En las tortugas, los restos de contenido estomacal (coprolitos) son observados como estructuras mineralizadas oscuras y de forma circular (Lámina V). Esta forma puede ser consecuencia del rompimiento visceral durante los procesos de descomposición. Estructuras similares han sido observadas en peces. En este grupo, los restos estomacales tienen formas elongadas y alcanzan hasta 10 cm de longitud (Lámina VII, 1). Coprolitos aislados de diversos tamaños también han sido encontrados en diferentes niveles de las capas fosilíferas de Vallecillo.

La fauna teleostea muestra evidencia de depre-

ación. Restos de columna vertebral posiblemente de un pez de la familia Dercetidae han sido identificados en el interior de un coprolito de un pez no determinado (Lámina VII, 2).

Invertebrados

Disolución y recristalización

En la fauna invertebrada también se observan diferentes grados de preservación. Mientras que los ammonites presentan una disolución completa de su concha aragonítica, dejando sólo impresiones (Lámina VII, 3), los inocerámidos, los ostiones y los foraminíferos planctónicos presentan sus conchas

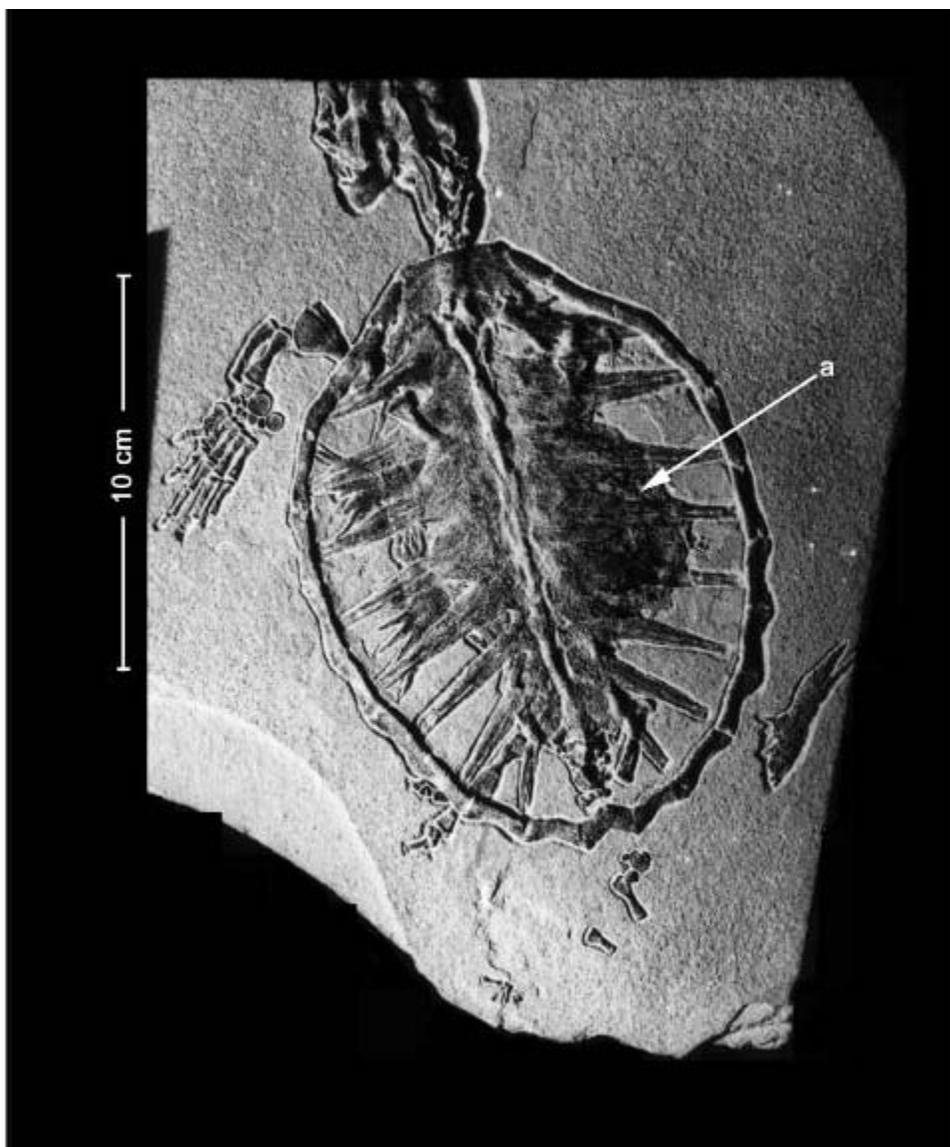


Lámina V.

