

23

**DISCUSIÓN DE LOS DATOS
PALEOBIOGEOGRÁFICOS**

279

DISCUSIÓN DE LOS DATOS PALEOBIOGEOGRÁFICOS

De acuerdo al grado de conocimiento actual, la fauna de Vallecillo puede ser agrupada en doce taxas de diferentes niveles taxonómicos. Cuatro grupos fueron determinados a nivel específico y dos de ellos representan dos nuevas especies y un nuevo género (*Ptychodus mortoni*, *Nursallia gutturosum*, *Ichthyodectoidei* nov gen. nov sp., *Goulmimichthys* nov. sp.). Desafortunadamente, el número de individuos por taxa es desconocido aún. Un factor que limita un análisis paleobiogeográfico más completo es el desconocimiento de la edad precisa de los sedimentos en donde cada grupo ha sido rescatado. Hasta el momento, la edad del yacimiento no ha sido estimada con precisión, siendo la edad asignada como Turoniano Inferior a Medio con base a amonites (BLANCO & CAVIN, 2003).

Además de nuevas especies descritas, la asociación faunística de Vallecillo es notable por la presencia de géneros, los cuales no habían sido reportados en otras localidades de Norte América. La presencia de esas taxas arroja nueva información relacionada a su respectiva distribución geográfica y estratigráfica.

Ptychodus mortoni es conocido desde el Senoniano en varias localidades de Norte América. Hasta ahora, en esta parte del mundo no se conocen registros de esta especie en sedimentos del Turoniano (STEWART, com. pers.). De acuerdo a WELTON & FARISH (1993), en Norte América, *P. mortoni* tiene su primera aparición en el Coniaciano de Texas y del Mar Interior del Oeste. Así, la presencia de esta especie en los sedimentos turonianos de Vallecillo es una evidencia importante que permite conformar la existencia de esta especie en sedimentos más antiguos a los del Coniaciano en el Proto-Atlántico occidental.

Hasta ahora, los géneros *Nursallia*, *Goulmimichthys* y *Araripichthys* han sido reportados en varias localidades de Sudamérica y el Tethys oriental mientras que en Norte América estas especies permanecen desconocidas (BLANCO ET AL., 2002). FIELITZ (1996) discute las diferencias latitudinales de temperatura y profundidad del agua como una explicación al patrón de distribución norte-sur de algunos grupos de peces a través del Mar Interior del Oeste.

Aunque hasta ahora, no es posible confirmar si estos factores son determinantes en la ocurrencia de estos tres géneros en diferentes localidades de Norte América, algunos aspectos pueden ser discutidos.

1. Temperatura: la temperatura no parece ser un factor importante en la distribución geográfica de algunos peces durante el Turoniano. De acuerdo a MARINCOVICH (1990) y FIELITZ (1996) las diferencias latitudinales de temperatura en el Mar Interior del Oeste durante el Turoniano, son menos extremas que en el Atlántico Norte y Medio de la actualidad. Por otra parte, la presencia de algunos géneros como *Ptychodus* y *Enchodus* en Canadá y Texas y *P. mortoni* en Vallecillo, sugieren temperaturas posiblemente uniformes o casi uniformes a través del mar Interior del Oeste durante el Turoniano (FIELITZ, 1996).

2. Profundidad: la profundidad del agua podría limitar la distribución de algunos grupos tales como *Nursallia* y posiblemente *Araripichthys*. Hasta ahora, se conoce que la mayoría de los picnodontes fueron habitantes de aguas someras frecuentemente asociadas con arrecifes y barreras (KRIWET, 2000). Sin embargo, en algunas localidades de Texas, Colorado y Wyoming, las cuales representan sedimentos de aguas someras y asociados con algunas bioformaciones, *Nursallia* no ha sido reportada. En cambio en Vallecillo, donde los sedimentos no parecen estar asociados con ningún tipo de arrecife o bioformación que actuaran de barrera, el género *Nursallia* está presente. De acuerdo a esta información, la postura más acertada es considerar los factores que limitan la distribución de este género en los dominios del Tethys y del Mar Interior del Oeste abiertos a discusión.

Diversos géneros de Ichthyodectoidei (*Xhipactinus*, *Ichthyodectes*, *Saurodon*, *Saurocephalus*) son comunes en Norte América y algunas localidades de Europa, mientras que en Vallecillo estos no han sido reportados hasta la fecha. Más que un factor geográfico o ambiental, la ausencia de estos grupos en Vallecillo podría ser el resultado de una colecta selectiva del material durante el rescate. La misma hipótesis podría ser empleada para otros géneros como *Enchodus*, *Pachyrhizodus*, etc, los cuales son comunes en el dominio del Mar Interior y otras localidades en el mundo, pero ausentes en Vallecillo. Así, una excavación detallada es requerida para poder realizar un análisis más completo sobre la presencia y ausencia de algunos géneros comunes en el Turoniano en los sedimentos de Vallecillo.

En general, el Turoniano temprano fue un tiempo de máxima transgresión en el Mar Interior del Oeste de EE.UU. y antiguo Golfo de México (WILSON & CHALIFA, 1989). Aunque una correlación directa entre las capas de Vallecillo y eventos eustáticos durante el Turoniano Inferior-Medio no pueden ser directamente correlacionados, la presencia en Vallecillo de algunas faunas tales como *Tselfatia formosa*, *Rhynchodercetis*, *Ptychodus mortoni* y tiburones del orden Lamniformes, también reportadas en diferentes localidades turonianas del Tethys Oriental y el Mar Interior del Oeste (Fig. 23.1), sugiere que en Vallecillo existió un intercambio entre faunas de estas dos regiones. Por último, la ausencia de ciertos grupos en el Mar Interior del Oeste, pero comunes en Vallecillo y en otras localidades del Tethys Oriental quedan aún abiertas a debate.

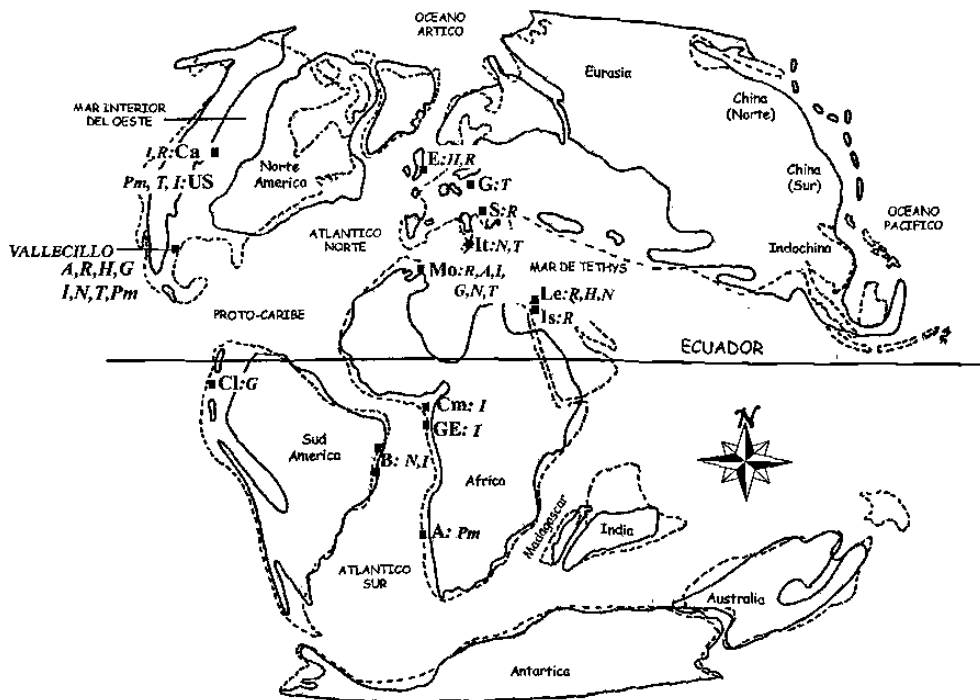


Fig. 23.1. Distribución geográfica de los principales grupos de peces reportados en Vallecillo durante el Turoniano, Cretácico Tardío (Mapa modificado de SMITH ET AL., 1994; SIVERSON, 1996). Escala 1: 250, 000,000.

Localidades: An=Angola, B=Brasil, Ca=Canadá, Cl=Colombia, Cm=Camerún, E=Inglaterra, G=Alemania, GE=Guinea Ecuatorial, Is=Israel, It=Italia, Le=Líbano, Mo=Marruecos, S=Eslovenia, US=Estados Unidos de América, V=Vallecillo, México.

Peces: A=*Araripichthys*, G=*Goulimimichthys*, H=*Halecoidei*, I=*Ichthyodectoidei*, N=*Nursallia*, Pm=*Ptychodus mortoni*, R=*Rhynchodercetis*

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Hasta ahora, el conocimiento sobre peces del Cretácico de Norte América permanece incompleto y sólo pocos estudios sobre la peleobiogeografía del mar Interior del Oeste y el Mar de Tethys son conocidos (FIELITZ, 1996). En años recientes, nuevas descripciones permiten reinterpretar la distribución temporal y geográfica de peces durante el Cretácico. Así, algunos géneros o familias que hace veinte años eran considerados restringidas a una región en particular (e.g. *Tselfatia formosa*, ver BARDACK & TELLER-MARSHALL, 1980), ahora son conocidos de otras localidades a diferentes latitudes y ambientes de depósito (e.g. *T. formosa*, ver MAISCH & LEHMAN, 2000) o son simplemente considerados como grupos cosmopolitas. MAISEY & MOODY (2001) realizaron un completo pero prematuro modelo paleogeográfico (basado sólo en tres especímenes), para explicar la distribución de *Araripichthys*; ellos sugieren que durante el Aptiano al Turoniano este género estaba restringido sólo a la región sur del Tethys. La presencia de *Araripichthys* en el Proto-Atlántico occidental (Vallecillo) representa sólo una pero nueva evidencia para realizar interpretaciones posteriores; sin embargo, no proporciona suficientes datos para una conclusión definitiva. El mismo enfoque puede ser utilizado para otros géneros presentes en Vallecillo tales como *Nursallia* y *Goulmimichthys*.

En adición, la mayoría de los artículos y tratados sobre paleogeografía de los últimos veinte años tienen su origen en Europa, EE.UU. y Canadá, donde la investigación paleontológica fue más intensa que en países menos industrializados tales como aquellos de Africa y Sudamérica; como resultado, se obtiene un registro fósil incompleto. Finalmente, la carencia de revisiones taxonómicas completas de peces del Cretácico produce a menudo confusión en la validez de las determinaciones de ciertos grupos, complicando la precisión de los análisis.

En Vallecillo, se requiere una excavación más que exhaustiva que permita tener la mayor cantidad de datos sobre la frecuencia de cada taxón y así poder realizar una comparación estadística entre Vallecillo y otras localidades tetianas y del Mar Interior. Se propone además, una datación precisa de la o las asociaciones presentes en la localidad, que permita relacionar los patrones de distribución de los diferentes géneros encontrados en Vallecillo con posibles variaciones eustáticas durante el Turoniano.

QUINTA PARTE

TAFONOMÍA

24

**DEFINICIÓN Y MECANISMOS
DE ALTERACIÓN TAFONÓNICA**

TAFONOMÍA

El término Tafonomía en su sentido estricto significa “leyes del enterramiento” (EFREMOV, 1940); pero en un sentido más extenso, este concepto se refiere a la rama de la paleontología que se ocupa del estudio de la transición de los restos orgánicos desde la biósfera hasta la litósfera (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1981, 1991a,b, 1999). Esta ciencia trata de explicar cómo el registro fósil ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado a lo largo de su fosilización (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1987, 1991a,b). En los últimos años, diferentes autores han intentado establecer nuevas subdivisiones de esta rama. SHIPMAN (1981) define a los procesos que intervienen en la transformación del registro fósil como Paleotafonomía, mientras que Neotafonomía es referida al conjunto de procesos que intervienen en el enterramiento de testigos arqueológicos y de comunidades biológicas presentes. Aunque ambos conceptos son distintos en definición y encierran procesos diferentes, la mayoría de los autores mantienen el uso del término Tafonomía como sinónimo de Paleotafonomía (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000).

En la actualidad, la mayoría de los especialistas distinguen dos subsistemas dentro de la Tafonomía: La Bioestratinomía y la Fosildiagénesis. El primero se encarga de los procesos experimentados por un organismo después de su muerte y antes del enterramiento (LAWRENCE, 1979), y el segundo estudia los procesos (e.g. fosildiagénéticos) que ocurren después del enterramiento de los restos y señales biogénicos (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1981, 1999).

En el presente capítulo se abordan de manera descriptiva y general los principales mecanismos de alteración tafonómica (tanto bioestratinómicos como fosildiagénéticos) que intervinieron en la preservación de los fósiles en Vallecillo, sin tratar de profundizar en los diferentes procesos y agentes que influyen en las diferentes fases de desarrollo de cada mecanismo. Posteriormente, se discute, con base a estos mecanismos y a los datos de la litología, el ambiente diagenético bajo el cual estos procesos pudieron llevarse a cabo.

TIPOS DE ESTRUCTURAS

Estructuras volátiles

El término volátil se aplica a aquellas estructuras que ofrecen menos resistencia a la descomposición orgánica y son más susceptibles a la destrucción por los agentes que intervienen en las primeras fases de alteración tafonómica. Ejemplos de estructuras volátiles son la piel, músculos, tendones, vísceras, sifones (en amonites), etc.

En los especímenes de Vallecillo las estructuras volátiles preservadas están representadas por vísceras (ciegos intestinales) en peces y por los sifones en los amonites. La causa de la preservación de tales estructuras será tratada en el apartado correspondiente a mecanismos de alteración tafonómica.

Estructuras refractarias

Este concepto se refiere a todas aquellas estructuras que ofrecen mayor resistencia a la descomposición orgánica (ALLISON, 1988a). Entre ellas se incluyen esqueletos de vertebrados, dientes, estructuras compuestas por carbonato de calcio, sílice, quitina, queratina, espongina, celulosa, conquiolina, etc. Las escamas también son consideradas como partes refractarias ya que contienen sustancias proteínicas como la ganoidina en el caso de escamas ganoideas (teleósteos) y vitreodentina en el caso de dentículos dérmicos (tiburones), que las hacen más estables durante la descomposición orgánica (ROMER, 1966; ROMER & PARSONS, 1986; ALLISON, 1988b; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1999).

En Vallecillo las partes refractarias tuvieron diferente preservación debido a la distinta composición química presentada por cada una de ellas. Mientras las conchas de los invertebrados fueron recristalizadas o totalmente disueltas (Fig. 24.1), los esqueletos de vertebrados sólo muestran sustitución por carbonato de calcio (Fig. 24.2). Más detalles sobre la preservación de estas estructuras serán tratados en el apartado referente a los mecanismos de alteración tafonómica.



Fig. 24.1. Concha parcialmente disuelta de *Inoceramus* sp. Escala ilustrada en la fotografía.

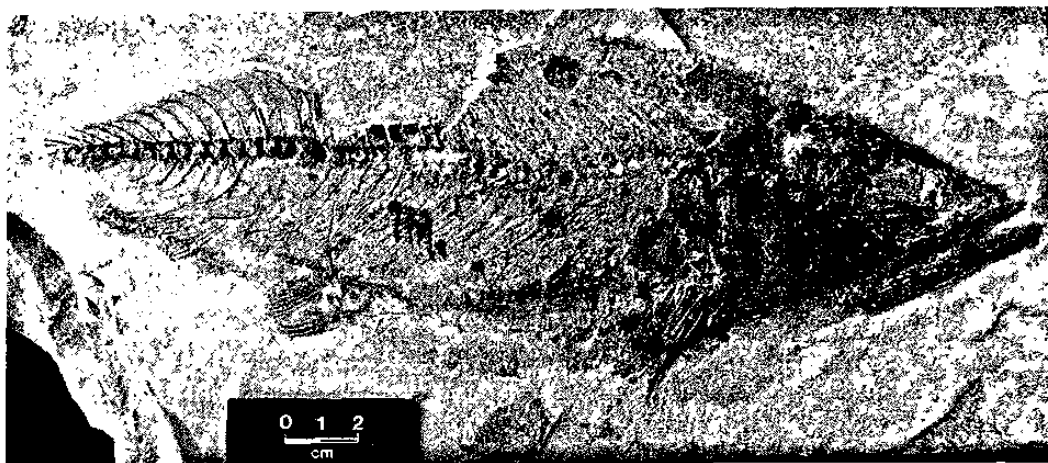


Fig. 24.2. Pez teleósteo del género *Goulimichthys* con estructuras óseas totalmente reemplazadas por CaCO_3 . Escala ilustrada en la fotografía.

MECANISMOS DE ALTERACIÓN TAFONÓMICA

Se describen de manera general los diferentes procesos de alteración tafonómica que intervinieron en la preservación de los ejemplares de Vallecillo.

Biodegradación y preservación

La biodegradación se refiere a los procesos de descomposición de sustancias orgánicas por la acción de organismos vivos y puede llevarse a cabo tanto de forma aerobia, anaerobia o de manera alterna. Antes del enterramiento, las porciones internas (como vísceras) experimentan una descomposición anaerobia mientras que las partes externas pueden (de acuerdo a la concentración de oxígeno presente en el ambiente), presentar biodegradación anaerobia o aerobia.

Los ejemplares de Vallecillo consisten en su mayor parte de organismos relativamente bien articulados pero con escasa preservación de partes blandas y escamas (Fig. 24.3). Aunque un alto grado de desarticulación es observado en algunos especímenes (ver apartado de desarticulación de este capítulo), al igual que los ejemplares articulados, tienen escasa o nula preservación de partes blandas. De acuerdo a este tipo de preservación, y de acuerdo a los datos obtenidos en la litología, dos eventos pueden ser deducidos: 1. La descomposición de las partes blandas de los ejemplares de Vallecillo fue llevada a cabo antes del enterramiento final y 2. La descomposición de estas partes ocurrió bajo condiciones normales a relativamente bajas concentraciones de oxígeno, pero no bajo anoxia total.

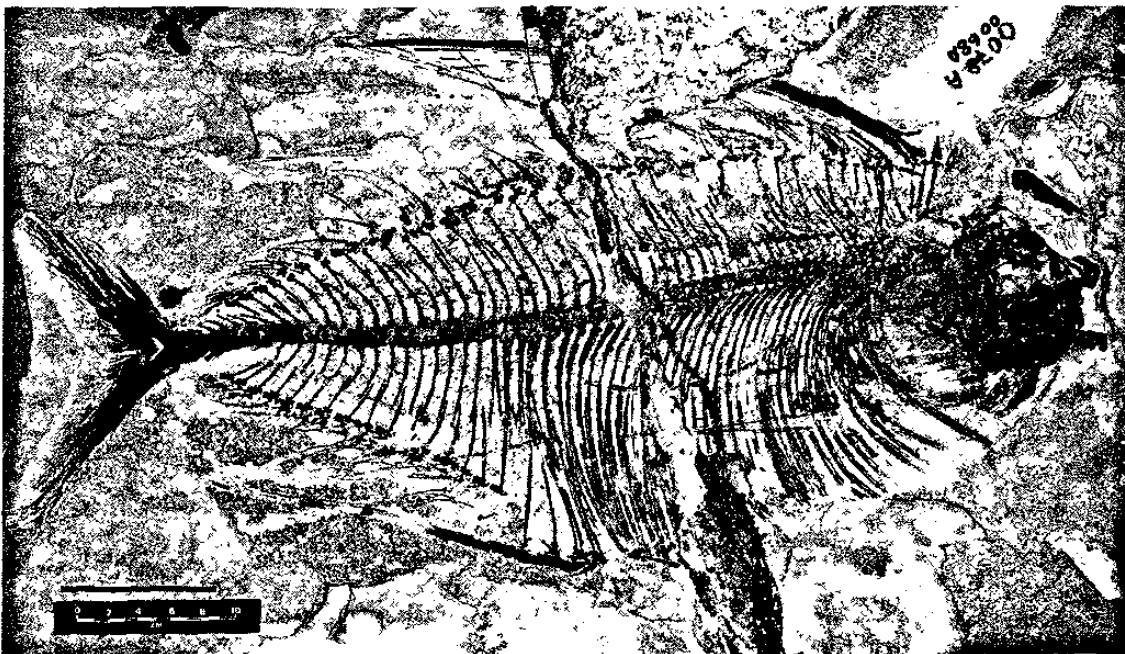


Fig. 24.3. Pez de la familia Tselfatiidae completamente articulado. Barra de escala = 100 mm..

En cuanto al punto 1, se ha demostrado que la mineralización tras el enterramiento rápido de los cadáveres es el factor determinante para la preservación excepcional de partes blandas en vertebrados (MARTILL, 1987, 1990a,b, 1993a, 1997; FREY & MARTILL, 1998; MARTILL & UNWIN, 1997) y no la anoxia, como lo señala SEILACHER, (1970); SEILACHER (1985), la cual simplemente es un factor que ayuda a reducir la tasa de biodegradación, pero sin detenerla totalmente. Después de la muerte del organismo, comienzan los procesos de descomposición orgánica que afectan tanto a partes volátiles (en mayor grado) como a refractarias (en menor grado). Si la mineralización (tras el enterramiento) ocurre antes de que exista un grado considerable de descomposición, se tendrá como resultado la excelente preservación de partes blandas y esqueletos, en el caso contrario, la mayoría de las partes volátiles se perderán conservándose únicamente las estructuras refractarias (ALLISON, 1988b).

En cuanto al punto 2, aunque las condiciones de anoxia total no detienen totalmente la biodegradación, es un factor que ayuda a reducirla permitiendo la preservación parcial de partes blandas antes de su ingreso al sedimento, donde serán mineralizadas y preservadas. Por lo tanto, la ausencia de partes blandas representa una prueba directa que permite afirmar que la mayor parte de los especímenes de Vallecillo fueron biodegradados bajo condiciones aeróbicas.

Generalmente la presencia de esqueletos bien articulados suele ser interpretada como indicador de rápido enterramiento (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000). Sin embargo, es posible que en Vallecillo esta condición sea el reflejo de condiciones de baja energía en el fondo oceánico y la ausencia de bioturbadores más que a un rápido enterramiento.

Por otra parte, es posible que algunos ejemplares hayan sido biodegradados bajo condiciones relativamente anómalas de oxígeno. Algunos teleósteos no determinados presentan escamas "in situ" al igual que parches de tegumento. Este fenómeno podría sugerir que la concentración de oxígeno en la columna de agua no fue lo suficientemente baja para reducir eficientemente la biodegradación, pero tampoco lo suficientemente alta para permitir la descomposición total de las estructuras volátiles. Por lo tanto, pudo haber existido una zona disóxica en algunas capas del perfil de Vallecillo.

Una vez en el sedimento, tiene lugar la biodegradación anaeróbica de los ejemplares y comienza la mineralización y demás procesos fosildiagenéticos que participan en la preservación de las estructuras refractarias y las pocas volátiles preservadas.

Relleno sedimentario

Las cavidades de elementos conservados pueden ser rellenadas por partículas sedimentarias antes o después del enterramiento definitivo (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000). Este mecanismo puede ser provocado por corrientes hidráulicas aspiradas o por la influencia de fuerzas tractivas independientes al objeto relleno, como por ejemplo, gravedad, bioturbación, etc.

En Vallecillo, los amonites presentan sedimento encajonante (margas) infiltrado que rellenan la concha parcialmente. Este relleno expone algunas características de periostraco como costillas y/o tubérculos (Fig. 24.4). Es posible que en Vallecillo el relleno del material sea el resultado de una combinación de factores tales como el aplanamiento del material debido a carga listostática, y formación de huecos como consecuencia de la pérdida de partes blandas durante la descomposición orgánica y la fosildiagénesis (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1999), todo esto antes de la disolución total de la concha. La posible secuencia de estos procesos es ilustrada en la figura 24.5.

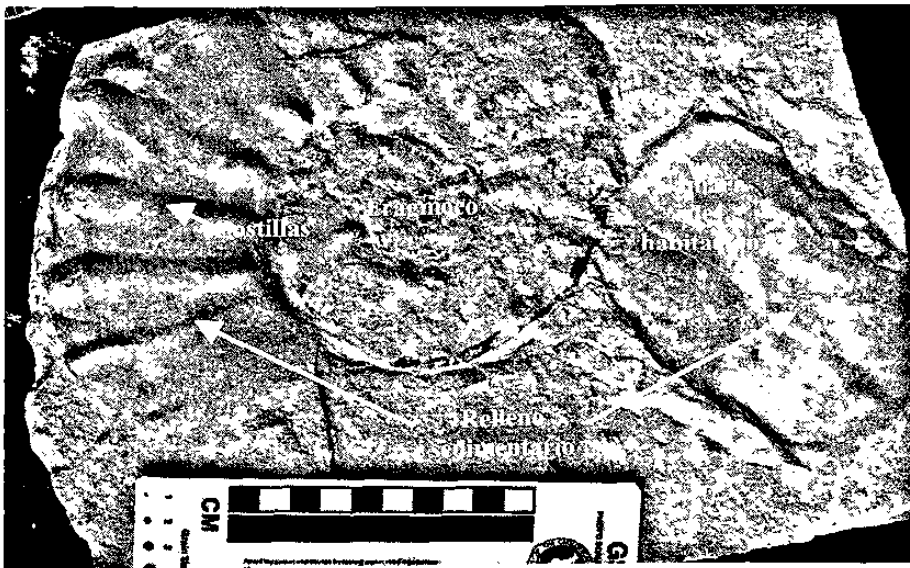
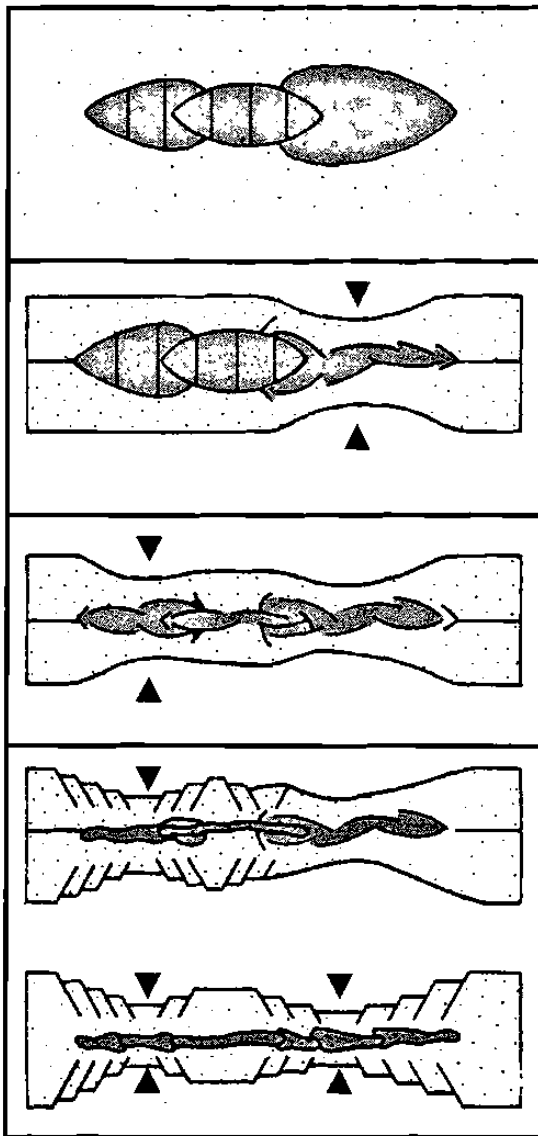


Fig. 24.4. Concha de amonite parcialmente rellena. Escala ilustrada en la fotografía.



Cámara de habitación (si está preservada) sin partes blandas. Concha desarticulada de sus apticos y sin periostraco. Fragmacono con relleno sedimentario parcial debido a corrientes aspiradas (locales) o a la acción de la gravedad.

Primera fase de compactación donde la cámara de habitación es parcialmente aplanada debido a la carga litostática del sedimento encajonante. Durante este proceso comienza la disolución de la concha aragonítica.

Segunda fase. Inicia la compactación del fragmacono, continúa la disolución de la concha por acción de aguas intersticiales.

Fases finales. Continúa la compactación a través de toda la concha. Se completa la disolución de toda la concha quedando preservados sólo los moldes sedimentarios formados durante la fosildiagénesis.