Tortuga no determinada que muestra una articulación casi completa y presencia de contenido estomacal (a).

calcíticas muy recristalizadas y/o parcialmente disueltas (Lámina VII, 4).

Posiblemente durante la diagénesis temprana, las aguas intersticiales con pH relativamente bajo causaron una disolución total en estructuras formadas por material menos estable como la aragonita, mientras que estructuras formadas por arreglos más estables como la calcita mostraron sólo disolución parcial, y alto grado de recristalización.

Desarticulación

Conchas desarticuladas son observadas en ammonites e inocerámidos. Los ammonites conservan el fragmocono estando la cámara de habitación ausente. Sólo en dos ejemplares del género *Mammites* se han

podido observar ambas estructuras, las cuales se encuentran desarticuladas entre sí. Por otro lado, los inocerámidos generalmente conservan su valva izquierda. Sólo en dos ejemplares adultos se ha podido observar ambas valvas unidas.

Presencia de partes blandas

A excepción del sifón en algunos ammonites, no existe preservación de partes blandas en los invertebrados. Ejemplares del género *Mammites* y de otros ammonites no determinados presentan sifones excelentemente preservados a través de procesos de mineralización (Lámina VII, 3). Estos sifones se encuentran completos y algunos con cierto grado de fragmentación, lo cual podría sugerir actividad de necrófagos (posiblemente peces) en el medio de depósito.

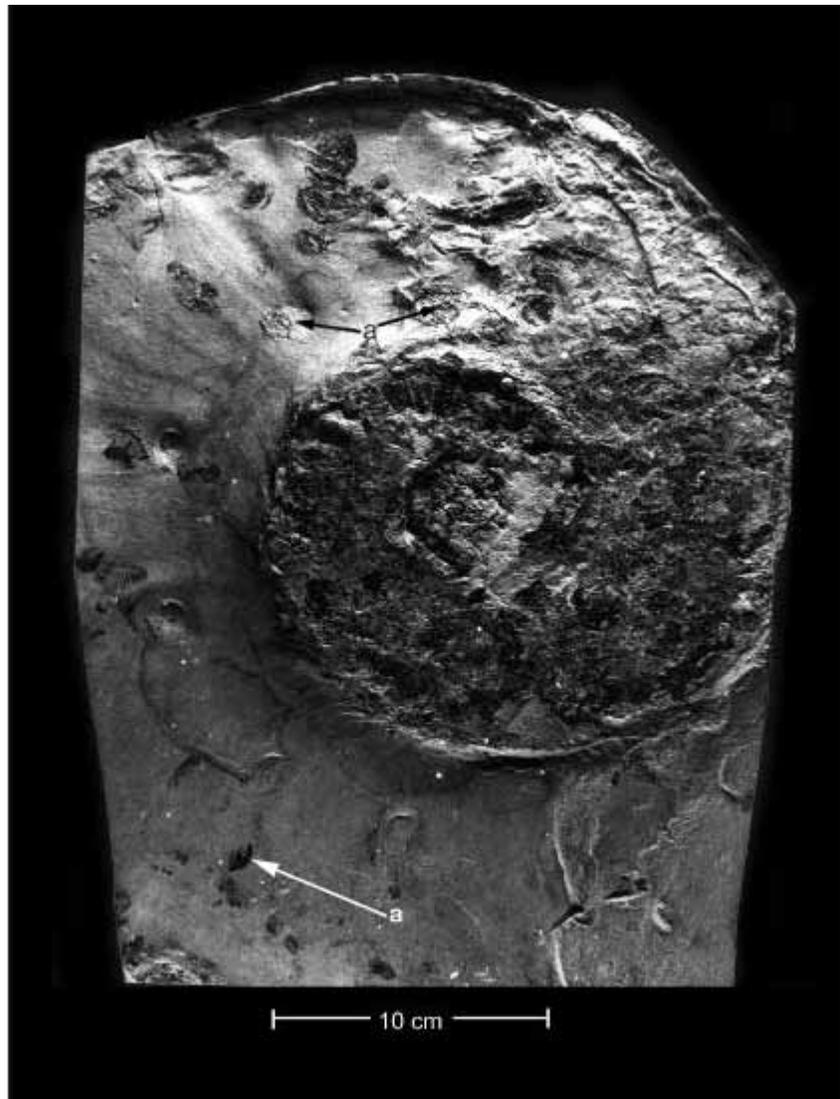


Lámina VI.

Molde externo de ammonite no determinado con preservación de fauna perizoal (a).

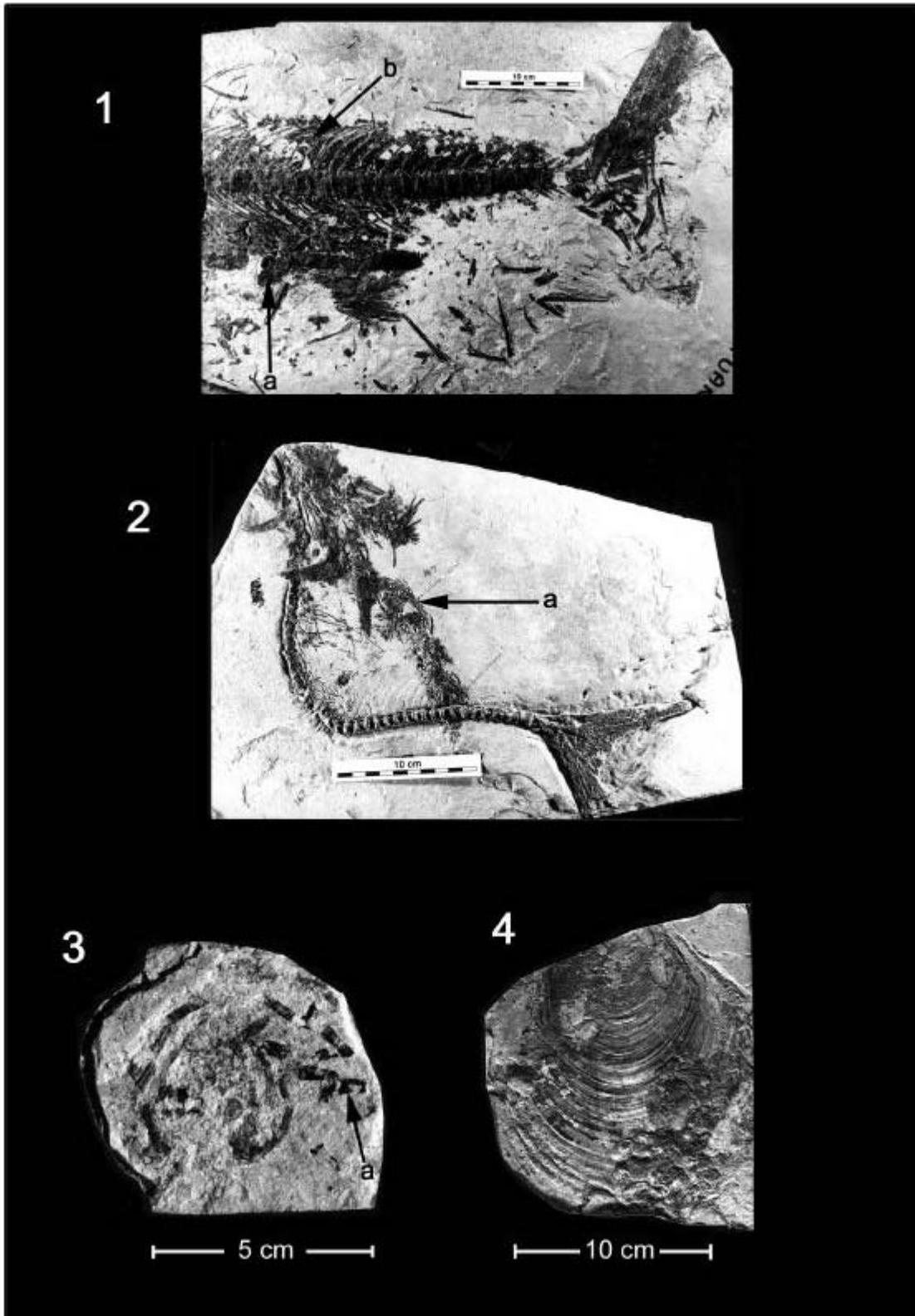


Lámina VII.