Fig. 24.5. Diagrama esquemático que ilustra de forma generalizada los procesos de relleno sedimentario, disolución y aplanamiento de una concha de amonite (Modificado de BRIGGS, 1990).

Mineralización

La mineralización de los elementos conservados en una localidad puede ser causada por adición de nuevos componentes minerales (cementación) o por sustitución de los minerales existentes en ellos (neomorfismo y reemplazamiento) (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997a,b).

Cementación.

Algunos elementos refractarios de los especímenes de Vallecillo presentan cavidades macroscópicas que se rellenaron durante la diagénesis con sustancias minerales (a diferencia del relleno sedimentario introducido durante la fase bioestratinómica).

La cementación de cavidades es observada tanto en partes óseas como en dientes de peces. En ejemplares de varios grupos de peces, los huecos dejados por vértebras fueron rellenados por cristales de calcita en un proceso de precipitación química (Fig. 24.6). Algunos cristales alcanzan dimensiones de hasta 5 mm. El mismo proceso es observado en dientes de varios grupos de teleósteos, donde la cavidad de la pulpa es rellenada secundariamente por pequeños cristales de calcita (esparita), que alcanzan dimensiones de 0.5mm.

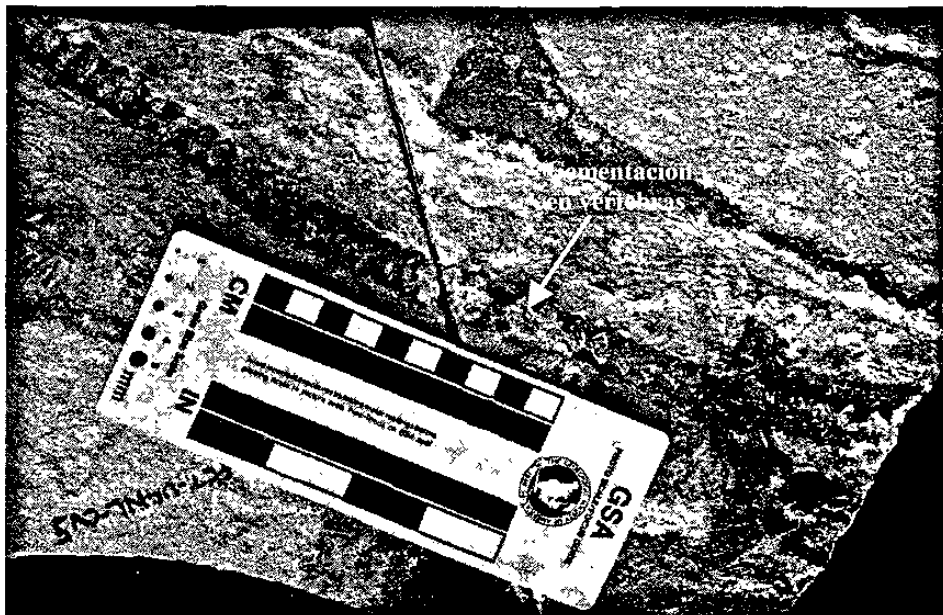


Fig. 24. 6. Vértebras de tiburón mostrando cementación por CaCO_3 . Escala ilustrada en la fotografía.

Neomorfismo

Cambios en la textura de las conchas de foraminíferos planctónicos y calciesferas han sido observados. En estos grupos la recristalización de la calcita original a esparita es evidente. Este proceso se aprecia a través de modificaciones tanto en la ornamentación original de la concha como en la pérdida de estructuras umbilicales de textura más fina, como son los pórticos y las tegillas.

Un segundo proceso de mineralización observado es la inversión mineralógica, que consiste en la sustitución de un componente mineral por otro polimorfo de la misma clase y de igual composición química, pero de diferente estructura cristalina (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997a,b; 2000). Este proceso es observado en las conchas de inocerámidos. La aragonita que originalmente estaba cubierta por el periostraco y dispuesta en formas de prismas o diminutas láminas laminadas (nácar), ha sido modificada por inversión mineralógica en cristales de calcita más estable. Por otro lado, el periostraco ha sufrido, al igual que las conchas de calciesferas y foraminíferos, procesos de neomorfismo el cual es notorio a través de cambios texturales en la concha, tales como líneas de crecimiento y otras estructuras (Fig. 24.7).

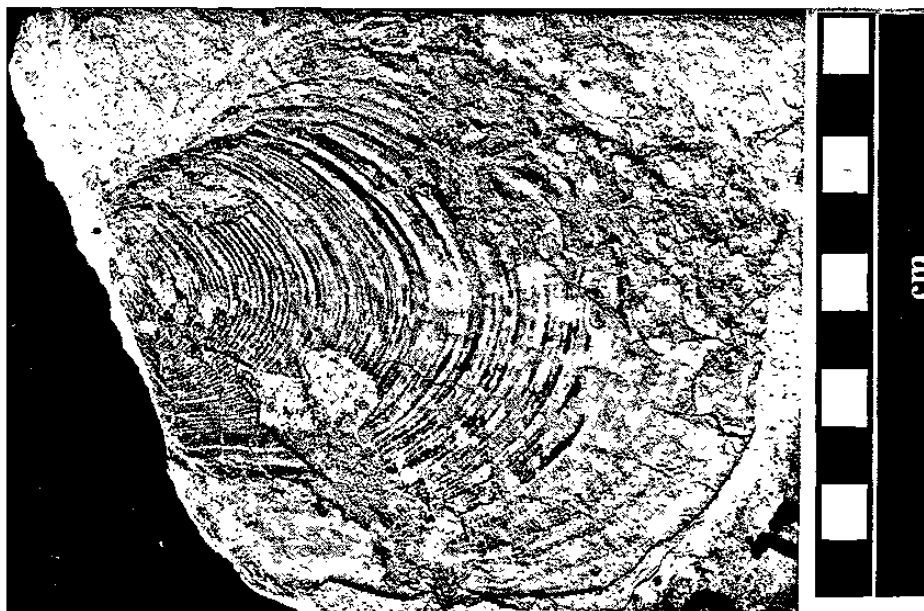


Fig. 24.7. Neomorfismo observado en una concha de *Inoceramus* sp. Escala ilustrada en la fotografía.

Reemplazamiento

El reemplazamiento consiste en la sustitución de un componente mineral por otro de distinta composición química. El fosfato de calcio de los peces ha sido sustituido totalmente por carbonato de calcio (calcita).

En los especímenes de Vallecillo, el reemplazamiento también estuvo acompañado con cambios en la porosidad y cambios en su macroestructura. Esto se aprecia a través de la pérdida de las líneas de sutura en algunos ejemplares, pérdida de ornamentación de algunos huesos dérmicos, pérdida o alteración de los canales sensoriales de algunos elementos de cráneo, detalles en estructuras externas de dientes, etc.

Las escamas de algunos especímenes de Pycnodontes e Ichthyodectiformes, al igual que los denticulos dérmicos de tiburones han sido reemplazados por calcita. Por otra parte, en ejemplares de Ichthyodectiformes, Tsselfatiformes y otros especímenes no determinados, el mineral que integra las escamas es principalmente óxido de hierro y no calcita (Fig. 24.8a y b). Esto sugiere un posible reemplazamiento del material original por pirita durante las primeras fases de la fosildiagénesis. Más datos sedimentológicos y tafonómicos son requeridos para confirmar este argumento.

La preservación de las vísceras representan un caso dudoso de reemplazamiento o incluso de cementación. En algunos ejemplares, los ciegos intestinales presentan una preservación muy similar a la de las estructuras óseas que fueron reemplazadas por calcita (Fig.24.8). Sin embargo, algo parecido puede ser obtenido tras un proceso de cementación superficial, los tejido son los que cementan el material. Algunos ciegos intestinales contienen restos de material orgánico (¿excremento?), el cual se encuentra totalmente sustituido por calcita. Más datos litológicos son requeridos para explicar ampliamente el origen de la preservación de órganos internos de la biota de Vallecillo.

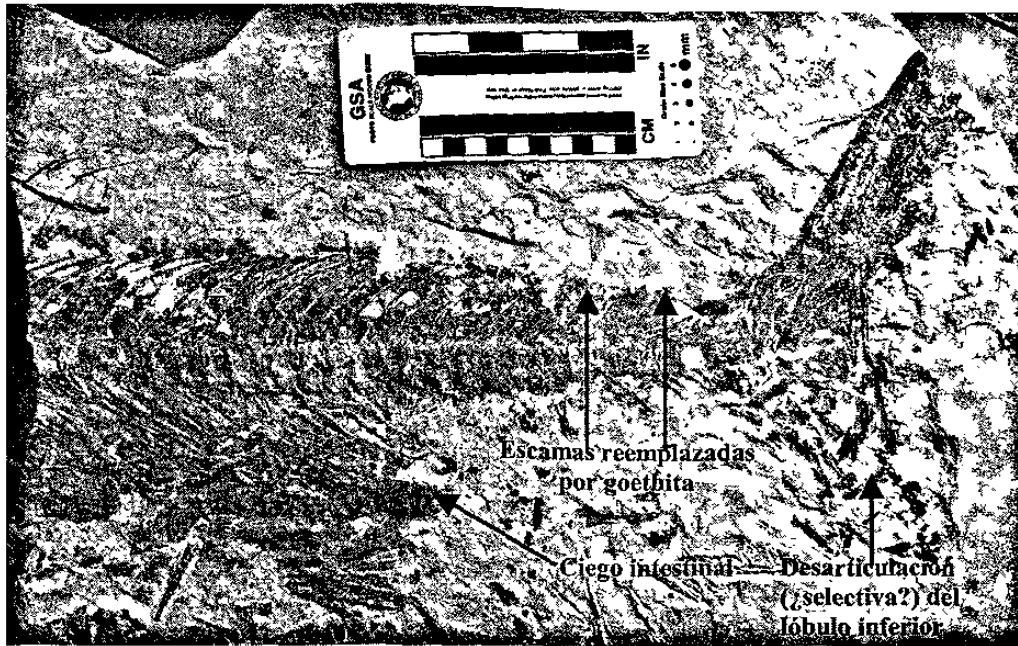
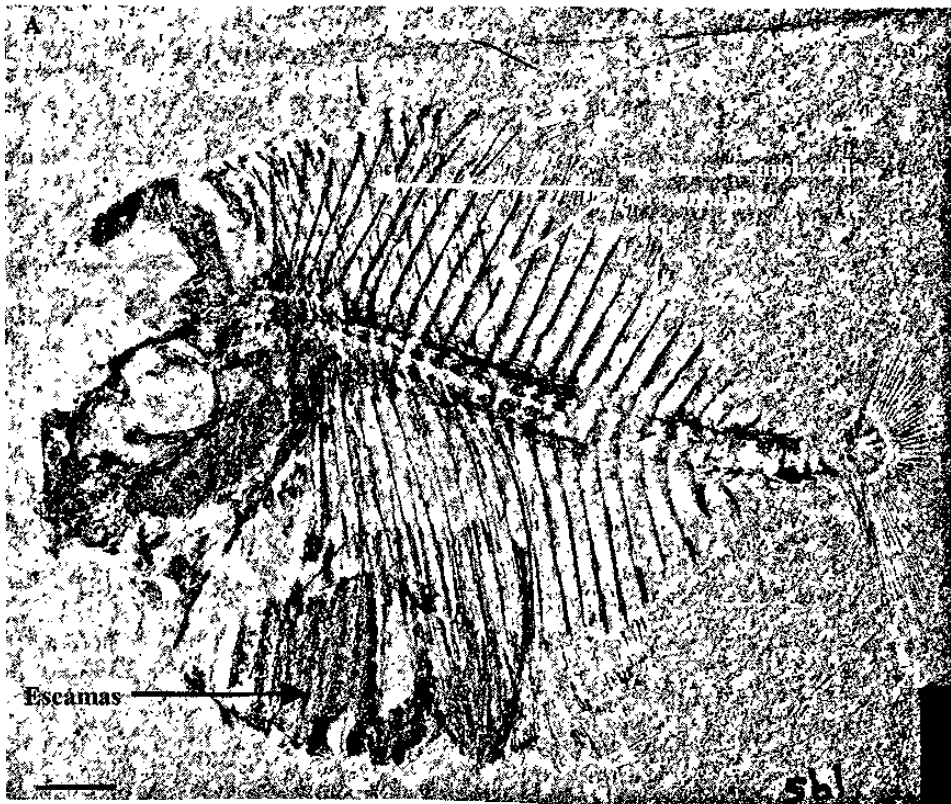


Fig. 24. 8. Peces que muestran escamas reemplazadas por diferentes minerales A) calcita, B) goethita. Este último mineral indica una sustitución postdiagenética de pirita sinsedimentaria. Barra de escala=10 mm.

Disolución y aplanamiento en invertebrados

La durabilidad que los elementos presentan frente a la disolución está relacionada con la estabilidad de sus componentes minerales. Los procesos de disolución son mejor observados en conchas de amonites (Fig. 24.9) y en algunos inocerámidos. Los primeros poseen una concha formada en su totalidad de aragonita, mientras que los inocerámidos presentan conchas con un periostraco grueso que cubre capas de aragonita dispuestas en prismas o diminutas capas laminadas que conforman el nácar (BARNES, 1990). Es posible que los gases desprendidos durante la descomposición de la materia orgánica, dan lugar a ácidos que modifican el pH de las aguas intersticiales (de forma local), reaccionando con los elementos conservados, es decir, con la aragonita (más soluble que la calcita, FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1997) de las conchas de los amonites. Al mismo tiempo, la presión provocada por la carga litostática, produce la compactación del material preservado (ver Fig. 24. 5), dando como resultado el aplanamiento característico de esta fauna (BRIGGS, 1990, WILD, 1990).



Fig. 24.9. Concha disuelta de amonite. Escala ilustrada en la fotografía.

Aplanamiento y distorsión en vertebrados

Como es característico en capas litográficas, la fauna vertebrada de Vallecillo está preservada en 2 dimensiones. Este aplanamiento obedece tanto a la presión litostática de los sedimentos sobreyacentes como a los procesos de descomposición orgánica. Estos últimos activan procesos de aplanamiento de vísceras y otras estructuras volátiles. Por ejemplo, en vertebrados, la acción de microorganismos provoca el colapso de tejidos, músculos y otras partes blandas produciendo el “adelgazamiento” en sentido lateral de la fauna conservada (Obs. pers.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, com. pers, 2000; MARTILL, com. pers. 2001). Una vez sepultados, comienzan los procesos de compactación durante la fosildiagénesis por la carga litostática y da lugar a los procesos de aplanamiento de las partes refractarias (WILD, 1991).

Durante el proceso de compactación, también debe considerarse la geometría del sedimento como factor que influye en grado de aplanamiento. Por ejemplo, en las margas de Vallecillo el “mudstone” calcáreo es poco resistente a la presión de los sedimentos suprayacentes, permitiendo el aplanamiento mecánico de la fauna.

Por otra parte, la morfología de los organismos en vida, (la mayoría de ellos aplanados lateralmente) permitió la disposición del material de forma paralela al plano de estratificación al momento de ser depositados en el fondo de la cuenca.

Desarticulación

La presencia de partes óseas fragmentadas y desarticuladas podría sugerir la existencia de corrientes en el ambiente de depósito. Sin embargo, algunos ejemplares (principalmente formas esbeltas) pudieron desarticularse mediante otro tipo de mecanismos de alteración tafonómica y no por transporte.

Los procesos de biodegradación, disolución y aplanamiento posibilitan la desconexión y separación de los componentes de un elemento tafonómico. En los restos que tienen muchos componentes esqueléticos, como vertebrados, es posible reconocer un orden preferente en la desarticulación de sus componentes (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000). Durante la descomposición orgánica, las bacterias aeróbicas liberan enzimas que comienzan a desgastar las partes óseas produciendo la desarticulación e incluso el rompimiento de partes duras como esqueletos (ALLISON, 1990; ALLEN, 1990). En los cadáveres de peces, por ejemplo, suelen desprenderse primero las escamas, la mandíbula

inferior, el cráneo se desprende de la columna vertebral, aletas y finalmente costillas y vértebras (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000). Estas etapas han sido observadas en ejemplares de algunos grupos de Vallecillo. Por ejemplo, en peces de la familia Dercetidae las escamas están ausentes e incluso algunos ejemplares presentan alto grado de desarticulación entre mandíbulas y cráneo, columna vertebral y esqueleto apendicular, etc (Fig. 24.10). Este patrón de desarticulación refleja biodegradación aerobia durante el descenso de los especímenes al sedimento a través de la columna de agua y previo a su enterramiento final.

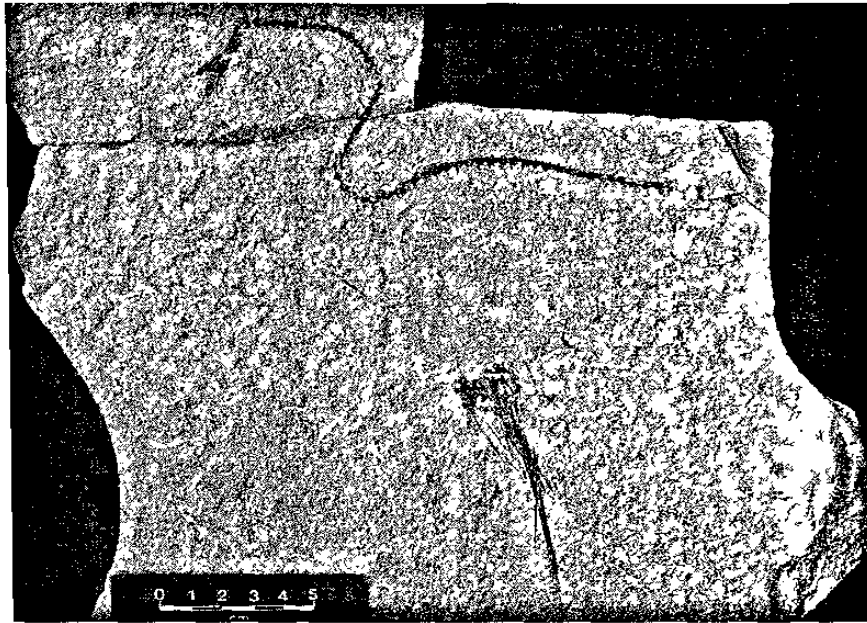


Fig. 24.10. Especimen desarticulado del género *Rhynchodercetis*. Escala ilustrada en la fotografía.

Otro factor que ocasiona desarticulación es la liberación abrupta de gases producidos en las vísceras durante la descomposición orgánica. Este proceso forma un patrón de separación característico, como por ejemplo la separación gradual de los elementos dorsales de los hemales de la columna vertebral o bien, la distribución caótica (posiblemente como producto de explosión visceral) de los elementos vertebrales cercanos a estas partes blandas. Ambos patrones son observados en ejemplares del género *Nursallia* así como en *Pycnodontes* indeterminados. En estos ejemplares, la región ventral de la columna vertebral se separan gradualmente de aquellos de la región dorsal como resultado de una fuerza expansiva durante la descomposición orgánica. Dicha expansión trajo

consigo, además de la desarticulación de vértebras, la rotación de 180° de otros elementos como espinas neurales (Fig. 24. 11).

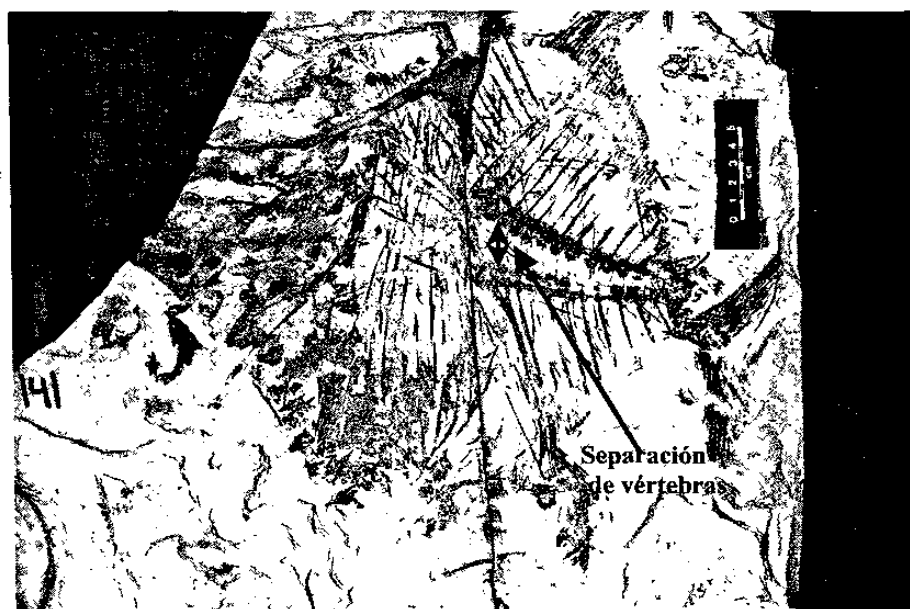


Fig. 24. 11. Pez pycnodonte no determinado que muestra diferentes grados de desarticulación. Escala ilustrada en la fotografía.

Durante la fosildiagénesis, por compresión durante la compactación del sedimento también ocurren desplazamientos relativos entre los diversos componentes esqueléticos. Por ejemplo, algunos ejemplares de la familia Pachyrhizodontidae muestra separación y desplazamiento de ambas mandíbulas inferiores, que de acuerdo a su posición en el sustrato, son el resultado de la carga litostática del sedimento (Fig. 24.12).



Fig. 24.12. Mandíbula desarticulada de un pez de la familia Pachyrhizodontidae por acción de carga litostática. Barra de escala=10 mm.

Otro factor que provoca la desarticulación en la biota de Vallecillo es la acción de necrófagos. Algunos especímenes muestran esqueletos que carecen de fragmentos de algunas partes corporales. Por ejemplo, la aleta caudal de algunos teleósteos no determinados (ver Fig. 24.8) está completamente articulada a excepción de algunas partes del lóbulo ventral de la aleta. La disposición de los rayos de la aleta alrededor del cuerpo, así como este patrón selectivo de desarticulación, sugiere el ataque de organismos durante la flotación parcial del cuerpo (debido a gases internos) ya en el sedimento, y no por explosión de gases viscerales o descomposición aerobia durante el descenso. La ausencia de fauna bentónica y bioturbadores en el sedimento podría indicar que los necrófagos consistieron en organismos nadadores (probablemente peces) que habitaron en la cuenca.

AMBIENTE DIAGENÉTICO

De acuerdo al estilo de preservación de la fauna, además de la concentración de oxígeno, la textura del sedimento jugó un papel importante en la fosilización del material de Vallecillo. Estos dos aspectos serán tratados por separado.

Textura del sedimento

Un aspecto relacionado con el estilo de preservación en los peces de Vallecillo es la textura del sedimento. De acuerdo al tipo de preservación y a la disposición que presentan los fósiles dentro del sedimento, es posible inferir al menos dos tipos de consistencia en el sustrato durante la diagénesis temprana: sedimentos blandos o firmes y sedimentos fluidos o semi-fluidos.

1. Sedimentos firmes-blandos (soft-firm grounds). La mayoría de los especímenes de Vallecillo están preservados en dos dimensiones, están dispuestos paralelamente al plano de estratificación y la mayoría de ellos carecen de partes blandas. Las escamas representan los únicos elementos dérmicos y están preservadas tanto "in situ" como "ex situ" siendo desplazadas milímetros o centímetros de su posición original.

Este estilo de preservación sugiere que después de la muerte, el cadáver fue depositado en un sustrato suficientemente firme para evitar la inmersión total de éste en el sedimento. Consecuentemente, continuó la pérdida total de partes blandas y la desarticulación de escamas por biodegradación. Debido a la firmeza del sedimento, los cadáveres quedaron dispuestos en forma paralela con respecto al sustrato.

En combinación con el tipo de sustrato, un enterramiento lento causado por la baja tasa de sedimentación también es inferido por la ausencia de estructuras volátiles. BRETT & SPEYER (1990) sugieren que sedimentos micríticos, laminados y relativamente firmes a compactos son consecuencia de tasas de sedimentación muy bajas (de aproximadamente 1 a 10 cm/1000 años) en el ambiente de depósito. Por otro lado, como se mencionó en párrafos anteriores, el enterramiento rápido de los cadáveres es crucial para la preservación excepcional de partes blandas en vertebrados. Por lo tanto, sólo eventos de enterramiento lento podrían explicar la relativamente rápida descomposición de estructuras volátiles y la formación de sedimentos firmes.

2. Sedimentos fluidos-semifluidos (fluid/semi-fluid sediments). Este tipo de sedimentos está indicado por el estilo de preservación de algunos peces y amonites. El cráneo de algunos peces de la familia Dercetidae está dispuesto a aproximadamente 13° respecto al plano de estratificación, mientras que el resto del cuerpo permaneció en la superficie del piso marino. Por otro lado, moldes externos de la región ventral de algunos amonites sugieren que algunas conchas fueron enterrados parcialmente (al menos 5 cm) permaneciendo orientadas en sentido perpendicular al plano de estratificación (Fig. 24.13).

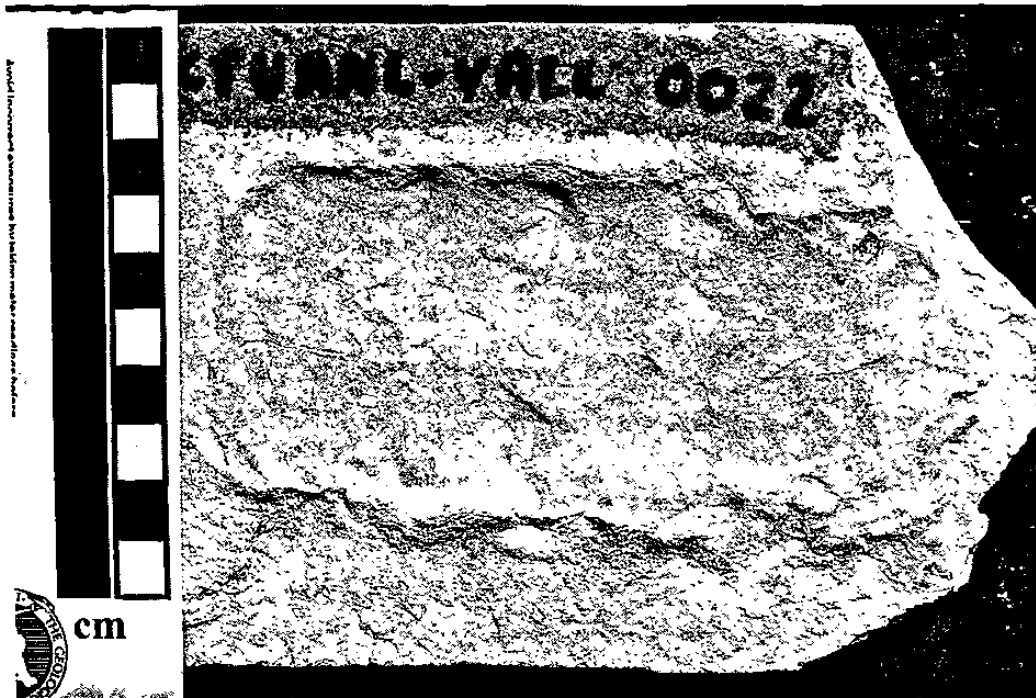


Fig. 24. 13. Impresión de la región ventral de un amonite en sedimento blando. Escala ilustrada en la fotografía.

Posiblemente estos fragmoconos mantuvieron esta posición por algún tiempo antes de su enterramiento definitivo sobre su lado izquierdo o derecho. De acuerdo con este estilo de preservación observada tanto en invertebrados como en peces, sólo un sedimento blando e incluso semi-fluido presenta una textura suficiente que permita el ingreso de los

cadáveres hasta cinco centímetros de profundidad y que además, queden dispuestos con un ángulo mayor de 10° con respecto al plano de sedimentación.

Hasta ahora, la posición exacta de estas texturas no ha sido precisada dentro del perfil de la sección tipo, por lo que se recomienda, como se indicó anteriormente, una excavación científica que permita obtener datos más detallados de las capas fosilíferas.

ZONACIÓN DE OXÍGENO EN LA CUENCA DE VALLECILLO

Desde la primera publicación del yacimiento fosilífero de Vallecillo, es aceptado que existían condiciones deficientes en oxígeno dentro del sedimento durante la acumulación de los cadáveres u otras entidades conservadas. La presencia de láminas milimétricas de goethita y nódulos indican la formación de pirita sedimentaria (BERNER, 1970, 1983; FAURE, 1991) durante la depositación de las margas y por consiguiente condiciones anóxicas en el sustrato. La goethita, así como otros óxidos de hierro hidratados, es el producto de la oxidación diagenética tardía de la pirita durante procesos de intemperismo en medios actuales o recientes ricos en oxígeno y agua (BERNER, 1970, 1983; FAURE, 1991, KRAUSKOPF & BIRD, 1995). La pirita sedimentaria es el resultado de las reacciones entre el azufre disuelto producido durante el proceso de descomposición orgánica y los minerales de hierro, bajo condiciones anaeróbicas (BERNER, 1970, 1983; CANFIELD, 1988; ALLISON, 1988 a,b,c; ALLISON ET AL., 1990)

La presencia de laminación primaria en el sedimento también sugiere presencia de condiciones anóxicas en el sedimento marino. De acuerdo a BROMLEY (1991), WETZEL (1991) y a SAVRDA ET AL. (1991), la preservación de laminación primaria y a escala milimétrica refleja deficiencias en la concentración de oxígeno en las zonas de interfase del sedimento/columna de agua. Estas condiciones controlan y en algunos casos inhiben el establecimiento de fauna y flora bentónica en el fondo marino (SAVRDA & BOTTJER, 1987).

De acuerdo a las pruebas de la sedimentología y al estilo de preservación de los fósiles (ver descomposición orgánica), tres zonas con diferentes concentraciones de oxígeno dentro de la columna de agua pueden ser establecidas en la cuenca de Vallecillo:

1. **Zona anaeróbica** (concentración menor a 0.1ml/l de oxígeno disuelto). Esta zona está situada debajo de la zona de interfase entre el sedimento y la columna de agua. La zona anaeróbica está caracterizada por la ausencia de bentos y bioturbación, así como por la presencia de sedimentos finamente laminados, nódulos y láminas de goethita (pirita oxidada). Estas características coinciden con aquellas propuestas por OSCHMANN (1991) y BROMLEY (1991) para esta zona.
2. **Zona disaeróbica** (concentración entre 0.1-1.0 ml/l de oxígeno disuelto). Probablemente la zona disaeróbica estuvo colocada por encima de la zona de interfase entre el sedimento y columna de agua, extendiéndose pocos centímetros dentro de la columna de agua. La altura que pudo alcanzar es hasta ahora desconocida. Esta zona está caracterizada por la presencia de bivalvos inocerámidos, únicos representantes bentónicos en esta localidad.
3. **Zona aeróbica** (concentración mayor a 1.0 ml/l de oxígeno disuelto). Esta zona está representada por la columna de agua y caracterizada por la presencia de fauna nectónica. En esta zona ocurrieron algunos fenómenos de descomposición orgánica durante procesos de deriva necroplañctónica sufridos por los organismos.

La presencia de una zona disaeróbica en la cuenca de Vallecillo está aún abierta a discusión (BLANCO ET AL., 2001). De acuerdo a algunas evidencias tafonómicas (ver apartado de biodegradación de este capítulo), es posible incluso que esta zona estuvo bien establecida durante algunos periodos de tiempo, mientras que en otros posiblemente estuvo muy reducida e incluso ausente.

CRONOLOGÍA DEL EVENTO TAFONÓMICO EN LA CUENCA DE VALLECILLO

Después de la muerte de los organismos, es posible que algunos cadáveres (e.g. dercetidos) permanecieron flotando en la columna de agua por un tiempo mientras que otros se hundieron minutos después de haber muerto (e.g. Pycnodontidos). Aquellos peces que se hundieron inmediatamente después de la muerte permanecieron casi completamente articulados. Aquellos que se mantuvieron flotando sufrieron diversos grados de desarticulación; por descomposición aeróbica y por la acción de necrófagos nectónicos presentes en la columna de agua perdieron partes blandas. SCHÄFFER (1972) señala:

“carcasse that float never reach the sea floor intact” (TINTORI, 1991), lo cual apoya lo observado en Vallecillo.

Posterior a la deriva necroplañtónica o a la muerte del espécimen, los cadáveres descendieron hasta la superficie sedimentaria siendo dispuestos en el substrato de acuerdo a la textura de éste último. La mayoría de los especímenes fueron depositados en substratos firmes, lo que permitió su disposición con el eje de máxima longitud de forma paralela al plano de estratificación. Por otro lado, algunos especímenes fueron depositados en substratos fluidos o semifluidos, lo que provocó el ingreso de algunas estructuras en el sedimento (principalmente cráneos), quedando dispuestos a determinado ángulo (hasta 13°) con respecto al sedimento.

Una vez en el sedimento, los especímenes perdieron las partes blandas debido a una baja tasa de depositación, siendo enterrados de forma lenta. Algunos ejemplares también fueron atacados por necrófagos, causando la desarticulación de algunas estructuras. Durante los procesos de descomposición, el colapso de músculos y partes blandas produjo la primera fase del aplanamiento de los cadáveres.

Después del enterramiento, las partes no descompuestas (como escamas y otros elementos dérmicos) fueron parcialmente reemplazadas por pirita (transformada en goethita) por acción de bacterias anaeróbicas, mientras que los elementos esqueléticos fueron aplanados por procesos diagenéticos (WILD, 1990) y reemplazados por CaCO₃. La mineralización de las partes ingresadas en el sedimento tuvo comienzo, dando inicio a la preservación de la biota de Vallecillo.

SEXTA PARTE

COMENTARIOS FINALES

25

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

308

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. EL MIEMBRO VALLECILLO: NUEVA UNIDAD LITOLÓGICA DE LA FORMACIÓN AGUA NUEVA

En este estudio, las margas rosas laminadas portadoras de fósiles son propuestas como una nueva unidad litológica de la Formación Agua Nueva. Esta unidad, denominada en este trabajo como el “Miembro Vallecillo”, presenta características litológicas y faunísticas que permiten separarlo claramente de las capas típicas de la Formación Agua Nueva (ver apartado 4: “Miembro Vallecillo”). Este nombre es asignado por el poblado de Vallecillo, Nuevo León., localizado en las cercanías de las canteras donde aflora la sección tipo. Las características consideradas para la propuesta de esta unidad son: la presencia de margas laminadas, a diferencia de las calizas de la unidad típica de Agua Nueva, el color rosa de los sedimentos, la estratificación delgada de sus capas que además se fracturan en un plano paralelo a la superficie de estratificación, rasgo único de esta unidad y la relativa abundancia de vertebrados. Todos estos caracteres están ausentes o son hasta ahora desconocidos en la unidad típica de la Formación Agua Nueva.

Hasta el momento, no se conocen más afloramientos con esta unidad en el área de trabajo, por lo que su distribución regional no es aún conocida. Por lo tanto, se proponen cartografías y estudios lito- y bioestratigráficos posteriores que proporcionen datos sobre la distribución temporal y geográfica de esta unidad, así como asignar una edad más precisa a estas capas. Hasta entonces, el “Miembro Vallecillo” seguirá siendo considerado como una unidad estratigráfica de carácter informal.

2. ORIGEN DEL MIEMBRO VALLECILLO: UNA SOBREVISTA

En la actualidad, alternancias cíclicas de calizas-margas o calizas-lutitas son interpretadas como resultado de variaciones fuertes en el aporte de carbonatos o de terrígenos, o como consecuencia de procesos de disolución de carbonatos; todo esto como respuesta a eventos astronómicos como los ciclos de Milankovitch (EINSELE & RICKEN,

1991; RICKEN, 1991; EICHER & DINER, 1991). Esto fue considerado por BLANCO-PIÑÓN (1998) como hipótesis para explicar el origen del Miembro Vallecillo. Sin embargo, análisis más recientes muestran que este miembro está representado por margas que contienen entre 60-40% de carbonatos y no carbonatos puros (contenido de carbonatos mayor al 90%) como se proponía en un inicio (ver fig. 4.4).

Si el Miembro Vallecillo está compuesto por alternancias de sedimentos con bajo porcentaje en carbonatos, ¿Qué eventos pudieron haber producido estas alternancias?. DE BOER (1991) y WETZEL (1991) sugieren que una baja productividad, un bajo aporte de nutrientes y una relativa ventilación pobre dentro de la columna de agua promueve la formación de alternancias de margas-lutitas negras (black shales) u otras secuencias pobres en carbonatos (Fig. 25.1).

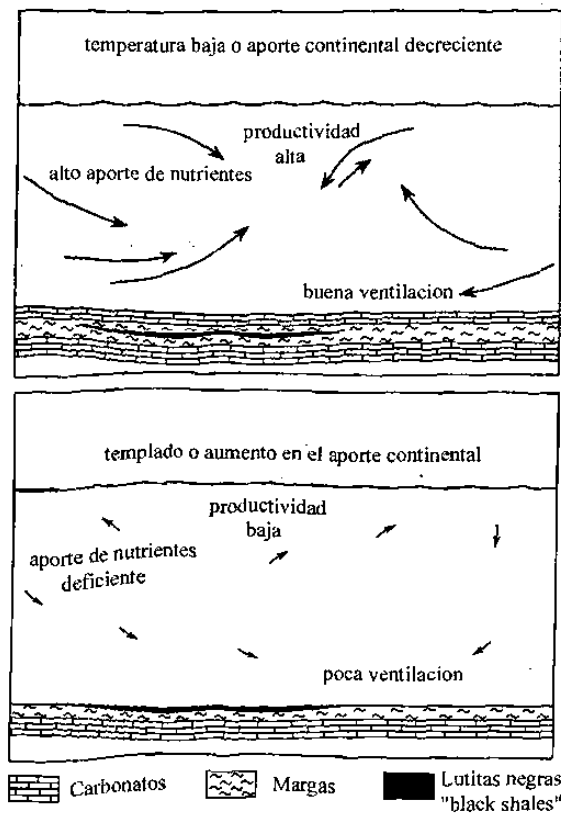


Fig. 25. 1. Modelo de depositación de alternancias de sedimentos ricos y pobres en carbonatos en relación a variaciones en la velocidad de circulación de las aguas oceánicas, temperatura y salinidad. Variaciones orbitales de la Tierra controlarían estas alternancias (Modificada de DE BOER, 1991).

En Vallecillo, variaciones en el aporte de carbonatos/terrígenos bajo un régimen de baja productividad, más que variaciones fuertes entre los componentes primarios, representan la alternativa más lógica para explicar el origen de estos sedimentos. La baja productividad se ve reflejada en los porcentajes bajos en carbonatos expuestos en ambas litologías. Por otra parte, la presencia de goethita y ausencia de bentos indican condiciones anóxicas que existieron durante la sedimentación, lo que sugiere baja energía y poca ventilación al menos en los primeros centímetros de la columna de agua. Sin embargo, la presencia de esqueletos sin partes blandas, sugiere que las condiciones de baja concentración de oxígeno no fueron constantes durante el depósito de las margas o bien, no alcanzaron la anoxia total. Por último, se requiere un estudio más detallado para conocer de manera más precisa cómo intervinieron estos factores para la formación de estos sedimentos.

3. EL MIEMBRO VALLECILLO Y SU AMBIENTE DE DEPÓSITO

Generalmente, sedimentos considerados como "Plattenkalke" o litográficos requieren de un ambiente protegido. Por ejemplo, barreras que aislen de ambientes de alta energía (HEMLEBEN & SWINBURME, 1991; BRETT & SEILACHER, 1991) o una depresión en el fondo oceánico libre de corrientes de turbidez (HEMLEBEN & SWINBURME, 1991). En la actualidad, estas condiciones han sido observadas en todas las localidades donde han sido reportadas calizas litográficas, e.g., Haqel y Hjoula, Líbano (HÜCKEL, 1970; HEMLEBEN, 1977; HEMLEBEN & SWINBURME, 1991); Dalmatia, Yugoslavia (HEMLEBEN & FREELS, 1977a); Monsech, Montral (SCHEIRER & JANICKE, 1970; HEMLEBEN & FREELS, 1977b; FREGENAL-MARTÍNEZ, 1991; FREGENAL-MARTÍNEZ & MELÉNDEZ, 1993,1995a); Las Hoyas, España (FREGENAL-MARTÍNEZ & MELÉNDEZ, 1995b); Cerin, Francia (HEMLEBEN & SWINBURME, 1991); Tepexi de Rodríguez, México (APPLEGATE ET AL., 1984; ESPINOZA-ARRUBARRENA & APPLEGATE, 1987, 1996, 1998), Solnhofen, Alemania (VIOHL, 1990), entre otras.

Hasta hoy, no existen evidencias de bioformaciones como arrecifes u otro tipo de barreras asociados con facies lagunares o canales submarinos durante el Cenomaniano y Turoniano en el noreste de México (LÓPEZ-RAMOS, 1982; PADILLA Y SÁNCHEZ, 1982;

SOHL, 1991; MORÁN-ZENTENO, 1994; GOLDHAMMER ET AL., 1995; GOLDHAMMER, 1999). En las cercanías de Vallecillo, BISHOP (1970) reporta sedimentos de menor batimetría (Formación San Felipe) que aquellos de la Formación Agua Nueva. Estos sedimentos fueron interpretados por BLANCO-PIÑÓN (1998) como el elemento positivo (probablemente islas) que serviría de barrera para el estancamiento en el área de depósito y la formación de los sedimentos litográficos. Hasta ahora, no existen evidencias biológicas, sedimentológicas o tafonómicas que justifiquen su existencia.

Una segunda alternativa que explica el origen del Miembro Vallecillo está basada en algunos elementos expuestos en la litología. La goethita (como producto de la oxidación de la pirita), el origen micrítico de la matriz y la ausencia de corrientes de turbidez indican que las margas fueron depositadas bajo condiciones de estancamiento debajo de la zona de acción de olas (BRETT & SEILACHER, 1991; NUMMEDAL, 1991; VERA-TORRES, 1994). Por otra parte, el análisis de microfacies indica que las margas corresponden al Tipo Estándar de Microfacies (SMF-Type) 3 y 9 de acuerdo a FLÜGEL (1972, 1978). Si ningún tipo de barrera existió durante la depositación de las margas, la presencia de una depresión en el fondo de la plataforma externa o facies aún más externas representan las alternativas para explicar el origen de las condiciones de estancamiento y la formación de los sedimentos laminados. Esto está sostenido por la presencia de elementos pelágicos (foraminíferos planctónicos, calciesferas, radiolarios, matriz micrítica, etc); la ausencia de dolomita, o carbonatos detríticos o estromatolíticos y la ausencia de sedimentos lacustres (e.g. escombros continentales) o de plataforma interna (e.g. secuencias evaporíticas calizas esparíticas, etc) (HEMLEBEN & SWINBURME, 1991).

Finalmente, la paleogeografía del noreste de México y Texas apoya la hipótesis del origen pelágico de los sedimentos de Vallecillo. Durante el Turoniano, el estado de Nuevo León estaba cubierto por depósitos pelágicos (Formación Agua Nueva), mientras que en Texas, secuencias de plataforma interna o de facies costeras (Formación Eagle Ford) fueron depositadas (PADILLA Y SÁNCHEZ, 1982). Por otra parte, SOHL ET AL. (1991) muestra que la línea de costa al tiempo del depósito de estos sedimentos se encontraba en la región sur del estado de Texas, en EE.UU. (Fig. 25.2), lo que indica que entre el área actual de Vallecillo y la hipotética línea de costa existió una distancia de 700-800 Km., estando esta localidad lejos de la influencia de corrientes de alta energía.

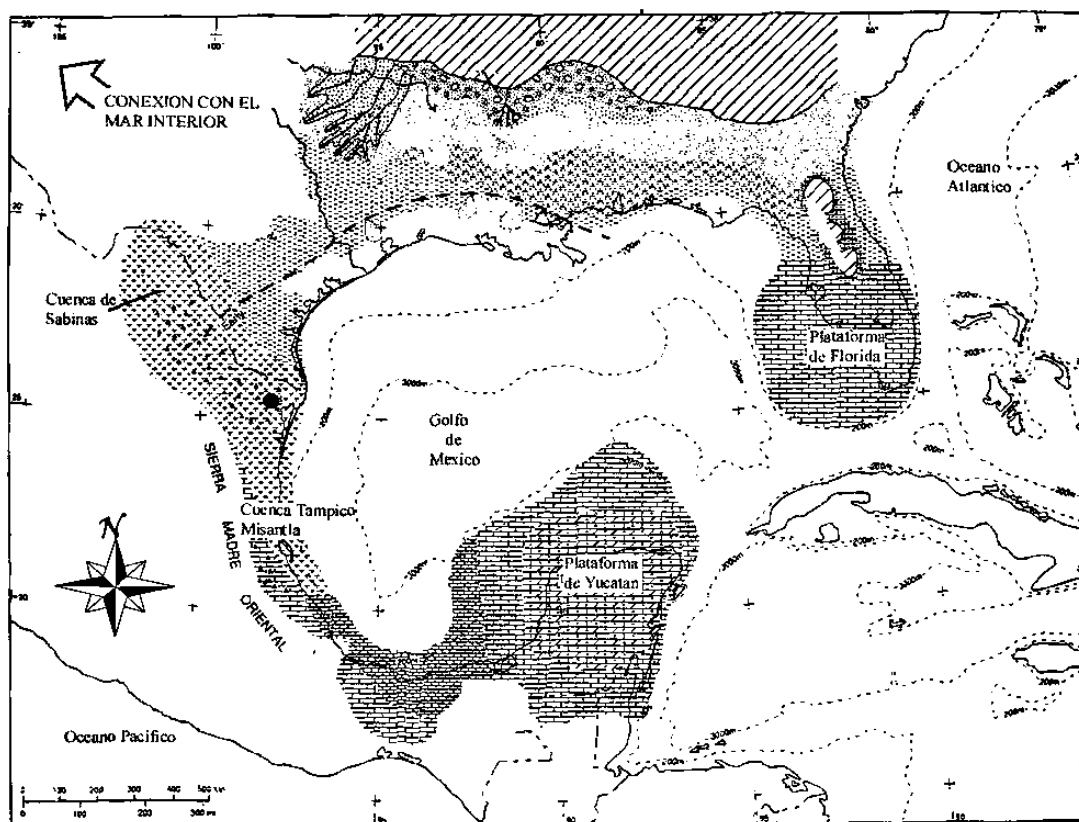


Fig. 25.2. Mapa paleogeográfico del Noreste de México durante el Cenomaniano-Turoniano. El círculo negro indica la posición aproximada de Vallecillo dentro del mapa. Ver fig. 3.1 para simbología (Modificada de SOHL ET AL., 1991)

4. ICHTHYOFAUNA DE VALLECILLO: GRUPOS DETERMINADOS

Un total de doce taxas fueron reportadas en la localidad de Vallecillo, N.L. La diversidad de grupos presentes (Tab. 23.1) convierte a esta localidad en el segundo yacimiento fosilífero más importante de México, siendo superado solamente por la localidad de Tepexi de Rodríguez, en Puebla, donde más de 4000 ejemplares han sido colectados hasta ahora (APPLEGATE, 1987, 1988) y el primero en el norte del país con la mayor cantidad de grupos de peces fósiles conocidos.

Entre las taxas descritas figuran una especie de Pycnodontes y tres especies de Eutelostei, de las cuales dos de ellas representan nuevas especies (ver Tab. 23.1).

CHONDRICHTHYES**Elasmobranchii****Elasmobranchii Indet.****Hybodontoida****Ptychodontidae***P. mortoni***Lamniformes****Lamniformes indet.****OSTEICHTHYES****Pycnodontiformes****Pycnodontidae***Nursallia ? cf. gutturosum***Teleostei****Ichthyodectiformes****Ichthyodectoidei nov. gen. nov. sp****Aulopiformes****Dercetidae***Rhynchodercetis sp.***Dercetidae Indet.****Halecoidei****Halecoidei indet****Elopomorpha****Pachyrhizodontoidei indet.****Pachyrhizodontidae***Goulmimichthys nov sp.***Tselfatiiformes****Tselfatiidae***Tselfatia formosa***Elocephala Incertae Sedis****Araripychthyidae***Araripychthys*

Tabla. 25.1. Taxones de peces presentes en el Miembro Vallecillo de la Formación Agua Nueva (Turoniano), Vallecillo, N.L.

Por otra parte, un nuevo género para el suborden Ichthyodectoidei es definido dentro de una familia aún no definida, siendo su posición dentro de los Ichthyodectoidei aún incierta. La presencia de algunos grupos en Vallecillo es notable ya que representan nuevas distribuciones temporales (e.g. *P. mortoni*), o bien, nuevos registros para el continente americano (e.g. *Goulmimichthys*, cf. Halecoidei), Norte América (e.g. *Araripichthys*, *Nursallia gutturosum*) o para México (*Tselfatia formosa*, *Rhynchodercetis*). Los hallazgos de estos grupos en Vallecillo proveen nuevos datos sobre su distribución temporal y geográfica, así como otros atributos ecológicos (e.g. *Nursallia* y sus posibilidades de dieta, ver apartado de Paleobiogeografía), lo que permite completar o modificar algunas hipótesis propuestas en estudios previos sobre su paleobiogeografía y distribuciones temporales.

5. ICHTHYOFAUNA DE VALLECILLO Y EL SIGNIFICADO DE DEMIA/ADEMIA-ALOCTONÍA/AUTOCTONÍA COMO ATRIBUTOS PALEOBIOLÓGICOS Y TAFONÓMICOS.

Los conceptos de aloctonía y autoctonía son frecuentemente usados arbitrariamente y de forma errónea para referir la condición biogeográfica (démica o adémica) de una entidad biológica, y no para referir una condición tafonómica de un fósil. En otros casos, los términos autóctono/alóctono también son usados para señalar la posición “in situ” o “ex situ” de una entidad tafonómica.

Para poder definir y separar el término démico de autóctono y adémico de alóctono, es necesario hacer una distinción clara entre lo que es el fósil (entidad tafonómica) y su entidad productora (entidad paleobiológica). Usando este criterio, entonces podemos definir lo siguiente: si los fósiles representan organismos que vivieron en el lugar o región donde han sido registrados y consecuentemente encontrados, entonces la entidad paleobiológica es una entidad démica. Por el contrario, si representan organismos que no vivieron ni se desarrollaron en dicho lugar o región, entonces corresponde a entidades adémicas (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1981, 1988, 1989). Como se puede ver, los conceptos de

demia/ademia denotan una cualidad de las entidades paleobiológicas inferidas, no de los fósiles.

Por otro lado, autoctonía será entendida por la condición de los fósiles que han sido encontrados en el lugar o región donde han sido producidos, independientemente si representan entidades démicas o adémicas. Por el contrario, si han sido transportados a un lugar diferente de su sitio de producción, entonces serán considerados como entidades alóctonas (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 1981, 1988, 1989). Por último, los términos “in situ” y “ex situ” son definidos de acuerdo a los criterios de FERNÁNDEZ-LÓPEZ (1990a) y su definición es ilustrada en la Fig. 25.3.

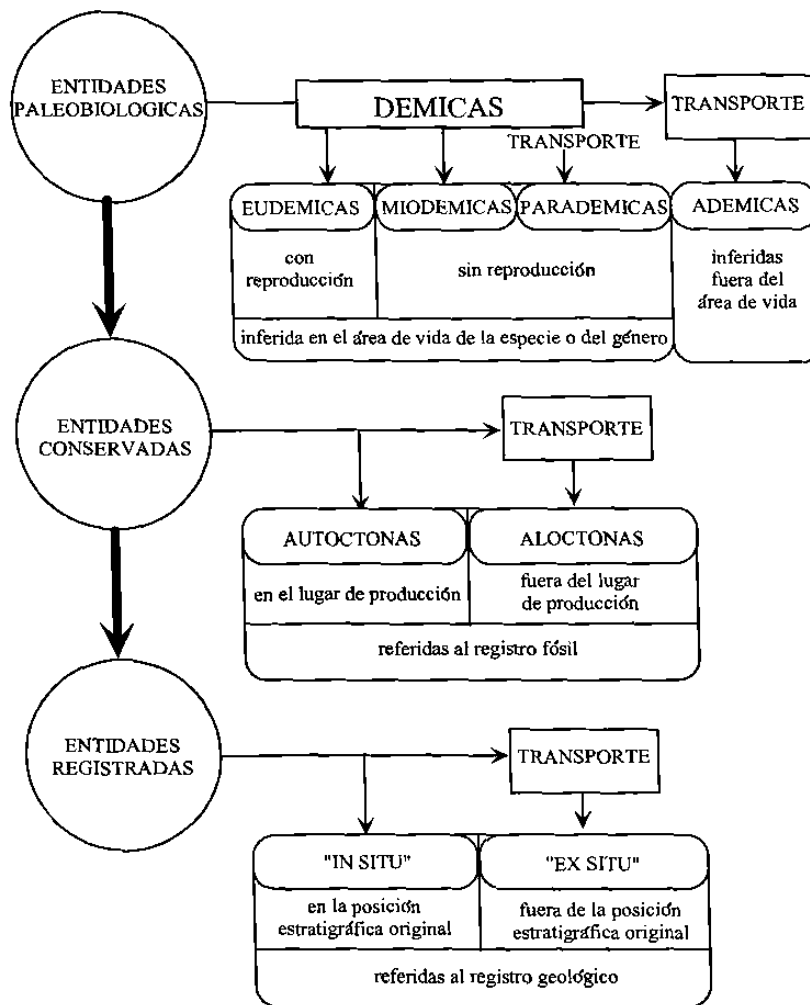


Fig. 25.3. Atributos de entidades paleobiológicas y conservadas de acuerdo a sus respectivos marcos de referencia espacial. Modificada de FERNÁNDEZ-LÓPEZ (1990a,b; 1991a,b; 1995, 1996, 1997a,b).

El uso correcto de los conceptos demia/ademia y autoctonía/aloctonía permite reconocer relaciones de espacio-tiempo entre los organismos productores, como por ejemplo, relaciones tróficas, distribuciones geográficas, etc. Desgraciadamente, en el yacimiento de Vallecillo no se han realizado excavaciones sistemáticas que proporcionen evidencias para reconstruir dichas relaciones entre los diferentes elementos tafonómicos de esta localidad. Sin embargo, una discusión general sobre la condición démica o adémica de las entidades productoras así como la condición autóctona o alóctona de los fósiles es presentada en este trabajo. Esto tiene por objetivo proporcionar información preliminar que pueda servir como base a estudios paleontológicos y paleobiológicos posteriores.

Los criterios utilizados para definir preliminarmente estos conceptos en los especímenes de Vallecillo son: posición de los fósiles dentro del sedimento (congruencia en la posición), el estilo de la preservación así como la presencia o ausencia de las fases del desarrollo ontogénico de cada grupo.

Euselaceos

Los tiburones están representados por tres grupos que exponen diferentes estilos de preservación. *P. mortoni* consiste en seis dientes aislados de un adulto y un fragmento de la mandíbula inferior que porta varias hileras de dientes de 2 mm de longitud, lo que sugiere que pertenecen a un ejemplar juvenil (SHIMADA com. pers, 2002). Comúnmente, después del desprendimiento de la mandíbula, los dientes se acumulan en el fondo sin ser transportados por deriva necroplanctónica (MARTILL, 1987). Si este evento ocurrió de la misma manera en los dientes de Vallecillo, es posible que dichos elementos hayan sido registrados y encontrados en el lugar de su producción tafogénica, lo cual indicaría que los dientes de *P. mortoni* son fósiles autóctonos. Por otro lado, la presencia de al menos dos estadios del desarrollo ontogénico de esta especie indican que estos fósiles probablemente representan entidades que vivieron en el sitio donde han sido encontradas, es decir, organismos démicos.

Fragmentos de la columna vertebral de tiburones lamniformes (FCT-133) están presentes en Vallecillo. FCT-133 consiste en doce vértebras bien articuladas dispuestas tanto en forma perpendicular como paralela al plano de estratificación. El tamaño de las vértebras indica que éstas pertenecen a la parte caudal de la columna (ver descripción).

Lamentablemente, la ausencia de otras estructuras como tegumento, o partes blandas o bien, de más especímenes evita confirmar si este ejemplar representa un elemento normal dentro de la cuenca de Vallecillo o un elemento transportado. Por lo tanto, se requieren más especímenes para definir la condición démica/adémica-autóctona/alóctona de los lamniformes de Vallecillo.