1. Pez no determinado que muestra coprolitos (a) y escamas *in situ* (b). La aleta caudal muestra claras señales de actividad necrófaga.
2. Ejemplar no determinado que exhibe pez decrécido como contenido estomacal (a). El cráneo del pez depredador muestra señales de actividad necrófaga.
3. Ammonite que muestra disolución completa de la concha y preservación del sifón.
4. Bivalvo inocerámico con concha parcialmente disuelta y recristalizada.

CAUSAS DE LA PRESERVACIÓN

Generalmente la presencia de partes óseas fragmentadas y desarticuladas, al igual que la distribución caótica de escamas en algunos ejemplares, suelen indicar la existencia de corrientes en el ambiente de depósito. Sin embargo, de acuerdo a Allison (1988a), la descomposición orgánica, y no un posible transporte, es la causa más probable de la desarticulación de esqueletos. Se ha demostrado en laboratorio, que ejemplares que no son expuestos a corrientes con alta energía, suelen sufrir diversos grados de fragmentación y desarticulación, debido a eventos relativamente cortos de descomposición aeróbica. Durante este proceso, las bacterias aeróbicas liberan enzimas que desgastan las partes óseas produciendo la desarticulación e incluso el rompimiento de partes duras como esqueletos (Allison, 1988a). Esto sugiere que la fauna de Vallecillo sufrió procesos de descomposición aeróbica previo a su ingreso al sedimento anóxico. Esto es mostrado por el diverso grado de preservación de la fauna; mientras que algunos ejemplares muestran la excelente preservación de partes blandas tales como el sifón de los ammonites, y la posición *in situ* de escamas y otras estructuras como coprolitos, en peces; otros ejemplares sólo exhiben buena conservación de elementos óseos.

Otro factor que provoca la desarticulación en la fauna es la acción de necrófagos. Algunos ejemplares muestran esqueletos completos que carecen solo de fragmentos en ciertas regiones corporales, por ejemplo, la aleta caudal o el cráneo de algunos Ichthyodectiformes, o la columna vertebral de algunos decrépidos. La ausencia de fauna bentónica y bioturbadores del sedimento podría indicar que la actividad de necrófagos fue realizada por organismos nadadores (probablemente peces) que habitaban en la cuenca.

Por otra parte, también la descomposición anaeróbica pudo causar la pérdida de partes blandas de los vertebrados. Según Allison (1988a), la anoxia es un factor que reduce la tasa de descomposición orgánica, pero no la detiene. Esto indica que aún después de haber ingresado al sedimento anóxico, la fauna de Vallecillo continuó sufriendo procesos de descomposición, y con ello la pérdida de partes blandas. Durante la fase de la diagénesis temprana comenzaron los procesos de mineralización (reemplazamiento de partes originales por CaCO_3), dando inicio a la preservación de los esqueletos y partes blandas no descompuestas. Con esto se hace notar que son los procesos de mineralización, y no la anoxia del medio, la que determina la preservación del material fósil (Allison, 1988b, Allison *et al.* 1990).

AMBIENTE DE DEPÓSITO

¿Cuáles fueron las condiciones ecológicas que permitieron la buena preservación de la fauna de Vallecillo? Los elementos faunísticos presentes tales