Ichthyodectiformes

La mayoría de los especímenes de este grupo están bien articulados. La presencia de estructuras fácilmente desprendibles como opérculos, suspensorio, etc., es notable en otros ejemplares de este orden. Comúnmente, la presencia de esqueletos completamente articulados, que son susceptibles a la desarticulación (principalmente formas largas y esbeltas, como Ichthyodectiformes, Dercetidae, etc), sugieren que los organismos productores pudieron descender y ser acumulados en el sedimento pocos minutos después de su muerte, en lugar de sufrir transporte por deriva necroplanctónica, permaneciendo articulados (MARTILL, 1987). Si esta aproximación es correcta para los Ichthyodectiformes de Vallecillo, entonces es probable que estos ejemplares representen fósiles producidos en la misma región donde han sido preservados, y por lo tanto son entidades autóctonas.

Algunos especímenes presentan cráneos que alcanzan la mitad del tamaño de otros ejemplares. De acuerdo a sus características anatómicas, los especímenes analizados pertenecen a la misma especie de Ichthyodectiforme, y la diferencia en las dimensiones del cráneo podrían ser atribuidas solamente a la presencia de al menos dos estadios del desarrollo ontogenético de estos peces. Esto sugiere que los Ichthyodectiformes de Vallecillo son fósiles que representan entidades démicas. Sin embargo, un mayor número de especímenes y análisis más detallados son necesarios para confirmar esta hipótesis.

Otros ejemplares de este grupo presentan diferentes tipos de desarticulación y también presentan algunos elementos del tegumento. Aunque aún es difícil de asegurar, es posible que algunos especímenes menos resistentes pudieron ser desarticulados durante el hundimiento o flotación después de haber sido acumulados.

Pachyrhizodontidae y cf. Halecoidei

Los especímenes de la familia Pachyrhizodontidae están en su gran mayoría bien articulados e incluso exponen parches de escamas “in situ” y de piel. De acuerdo a MARTILL (1987), este estilo de preservación sugiere que estos ejemplares fueron acumulados en el sedimento pocos minutos después de su muerte, siendo preservados en el mismo lugar de su producción (autóctonos). Sin embargo, no existen evidencias que permitan sugerir que estos especímenes fueron habitantes comunes de esta localidad (démicos) o bien, eran peces que provenían de localidades adyacentes (adémicos).

Los dos ejemplares de cf. Halecoidei, presentan un estilo de preservación similar al expuesto en los Pachyrhizodontidae, por lo tanto, la misma aproximación es usada para este grupo.

Pycnodontes

Los pycnodontes están representados por ejemplares no determinados y por abundantes especímenes del *Nursallia cf. gutturossum*. La mayoría de los especímenes están completamente articulados. Adicionalmente y a juzgar por los diferentes tamaños observados en los ejemplares de *N. cf. gutturossum*, es posible inferir la presencia de al menos dos estadios del desarrollo ontogenético de esta especie. De acuerdo a lo anterior, es evidente que los ejemplares de esta especie pertenezcan a entidades démicas.

Tselfatiidae

Al igual que los Pycnodontes, los peces de la familia Tselfatiidae presentes en Vallecillo están en su mayor parte representados por peces completamente articulados y que a juzgar por su tamaño, muestran al menos dos estadios de su desarrollo ontogenético. De acuerdo con esto, es posible que los Tselfatiidae de Vallecillo sean fósiles autóctonos que representan entidades démicas.

Dercetidae

En Vallecillo, la familia Dercetidae es el único grupo con la mayor parte de sus ejemplares completamente desarticulados. Además, todos éstos carecen de partes blandas y de estructuras estomacales. El estilo de preservación de la mayoría de los elementos

consiste en partes aisladas del cuerpo como cráneos o fragmentos de la columna vertebral, y cuando ambos están presentes, están desarticuladas entre sí. Sólo un espécimen de un Dercetidae indeterminado y un espécimen del género *Rhynchodercetis* sp., representan los únicos elementos completamente articulados de este grupo.

El estilo de preservación de Dercetidae indica que la mayoría de los ejemplares no descendieron al fondo marino inmediatamente después de la muerte, sino que se mantuvieron flotando por un periodo largo de tiempo (varias horas e incluso días) y probablemente sufrieron transporte por medio de deriva necroplanctónica. La ausencia de criterios tales como la presencia de varios estadios del desarrollo ontogénico en estos especímenes, así como la falta de abundantes esqueletos bien articulados no permite demostrar la demia y la autoctonía de estos ejemplares. Sin embargo, el alto grado de desarticulación tampoco es garantía de la ademia/aloclonia de un espécimen (FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000). Es probable que aquellos ejemplares completos y bien articulados sean los únicos que representen entidades démicas y autóctonas. Lamentablemente, una mayor cantidad de evidencias tafonómicas y biológicas son requeridas para determinar estos atributos a los especímenes dercétidos de Vallecillo.

6. CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LA BIOTA DE VALLECILLO

La “asociación faunística” de Vallecillo representa una relativa variedad de vertebrados e invertebrados excelentemente preservados y que, de acuerdo a la definición de SEILACHER (1970, 1990) y SEILACHER ET AL. (1985) puede ser definido como un depósito de Conservación (Konservat-Lagerstätten). Por otra parte, SEILACHER (1990) señala que para la génesis de calizas litográficas (o equivalentes laminados) condiciones de estancamiento y de anoxia son requeridas. Este modelo coincide con el modelo propuesto por BLANCO ET AL. (2001, 2002) para la génesis del Miembro Vallecillo. Así, de acuerdo con la clasificación de SEILACHER (1990), la asociación de Vallecillo puede también ser clasificada como un depósito de estancamiento (“stagnation deposits”), y no como un yacimiento de “intoxicación”, según la definición de BRETT (1990), ya que ni la anoxia ni el tipo de sedimentación son los responsables de la muerte de las entidades productoras.

Los fósiles descritos en el presente trabajo han sido encontrados a diferentes niveles del perfil litológico del Miembro Vallecillo, pero hasta ahora la posición de cada espécimen y de cada uno de los grupos dentro de este perfil es desconocida. Consecuentemente, una relación entre los diferentes elementos faunísticos así como las relaciones paleoecológicas (ejemplo, niveles tróficos, etc) no puede ser realizada en detalle. Por lo tanto, el carácter de la “asociación” o incluso la existencia de más asociaciones no puede ni debe ser establecido. De acuerdo a lo anterior, hasta el presente nivel de esta investigación, el nombre de biota es considerado el más adecuado para denominar al conjunto de fósiles de Vallecillo.

SÉPTIMA PARTE

REFERENCIAS

26

REFERENCIAS

323

- AGASSIZ, J. L. R. (1834). 1833-1844. Recherches sur les poissons fossils. Vol. 5. Universitat Neuchâtel: p. 1420.
- AGASSIZ, J. L. R. (1843). Recherches sur les poissons fossiles. 5 volumes,.; (Neuchâtel and Soleure). Neuchâtel: 1420 p.
- ALLEN, J. R. L. (1990). Shells Transport-Hydrodinamycs. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications. 227-229.
- 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. (1988c). Taphonomy of the Eocene London Clay Biota. Palaeontology, 31 (4): 1079-1100.
- ALLISON, P. A. (1990). Decay Processes. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications: 213-216
- ALLISON, P.A.; LUCAS, J.; RÉVÔT, J.; & TUCKER, M. E. (1990). Diagenesis. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications: 247-257..
- ALVARADO-ORTEGA, J. (1998). Descripción preliminar de un género nuevo Ichthyodectiforme (Neopterygii:Teleostei) de la Cantera Tlayúa (Cretácico Temprano), en Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. Tesis. UNAM.: 88p.
- ANIMELECH, M. (1957). Découverte de *Stratodus* (Teleostei: Dercetidae) dans le Sénonien Supérieur d' Israel. C.R. Som. Sciences Soc. Geól. Fr. 2: 23-24.
- APPLEGATE, S. P. (1967). A survey of sharks hard parts. In: GILBERT, P. W.; MATHEWSON, R. F.; RALL, D. P. Sharks, skates, and rays. Johns Hopkins University Press, Baltimore: 37-67.
- APPLEGATE, S. P. (1970). The Vertebrate fauna of the Selma Formation of Alabama, Part. VIII Fishes. Fieldiana Geology, 3 (8): 381-433.
- APPLEGATE, S. P. (1987). A preliminary study of Tlayúa quarry near Tepexi de Rodríguez, Puebla. Rev. Soc. Mex. Pal. 1: 40-45.
- APPLEGATE, S. P. (1992). A new genus and species of pycnodont from the Cretaceous (Albian) of Central Mexico, Tepexi de Rodríguez, Puebla. UNAM. Rev. Inst. Geol. 10 (2): 164-178.
- APPLEGATE, S. P. (1996). An overview of the Cretaceous fishes of the quarries near Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. In: ARRATIA, G. & VIOHL, G: Mesozoic fishes - systematics and paleoecology: Verlag DR. FRIEDRICH PFEL. München 529-537
- APPLEGATE, S. P. (1998). A new genus and species of a Holostean belonging to the family Ophiopsidae, *Teloichthys kallistos*, from the Cretaceous, near Tepexi de Rodríguez, Puebla. Univ. Nat. Autón. México. Inst. Geología. Revista. 7(2): p. 200-205.
- APPLEGATE, S. P., ESPINOSA-ARRUBARRENA, L. & LÓPEZ-NERI, P. (1984). Las calizas litográficas de la Cantera Tlayúa en Tepexi de Rodríguez, Puebla. Soc. Geol. Mexicana. Conv. Geol. Nal. Libroguía de la excursion a Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla. 83p.

- ARAMBOURG, C. (1943). Note préliminaire sur quelques poissons fossiles nouveaux. Bull. Soc. Géol. France, (5) 8: 281-288.
- ARAMBOURG, C. (1952). Les vertébrés fossiles des gisements de Phosphates (Maroc, Algérie, Tunisie). Notes et Mémoires. Serv. Géol. Maroc. Rabat. 92: 1-372.
- ARAMBOURG, C. (1954). Les poissons crétacés du Jebel Tselfat (Maroc). Ed. Serv. Géol. Maroc. Rabat: 208 p.
- ARAMBOURG, C. & SCHNEEGANS, D. (1935). Poissons fossiles du bassin sédimentaire du Gabon. Annales de Paleontology, 24: 138-160.
- ARRATIA, G. & CIONE, A. (1996). The record of fossil fishes of Southern South America. München Geowiss. Abh.,30: 9-72.
- BARALE G.; BLANC-LOUVEL, C.; BEFFETAUT, E.; COURTINANT, B.; PEYBERNES, B.; VIA BOADA, L. & WENZ, S. (1984). Les gisements calcaires lithographiques du Crétacé Inférieur du Montsech (Province de Lérida, Espagne). Considérations paléocéologiques. Geobios mémoire special 8: 275-283.
- BARDACK, D. (1965a) Anatomy and evolution of chirocentrid fishes. Paleont. Contrib. Univ. Kansas Vertebrata, 10: 1-88.
- BARDACK, D. (1965b). Localities of fossil vertebrates obtained from the Niobrara Formation (Cretaceous) of Kansas. Univ. Kansas. Pub. Mus. Nat. Hist., 17 (1): 1-14.
- BARDACK, D. (1965c). New Upper Cretaceous Teleost Fish from Texas. Paleont. Contrib. Univ. Kansas. Kansas State 1: 1-19.
- BARDACK, D. (1967). Did some Cretaceous Teleosts described by Cope as North American actually come from Libanon? J. Paleont. 41: 1274-1276.
- BARDACK, D. & SPRINKLE, G. (1969). Morphology and relationships of saurocephalid fishes. Fieldiana Geol. 16 (12): 297-340.
- BARDACK, D. & TELLER-MARSHALL, S. (1980). *Tselfatia*, a Tethyan Cretaceous Teleost: First records from North America and Yugoslavia. J. Paleont., 54 (5): 1075-1083.
- BARNES, R. A. (1990). Zoología de los invertebrados. 5ª Edición. Editorial Interamericana. México. D. F. 1-957.
- BARTHEL, K. W. (1978). Fossilien aus Solnhofen. Ein Blick in die Erdgeschichte. Ott. Thun.: 1-393.
- BARTHEL, K. W.; SWINBURME, N. H. M. & CONWAY-MORRIS, S. (1990). Solnhofen: a study in Mesozoic paleontology. University Press. Chicago: 1-338.
- BARTHOLOMAI, A. (1969). The Lower Cretaceous elopid fish *Pachyrhizodus marathonsis* (ETHERIDGE JR.). In: CAMPBELL, K. S. W. Stratigraphy and Paleontology, Canberra: 249-263.
- BELL, G. L. JR. (1986). A pycnodont fish from the Upper Cretaceous of Alabama. J. Paleont., 60(5): 1120-1126.
- BERG, L. S. (1958). System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische. (Deutscher Verlag der Wissenschaften). Berlin: 1-310.

- BERNER, R. A. (1970). Sedimentary pyrite formation. *American Journal of Science*. 268: 1-23.
- BERNER, R. A. (1983). Sedimentary pyrite formation. An update. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 48: 606-615.
- BERTHOU, P. Y.; LÓPEZ-TELES, M. S.; & CAMPOS, D. A. (1990). Sedimentation argileuse cretacée dans le bassin d'Araripe et quelques bassins. Atas do I Simposio sobre a Bacia do Araripe e bacias Interiores do Nordeste, Crato, Anais: 143-162.
- BISHOP, B. A. (1970). Stratigraphy of Sierra de Picachos and Vicinity, Nuevo León. México. AAPG Bull. 54 (7): 1245-1270.
- BLANCO-PIÑÓN, A. (1998). Vallecillo, Nuevo León: yacimiento fosilífero del Noreste de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL): 1-148.
- BLANCO, A., LÓPEZ-OLIVA, J. G. STINNESBECK, W., ADATTE, T. & GONZÁLEZ, A. (1998a). Vallecillo, N.L. *Fossil -Lagerstätten* en el Noreste de México. VI Congreso Nacional de Paleontología. UNAM, México, D. F. : 10-11.
- BLANCO, A., STINNESBECK, W. & LÓPEZ-OLIVA, J. G. (1998b). Estudio tafonómico de las canteras fosilíferas de Vallecillo. *Fossil-Lagerstätten* de Nuevo León. I Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra. UNAM, México, D.F: 56.
- BLANCO, A., FREY, E. & STINNESBECK, W. (2000a). Eine neue Wirbeltierfauna von Vallecillo, N.L. "Fossilagerstätten" in der Oberkreide NO-Mexikos. 5th.European Workshop on Vertebrate Paleontology. Karlsruhe:20.
- BLANCO-PIÑÓN, A., STINNESBECK, W. & LÓPEZ-OLIVA, J. G. (2000b). Ictiofauna de Vallecillo, Nuevo León, México. VII Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el Noreste de México. Linares: 14-15
- BLANCO, A., STINNESBECK, W. & FREY, E. (2000c). Peces fósiles de Vallecillo, Nuevo León: nuevo "Fossil-Lagerstätten" del Noreste de México. 17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. Stuttgart: 43
- BLANCO, A. & FREY, E. (2001a). A new Ichthyodectoidei from the Agua Nueva Formation (Late Cretaceous), Vallecillo, NE. Mexico. III International Meeting on Mesozoic Fishes-Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity. Serpiano-Monte San Giorgio (TI-CH):9
- BLANCO, A. & FREY, E. (2001b). First occurrence of *Nursallia* (Pycnodontoidei) in the marine sediments of the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo, NE Mexico and its significance. III International Meeting on Mesozoic Fishes-Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity. Serpiano-Monte San Giorgio (TI-CH):10.
- BLANCO, A. (2001). Late Cretaceous (Turonian) Fish Assemblage from Vallecillo, northeastern Mexico. I Colloque sur le Cénomanién. Rouen, France: 19.
- BLANCO, A., STINNESBECK, W., LÓPEZ-OLIVA, J. G., FREY, E., ADATTE, T., GONZÁLEZ, A. H.. (2001). "Vallecillo, Nuevo León: un nuevo yacimiento fosilífero del Cretácico tardío en el Noreste de México". *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 18 (2):186-199.

- BLANCO-PIÑÓN, A., FREY, E., STINNESBECK, W. & LÓPEZ-OLIVA, J. G. (2002). "Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern México. N. Jb. Geol. und Paläont. 225 (1): 39-54.
- BLANCO-PIÑÓN, A. (2002). Primer registro de *Araripichthys* Silva Santos 1985 (Teleostei:Araripichthyidae) en sedimentos cretácicos (Turoniano) del noreste de México. VIII Congreso Nacional de Paleontología. Guadalajara, México: 43.
- BLANCO, A. (2003). Lithographic marls from Vallecillo, N.L. Mexico: Agua Nueva Formation or a new lithologic unit?. GSA Abstracts with Programs Vol.35, No. 6 (In press).
- BLANCO, A. & CAVIN, L. (2003). New Teleostei from the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo (NE Mexico).Comp. Rend. Palevol 2: 299-306.
- BLOT, J. (1987). L' ordre de Pycnodontiformes. Studi e Riserche sui Giacimenti Terzari di Bolca. (Museo Civico di Storia Naturale). Verona: 1-221.
- BRAVI, S. (1995). Studies on old and new Meso-Cenozoic "Plattenkalk" in Southern Italy. II International Symposium on Lithographic Limestones, Lleida-Cuenca (Spain): 39-43.
- BRETT, C. E. (1990). Obrution deposits. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications: 239-243.
- BRETT, C. E. & SPEYER, S. E. (1990). Taphofacies. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications: 279-282.
- BRETT, C. E. & SEILACHER, A. (1991). Fossil-Lagerstätten: a taphonomic consequence of event sedimentation. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 508-523.
- BRIGGS, D. E. G. (1990). Flattening. Taphonomy of the Fossil-Lagerstätten. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications. 244-247.
- BROMLEY, R. G. (1991). Trace fossils. 2nd. Edition. Chapman & Hall. 1-361.
- CAMPAGNO, L. J. V. (1990). Relationships of the megamouth shark, *Megachasma pelagios* (Lamniformes, Megachasmidae), with comments on its feeding habits. In: PRATT JR H. L.; GRUBER, S. H. & TANIUCHI, T. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep., NMFS, 90: 357-379.
- CANFIELD, D.(1988). Reactive iron marine sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta. 52: 619-632.
- CAPPETTA, H. (1972). Les poisons crétaqués et tertiaires du Bassin des Iullemeden (République du Niger). Palaeovertebrata, 5: 179-251.
- CAPPETTA, H. (1987). Chondroichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. In: SCHULTZE, H. P. Handbook of Paleoichthyology: Volume 3B. GUSTAV FISCHER-Verlag. Stuttgart-New York: 1-193
- CAPPETTA, H.(1989). Selaciens nouveauxou peu connus du Crétaqué Superieur du Maroc. Mezosoic Res. 2 (1): 11-23.

- CARRASCO, U. R. (1977). Albian sedimentation of submarine autochthonous and allochthonous carbonates, East Edge of the Valles-San Luis Potosí Platform, Mexico. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.* 25: 263-272.
- CARROLL, R. L. (1988). *Vertebrate paleontology and evolution*. Freeman and Company, New York: 698pp.
- CASIER, E. (1965). Poissons fossiles de la série Kwango (Congo). *Ann. Mus. Roy. Afr. Centrale-Tervuren, Belgique, série 8, Sci. geol.*, 50: 1-64.
- CASIER, E. (1969). Sur les conditions de dépôt de quelques unes des formations mésozoïques du bassin du Congo. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr. Sér. In-8. Sc. Géol.* 62: 29-47.
- CASIER, E. & TAVERNE, L. (1971). Note préliminaire sur le matériel paléoichthyologique éocénétique récolté par la Spanish Gulf Oil Company en Guinée Equatoriale et au Gabon. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 83 (1-2): 16-20
- CAVIN, L. (1995). *Goulimichthys arambourgi* n. g.; n. sp., un Pachyrhizodontidae (Actinopterygii-Telostei) d' une nouvelle localité à nodules fossilifères du Turonien inférieur marocain. *C. R. Acad. Sci.*, 321: 1049-1054.
- CAVIN, L. (1997a). New Teleostei from the Lower Turonian locality of Goulmima (Morocco). *C. R. Acad.*, 325: 719-724.
- CAVIN, L. (1997b). Les Actinopterygiens du Turonien de Goulmima (Maroc) et L'évolution des Ichthyofaunes actinopterygiennes entre le Jurassique Supérieur et le Paléocène. Thèse de Doctorat de L'Université Paris 6. Paris: 1-218.
- CAVIN L. (2001) Osteology and phylogenetic relationships of the teleost *Goulimichthys arambourgi* CAVIN, 1995, from the Upper Cretaceous of Goulmima, Morocco. *Eclogae geol. Helv.* (94): 509-535.
- CAVIN, L. & MARTIN, M. (1995). Les Actinoptérygiens et la limite Crétacé-Tertiaire. *Géobios, M. S.* 19: 183-188.
- CAVIN, L. & DUTHEIL, D. B. (1999). A new Cenomanian ichthyofauna from southeastern Morocco and its relationships with other early Late Cretaceous Moroccan faunas. *Geol. en Mijnb.*, 78: 261-266.
- CAVIN, L., JURKOV EK, B., & KOLAR-JURKOV EK, T. (2000). Stratigrafsko zaporedje zgornjekrednih ribjik združb Krasa (Slovenia). *Geologija* 43(2): 165-196.
- CHALIFA, Y. (1989). Two new species of longirostrine fishes from the Early Cenomanian (Late Cretaceous) of Ein-Yabrud, Israel, with comments on the phylogeny of the Dercetidae. *J. Vertebrate Paleont.*, 9(3): 314-328.
- CHALIFA, Y. & LEWY, Z. (1990). Early Maastrichtian marine teleosts from the northern Negev, Israel. *Isr. J. Earth Sci.* 40: 91-105.
- COPE, E. D. (1872). On the families of fishes of the Cretaceous formations in Kansas. *Proc. Amer. Phil. Soc. Philadelphia* 12: 327-357.

- COPE, E. D. (1885). A contribution to the vertebrate paleontology of Brazil. Proc. Amer. Phil. Soc. Philadelphia. 23: 1-21.
- DÁVILA, S. M. (1991). Estudios geológicos en proyectos de acumulación de energía por bombeo de la región de Monterrey, Nuevo León. Subdirección Técnica, Gerencia de Ingeniería Civil. CFE: 23-36.
- DAVIS, J. W. (1887). The fossil fishes of the chalk of Mount Lebanon, in Syria. Scien. Trans. R. Dublin Soc. Ser II, 3: 457-636.
- DE BOER, P. L. (1991). Pelagic black shale-carbonate rhythms: orbital forcing and oceanographic response. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 63-78.
- D'ERASMO, G. (1946). L'ittiofauna cretacea dei Dintorni Comeno del Carso Triestino. Atti R. Acad. Sci. Fis. Mat. Soc. Reale di Napoli, ser 3., 2 (8): 1-136.
- DE CSERNA, Z. (1989). An outline of the geology of Mexico. The Geology of North America. GSA. Vol.A:233-264.
- DUNHAM, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Mem. Amer. Ass. Petrol. Geol. 1: 108-121.
- EASTMAN, C. R. (1895). Beitrage zur Kenntnis der Gattung *Oxyrhina* mit besonderer Beruecksichtigung von *Oxyrhina mantelli* AGASSIZ. Palaeontographica., 41: 149-191
- EFREMOV, J. A. (1940). Taphonomy: new branch of paleontology. Pan-American Geologist, 74: 81-93.
- EICHER, D. L. & DINER, R. (1991). Environmental factors controlling Cretaceous Limestone-Marlstone rhythms. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 79-93.
- EINSELE, G. & RICKEN, W. (1991). Limestone-marl alternation- an overviw. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 23-47.
- ENOS, P. (1974). Reefs, platforms and basins of Middle Cretaceous in Northeast México. AAPG Bull. 58: 800-809.
- ESPINOZA-ARRUBARRENA, L. & APPLAGATE, S. P. (1996). A paleoecological model of the vertebrate bearing beds in the Tlayúa quarries, near Tepexi de Rodríguez, Puebla México. In: ARRATIA, G. & VIOHL, G. Mesozoic fishes - systematics and paleoecology; Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL München: 539-550.
- EVERHART, M. (1999). *Ptychodus*. <http://www.oceansofkansas.com/ptychodus.html>
- EVERHART M. & EVERHART, P. (1998). A field guide to the marine fossils of the Smooky Hill Chalk Member of the Niobrara Formation (Late Cretaceous) of Western Kansas. Inedit paper, Lawrence, Kansas: p. 32.
- FAURE, G. 1991. Principles and applications of inorganic geochemistry. Prentice Hall. New Jersey: 1-626.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1981). La evolución tafonómica, un planteamiento neodarwinista. Bol. R. Sor. Española Hist. Nat. (Geol.). 79: 243-254.

- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1987). Unidades registráticas, biocronología y geocronología. *Rev. Española de Paleont.* 2: 65-85.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1988). La Tafonomía: un sistema conceptual de la Paleontología. *Coloquios de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid*: 41: 9-34.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1989). La materia fósil. Un concepto dinamicista de los fósiles. En: AGUIRRE, E. *Nuevas tendencias: paleontología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid*: 25-45.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1990a). El significado de la autoctonía/aloctonía tafonomica. *Com. Reunión de Tafonomía y fosilización. Universidad Complutense de Madrid*: 114-124.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1990b). Utilidad sedimentológica y estratigráfica de los fósiles reelaborados. *Com. Reunión de Tafonomía y Fosilización. Madrid*: 125-144.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1991a). Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. *Rev. Esp. de Paleont.* 6 (1): 37-49.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1991b). Sistemas tafonómicos: función y evolución. *Rev. Esp. de Paleont. No. Extraordinario*: 21-34.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1995). Taphonomic et Interprétation des paléonvironements. *Geobios, M. S.* 18: 137-154.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1996). Phylloceratina ammonoids in the Iberian Basin during the Middle Jurassic: a model of biogeographical and taphonomic dispersal related to relative sea-level changes. *Paleo. Paleo. Paleo.* 120: 291-302.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1997a). Ammonites, taphonomic cycles and stratigraphic cycles in carbonate epicontinental platforms. *Cuadernos de Geología Ibérica.* 23: 95-136.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1997b). Ammonites, clinos tafonómicos y ambientes sedimentarios. *Rev. Esp. de Paleont.* 12(1): 102-128.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (1999). Tafonomía y fosilización. En: MELÉNEZ, B. *Tratado de Paleontología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid*: 51-107.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. R. (2000). *Temas de Tafonomía. Depto. De Paleontología. Universidad Complutense de Madrid.*: 167.
- FIELITZ, C. (1996). A Late Cretaceous (Turonian) ichthyofauna from Lac des Bois, Northwst Territories, Canada, with paleobiographic comparisons with Turonian ichthyofaunas of the Western Interior Seaway. *Can. J. earth Sci.* 33: 1375-1389.
- FIELITZ, C. (1999). A new species of *Bananogmius* (Teleostei: Tselfatiiformes) from the Upper Cretaceous Carlile Shale of Western Kansas. *J. Paleontology* 73(3): 504-511.
- FIELITZ, C. & SHIMADA, K. (1999). A new species of *Bananogmius* (Teleostei: Tselfatiiformes) from the Upper Cretaceous Carlile Shale of Western Kansas. *J. Paleont.* 73 (3): 504-511.
- FLÜGEL, E. (1972). Mikrofazielle Untersuchungen in der Alpinen Trias. *Methiden und Probleme. Mitt. Ges. Geol. Bergaust.* 21:9-64.

- FLÜGEL, E. (1978). Mikrofazielle Untersuchungs-methoden von kalken. Springer-Verlag, Berlin: 1-454.
- FOREY, P. L. (1977). The osteology of *Notolepis* WOODWARD, *Rhacolepis* AGASSIZ and *Pachyrhizodus* DIXON (Pisces: Teleostei). Bull. brit. Mus. nat. Hist. 28(2): 125-204.
- FOUCAULT, A. & RAOUL, J.-F. (1984). Dictionaire de Géologie. Guides géologiques régionaux, Masson: 1-347.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M. (1991). El sistema lacustre de Las Hoyas (Cretácico Inferior, Serranía de Cuenca): Estratigrafía y sedimentología. Masters Thesis. Universidad Complutense de Madrid: 226pp.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M. & MELÉNDEZ, N. (1993). Sedimentología y evolución paleogeográfica de la cubeta de Las Hoyas (Cretácico Inferior, Serranía de Cuenca). Cuad. Geol. Iberica 17: 231-256.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M. & MELÉNDEZ, N. (1995a). Chapter 2: Geological Setting-Lithographic limestones of El Montsec (Lleida Province). In: MARTÍNEZ-DELCLÓS, X. Alcover, two Konservat-Lagerstätten. Catalonia. Spain. Field trip guide book. International Symposium on Lithographic Limestones. Edición Universidad Complutense de Madrid, Madrid: 12-24.
- FREGENAL-MARTÍNEZ M. & MELÉNDEZ, N. (1995b). Chapter 1. Geology: Stratigraphy, basin evolution and geochemistry. In: Meléndez, N. Las Hoyas: A lacustrine Konservat-Lagerstätte. Cuenca, Spain, Field trip guide book. II International Symposium on Lithographic Limestones: 43-50.
- FREY, E. & MARTILL, D. M. (1998) Soft tissue preservation in a specimen of *Pterodactylus kochi* (WAGNER) from the Upper Jurassic of Germany. N. Jb. Geol. Paläont. 210 (3):421-441.
- GABBOTT, S. E. (1998). Taphonomy of the Ordovician Soom Shale *Lagerstätte*: an example of soft tissue preservation in clay minerals. Palaeontology, 41 (4): 631-667.
- GALLAGHER, W. B. (1993). The Cretaceous/Tertiary mass extinction event in the Northern Atlantic Coastal Plain. The Mosasaur 5: 75-154.
- GALLAGHER, W. B., PARRIS, D. C. & SPAMER, E. E. (1986). Paleontology, Biostratigraphy, and depositional environments of the Cretaceous-Tertiary transition in the New Jersey coastal plain. The Mosasaur, 3: 1-35.
- GAMPER, M. (1977). Estratigrafía y microfacies cretácicas del Anticlinorio Huizachal-Peregrina (Sierra Madre Oriental) . Bol. Soc. Mex. Tomo XXXVIII (2): 1-17.
- GARZA-GUTIERREZ, H. (1991). Geologische Kartierung der Difunta-Gruppe (Oberkreide bis Paläozän) im Nordlichen teil des Parras-Beckens Coahuila, Nordost-Mexiko. Der Westfälischen Wilhelms-Universität. Diplomarbeit:1-48
- GAYET, M. (1991). "Holostean" and the Teleostean fishes of Bolivia. In: R. Suarez-Soruco, Fósiles y facies de Bolivia-Vol I Vertebrados. Revista Técnica de YPF, 12 (3-4): 453-494.
- GAYET, M. (1993). Gonorhynchoidei du Crétacé supérieur marin du Liban et relations phylogénétiques des Charitosomidae nov. fam. Docum. Lab. Géol. Lyon, 126: 1-131.
- GEI (1980). Guía Estratigráfica Internacional, Reverte, Barcelona: 1-205.

- GOLDHAMMER, R. K. (1999). Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of Northeast Mexico. In: BARTOLINI, C., WILSON, J. L., & LAWTON, T. F. Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico. Geological Society of America. Special Paper. Colorado: 1-340.
- GOLDHAMMER, R. K.; LEHMAN, P. J.; TODD, R. G.; WILSON, J. C.; WARD, W. C & C. R. JOHNSON. (1995). Sequence Stratigraphy and cyclostratigraphy of the Mesozoic of Sierra Madre Oriental, Northeastern México. Exxon Production Research Co.: 1-101.
- GOODY, P. C. (1969). The relationships of certain Upper Cretaceous teleosts with special reference to the myctophoids. Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. Geol., 7: 5-255.
- HAY, O. P. (1902). Bibliography and catalogue of the fossil Vertebrata in North America. U. S. Geol. Surv. Bull, 179: 1-868.
- HAY, O. P. (1929). Second bibliography and catalogue of the fossils vertebrata of North America. Carnegie Inst. Washington Publ. 39 (1) viii: 1-916.
- HECKEL, J. J. (1854). Über den Bau und die Einteilung der Pycnodonten, nebst kurzer Beschreibung einiger neuen Arten derselben. Sitzungber. K. Akad. Wiss. Math.-Naturw. Kl 12 (3): 433-464.
- HÜCKEL, U. (1970). Die Fischschiefer von Haqel und Hjoula in der Oberkreide des Libanon. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 135 (2): 113-149.
- HEMLEBEN, C. (1977). Rote tiden und die oberkretazischen Plattenkalke im Libanon. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. H.4: 239-255.
- HEMLEBEN C. & FREELS, D. (1977a). Algen-laminierte und gradierte Plattenkalke in der Oberkreide Dalmatiens (Jugoslavien). N. Jb. Geol. Paläont. 154 (1): 61-93.
- HEMLEBEN C. & FREELS, D. (1977b). Fossilführende dolomisierte Plattenkalke aus dem "Muschelkalk Superior" bei Montral (Prov. Tarragona, Spanien). N. Jb. Geol. Paläont. 154 (2): 186-212.
- HEMLEBEN, C. & SWINBURME, N. H. M. (1991). Cyclical deposition of the plattenkalk facies. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 572-591.
- JAEKEL, O. (1898). Die eozänen Selachier vom Monte Bolca. Ein Beitrag zur Morphogenie der Wirbeltiere. Springer-Verlag. Berlin: 1-176.
- JORDAN, D. S. (1910). Description of a collection fossil fishes from the bituminous shals of Riacho Doce, State of Alagoas, Brazil. Ann. Carnegie Mus, 7 (1):22-34.
- JURKOVSEK, B., & KOLAR-JURKOVSEK, (1995). La razza del genere *Rhinobatos* del Cretaceo superiore nella formazione di Lipizza dei dintorni di Dobravlje. (Altopiano Trieste-Komen, Slovenia). An. Studi istriani e mediterranei. Koper, 7/95. 161-169.
- KANE, W. C. (1936). Structural geology of border province of Northeastern Mexico adjacent to Zapata and Starr Counties, Texas. Buletin of the Am. Assoc. Petrol.Geol. 20 (4): 403-416.
- KRAUSKOPF, K. B. & BIRD, D. K. (1995). Introduction to Geochemistry. 3th edition. McGraw-Hill, Inc. New York: 1-645.

- KRIWET, J. (1999). Pycnodont fishes (Neopterygii, Pycnodontiformes) from the Lower Cretaceous of Uña (E-Spain) with comments on branchial teeth in pycnodont fishes. In: ARRATIA, G & SCHULTZE, H-P. Mesozoic fishes 2. Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München: 215-218.
- KRIWET, J. (2000). Revision of *Mesturus cordillera* MARTILL ET AL, 1998 (Actynopterygii, Pycnodontiformes) from the Oxfordian (Upper Jurassic) of Northern Chile. J. Vert. Pal. 20(3): 450-455.
- KRIWET, J.; POYATO-ARIZA, F. J. & WENZ, S. (1999). A revision of the pycnodontid fish *Coelodus subdiscus* WENZ 1989, from the Early Cretaceous of Montsec (Lleida, Spain). Teb. Mus. Geol. Barcelona, 8: 33-65.
- LAWRENCE, D. R.(1979). Taphonomy, Biostratonomy. Diagenesis of fossils-Fossildiagenese. In: FAIRBRIDGE, R. W. & JABLONSKI, D. The Encyclopaedia of Paleontology. HUTCHINSON & ROSS, Stroudsburg: 99- 799.
- LEHMAN; J. P. (1966). Actinopterygii. - In: PIVETEAU, J.: Traité de Paléontologie (Mason et Cie. Eds.). Paris: 1-242;
- LEES, T. & BARTHOLOMAI, A. (1987). Study of a Lower Cretaceous Actinopterygian (Class Pisces) *Cooyoo australis* from Queensland, Australia. Mem. Qd. Mus. 25 (1) 177-192.
- LEONARDI, A. (1966). L'ittiofauna Cenomaniana di Floresta-Messina. Paleontographica Italica di Pisa, 60 (1965): 33-67.
- LERICHE, M. (1929). Les Poissons du Crétacé marin de la Belgique et du Limbourg hollandais (Note préliminaire). Bull. Soc. Belge de geol. de pal. Et d'hydro., 199-299.
- LONGBOTTOM, A. E. (1984). New Tertiary pycnodonts from the Tilemsi valley, Republic of Mali. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.), 38(1): 1-26.
- LONGBOTTOM, A. E. (1988). A note on the location of the type specimens of vertebrate from Brazil described by Cope in 1886. J. Paleont. 62: 828-832.
- LONGBOTTOM, A. E. & PATTERSON, C. (1987). Fishes. IN OWEN, E. & SMITH, A. B. Fossils of the Chalk. Field guides to fossils: 2: 238-265
- LONGORIA, J. F. (1979). Estratigrafía y microfacies del Cerro de la Silla, SE de Monterrey. Bol. Dpto. Geol. Uni-Son. 2(1): 65-95
- LÓPEZ-OLIVA, J. G. (1996). Stratigraphy of the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary transition in Northeastern and East-Central México. (Doctoral Thesis). Princeton University: p. 246.
- LÓPEZ-RAMOS, E. (1982). Geología de México. 2ª edición. Tomo II. UNAM. México, D. F: p. 454.
- MAISCH, M. W. & LEHMANN, J. (2000). *Tselfatia formosa* ARAMBOURG, 1943 (Telostei) from the Upper Cretaceous of Lower Saxony (Northern Germany). - N. Jb. Geol. Paläont., Mh (2000)8: 499-512.
- MAISEY, J. G. (1991a). *Cladocyclus*, AGASSIZ, 1841 in: MAISEY, J. G. Santana Fossils, an illustrated Atlas. T. F. H. Publications Inc. : 190-207.
- MAISEY, J. G. (1991b). *Rhacolepis* LINK, 1790. in: MAISEY, J. G. Santana Fossils, an illustrated Atlas. T. F. H. Publications Inc. :110-115.

- MAISEY, J. G. (1994). Predator-prey relationships and trophic level reconstruction in a fossil fish community. *Environ. Biol. Fishes* 40: 1-22.
- MAISEY, J. G. (1996). Non-marine occurrence of Ichthyodectiforms in the Lower Cretaceous of Brazil. *Society of Vertebrate Paleontology*: 50A
- MAISEY, J.G. (2000). Continental break up and the distribution of fishes of Western Gondwana during the Early Cretaceous. *Cretaceous Research*, 21 281-314
- MAISEY, J. G. & BLUM, S. (1990). Elopomorph fishes of the Santana Formation. *Atas do Simpósio sobre a Bacia de Araripe e Bacias Interiores do Nordeste Crato*. Crato: 351-371.
- MAISEY, J. G. & BLUM, S. (1991). *Araripichthys* SILVA SANTOS, 1985, in: MAISEY, J. G. *Santana Fossils, an illustrated Atlas*. T. F. H. Publications Inc. : p.208-215.
- MAISEY, J. G. & MOODY, (2001). A review of the problematic extinct teleost fish *Araripichthys*, with the description of a new species from the Lower Cretaceous of Venezuela. *American Museum Novitates* 3324: 1-27.
- MALDONADO-KOERDELL, M. (1956): Peces fósiles de México III. Nota preliminar sobre los peces del Turoniano Superior de Xilitla, San Luis Potosí, México. *Ciencia*, 16(13): 31-35.
- MARINCOVICH, L., BROWERS, E. M., HOPKINS, D. M. & MCKENNA, M. C. (1990). Late Mesozoic and Cenozoic paleogeographic and paleoclimatic history of the Arctic Ocean Basin, based on shallow-water marine faunas and terrestrial vertebrates. In: GRANTZ, A., JOHNSON, L. & SWEENEY, J. F. *The Arctic Ocean Region. Geological Survey of America. The Geology of North America, Vol. L*: 403-426.
- MARTILL, D.M. (1987). A taphonomic and diagenetic case study of partially articulated ichthyosaur. *Palaeontology*, Vol. 30, Part 3, p. 543-555.
- MARTILL, D. M. (1988). Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*, 31(1): 1-18.
- MARTILL, D. M. (1990a). Macromolecular resolution of fossilized muscle tissue from an elopomorph fish. *Nature*. 346: 171-172.
- MARTILL, D. M. (1990b). The significance of the Santana Biota. *Atas do Simpósio sobre a Bacia de Araripe e Bacias Interiores do Nordeste Crato*. Crato: 253-263.
- MARTILL, D. M. (1993a). Soupy Substrates: A medium for the exceptional Preservation of Ichthyosaurs of the Posidonia Shale (Lower Jurassic) of Germany. *Kaupia. Darmstädter Beiträge zur Naturgeschichte*. Heft. 2: 77-97.
- MARTILL, D, M. (1993b). *Fossils of the Santana and Crato Formation, Brazil* Paleontological Association, London: p.159.
- MARTILL, D. M.(1997) Fish oblique to bedding in early diagenetic concretions from the Cretaceous Santana Formation of Brazil. Implications for substrate consistency. *Paleontology*, Vol. 40. Part: 1011-1026.

- MARTILL, D. M. & FIGUEIRA, B. M. (1994). A new feather from the lower Cretaceous of Brazil. *Paleontology*. 37 (3): 483-487.
- MARTILL, D. M. & D. M. UNWIN. (1997). Small spheres in fossil bones: blood corpuscles or diagenetic products?. *Palaeontology*, Vol. 40, Part 3. P. 619-624.
- MARTILL, D. M., CHONG-D., G. & PARDO, R. (1998). A new pycnodont (Pisces, Actinopterygii) from the Jurassic of Chile. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.* 8: 485-493.
- McFARLAND, E. & MENES, L. S. (1991). Lower Cretaceous. In: SALVADOR, A: The Gulf of Mexico Basin. The Geological Society of North America Inc. Austin: 181-204.
- MOODY, J. M. & MAISEY, J. G. (1994). New cretaceous marine vertebrate assemblages from North-Western Venezuela and their significance. *J. Vert. Paleont.* 14 (1): 1-8.
- MORÁN-ZENTENO, D. (1994). Geology of the Mexican Republic. *Am. Assoc. Petrol. Geol.* 39: p. 160.
- MUIR, J. M. (1934). Limestone reservoir rocks in the Mexican oil fields. In: Problems of petroleum geology. *Am. Assoc. Petrol. Geol.*: 377-398.
- MUIR, J. M. (1936). Geology of the Tampico Region México. *The Am. Assoc. Petrol. Geol.*: p. 280.
- NELSON, J. S. (1994): *Fishes of the World*. John Wiley & Sons; New York: 600 pp
- NUMMEDAL, D. (1991). Shallow marine storm sedimentation. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. *Cycles and events in Stratigraphy*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 227-248..
- NURSALL, J. R. (1996a): Distribution and ecology of pycnodont fishes. In: ARRATIA, G. & VIOHL, G: *Mesozoic fishes - systematics and paleoecology*, Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München: 115-124.
- NURSALL, J. R. (1996b). The phylogeny of pycnodont fishes. - In: ARRATIA, G. & VIOHL, G: *Mesozoic fishes - systematics and paleoecology*; Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München 125-152
- NURSALL, J. R. (1999a). The family Mesturidae and the skull of pycnodont fishes. In: ARRATIA, G & SCHULTZE, H-P. *Mesozoic fishes 2*. Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München: 153-188.
- NURSALL, J. R. (1999b). The pycnodontiform Bauplan: The morphology of a successful taxon. In: ARRATIA, G & SCHULTZE, H-P.. *Mesozoic fishes 2*. Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München: 189-214.
- OSCHMANN, W. Anaerobic-Poikilothermic-Aerobic: a new facies zonation for modern and ancient neritic redox facies. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. *Cycles and events in Stratigraphy*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 565-571..
- PADILLA Y SÁNCHEZ, R. J. (1978). Geología y estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste del estado de Nuevo León. *UNAM. Rev. Inst. Geol.* 2 (1): 37-44.
- PADILLA Y SÁNCHEZ, R. J. (1982) Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción de Oro, Saltillo y Monterrey, México. - 232 pp.; unpublished. Ph. D. thesis (Univ. Texas, Austin).
- PÁRAMO-FONSECA, M. (1997a). *Bachea huilensis* nov.gen., nov. sp., premier Tselfatoidei (Teleostei) de Colombie. - *Acad. des Scien.* 325: 147-150.

- PÁRAMO-FONSECA, M. (1997b). Les vertébrés marines du Turonien de la Vallée Supérieure du Magdalena, Colombie. - 228 pp.; unpublished. Ph. D. thèse (Univ. Poitiers).
- PATTERSON, C. (1967). A second specimen of the Cretaceous teleost *Protobrama* and the relationships of the sub-order Tselfatoidei. *Aktiv för Zoologi*, 19(8): 215-234.
- PATTERSON, C. (1993). Osteichthyes:Teleostei. In: BENTON, M. J. The fossil record 2. Chapman and Hall. London: 621-656.
- PATTERSON, C. & ROSEN, D. E. (1977). Review of ichthyodectiform and other Mesozoic teleost fishes and the theory and practice of classifying fossils. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Vol. 158, Article 2, p. 83-158.
- PESSAGNO, JR. E. A. (1967). Upper Cretaceous stratigraphy of the Western Gulf Coast area of Mexico, Texas and Arkansas. *Geol. Soc. Amer. Mem.* III (1-139): p. 60.
- PICTET, F. J. (1850). Description des quelques poissons fossiles du Mont Liban. J.-G. FICK. Genève: p. 59
- PICTET, F. J. & HUMBERT, A. (1866). Nouvelles recherches sur les poissons fossiles du Mont Liban. *Géologie*. Gorg. vii: p. 114
- POYATO-ARIZA & WENZ, (1995). Ichthyofauna. In: MELÉNDEZ, N. Las Hoyas, a lacustrine Konservat-Lagerstätte, Cuenca, Spain, Field trip guide book. Edición Universidad Complutense de Madrid, Madrid: 43-50.
- POYATO-ARIZA, F. J. & WENZ, S. (2000). A new pycnodontiform fish from the Early Cretaceous of Las Hoyas (Cuenca, Spain). *Bull. Soc. Géol. France* 171 (2): 251-258.
- POYATO-ARIZA, F. J. & WENZ, S. (2002). A new insight into pycnodontiform fishes. *Geodiversitas* 24(1): 139-248.
- POYATO-ARIZA, F. J., TALBOT, M. R., FREGENAL-MARTÍNEZ, M. A., MELÉNDEZ, N. & WENZ, S. (1998). First isotopic multidisciplinary evidence for nonmarine coelacanths and pycnodontiform fishes: palaeoenvironmental implications. *Paleo. Paleo. Paleo.* 144: 65-84
- PRIEM, M. F. (1898). Sur des Pycnodontes et des squales du Crétacé Supérieur du Bassin de Paris (Turonien, Sénonien, Montien Inférieur). *Bull. Soc. Géol. De France*. 3me Série: 229-245.
- RAAB, M. (1963). Fossil fish and reptiles from Late Campanian phosphatic deposits of the Negev Region of Israel. *Israel J. Earth-Sci.*, 12: 26-40.
- RICKEN, W. (1991) Variation of sedimentation rates in rhythmically bedded sediments: distinction between deposits types. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. *Cycles and events in Stratigraphy*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 167-187.
- RIDEWOOD, W. G. (1921). On the calcification of the vertebra centra in sharks and rays. *Phil. Trans. R. Soc. London*. 210: 311-407.
- ROMER, A. S. (1966). *Vertebrate paleontology*. 3th Ed. Univ. Chicago Press. Chicago: p.486.
- ROMER, A. S. & PARSONS, T. S.. (1986). *Anatomía Comparada*. 5ª. Edición. Nueva Editorial Interamericana. México, D.F. 428pp.

- ROSEN, D. E. (1973). Interrelationships of higher euteleosteans fishes. In: GREENWOOD, P. H.; MILES, R. S. & PATTERSON, C. Interrelation of fishes. Suppl. 1. Zool. J. Linn. Soc. Vol. 53. Academic Press, London: 397-513.
- RUSSELL, D. A. (1988). A check of list of North American marine Cretaceous vertebrates including fresh water fishes. Occasional papers of the Tyrell Museum of Paleontology. 4: p. 57.
- RUSSELL, D. A. (1993). Vertebrates in the Cretaceous Western Interior. In: CALDWELL, W. G. E. & KAUFFMAN, E. G. Evolution of Western Interior Basin. Geological Association of Canada. Special Paper: 665-680.
- SAINT-SEINE, P. DE (1949). Les poissons des calcaires lithographiques de Cerin (Ain). Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon 2: 1-537.
- SAVRDA, C. E. & BOTTJER, D. J. (1987). The exaerobic zone, a new oxygen-deficient marine biofacies. Nature 327 (7): 55-56.
- SAVRDA, C. E., BOTTJER, D. J. & SEILACHER, A. (1991). Redox-related benthic events. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 524-541.
- SCHAIRER, G. & JANICKE, V. (1970). Sedimentologisch-paläontologische Untersuchungen an den Plattenkalken der Sierra de Monsech (Prov. Lérida, NE-Spanien). N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 2: 171-189.
- SCHÄFFER, W. (1972) Ecology and paleoecology of marine environments (English translation). Oliver & Boyd, Edinburgh, 568 p.
- SCHOENHERR, P. (1988). Litho-und Mikrobiostratigraphie der Mittel-und Oberkreide Nordmexikos (Alb bis Campan). Doktorarbeit (Ph.D. These) Universität Hannover: 1-176.
- SCHWIMMER, D. R.; STEWART, J. D. & WILLIAMS, G. D. (1992). Late Cretaceous *Xiphactinus* fossils in eastern United States are not necessarily *X. audax*. J. Vert. Paleont.(Suppl. To 3). 51A.
- SCHWIMMER, D. R., STEWART J. D. & WILLIAMS, G. D. (1997). Scavenging by sharks of the genus *Squalicorax* in the late Cretaceous of North America. Palaios. V.12, p. 71-83.
- SCOTT, R. W. (1984). Mesozoic biota and depositional systems of the Gulf of Mexico-Caribbean region. In: Jurassic Cretaceous Biochronology and paleogeography of North America. Geol. Ass. Can. Special Paper. 27: 49-64.
- SEIBERTZ, E. (1986). Paleogeography of the San Felipe Formation (Mid-Cretaceous, NE México) and facial effects upon the Inoceramids of the Turonian/Coniacian transition. Zbl. Geol. Paläont. Teil I. H.9/10: 1171-1181.
- SEIBERTZ, E. (1988). Desarrollo cretácico del Archipiélago de Tamaulipas I. Litogénesis, paleogeografía y datación bioestratigráfica de la Formación San Felipe por medio de inocerámidos en el estado de Nuevo León (Turoniano, NE México). Actas Fac. Ciencias Tierra, UANL. 3: 9-29.
- SEIBERTZ, E. (1989). Contributions to the transport behaviour of glauconite exemplified in Northeast Mexican Mid-Cretaceous strata. Zbl. Geol. Paläont. Teil I. H. 5/6: 839-845.

- SEIBERTZ, E. (1998). Evolution of the Mid-Cretaceous in Northern Mexico under paleogeographic aspects. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15 (1): 87-90.
- SEILACHER, A. (1970). Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*: 34-39.
- SEILACHER, A. (1990). Taphonomy of Fossil-Lagerstätten (an overview). In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. *Paleobiology (A Synthesis)*. Blackwell Scientific Publications. 266-270p.
- SEILACHER, A. REIF, W.E. & WESTPHAL, F. (1985). Sedimentological, ecological and temporal patterns of *Fossil-Lagerstätten*. *Proc. R. Soc. London* 311B: 5-23.
- SHIMADA, K. (1993a). Upper Cretaceous elasmobranchs from the Blue Hill Shale Member of the Carlile Shale, Western Kansas. *Abstract Missouri and Kansas Academies of Science, Kansas City*. 13: p. 78.
- SHIMADA, K. (1993b). Preliminary report of the Upper Cretaceous shark *Cretoxyrhina mantelli*, from Western Kansas. *J. Vert. Paleont.* 13 (Supplement to No.3): 57A.
- SHIMADA, K. (1994). Occurrence of *Ptychodus whippley* in Kansas and its potential diet. Abstracts of papers presented at the 126th Kansas Acad. Sci. Annual Meeting. 13:35.
- SHIMADA, K. (1996). Selacians from the Fort hays Limestone Member of the Niobrara Chalk (Upper Cretaceous), Ellis County, Kansas. *Trans. Kansas Acad. Sc.* 99(1-2): 1-15
- SHIMADA, K. (1997a). Gigantic Lamnoid shark vertebra from the Lower Cretaceous Kiowa Shale of Kansas. *J. Paleontology*. 7 (3), p. 522-524.
- SHIMADA, K. (1997b). Periodic marker bands in vertebral centra of the Late Cretaceous lamniform shark *Cretoxyrhina mantelli*. *Copeia*, 1997 (1): 233-235.
- SHIPMAN, P. (1981). Life history of a fossil. An introduction to Taphonomy and Paleoecology. Harvard University Press. Cambridge- Massachusetts- London: 222p.
- SHIRAI, S. 1996. Phylogenetic interrelationships of neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii). In: STIASSNY, J., PARENTI, L. R. & JOHNSON, G. D. *Interrelationships of fishes*. Academic Press, San Diego, p. 9-34.
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1950). *Anaedopogon*, *Chiromistus* e *Enelichthys*, como sinónimos de *Cladocyclus*, da família Chirocentridae. *An. Acad. Brasil. Ciênc.* 22 (1): 123-134.
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1968). A paleoictiofauna da Formação Santana: Holostei: família Gyrodontidae. *An. Acad. Brasil. Ciênc.* 40 (4): 491-497.
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1970). A paleoichthiofauna da Formação Santana-Holostei: Família Girodontidae. *An. Acad. Brasil. Ciênc.* 42 (3): 445-452.
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1976). A paleoichtiofauna da Formação Muribeca. (Resul. Da Excursão paleont. E Estratigráfica da Acad. brasil. Ciên., em 1976 no Nordeste Brasileiro). *Resumos Comm., An. Acad. brasil. Ciênc.* 48 (4): 788
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1983). *Araripichthys castilhoi* novo gênero e espécie de actinoptergio da Formação Santana, Chapado do Araripe, Brasil. VIII Congr. Brasil. Paleont., Rio de Janeiro, Resumos comm. : 27.

- SILVA-SANTOS, R. DA. (1985). *Araripichthys castilhoi* novo gênero e espécie de Telostei da Formação Santana, Chapado do Araripe, Brasil. Colet. Trab. Paleont. Brasil., D. N. P. M. : 133-139.
- SILVA-SANTOS, R. DA. (1986). Posição Taxonómica do *Cladocycclus woodwardi* (Silva Santos) do Cretaceo do Brasil. An. Acad. Brasil. Ciênc., 58(2): 29-231.
- SILVA-SANTOS, R. DA & GÓMEZ-VALENÇA, J. F. (1968). A Formação Santana e sua paleoictiofauna. Anais. Acad. Brasil. Cienc. Rio de Janeiro 40: 339-360.
- SILVA-SANTOS, R. DA & OLIVERIA, A. R. DE. (1994). *Rhacolepis buccalis* Agassiz 1841 (Pises, Elopomorpha) no Crétaceo Inferior da Colombia, AS. Anais, Acad. Brasil. Ciênc. 66: 167-171.
- SIVERSON, M. (1996). Lamniform sharks of the Mid Cretaceous Alinga Formation and Beedagong Claystone Western Australia. Palaeontology, Vol. 39, p. 813-849.
- SIVERSON, M. (1999). A new large lamniform shark from the uppermost Gearle Siltstone (Cenomanian, Late Cretaceous) of Western Australia. Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci., 90: 49-65.
- SMITH, A. G. ; SMITH, D. G. & FURNNELL, B. M. (1994). Atlas of Mesozoic and Cenozoic coastlines. Cambridge University Press. London: 1-99.
- SMITH, M. M. & HEEMSTRA, P. C. (1986). Smith's Sea Fishes. Springer Verlag. Heidelberg.: 700p.
- SOHL, N. F., MARTÍNEZ, E., SALMERÓN-UREÑA, P. & SOTO-JARAMILLO, F. (1991). Upper Cretaceous. In: SALVADOR, A: The Gulf of Mexico Basin. (The Geological Society of North America Inc.). Austin: 204-244.
- SORBINI, L. (1976). L'Ittiofauna Cretacea di Cinto Euganeo (Pavova Nord Italia). Boll. Mus. Civ. Storia Nat. Verona 3: 469-567.
- SOTO-JARAMILLO, C. (1981). Zonificación microfaunística del Cañón de la Borrega, Tamaulipas. Rev. Inst. Mex. Petrol. 13 (4): 7-23.
- STEWART, J. D. (1988a). The stratigraphic distribution of the Late Cretaceous Protosphyraena in Kansas and Alabama. In: Nelson, M. E. Geology, Paleontology and Biostratigraphy of Western Kansas. Articles in Honor of Myrl V. Walker. Fort Hays Studies, 3e er., Science: 80-94.
- STEWART, J. D. (1988b). Palaeology and the first North American west coast record of the shark genus *Ptychodus*. J. Vert. Paleont. 8 (supp. No. 3): 27A
- STEWART, J. D. (1990) Niobrara Formation vertebrate stratigraphy. In: BENNET, S. C. Soc. Vert. Paleont. 50th Aniversary Meeting (Lawrence, Kansas). Niobrara Chalk Excursion Guidebok.
- STEWART, J. D. (1999). A new genus of Saurodontidae (Teleostei: Ichthyodectiformes) from Upper Cretaceous rocks of the Western Interior of North America. In: ARRATIA, G & SCHULTZE, H-P. Mesozoic fishes 2. Verlag DR. FRIEDRICH PFEIL. München: 335-360.
- TABASTE, N. (1963). Etude de restes de poissons du Crétacé saharien. Mémoire IFAN, Mélanges Ichthyologiques, 68: 437-485.
- TAVERNE, L. (1973). Les affinités systematiques des téléostéens fósiles de L'Orde des Ichthyodectiformes. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet. 49 (6):1-11.