como foraminíferos planctónicos, calciesferas y ammonites indican un ambiente de mar abierto. Esta interpretación está confirmada por la ausencia de fauna y flora terrestre, costera y arrecifal o lagunar y por la ausencia de sedimentos detríticos. La situación paleogeográfica de la región también corrobora el ambiente pelágico. Durante el Turoniano el nivel alto del mar llevaba un retiro de la costa hacia la parte central de Texas, la cual se encontraba a aproximadamente 800 km al norte de Vallecillo (Bishop, 1970; Sohl, *et al.* 1991). Estos datos sugieren que las margas de Vallecillo fueron depositadas lejos de la línea de costa, en aguas de mar abierto (ambiente pelágico) probablemente en la parte externa de la plataforma marina. Por lo tanto, la situación paleogeográfica de Vallecillo difiere del ambiente de laguna costera definido para yacimientos de calizas litográficas tales como Solnhofen en Alemania (Barthel, 1978), Montesech en España (Schairer y Janike, 1970; Hemleben y Swinburne, 1991) Gürük, Turquía (Hemleben y Swinburne, 1991), y las canteras de Tlayúa, México (Applegate, 1987, Pantoja Alor, 1992; Espinosa Arrubarrena y Applegate, 1996). Estas localidades presentan características de ambientes lagunares tales como presencia de secuencias evaporíticas y/o sedimentos conglomeráticos, presencia de fauna arrecifal y/o presencia de fauna terrestre tales como reptiles lacertilios, insectos, etc. Estas características están ausentes en los sedimentos de Vallecillo. Sin embargo, existen también otros yacimientos con calizas litográficas que muestran algunas similitudes con las facies expuestas en Vallecillo. Por ejemplo, los depósitos del Haql y Hjoula en Líbano, fueron depositados bajo un ambiente pelágico (Hemleben, 1977). En este sitio, la naturaleza de los sedimentos (laminación fina, micrita calcárea) y el aspecto pelágico de la fauna sugieren una depositación en una cuenca aislada, bajo condiciones de estancamiento.

En Vallecillo, la depositación estuvo regida por un patrón de sedimentación lenta en un ambiente de baja energía. Esto es indicado por el grano fino de los sedimentos y por la ausencia de gradación y estructuras de turbidez que suelen ser indicadores de corrientes o de eventos tales como tormentas. Igualmente, la presencia de laminación a escala milimétrica y el alto grado de compactación de las margas refleja condiciones de baja energía (Brett y Speyer, 1990; Seilacher, 1990; Hemleben y Swinburne 1991).

Los sedimentos de Vallecillo muestran un alto contenido de goethita, que se formó como consecuencia de procesos de oxidación postdiagenética de pirita en una cuenca anóxica. La pirita sedimentaria o sus productos de oxidación son encontrados frecuentemente como componentes menores en sedimentos anóxicos de grano fino (Allison, *et al.* 1990; Sageman *et al.* 1991).

De acuerdo a lo anterior, y de acuerdo a algunos datos faunísticos es posible sugerir el establecimiento de:

1. Una zona anaeróbica (menos de 0.1mL de oxígeno/

- litro de agua), que se encuentra limitada probablemente en la interfase sedimento-columna de agua o bien, pocos centímetros por debajo de este límite. Se caracteriza por la ausencia de fauna bentónica y bioturbadores, y por la presencia de sedimentos laminados (Oschmann, 1991; Bromley, 1996). En Vallecillo, esta zona esta representada por margas laminadas, las cuales carecen de fauna bentónica bioturbadora del sedimento. Además, la presencia de láminas milimétricas de goethita sugiere la formación de sulfuros de hierro (pirita) en el ambiente de depósito.
2. Una zona aeróbica (valores superiores a 1.0mL/L) establecida en la columna de agua y posiblemente en la superficie del sedimento anóxico (Savrda *et al.* 1991). Esta zona es inferida por la presencia relativamente abundante de fauna que exhibe evidencias de actividad necrófaga. La ausencia de bentos sugiere que la actividad necrófaga pudo ser llevada a cabo por fauna nadadora (probablemente peces), la cual pudo haber habitado en los primeros metros de la columna de agua.

CONCLUSIONES

Debido a la excelente calidad de la preservación, la localidad de Vallecillo, N.L. es considerada como un nuevo yacimiento de conservación o "*Konservat-Lagerstätte*" en México. La fauna fue rescatada de margas micríticas de edad turoniana, depositadas en un ambiente pelágico y de baja energía, a diferencia de otras localidades de ambiente lagunar, tales como la cantera de Tlayúa (México) y Solnhofen (Alemania).

Algunos grupos presentes en Vallecillo muestran similitudes con fauna reportada en otras localidades tales como Haqel y Houla (Líbano), Nagrev (Israel), Lawrence, Kansas y varias localidades de Texas (U.S.A) entre otros. Estos datos extienden la distribución geográfica de algunos pycnodontes de la familia Nursallidae y dercétidos hasta México.

Por último, respecto a la tafonomía, se puede resumir en los siguientes eventos:

1. Formación de condiciones de estancamiento (causa desconocida) en la rampa, seguido a la depositación de micrita calcárea, la cual dio origen a las margas fosilíferas. El estancamiento en la cuenca de Vallecillo produjo el establecimiento de una zona deficiente en oxígeno dentro del sedimento, lo que inhibió el desarrollo de fauna bentónica y de bioturbadores del sedimento.
2. Sincrónicamente a la depositación ocurre la muerte (no masiva) de organismos neotónicos (peces, tortugas y ammonites) los cuales pudieron permanecer flotando algunos días e incluso ser transportados por deriva necroplancónica hasta el lugar de enterramiento, sufriendo procesos de descomposición aeróbica. También ocurre la muerte *in situ* de organismos

bentónicos (inocerámidos).

3. Reducción de la tasa de descomposición por el ingreso de los cadáveres a un sedimento deficiente en oxígeno. Es posible que previo al enterramiento, algunos cadáveres sufrieron desarticulación y descomposición a través de acción necrófaga.
4. Tras el enterramiento comienza la mineralización del material fósil, iniciándose la preservación de partes blandas y esqueletos.
5. Ocurre la compactación del sedimento debido a los procesos diagenéticos, causando el aplanamiento de los especímenes de Vallecillo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero concedido por la Fundación Volkswagen de Alemania (proyecto No. I/72888) y por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) (proyectos 056CR14100 y 05614100). Así mismo a la Universidad Autónoma de Nuevo León (Proyecto Paicyt No. CT037-98). Alberto Blanco agradece el apoyo recibido por el Deutscher Akademischer Auslandsdienst (beca No. A/98/14172). El primer autor agradece a Wolfgang Munk, del Museo de Historia Natural de Karlsruhe, al Dr. Lionel Cavin, del Museo de los Dinosaurios, Esperanza, Francia, a la Profra. Gloria Arratia del Museo von Humboldt de Berlin y al Dr. Alexander Mudroch del Instituto de Geología y Paleontología de la Universidad de Hannover por sus valiosas discusiones durante la identificación preliminar de la fauna fósil de Vallecillo. Alberto Blanco también desea agradecer al Dr. Sixto Fernández López del Instituto de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid por sus comentarios en cuanto al desarrollo del capítulo de tafonomía durante esta investigación. También se agradece la colaboración de Stephan Unrein de la Universidad de Karlsruhe en la preparación del material paleontológico usado en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agassiz, J.L.R., 1843, (1833-1844) Recherches sur les Poissons fossiles: Neuchâtel, Suiza, Ed. Neuchâtel and Soleure. 5 volumes, 1420p.
- Allison, P.A., 1988a, The role of anoxia in the decay and mineralization of proteinaceous macro-fossils: *Paleobiology*, 14(2), 139-154.
- Allison, P.A., 1988b, *Konservat-Lagerstätten*—cause and classification: *Paleobiology*, 14(4), 331-344.
- Allison, P.A., Lucas J., Révôt L., Tucker M.E., 1990, Diagenesis, in Briggs, D. E.G., Crowther, P. R. (eds.), *Palaeobiology (A Synthesis)*: Oxford, Blackwell Scientific Publications, 247-257.
- Applegate, S.P., 1987, A preliminary study of Tlayúa quarry near Tepexi de Rodríguez, Puebla: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 1, 40-45.
- Arambourg, C., 1943, Note préliminaire sur quelques poissons fossiles nouveaux: *Société Géologique de France, Bulletin*, 5(8),