- TAVERNE, L. (1974). A propos de *Tselfatia* ARAMBOURG, C. 1943 (Cénomanién du Maroc), de *Protobrama* WOODWARD, A. S. 1942 (Cénomanién du Liban) et du rapport éventuel des Tselfatioïdes fósiles (Crétacé) et des Téléostéens du Super-Ordre des Ostéoglossomorphes. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. 105: 53-72.
- TAVERNE, L. (1975). A propos de *Tselfatia* ARAMBOURG, C. 1943. (Cenomanian du Maroc), de *Protobrama* WOODWARD, A. S. 1942. (Cenomanian du Liban) et du rapport éventuel des Tselfatioïdes fósiles (Crétacé) et des Téléostéens du superordre des Osteoglossomorphes. Ann. Soc. Zool. Belg. 105: 53-72.
- TAVERNE, L. (1976a) Les Téléostéens fossils du Crétacé Moyen de Kipala (Kwango, Zaïre. Mus. Roy. Afr. Centr. Ann. 79: 1-39.
- TAVERNE, L. (1976b). A propos d'*Elopopsis microdon* HECKEL, J. J., 1856, du Crétacé moyen d'Afrique et d'Europe et des affinités systématiques de la famille fossile des Pachyrhizodontidae au sein des Téléostéens primitifs, Rev. Zool. afr., 90 (2): 487-496.
- TAVERNE, L. (1981). Les Actinoptérygiens de l'Aptien Inférieur (Töck) d'Helgoland. Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg. H.51: 43-81.
- TAVERNE, L. (1983). Ostéologie et affinités systématique de *Tselfatia formosa*, Téléostéen fossile du Crétacé supérieur de la Mésogène Eurafrique. Anns. Soc. r. Zool. Belg. 113(2):165-181.
- TAVERNE, L. (1986). Ostéologie et affinités systématiques de *Chirocentrites vexillifer* du Crétacé supérieur de la Mésogée Eurafrique. Considération sur la phylogénie de Ichthyodectiformes, Poissons Téléostéens du Jurassique et du Crétacé. Anns. Soc. r. Zool. Belg. 116(1): 33-54.
- TAVERNE, L. (1987a). On the cranial and caudal osteology of the Cretaceous marine Teleost Pachyrhizodus (Pachyrhizodontidae: Crossognathiformes). Biol. Jb. Dodonaea, 55 (1): 136-145.
- TAVERNE, L. (1987b). Ostéologie de *Cyranichthys ornaticissimus* nov. gen du Cénomanién du Zaïre et de *Rynchodercetis yovanovitchi* du Cénomanién de l' Afrique du Nord. Les relations intergénériques et la position systématique de la famille néocrétacique marine des Dercetidae. Mus. Roy. Afr. Centr. Rapp. Ann.: 93-112.
- TAVERNE, L. (1991a). *Greenwoodella tockensis* TAVERNE & ROSS, 1973 from the marine Lower Aptian (Töck) of Helgoland (West Germany), the oldest known Pachyrhizodontid Fish (Teleostei, Crossognathiformes). Geol. Jb. A 120(2): 305-309.
- TAVERNE, L. (1991b). New considerations on the osteology and the phylogeny of the Cretaceous marine teleost family Dercetidae. Biol. Jb. Dodonaea, 58: 94-112.
- TAVERNE, L. (1994) Ostéologie et affinités du téléostéen crétacique *Elopopsis microdon* (Pisces, Crossognathiformes, Pachyrhizodontidae), Biol. Jb. Dodonaea 61: 172-192.
- TAVERNE, L. (1996). Révision de *Tingitanichthys heterodon* (ARAMBOURG, 1954), nov. gen. (Teleostei, Pachyrhizodontidae) du Crétacé supérieur marin du Maroc. Biol. Jaarb. Dodonaea, 63: 133-151.
- TAVERNE, L. (1997). Les Poissons Crétacés de Nardo. 3° L'Orde des Ichthyodectiformes (Pisces: Teleostei). Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 21: 383-400.

- TAVERNE, L. (1999). Révision de *Zanclites xenerus*, Téléostéen (Pisces, Tselfatifformes) marin du santonien (Crétacé Supérieur) du Kansas (États-Units). - *Bel. J. Zool.*, 129: 421-438.
- TAVERNE, L. (2000). *Tselfatia formosa*, téléostéen marin du Crétacé (Pisces, Actinopterygii), et la position systématique des Tselfatifformes ou Bababogmiformes. - *Geodiversitas* 22(1): 5-22.
- TAVERNE L. & ROSS, P. H. (1973). Fischreste aus dem Töck (Unter-Aptien) von Helgoland. *Meyniana*, 23: 99-111.
- TAVERNE, L. & BRONZI, P. (1999) Les Posissons Crétacés de Nardo. 9°. Note complémentaire sur le Saurodontinae (Telesotei, Ichthyodectiformes): *Saurodon elongatus*. *Studi e Ricerche sui Giacimenti Terziari di Bolca*. VIII. Mus. Civ. St. Nat Verona. 105-116.
- TAVERNE, L. & CHANET B., (2000). *Faugichthys loryi* n. gen., n. sp. (Teleostei, Ichthyodectiformes) de l'Albien terminal (Crétacé inférieur marin) du vallon de la Fauge (Isère, France) et considérations sur la phylogénie des Ichthyodectidae, *geodiversitas* 22 (1) 23-34.
- THURMOND, J. T. (1974). Lower vertebrate faunas of the Trinity division in North Central Texas. *Geoscience and Man*, 8: 103-129.
- TINTORI, A. (1981). Two new pycnodonts (Pisces, Actinopterygii) from the Upper Triassic of Lombardi (N. Italy). *Riv. It. Paleont. Stratig.* 86 (4): 797-824.
- TINTORI, A. (1991). Fish taphonomy and Triassic anoxic basins from the Alps: a case history. *Riv. It. Paleont. Strati.* 97(3-4): 393-408.
- TURNER, S. (1996). Mesozoic fish in Queensland, especially *Saurichthys*. - In: ARRATIA, G. & VIOHL, G.: *Mesozoic fishes - systematics and paleoecology*; München (DR. FRIEDRICH PFEIL).
- VEGA-VERA, F. J. (1987). Importancia geológico-estratigráfica de la transición Cretácico Superior-Terciario en la Cuenca de la Popa (grupo Difunta), Nuevo León. In: *El Cretácico de México y América Central*. Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra. No2: 107-110.
- VERA-TORRES, A. (1994). Estratigrafía. Principios y Métodos. Editorial Rueda. Madrid: p. 806.
- VIOHL, G. (1990). Solnhofen lithographic limestone. Taphonomy of Fossil-Lagerstätten. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. *Paleobiology (A Synthesis)*. Blackwell Scientific Publications. 285-289.
- VON DER MARCK, W. (1858). Ueber einige Wierbeltiere, Kruster und Cephalopoden der Westphälischen Kreide. *Z. df. Geol. Ges. Berlin*. 10: 231-271.
- WALDMAN, M. 1960. *Ichthyodectes* and *Holcolepis* from the Cretaceous of Lac des Bois, Northwest Territories, Canada. *Can. J. of Earth Sciences*. 6: 1316-1319.
- WEIDIE, A. E. & WARD, W. C. (1987). Laramide tectonics and Upper Cretaceous-Lower Tertiary center of deposition, NE Mexico. *El Cretácico de México y América Central*. Actas Fac. Ciencias Tierra UANL: 195-196.
- WELTON, B. J. & FARISH, R. F. 1993. The collector's guide to fossils sharks and rays from the Cretaceous of Texas. *Before Time*, Lewisville, Texas. 204p.

- WENZ, S. (1968). Compléments à l'étude des poissons actinoptérygiens du Jurassique français. Cahiers de Paléontologie (1967), p. 276.
- WENZ, S. (1972). Presence du sélacien *Ptychodus* (*Pt. Chapelli*) dans le Crétacé supérieur de l'Equateur (Amérique du Sud). Bull. Mus. Natn. Hist. Nat. Série 3, 74. Sciences de la Terre 13: 91-94.
- WENZ, S. (1989a). Une nouvelle espèce de *Coelodus* (Pises, Pycnodontiformes) de Crétacé Inférieur du Montsec (Province de Lérida, Espagne): *Coelodus subdiscus* n. sp. Geobios 22 (4): 515-520.
- WENZ, S. (1989b). *Iemanjia palma* n. g; n. sp. Gyrodontidae nouveau (Pises, Actinopterygii) du Crétacé Inférieur de la Chapada do Araripe (N-E du Brésil). Compt. Rend. S. Acad. Sci. Paris. 2a. 308: 975-980.
- WENZ, S. (1991). Peixos del Cretaci inferior de la Serra del Montsec (Espanya). In: MARTÍNEZ-DELCLÓS. X. Les calcaires lithographiques del Cretaci inferior del Montsec. Institut d'Estudis Ilerdencs. Lleide: 111-132.
- WENZ, S. & FRICOT, C. (1985). Présence de *Pachyrhizodus salmoneus* (GÜNTER), Pisces, Teleostei, Pachyrhizodontidae, dans l'Albien moyen de l'Aube (France). Bulletin d'Informations Géologique du Bassin de Paris, 22(4): 7-10.
- WENZ, S & BRITO, P. M. (1990). L'ichthyofaune des nodules fossilifères de la Chapada do Araripe (N-E du Brésil). Atas do I Simposio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste Crato. Brasil: 337-349.
- WENZ, S. & POYATO-ARIZA, F. J. (1995). Pycnodontiform fishes from the Early Cretaceous of Las Hoyas (Spain). II International Symposium on Lithographic Limestones, Lleida-Cuenca (Spain): 157-161.
- WENZ, S. BERNIER, P., BARALE, G., BOURSEAU, J-P., BUFFETAUT, E., GAILLARD, C. & GALL, J-C. (1993). L'ichthyofaune des calcaires lithographiques du Kimméridgien supérieur de Cerin (France). Géobios. M. S. 16: 61-70.
- WETZEL, A. (1991). Stratification in Black Shales: depositional models and timing- an overview. In: EINSELE G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A. Cycles and events in Stratigraphy. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg: 508-523.
- WIFFEN, J. (1993). The first record of *Pachyrhizodus caninus* COPE (order Clupeiformes) from the Late Cretaceous of New Zealand. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 26: 109-119.
- WILD, R. (1990). Holzmaden. Taphonomy of Fossil-Lagerstätten. In: BRIGGS, D.E.G & CROWTHER, P. R. Paleobiology (A Synthesis). Blackwell Scientific Publications. 282-285.
- WILLIAMSON, T.E., J.I. KIRKLAND & S.G. LUCAS. (1993). Selachians from the Greenhorn Cyclothem ("Middle" Cretaceous: Cenomanian-Turonian), Black Mesa, Arizona, and the paleogeographic distribution of Late Cretaceous Selachians. J. Paleontology. 67 (3): 447-474.
- WILSON, J. L. (1975). Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag. New York: 1-471.
- WILSON, J. L. (1990a). Basement structural controls on carbonate facies in northeastern Mexico-a review. Sp. Publ. Int. Ass. Sediment. 9: 235-255.

- WILSON, J. L. (1990b). Basement structural controls on Mesozoic carbonate facies in Northeastern Mexico-a review. *Actas Fac. Ciencias Tierra UANL*. 4: 5-45.
- WILSON, M. V. H. (1978). Upper Cretaceous marine Teleostei from the basal Kanguk Formation, Bank Islands, Northwest Territories. *Can. J. Earth Sci.* 20: 1745-1751.
- WILSON, M. V. H. & CHALIFA, Y. (1989). Fossil marine actenopterigyan fishes from the Kaskapau Formation (Upper Cretaceous: Turonian) near Watino, Alberta. - *Canad. J. Earth Sci.*, 26: 2604-2620.
- WHITE, C. A. (1913). Petroleum field of northeastern Mexico between the Tamesí and Tuxpan rivers. *Geol. Soc. America Bull.* 24: 253-274.
- WOODWARD, A. S. (1901). Catalogue of the fossil fishes in the British Museum (Natural History). *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 4: 1-636.
- WOODWARD, A. S. (1907). Notes on some Upper Cretaceous fish-remains from the provinces of Sergipe and Pernambuco, Brazil. *Geological Magazine*, 4(515): 193-197.
- ZANGERL, R. (1981). Chondrichthyes: I. Paleozoic Elasmobranchii. - In: SCHULTZE, H. P. (Ed.): *Handbook of Paleichthyology*, Volume 3. GUSTAV FISCHER-Verlag.- Stuttgart: p. 115

APÉNDICE

Se incluyen en éste apéndice los trabajos publicados durante la realización de esta tesis. Dichos artículos son el resumen de los datos obtenidos en este trabajo y abordan las diferentes temáticas tratadas en este volumen: Paleontología Sistemática y Tafonomía. Los artículos son incluidos en orden cronológico.

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: ulj3@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, teleósteos, 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,

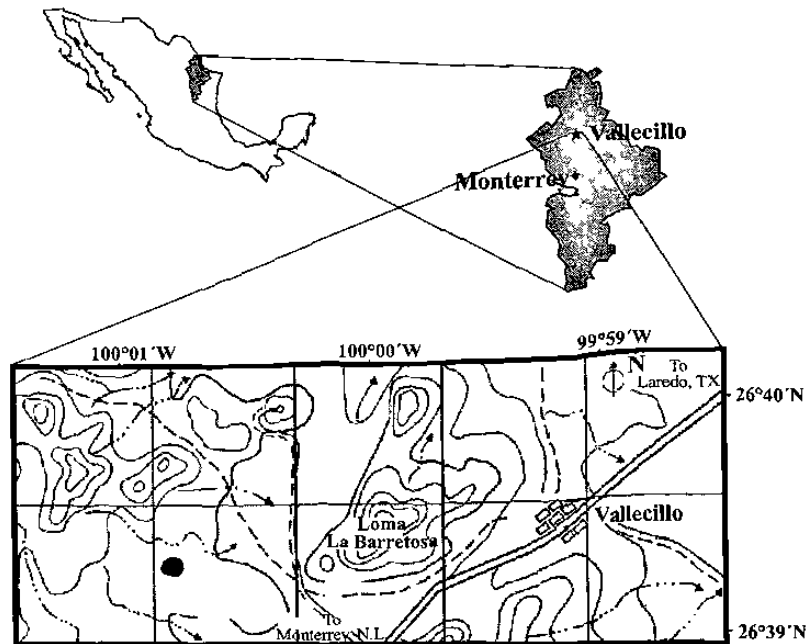


Figura 1. Localización del municipio de Vallecillo, Nuevo León. El círculo negro en el mapa indica la ubicación de las canteras fosilíferas.

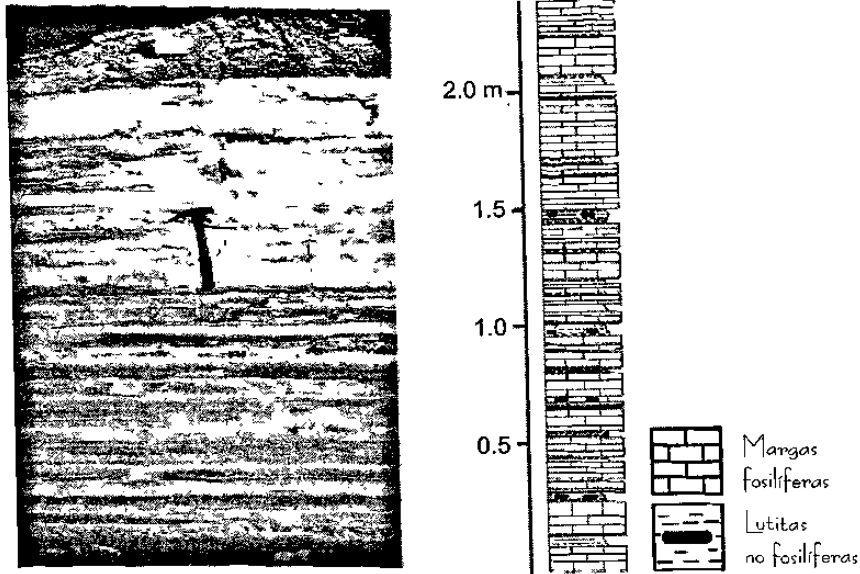


Figura 2. Perfil litológico de las capas fosilíferas de la Formación Agua Nueva. Valfecillos, Nuevo León.

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 mortonii* 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 esplenial 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).

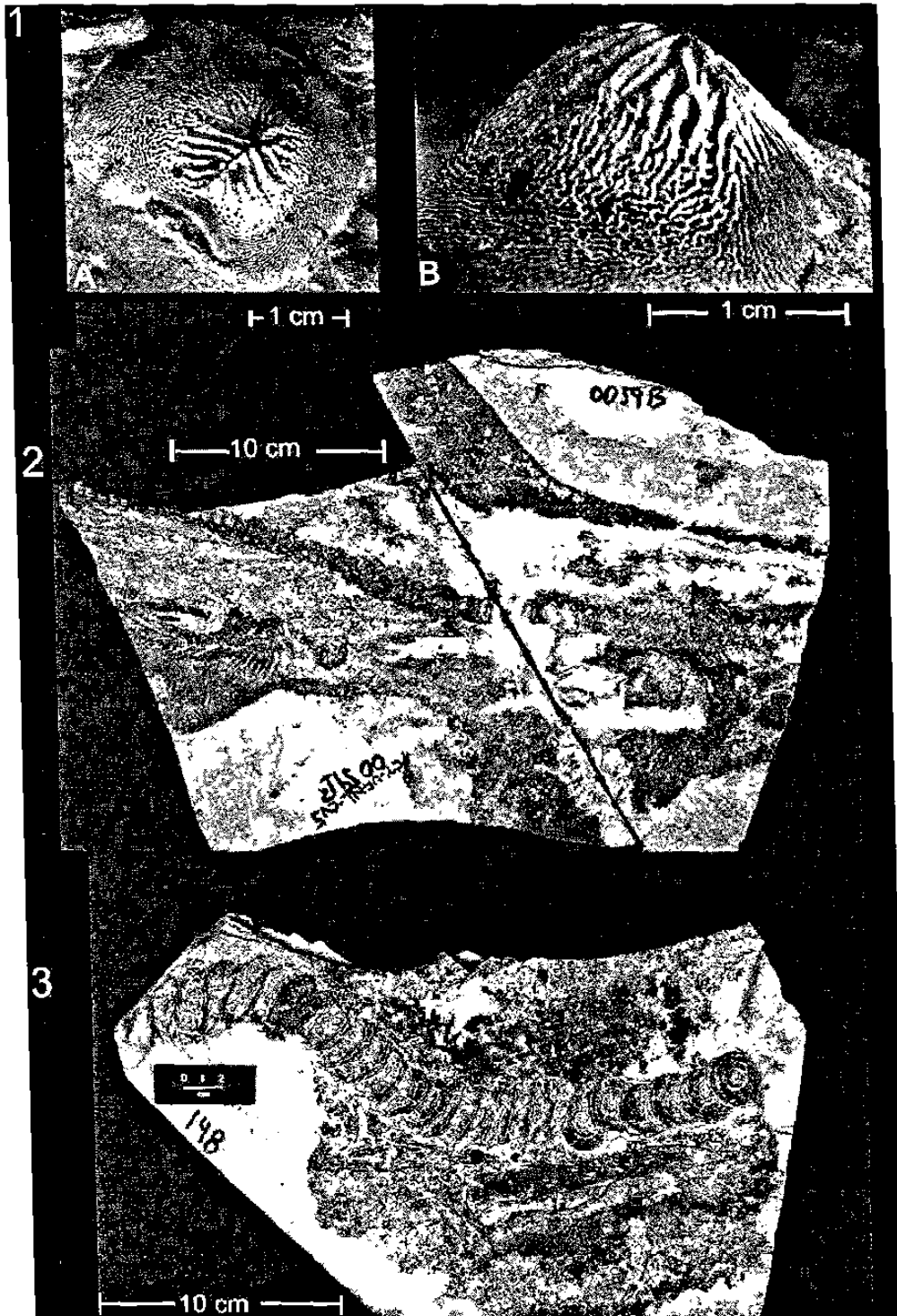


Lámina I.

1. Dientes aislados de *Pseudodus 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.

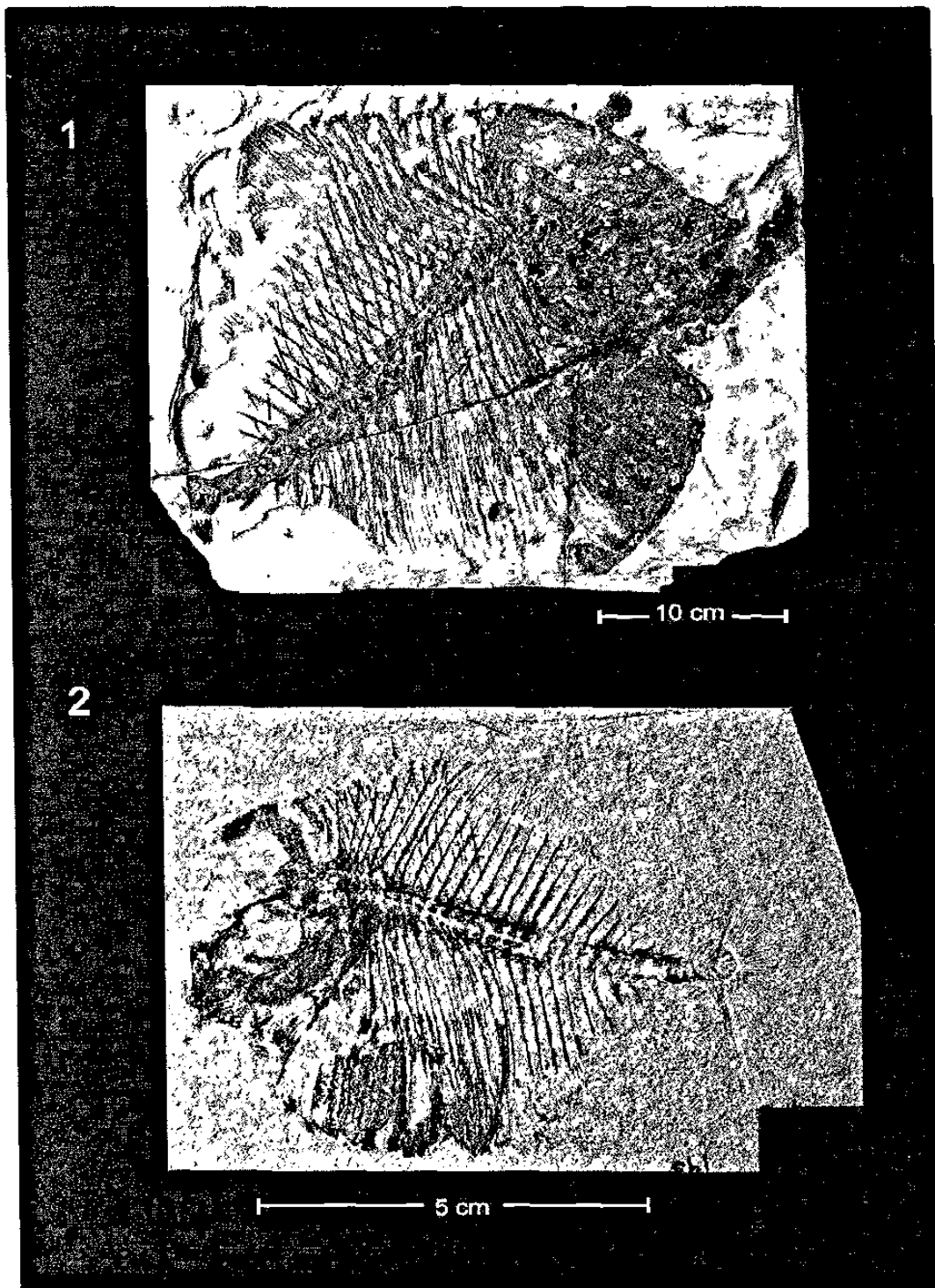


Lámina II.

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

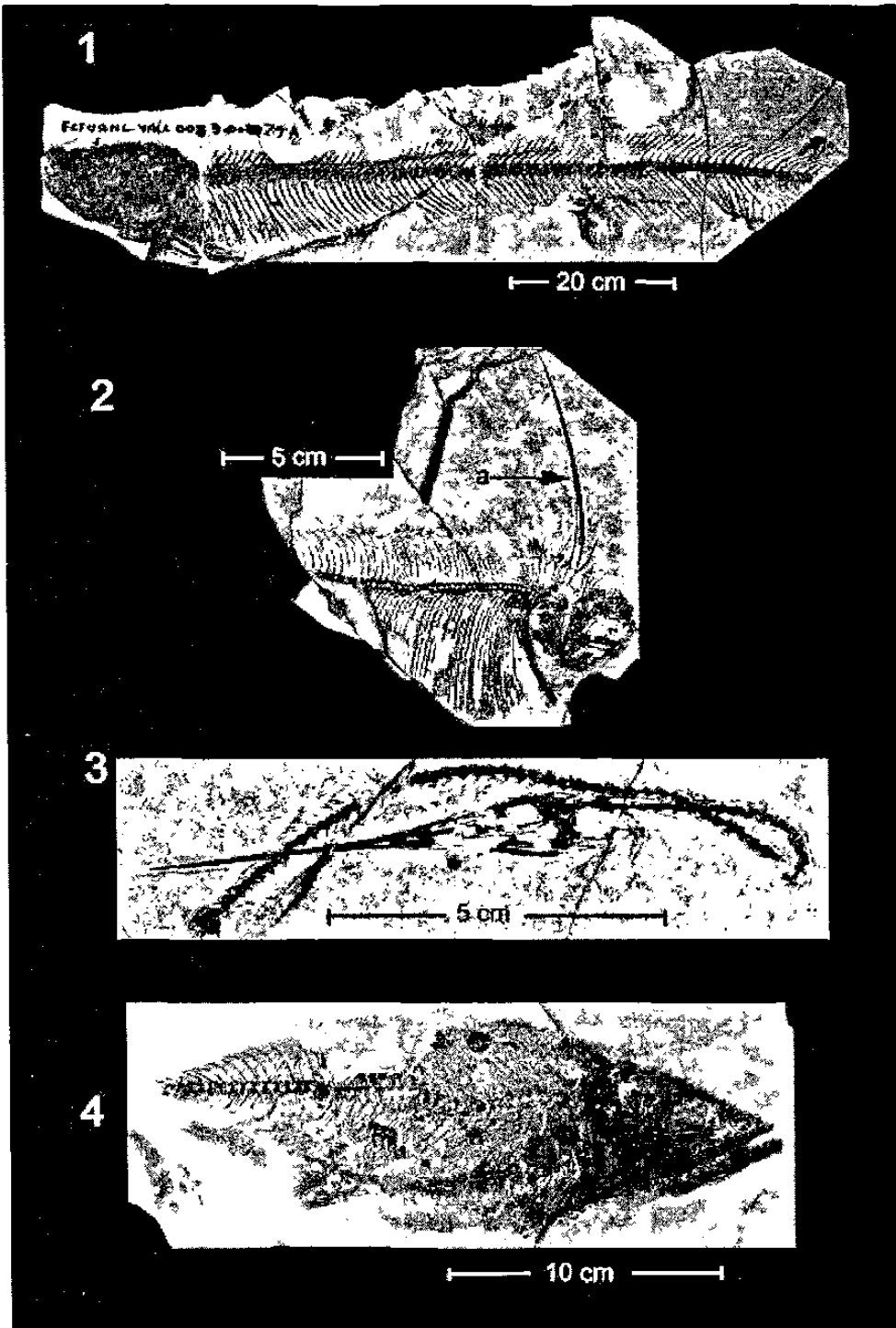


Lámina III.