- 281-288.
- Barthel, K.W., 1978, Solnhofen. Ein Blick in der Erdgeschichte: Basel, Ott Verlag Thun.
- Bardack, D., Sprinkle, G., 1969, Morphology and relationships of saurocephalid fishes: *Fieldiana Geology*, 16(12), 297-340.
- Bishop, B.A., 1970, Stratigraphy of Sierra de Picachos and vicinity, Nuevo León. México: The American Association of Petroleum Geologists, *Bulletin*, 54(7), 1,245-1,270.
- Brett, C.E., Speyer, S.E., 1990, Taphofacies, in Briggs, D.E.G., Crowther, P. R. (eds.), *Palaeobiology (A Synthesis)*, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 258-263.
- Bromley, R.G., 1996, *Trace Fossils: 2nd ed.*, Oxford, Chapman and Hall, 361 p.
- Caron, M., 1985, Cretaceous planktic foraminifera, in Bolli, H.M., Saunders J.B., Pearch-Nielsen, K. (eds.), *Plankton Stratigraphy*: Cambridge, Cambridge University Press, 17-86.
- Cope, E.D., 1872, On the families of fishes of the Cretaceous formations in Kansas: *Proceedings of the American Philosophical Society*, 12, 327-357.
- Espinosa-Arribarrena, L., Applegate, S. P., 1996, A paleogeological model of the vertebrate bearing beds in the Tlayúa Quarries, near Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico, in Arratia, G., Viohl, G. (eds.), *Mesozoic Fishes*: München, Friedrich Pfeil, p. 539-550.
- Forey, P.L., 1977, The osteology of *Notolepis* Woodward, *Rhacolepis* Agassiz and *Pachyrhizodus* Dixon (Pisces: Teleostei): *The Bulletin of the British Museum of Natural History*, 28(2), 125-204.
- Hemleben, C., 1977, Rote tiden und die Oberkretazischen Plattenkalke im Libanon: *Neue Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 4, 239-255.
- Hemleben, C., Swinburne N.H.M., 1991, Cyclical Deposition of the Plattenkalk Facies, in Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*: Berlin, Springer Verlag, 572-591.
- Lehman, J.P., 1966, Actinopterygii, in Piveteau, J. (eds), *Traité de Paléontologie*: Paris, Ed. Mason et Cie, Tome 4, 3, 1-242.
- Martill, D.M., 1987, A Taphonomic and diagenetic case study of a partially articulated Ichthyosaur: *Paleontology*, 30, 543-555.
- Nelson, J.S., 1994, *Fishes of the World*: 3rd. ed., New York, John Wiley and Sons.
- Nederbragt, A., 1990, Late Cretaceous Biostratigraphy and development of Heterohelicidae (Planktic foraminifera), in *Biostratigraphy and paleoceanographic potential of the Cretaceous planktonic Foraminifera Heterohelicidae*: Amsterdam, Vrije Universiteit te Amsterdam, p. 61-125.
- Oschmann, W., 1991, Anaerobic-Poikiloaerobic-Aerobic: a new facies zonation, in Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*: Berlin, Springer Verlag, 565-571.
- Pantoja-Alor, J., 1992, Geología y paleoambiente de la cantera Tlayúa, Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla: Universidad Nacional Autónoma de México, *Instituto de Geología, Revista*, 9(2), 156-169.
- Rosen, D.R., 1973, Interrelationships of higher eutelostean fishes, in Greenwood, P.H., Miles, R. S., Patterson, C. (eds), *Interrelations of fishes*: London, *Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 53, Supplement 1, 1-536.
- Sageman, B.B., Wignall P.B., Kauffman E.G., 1991, Biofacies models for oxygen-deficient facies in epicontinental seas; tool for paleoenvironmental analysis, in Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.), *Cycles and events in stratigraphy*: Berlin, Springer-Verlag, 542 - 564.
- Savrda, C.E., Bottjer D.J., Seilacher A., 1991, Redox-related benthic events, in Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (eds.), *Cycles and events in stratigraphy*: Berlin, Springer-Verlag, 525-541.
- Schairer, G., Janicke, V., 1970, *Sedimentologisch-paläontologische Untersuchungen an den Plattenkalke der Sierra der Montesech (Prov. Lérida, NE Spanien)*: *Neue Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 135 (2), 171-189p.
- Seilacher, A., 1990, Taphonomy of fossil-Lagerstätten (an overview), in Briggs, D.E.G., Crowther P.R. (eds.), *Palaeobiology (A Synthesis)*: Oxford, Blackwell Scientific Publications, 226-270.
- Sohl, N.P., Martínez, E. Salmerón-Urena, P., Soto-Jaramillo, F., 1991, Upper Cretaceous, in Salvador, A. (ed.), *The Gulf of Mexico Basin*: Boulder, Geological Society of America, *The Geology of North America*, v. J., 205-544.
- Wright, C.W., Calloman, J. H., Howarth, M.K., 1998, *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part L. Mollusca 4. vol. 4 Cretaceous Ammonoidea*: Boulder, Co., Geological Society of America, The University of Kansas, p 362.

Manuscrito recibido: Febrero 2, 2000.

Manuscrito corregido recibido: Octubre 2, 2000.

Manuscrito aceptado: Septiembre 12, 2001.