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 Pachyrhizodontidae.

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 10 cm 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 *Collignoniceras* 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 *Collignoniceras*, 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, pachyrhizodontos 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

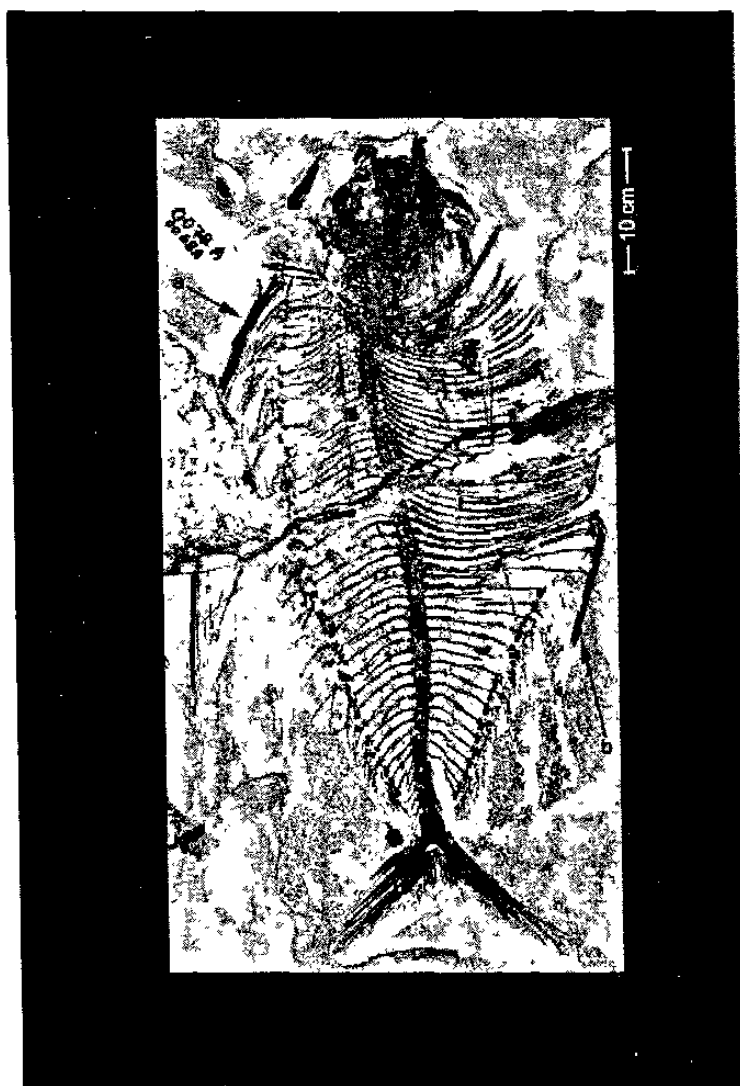


Lámina IV.

Pez tselfatiiforme (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

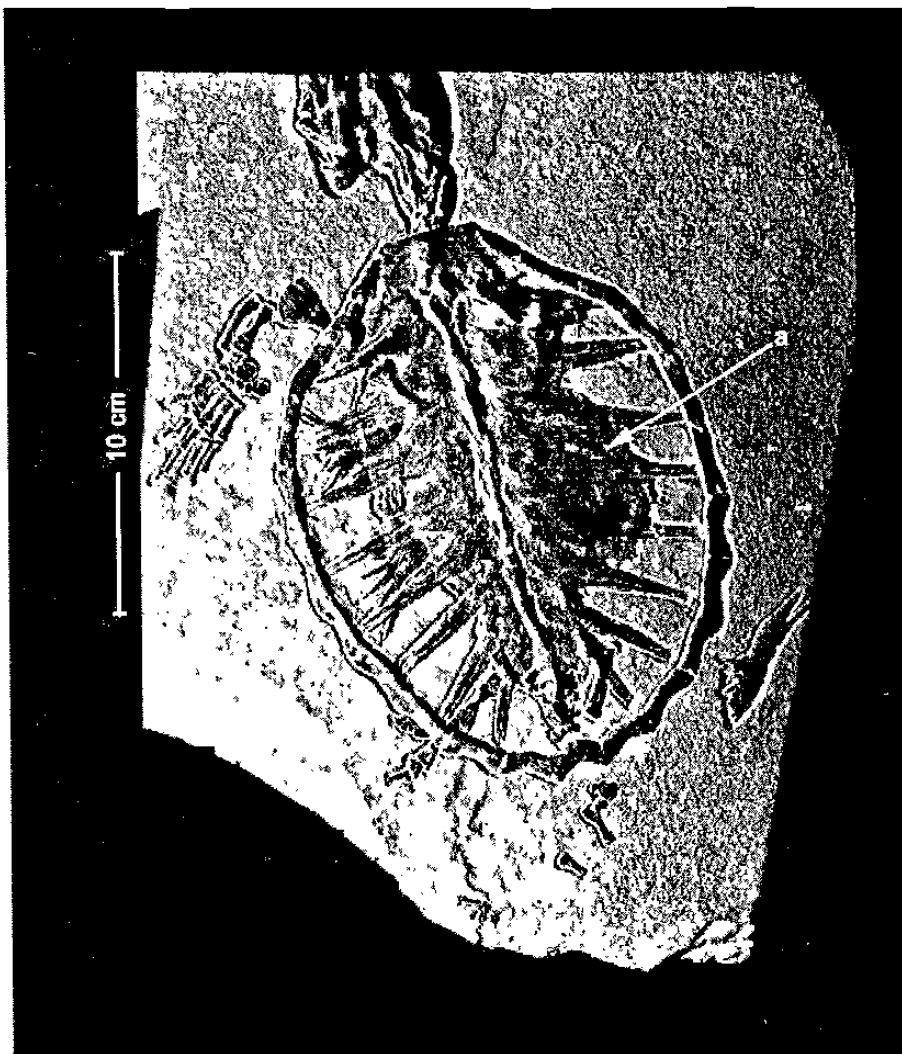


Lámina V.

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).

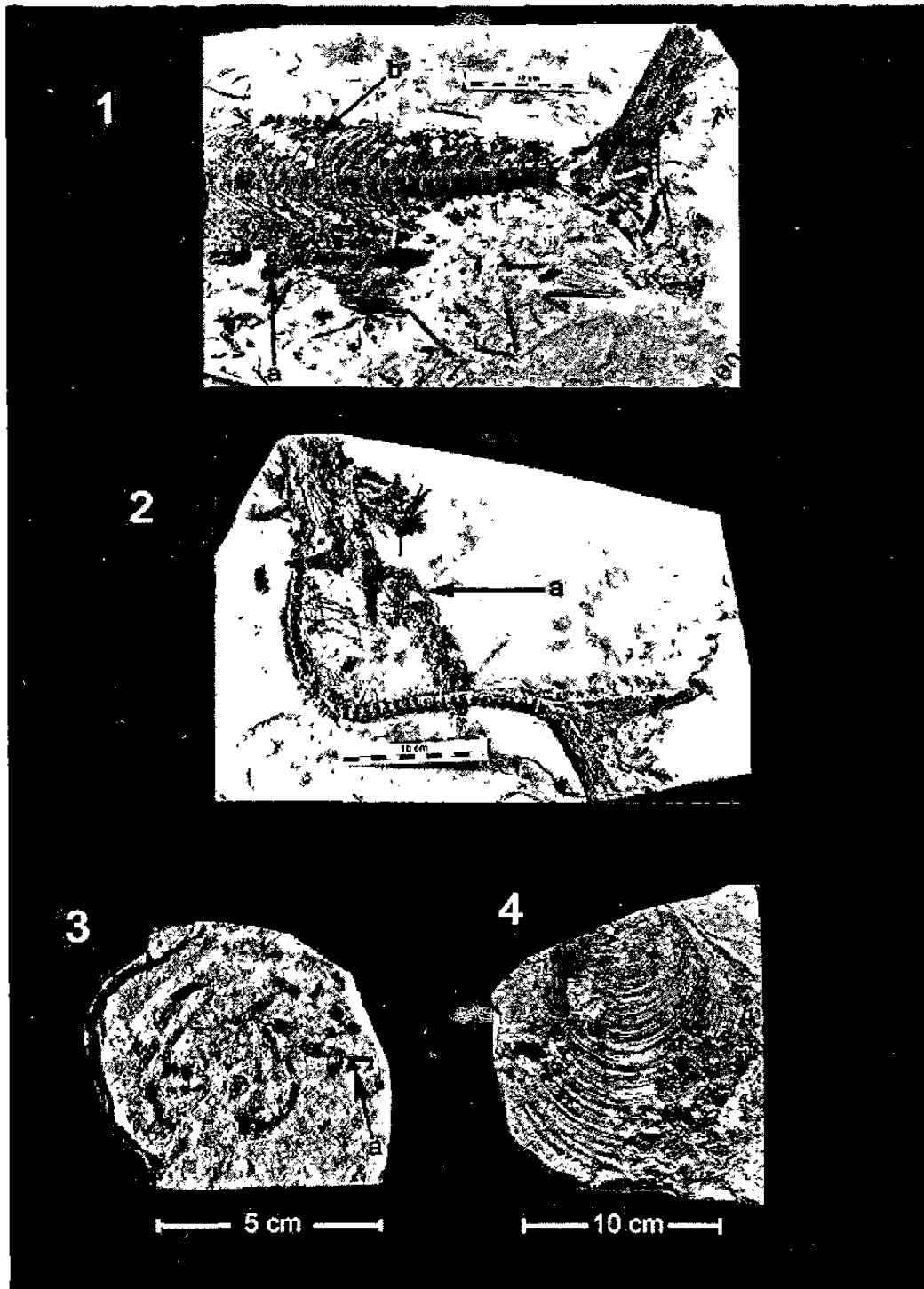


Lámina VII.

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 Haqel 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 está 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 una 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. 1/72888) 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., Pearce-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-Arrubarrena, 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.E., 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.
- Savrdá, 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.

Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern Mexico

Alberto Blanco-Piñón, Eberhard Frey, Wolfgang Stinnesbeck, Karlsruhe, and José Guadalupe López Oliva, Linares

With 5 figures

BLANCO-PIÑÓN, A., FREY, E., STINNESBECK, W. & LÓPEZ OLIVA, J. G. (2002): Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, Northeastern Mexico. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **225**: 39–54; Stuttgart.

Abstract: At Vallecillo, in the Mexican state of Nuevo León, fine-grained laminated marlstones of the Turonian Agua Nueva Formation contain a diverse and well-preserved fish fauna. Here we report on the presence of 13 taxa (most of them on a generic or family level) of which most are first occurrences for the Western Tethys during the Turonian. The fauna also suggests that faunal interchange existed between the Western Tethys and the Western Interior Seaway as well as the eastern part of the Tethys.

Zusammenfassung: In der Nähe des mexikanischen Ortes Vallecillo, Nuevo León, stehen laminierte Mergelkalke der oberkretazischen (Turon) Agua Nueva Formation an. Die Schichten sind reich an Makrofossilien und enthalten eine reichhaltige und ausgezeichnet erhaltene Fischfauna, die hier vorgestellt wird. Obwohl die meisten Taxa noch nicht präzise bestimmt wurden, zeichnen sich bereits zahlreiche Erstnachweise für die West-Tethys ab. Andere Fischtaxa weisen auf Faunenzusammenhänge zwischen der West-Tethys und dem nordamerikanischen Western Interior Seaway sowie zur östlichen Tethys hin.

Introduction

In northeastern Mexico, laminated marlstones of the Agua Nueva Formation (Turonian) are exposed in commercial quarries in the vicinity of Vallecillo, N.L., located 120 km north Monterrey (Fig. 1). Commonly, the Agua Nueva Formation consists of layers of dark-gray limestone and shale with individual beds showing a thickness of approximately 300 mm. The unit is rich in microfossils and trace fossils whereas megafossils other than inoceramids are rare (PADILLA Y SÁNCHEZ 1978, 1982; SOHL et al. 1991). At Vallecillo, however, the Agua Nueva Formation includes a member 4 m thick compris-

0077-7749/02/0225-0039 \$ 4.00

© 2002 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, D-70176 Stuttgart

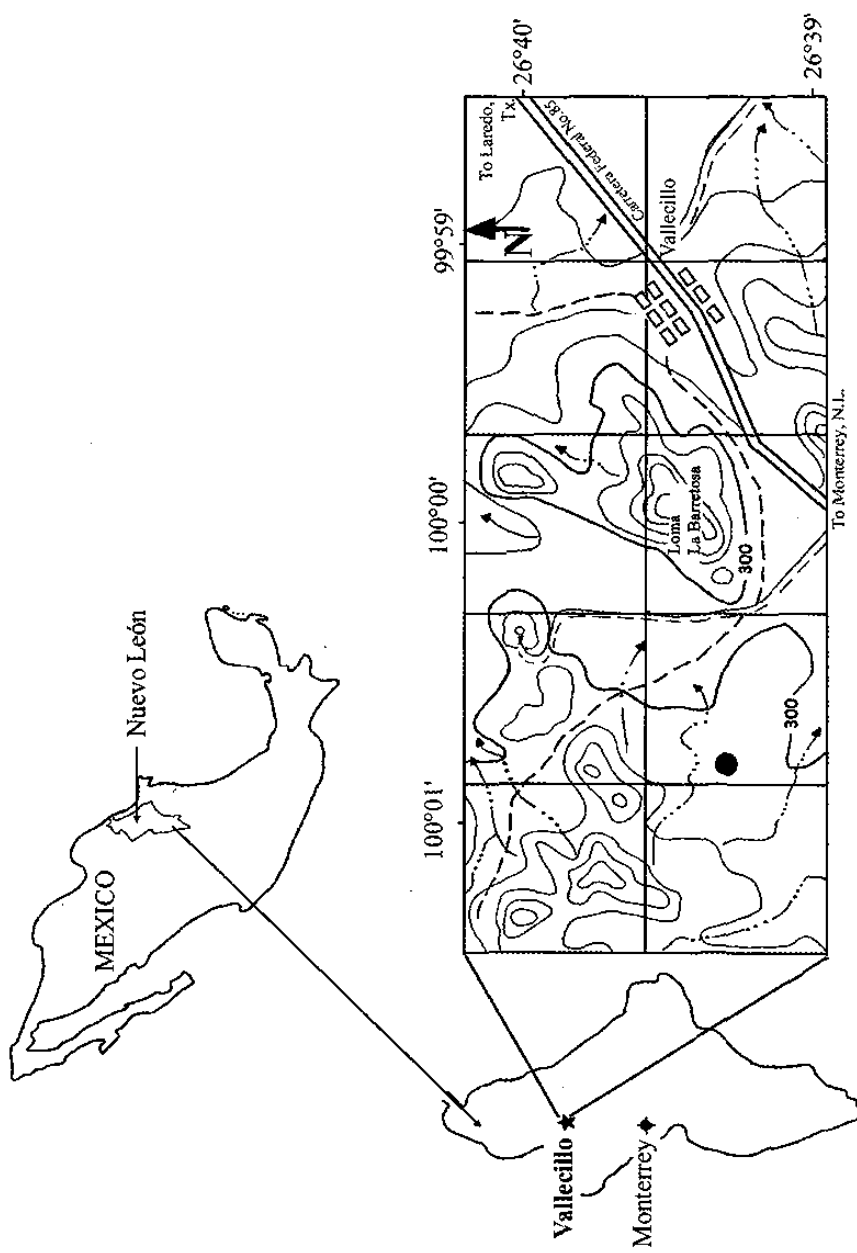


Fig. 1. Geographic location of Vallecillo, state of Nuevo León, Mexico. The black point on the topographic map section marks the position of the Vallecillo quarter.

unidentified Reptilia were also found at this locality. So far, the majority of vertebrate taxa found at Vallecillo has not been reported for the Cretaceous of Mexico (BLANCO et al. 2001). The present paper focuses on the fishes of Vallecillo, its preliminary taxonomic assignation, and their paleobiogeographic affinities with other coeval faunas of the Tethys Sea.

Lithology

At Vallecillo, the fish-bearing member of the Agua Nueva Formation (Turonian) consists of pink marlstones and interlayered non-fossiliferous red-brown to brown shales (Fig. 2). The marlstone beds range between 50 mm and 80 mm thickness, exhibit millimetric scale lamination, and contain occasional nodules of goethite. Bioturbation and trace fossils are absent (BLANCO et al. 2001). In thin sections, the laminated layers show a micritic matrix with rare to abundant planktonic foraminifera (mudstone-wackestone according to the classification of DUNHAM 1962).

The lithological data (e.g. presence of fine lamination, micritic matrix, presence of goethite) and the fauna (e.g. the absence of benthic fauna and bioturbation, presence of the ammonites *Mammites*, *Collignoniceras* and *Spathites* and of the planktonic foraminifera *Hedbergella delrioensis*, *Whiteinella paradubia*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Whiteinella brittonensis* and *Heterohelix globulosa*) suggest that deposition occurred under low energy conditions in an outer shelf setting (BLANCO 2001).

Fish Assemblage

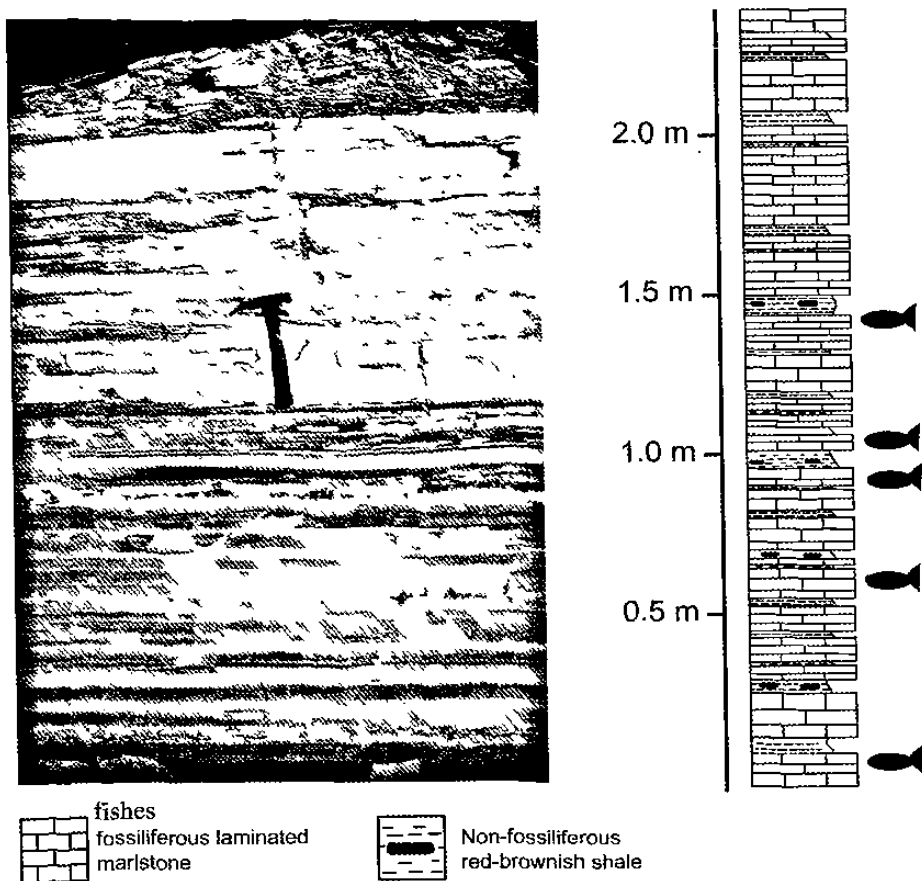
At present, the fish assemblage at Vallecillo consists of approximately 250 recorded specimens that can be assigned to eight groups at different taxonomic levels within Actinopterygii and Elasmobranchii (Fig. 3 and Fig. 4). The material is housed in the Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad de Nuevo León, Mexico. Currently, the taxonomy and taphonomy of the fish assemblage is investigated at the Institut für Regionale Geologie, Universität Karlsruhe, and the Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK, State Museum of Natural History Karlsruhe) in Germany.

State of preservation

The vertebrate fauna at Vallecillo is compacted between the marlstone layers and exhibits various degrees of articulation. Most specimens are completely or partially articulated and only a few elements such as fins or some bones of the skull are absent.

Preservation of soft parts is extremely rare. So far only the gills of one specimen of Pycnodontoidei are preserved.

ing finely laminated marlstones with an average marl layer thickness of 60 mm, and 30 mm thick shale interlayers (Fig. 2). This member exhibits well-preserved vertebrate fossils, principally fishes. The invertebrate fauna consists of ammonites and inoceramids with the latter representing the only benthic elements of the Vallecillo fauna. The vertebrate fauna is dominated by a variety of taxa of actinopterygian fishes, but Selachii, Testudines and




 FISHES

Fig. 2. Lithology and section of the laminated marlstone of the Agua Nueva Formation, Vallecillo. Note the fine and almost horizontal lamination of the marlstones.

Bones are generally completely replaced by CaCO_3 (calcite). Consequently, the structure and details of bones and sutures and joints of bones are often difficult to identify.

Until now, the fossils are collected by local quarry workers. In consequence, the collection is likely to be selective for the best specimens, and thus not all styles of preservation may be known.

Systematic paleontology

Class	Chondrichthyes
Superorder	Euselachii HAY, 1902
Superfamily	Hybodontoidae ZANGERL, 1981
Family	Ptychodontidae JAEKEL, 1898
Genus	<i>Ptychodus</i> AGASSIZ, 1835
Species	<i>P. mortoni</i> AGASSIZ, 1843

Reference specimen: FCT-341, six complete and isolated teeth (Fig. 3 a).

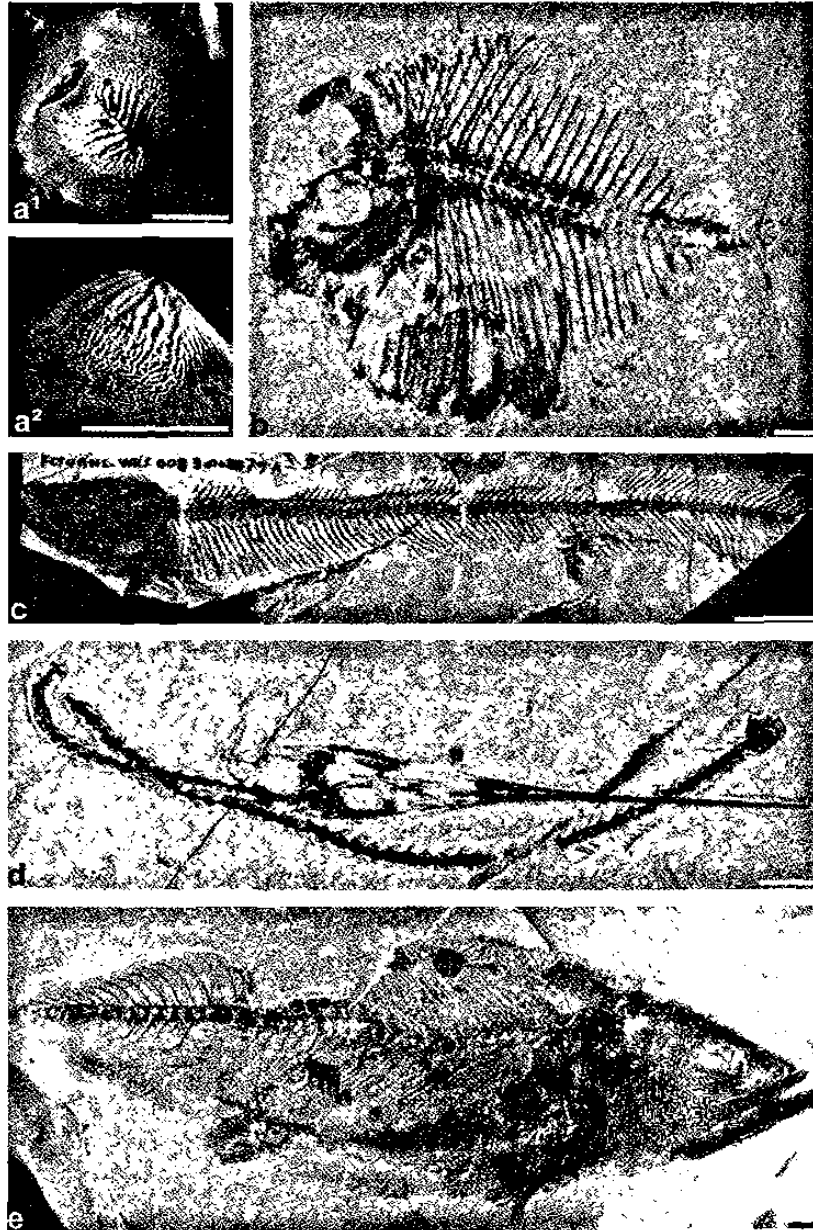
Description: This species is represented by six isolated teeth preserved on a rock fragment. These teeth present diagnostic features for *Ptychodus mortoni* established by AGASSIZ (1843) and cited by CAPPETTA (1987). They are sub-rectangular in occlusal view. The triturating surface of the crown has a high, conical cusp with a sharp crest. This area shows a series of ridges which radiate in all directions from the crest terminating just above the marginal area of the tooth. These radiating ridges distinguish the teeth of *Ptychodus mortoni* from almost any other ptychodontid species (EVERHART & EVERHART 1998).

Order Lamniformes BERG, 1958

Reference specimen: FCT-133, twelve partially articulated vertebrae.

Description: This group is represented by twelve 20 mm long vertebrae that resemble those of lamniform sharks by the presence of concentric and radial lamellae around the primary double-cone of the centra and a pair of pits for the neural arch bases. These character is also cited by SHIMADA (1997) for Lamniformes of the family cf. *Cretoxyrhinidae* and by WILLIAMSON et al (1993) for *Cretoxyrhima mantelli*. In lateral view, the centra exposed a series of lamellae which cross the vertebrae longitudinally.

Fig. 3. Reference specimens from the Vallecillo fish fauna: **a**¹ = *Ptychodus mortoni* occlusal view (MANTELL 1835); **a**² = *Ptychodus mortoni*, lateral view. **b.** *Nursallia* sp. **c.** Ichtyodectiformes. **d.** Dercetidae. **e.** Pachyrhizodontidae. Scale bar: a, b, d and e = 10 mm; c = 100 mm.



The description and taxonomic determination of this material is currently under work.

Elasmobranchii indet.

Reference specimen: FCT-059, external mould of a partial trunk between pectoralis and ventralis.

Description: The external mould is 300 mm long and consists of the middle part of a trunk; dorsalis, pectoralis and ventralis are visible in this specimen. This specimen exhibits the caudal fragment of the coracoid as well as placoid scales which are located "in situ" along the body. These placoid scales are poorly preserved. Unfortunately, this specimen shows poor diagnostic characters, and can thus not be referred to a lower taxon.

Class Osteichthyes
Infraclass Neopterygii REGAN, 1923
Order Pycnodontiformes LEHMAN, 1966
Family Nursallidae BLOTT, 1987
Genus *Nursallia* BLOTT, 1987

Reference specimens: FCT-103, cranium articulated with vertebral column; the frontal and parietal regions are lacking; caudalis disarticulated. FCT-195, complete and articulated (Fig. 3b). FCT-192, complete and articulated. FCT-074, cranium lacking the frontale, parietale and maxillare; cranium, vertebral column and caudalis complete and articulated. FCT-120, external mould of vertebral column. FCT-257, fragmented and partial articulated skeleton. FCT-048 cranium partially articulated.

Description: At Vallecillo, the reference specimens comprise laterally compressed fishes with a maximum body height of approximately 1.2 times its length. Their cranium is 1.4 times higher than long. The jaw articulation lies in direction of the rostral margin of the orbita. Spleniale and vomer bear globular or peg-like teeth, which are poorly preserved. The parietale is characterized by a peniculus parietalis. In contrast to other groups of Pycnodontiformes, the frontale, parietale and supraoccipitale are in contact without a fossa supratemporale. The maximum height of the peritoneal region is about 60% of the total height of the body. The dorsalis and ventralis extend over the terminal half of the dorsal and ventral margin of the body respectively. The vertebral column is slightly sinuid in dorsoventral direction. The caudalis is triangular and four times higher than long. The hypuralia form subtriangular plates.

According to the diagnostic characters established by BLOTT (1987), the pycnodontids from Vallecillo are clearly referable to the genus *Nursallia* (see BLOTT 1987), but the species level remains unclear at the current state of investigation.

Order Ichthyodectiformes BARDACK & SPRINKLE, 1969
 Ichthyodectiformes indet.

Reference specimens: FCT-196, articulated cranium. FCT-079A, articulated cranium with vertebral column, ventralis and caudalis missing (Fig. 3c). FCT-331, specimen with articulated cranium and vertebral column, the caudalis and caudal part of the vertebral column are not present. FCT-127, mandibula and occipital region of the cranium. FCT-332, complete and articulated cranium.

Description: The reference specimens of Vallecillo comprise laterally compressed fusiform fishes. The head length is approximately seven times the body length. The cranium is 1.4 times higher than long. The supraoccipitale bears a prominent triangular crest which is half as high as the neurocranium. Its rostral terminus is thickened and extends onto the skull roof. The articular head of the palatinum is modified into a disc or maleolus. The maxillare and the dentale bear a single row of conical teeth. In the mandibula, the retroarticularis is excluded from the formation of the articular facet for the quadratum. The pectoralis inserts in the bottom third of the body at the pectoral girdle. Its first ray is remarkably long. The vertebrae are as long as they are high. Arcus neuralis et hemalis are autogenous.

This material has not been assigned to a generic or specific level. However, all the characters demonstrated above are coincident with the diagnostics for Ichthyodectiformes as referred to by BARDACK (1965) BARDACK & SPRINKLE (1969) and PATTERSON & ROSEN (1977).

Order Aulopiformes ROSEN, 1973
 Family Dercetidae PICTET, 1850

Reference specimens: FCT-113, fragmented cranium and axial skeleton. FCT-008, cranium lacking the premaxillare and axial skeleton lacking the dorsalis, pectoralis and analis. FCT-049, specimen with disarticulated cranium, lacking of fins. FCT-005 (Fig. 3d), specimen with articulated cranium, dorsalis and analis missing; FCT-001, fragmented cranium, FCT-310, articulated cranium.

Description: The reference specimens mentioned above share the majority of the diagnostic characters according to GOODY (1969) and CHALIFA (1989) for Dercetidae. These characters comprise an anguilliform and laterally compressed body. The maximum height of the body goes 24 times in the body length. The cranium is elongated, nine times longer than high, its length goes 2.6 times in the body length. The maxillare bears a single row of conical teeth. Teeth are also found on palatinum and ectopterygoid. The supraorbitale and premaxillare are missing; and an interoperculum is present. Around 60 vertebrae form the vertebral column. The ten cranial and six precaudal vertebrae are 1-5 times longer than the terminal precaudal and caudal vertebrae.

Suborder Pachyrhizodontoidei FOREY, 1977
Family Pachyrhizodontidae COPE, 1872

Reference specimens: FCT-277, cranium and vertebral column complete and articulated, missing dorsalis and caudalis. FCT-280, cranium and vertebral column articulated, dorsalis and caudalis are missing (Fig. 3e). FCT-278, vertebral column and caudalis complete and articulated; cranium missing. FCT-203, vertebral column and caudalis complete and articulated, specimen lacks the cranium and the dorsalis.

Description: The reference specimens comprise 300-400 mm long fusiform fishes. They exhibit a skull roof being laterally convex in the otic region. The margin of the frontale is concave above the autosphenotic spine and the parasphenoid is extended beneath the otic region. The mandibula comprises an anguloarticulare complex and a retroarticulare. Dentale and maxillare show a single row of conical teeth. Hypuralia I and II are fused forming a broad triangular plate. Hypuralia III and IV are fused cranially but the terminal part of this plate is partially divided. According to the diagnosis established by FOREY (1977), the reference specimens of Vallecillo are referred to the Pachyrhizodontidae.

Order Tselfatiiformes NELSON, 1994
Family Tselfatiidae ARAMBOURG, 1943
Genus *Tselfatia* ARAMBOURG, 1943

Reference specimens: FCT-068, complete and articulated. FCT-082, cranium and axial skeleton complete and articulated (Fig. 4a). FCT-121, cranium and vertebral column articulated, maxillare and caudalis missing (Fig. 4b). FCT-122, cranium and vertebral column articulated, dorsalis and caudalis lacking. FCT-340 complete and articulated cranium.

Description: The reference specimens from Vallecillo exhibit most of the diagnostic characters given for *Tselfatia* by BARDACK & TELLER-MARSHALL (1980). These characters comprise a short and deep cranium which is 1.2 times higher than long, with the operculum not included in the cranial length. The superficial bones are ornamented by radial striations. The ligaments connecting the cleithrum and mandibular symphysis are ossified. Approximately 65 vertebrae form the vertebral column, 25-30 of which are caudal. The pleural ribs are very long, representing 76% of the height of the body. The ventral termini of the pleural ribs are in close contact. The insertion point of the pectoralis is clearly below the vertebral column. The ventralis is small, representing 1/60 of the total length of the body. The dorsalis contains about 40 rays, begins close to the caudal margin of the occiput and occupies the entire dorsal margin of the body. The analis consists of about 20 rays. It extends over the terminal half of the ventral margin of the body. The fifth ray of the dorsalis and the third ray of the analis

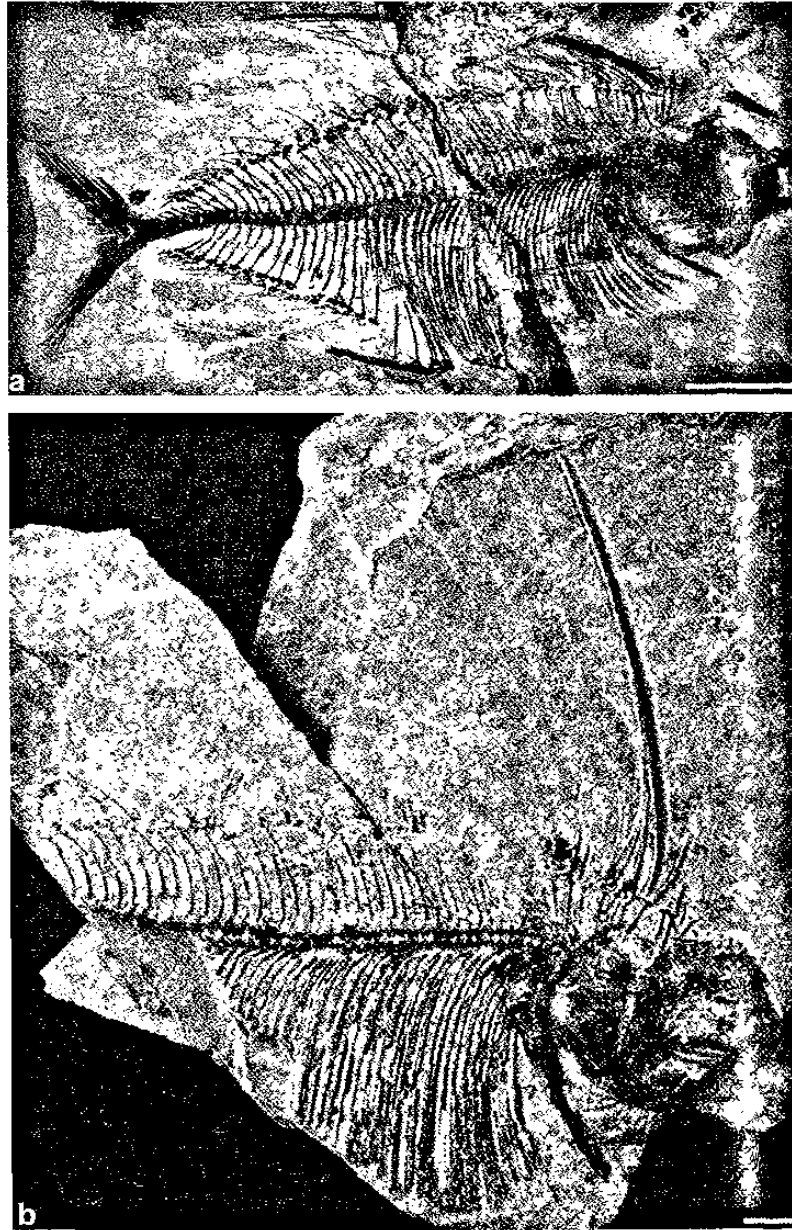


Fig. 4. Reference specimens from the fish fauna: **a** and **b**: *Tselfatia* sp. Scale bar: **a** = 100 mm, **b** = 10 mm.

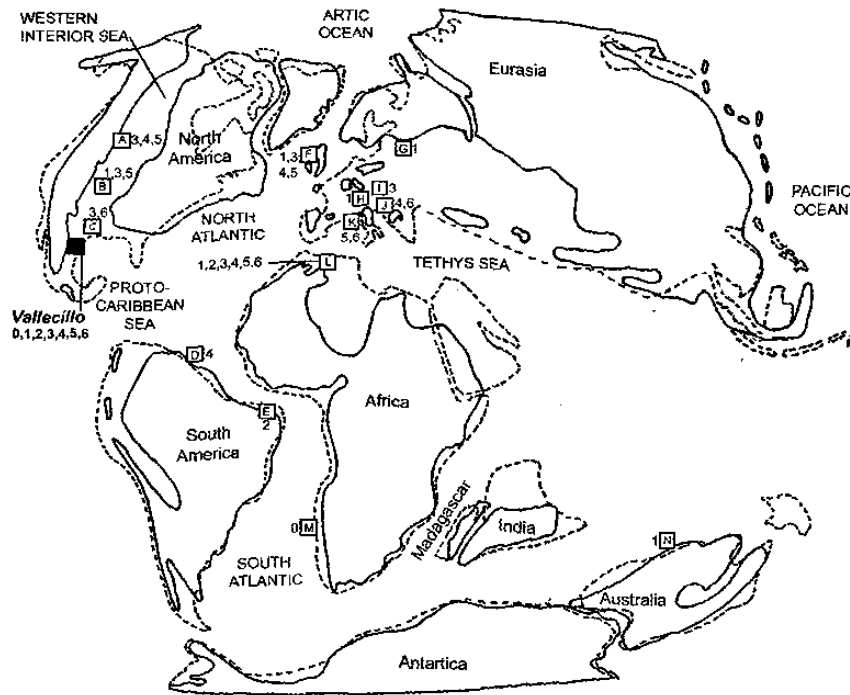


Fig. 5. Paleogeographic distribution of *Vallecillo* fishes during the Turoonian Late Cretaceous. Continental margins modified after SIVERSON (1996). **Fishes:** 0 = *Prychodus mortoni*, 1 = Lamniformes, 2 = *Nursaltia*, 3 = Ichthyodectiformes, 4 = Pachyrhizodontidae, 5 = Dercetidae, 6 = *Tselfatia*. **Localities:** A = Alberta, B = Kansas, C = Texas, D = N Venezuela, E = NE Brazil, F = England, G = SW Russia, H = Central Africa, I = W Africa, J = W Balkan, K = Italy, L = N Morocco, M = SW Africa, N = N Australia.

Turoonian of *Vallecillo* represents the oldest record for this family in North America extending the distribution of this group into the Northern Tethys.

During the Turoonian, the family Dercetidae appears to been restricted to the Tethys Sea. This family is well-known from marine sediments in Europe (GOODY 1969, TAVERNE 1987), Canada (WILSON & CHALIFA 1989), Lebanon, Israel (CHALIFA 1989) and Morocco (CAVIN & DUTHEIL 1989). The presence of this family at Vallecillo extends the occurrence of the group into the Western Tethys.

exhibit a cranioventrally-caudodorsally directed segmentation. The hypurals are fused and form a dorsoventrally symmetrical fan-shaped plate.

Recent discoveries

During the preparation of this paper, one specimen of the order Pachycormiformes was identified. A description is not presented here, because the identification is uncertain yet.

Paleobiogeographic affinities

According to present knowledge, the Vallecillo fauna can be grouped in at least eight taxa of different taxonomic levels of which only one group could be assigned to the species level (*Ptychodus mortoni*). In general, the Vallecillo fish assemblage compares well with other Tethyan fish faunas (e.g. Witino, in Alberta; Canada, WILSON & CHALIFA 1989; Goulmima in Morocco, CAVIN 1997; among others) of similar age (Fig. 5).

During late Cretaceous, the sharks of the order Lamniformes are reported from a variety of localities in North America, Europe, North Africa and Australia (WILLIAMSON et al. 1993, SIVERSON 1996, SCHWIMMER et al. 1997). They likely occurred world-wide and their remains are abundant in diverse depositional environments.

Vallecillo fish fauna is notable for the presence of the genus *Nursallia*. The occurrence of this group represents the first record in North America and for the Turonian of the whole American continent. The presence of *Nursallia* at Vallecillo not only extends the distribution of this genus into the Northwestern part of the Tethys Sea, but also suggests that its distribution is not restricted to reefal environments only, as proposed by NURSALL (1996).

The Ichthyodectiformes show a wide distribution throughout the Tethys domain. Different genera of this group were recorded in localities of Europe, North America, Australia (MALDONADO-KOERDELL 1956, BARDACK 1965, WILSON & CHALIFA 1989) and North Africa (CAVIN 1997). According to BARDACK (1965) and WILSON & CHALIFA (1989), Ichthyodectiformes apparently inhabited shallow seas, coastal waters, estuaries and lagoons. The presence of Ichthyodectiformes at Vallecillo is consistent with this generalization.

During the Turonian, the family Pachyrhizodontidae appears to have been restricted to the Tethys Sea. Several genera of this family are recorded from Europe, (TAVERNE 1993), South America (PARAMO-FONSECA 1997) and North Africa (CAVIN 1995). In North America, the family Pachyrhizodontidae is reported only from the Coniacian to Maastrichtian of the Western Interior Seaway in USA. The presence of Pachyrhizodontidae in the

- BARDACK, D. & SPRINKLE, G. (1969): Morphology and relationships of saurocephalid fishes. – *Fieldiana Geol.*, **16** (12): 297-340.
- BARDACK, D. & TELLER-MARSHALL, S., (1980): *Tselfatia*, a Tethyan Cretaceous Teleost: First records from North America and Yugoslavia. – *J. Paleont.*, **54** (5): 1075-1083.
- BLANCO, 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. – *Rev. Mex. Cienc. Geól.*, **18** (2): 186-199.
- BERG, L. S. (1958): System der rezenten und fossilen Fischartigen und Fische. – 310 pp; Berlin (Deutscher Verlag der Wissenschaften).
- BLOTT, J. (1987): L'ordre de Pycnodontiformes. Studi e riserche sui giacimenti Terzari di Bolca. – 221 pp.; Verona (Museo Civico di Storia Naturale).
- CAPPETTA, H. (1987): Chondrichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. – In: SCHULTZE, H. P. (Ed.): Handbook of Paleichthyology: Volume 3B. – 193 pp.; Stuttgart, New York (Gustav Fischer).
- CAVIN, L. (1995): *Goulmimichthys arambourgi* n. g.; n. sp., un Pachyrhizodontidae (Actinopterygii-Telostei) d' une nouvelle localité à nodules fossilifères du Turonien inférieur marocain. – *C. R. Acad. Sci.*, **321**: 1049-1054.
- (1997): New Teleostei from the Lower Turonian locality of Goulmima (Morocco). – *C. R. Acad.*, **325**: 719-724.
- CAVIN, L. & DUTHEIL, D. B. (1999): A new Cenomanian ichthyofauna from southeastern Morocco and its relationships with other early Late Cretaceous Moroccan faunas. – *Geol. en Mijnb.*, **78**: 261-266.
- CHALIFA, Y. (1989): Two new species of longirostrine fishes from the Early Cenomanian (Late Cretaceous) of Ein-Yabrud, Israel, with comments on the phylogeny of the Dercetidae. – *J. Vertebrate Paleont.*, **9** (3): 314-328.
- COPE, E. D. (1872): On the families of fishes of the Cretaceous formations in Kansas. – *Proc. Amer. Phil. Soc.*, **12**: 327-357.
- DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – *Mem. amer. Assoc. Petroleum Geol.*, **1**: 108-121.
- FOREY, P. L. (1977): The osteology of *Notolepis* WOODWARD, *Rhacolepis* AGASSIZ and *Pachyrhizodus* DIXON (Pisces: Teleostei). – *Bull. brit. Mus. nat. Hist.*, **28** (2): 125-204.
- EVERHART, M. & EVERHART, P. (1998): A field guide to the marine fossils of the Smoky Hill Chalk Member of the Niobrara Formation (Late Cretaceous of Western Kansas). – 32 pp.; unpubl. Pap.; Lawrence.
- GOODY, P. C. (1969): The relationships of certain Upper Cretaceous teleosts with special reference to the myctophoids. – *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. Geol.*, **7**: 5-255.
- HAY, O. P. (1902): Bibliography and catalogue of the fossil Vertebrata in North America. – *Bull. U. S. geol. Surv.*, **179**: 1-868.
- JAEKEL, O. (1894): Die eozänen Selachier vom Monte Bolca - Ein Beitrag zur Morphogenie der Wirbeltiere. – 176 pp.; Berlin (Springer).
- LEHMAN, J. P. (1966): Actinopterygii. – In: PIVETEAU, J.: *Traité de Paléontologie*: 1-242; Paris (Mason et Cie. Eds.).

- MAISCH, M. W. & LEHMANN, J. (2000): *Tselfatia formosa* ARAMBOURG, 1943 (Teleostei) from the Upper Cretaceous of Lower Saxony (Northern Germany). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **2000**: 499-512.
- MALDONADO-KOERDELL, M. (1956): Peces fósiles de México III. Note preliminar sobre los peces del Turoniano Superior de Xilitla, San Luis Potosí, México. – Ciencia, **16** (13): 31-35.
- NELSON, J. S. (1994): Fishes of the World. – 600 pp.; New York (John Wiley & Sons).
- NURSALL, J. R. (1996): Distribution and ecology of pycnodont fishes. – In: ARRATIA, G. & VIOHL, G. (Eds.): Mesozoic fishes – systematics and paleoecology: 115-124; München (Dr. Friedrich Pfeil).
- PADILLA Y SÁNCHEZ, R. J. (1978): Geología y estratigrafía (Cretácico Superior) del límite suroeste del estado de Nuevo León. – Rev. Univ. Nac. Autón. México Insti. Geol., **2** (1): 37-44.
- (1982): Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción de Oro, Saltillo y Monterrey, México. – 232 pp.; unpubl. Ph. D. thesis (Univ. Texas, Austin).
- PARAMO-FONSECA, M. (1997): *Bachea huilensis* nov. gen., nov. sp., premier Tselfatoidei (Teleostei) de Colombie. – Acad. Sci., **325**: 147-150.
- (1997): Les vertébrés marines du Turonien de la Vallée Supérieure du Magdalena, Colombie. – 228 pp.; unpubl. Ph. D. thèse (Univ. Poitiers).
- PATTERSON, C. & ROSEN, D. E. (1977): Review of Ichthyodectiform and other Mesozoic teleost fishes and the theory of classifying fossils. – Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **158** (2): 81-172.
- PICETET, F. J. (1850): Description des quelques poissons fossiles du Mont Liban. – 59 pp.; Genève (J.-G. Fick).
- REGAN, C. T. (1923): The skeleton of *Lepidosteus*, with remarks on the origin and evolution on the lower neopterygian fishes. – Proc. zool. Soc. London, **1923**: 445-461.
- ROSEN, D. R. (1973): Interrelationships of higher eutelostean fishes. – In: GREENWOOD, P. H., MILES, R. S. & PATTERSON, C.: Interrelations of fishes. – Zool. J. Linnean Soc., **53**, Suppl. 1: 397-513.
- SHIMADA, K. (1997): Gigantic lamnoid shark vertebra from the lower Cretaceous Kiowa Shale of Kansas. – J. Paleont. **71** (3): 522-524.
- SCHWIMMER, D. R., STEWARD, J. D., & WILLIAMS, G. D. (1997): Scavenging by sharks of the genus *Squalicorax* in the Late Cretaceous of North America. – Palaios, **12**: 71-83.
- SOHL, N. F., MARTÍNEZ, E., SALMERÓN-URENA, P. & SOTO-JARAMILLO, F. (1991): Upper Cretaceous. – In: SALVADOR, A. (Ed.): The Gulf of Mexico Basin. – 204-244; Austin (The Geological Society of North America Inc.).
- SIVERSON, M. (1996): Lamniform sharks of the Mid Cretaceous Alinga Formation and Beedagong Claystone, Western Australia. – Paleontology, **39** (4): 813-849.
- TAVERNE, L. (1987): On the cranial and caudal osteology of the cretaceous marine teleost *Pachyrhizodus* (Pachyrhizodontidae, Crossognatiformes). – Biol. Jb. Dononaea **55** (1): 136-145 p.

- TAVERNE, L. (1999): Révision de *Zanclites xenerus*, Téléostéen (Pisces, Tselfatifomes) marin du santonien (Crétacé Supérieur) du Kansas (États-Units). – *Bel. J. Zool.*, **129**: 421-438.
- (2000): *Tselfatia formosa*, téléostéen marin du Crétacé (Pisces, Actinopterygii), et la position systématique des Tselfatifomes ou Bababogmiformes. – *Geodiversitas* **22** (1): 5-22.
- WILLIAMSON, T. E., KIRKLAND, J. I., & LUCAS, S. (1993): Selachians from the Greenhorn Cyclothem (“Middle” Cretaceous: Cenomanian-Turonian), Black Mesa, Arizona, and the paleogeographic distribution of the Late Cretaceous selachians. – *J. Paleont.*, **67** (3): 447-474.
- WILSON, M. V. H. & CHALIFA, Y. (1989): Fossil marine actinopterygian fishes from the Kaskapau Formation (Upper Cretaceous: Turonian) near Watino, Alberta. – *Canad. J. Earth Sci.*, **26**: 2604-2620.
- ZANGERL, R. (1981): Chondrichthyes: I. Paleozoic Elasmobranchii. – In: SCHULTZE, H. P. (Ed.): *Handbook of Paleichthyology, Volume 3*. – 115 p.; Stuttgart (Gustav Fischer).

Received by the Munich editors: February 14, 2001.

Modified version received: September 20, 2001.

Accepted: October 08, 2001.

Addresses of the authors:

M. Sc. ALBERTO BLANCO-PIÑÓN and Dr EBERHARD FREY, Staatliches Museum Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr. 13, D-76133 Karlsruhe, Germany.

Prof. Dr. WOLFGANG STINNESBECK, Geologisches Institut, Universität Karlsruhe, Kaiserstr. 12, D-76128 Karlsruhe, Germany.

Dr. JOSÉ GUADALUPE LÓPEZ OLIVA, Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera Cerro Prieto Km. 8, Linares, N.L. Mexico.



Available online at www.sciencedirect.com



C. R. Palevol 2 (2003) 299–306



Systematic Palaeontology (Vertebrate Palaeontology)

New Teleostei from the Agua Nueva Formation (Turonian), Vallecillo (NE Mexico)

Alberto Blanco ^{a,*}, Lionel Cavin ^{b,2}

^a Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, Germany

^b Gis PalSédCo, Espérazza–Toulouse, musée des Dinosaurés, 11260 Espérazza, France

Received 21 October 2002; accepted 16 June 2003

Presented by Yves Coppens

Abstract

A new genus and new species of an ichthyodectiform fish, a new species of the pachyrizodontid *Goulmimichthys*, as well as specimens of *Araripichthys* sp. are described from the Agua Nueva Formation (Turonian) of Vallecillo, State of Nuevo León, NE Mexico. The ichthyodectiform fish shows a combination of characters from different families, warranting the creation of a new genus and questioning the monophyly of these families. We report herein the first record of *Goulmimichthys* and *Araripichthys* in North America. *To cite this article: A. Blanco, L. Cavin, C.R. Palevol 2 (2003).*

© 2003 Published by Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS on behalf of Académie des sciences.

Résumé

Nouveaux Teleostei de la formation Agua Nueva (Turonien), Vallecillo (Nord-Est du Mexique). Un nouveau genre et une nouvelle espèce d'Ichthyodectiforme, une nouvelle espèce du pachyrizodontidé *Goulmimichthys* ainsi que des spécimens d'*Araripichthys* sont décrits, en provenance de la formation Agua Nueva (Turonien) à Vallecillo, État de Nuevo León, au Nord-Est du Mexique. L'ichthyodectiforme montre une combinaison de caractères présents dans différentes familles, ce qui justifie la création d'un nouveau genre et pose la question de la monophylie de ces familles. *Goulmimichthys* et *Araripichthys* sont mentionnés ici pour la première fois en Amérique du Nord. *Pour citer cet article : A. Blanco, L. Cavin, C.R. Palevol 2 (2003).*

© 2003 Published by Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS on behalf of Académie des sciences.

Keywords: Cretaceous; Teleostei; Mexico; New taxa

Mots clés : Crétacé ; Teleostéi ; Mexique ; Taxons nouveaux

* Corresponding author.

E-mail address: enchodus@fishhoo.com (A. Blanco).

¹ Current address: Ex-Hacienda de Guadalupe. Carretera a Cerro Pieta Km. 8. Linares, N. L. México.

² Current address: Department of Palaeontology, The Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK.

Version française abrégée

L'ichtyofaune de Vallecillo, État de Nuevo León, au Nord-Est du Mexique (Fig. 1), est localisée dans la formation turonienne de Agua Nueva [3,4]. La faune est constituée principalement de téléostéens (Ichthyodectoidei, Dercetidae, Pachyrhizodontidae, Halecoidei, Araripichthyidae et Tselfatiidae), mais également de pycnodontes, de Pachycormidae et de requins (Lamniformes et Ptychodontidae) [4]. Les spécimens décrits dans ce travail ont été préparés à la Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, et au Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe, Allemagne. Ils sont déposés à la Facultad de Ciencias de la Tierra (FCT).

Vallecillichthys multivertebratum nov. gen. et nov. sp. (Fig. 2) est un Ichthyodectoidei (Ichthyodectiformes) fusiforme, caractérisé par un crâne contenu sept fois dans la longueur totale ; la crête supraoccipitale s'étend postérieurement au-delà du neurocrâne et sa hauteur correspond à la moitié de la hauteur de ce dernier ; les pariétaux fusionnés ne participent pas à la formation de la crête supraoccipitale ; l'angle formé entre les parties orbitale et otique du parasphénoïde est d'environ 150° ; la surface ventrale du parasphénoïde est plate ; le rétroarticulaire ne participe pas à la formation de la facette articulaire pour le carré ; les dents maxillaires et mandibulaires sont anisodontes et d'une hauteur maximale de 6 mm ; les épineuraux de la région antérieure de la colonne vertébrale sont très allongés et atteignent une longueur de 10 vertèbres ; 100 vertèbres au moins forment la colonne vertébrale ; les centra sont aussi longs que hauts ; les nageoires pelviennes sont situées au début du dernier quart de la distance entre les nageoires pectorales et le début de l'anale ; le compte des rayons des nageoires est : P. 8–9, V. 6–8, D. 15, A. 11–13.

Goulmimichthys roberti nov. sp. (Fig. 3) est un Pachyrhizodontidae (Pachyrhizodontoides) caractérisé par un vomer édenté, un prémaxillaire avec un processus dorsal, un maxillaire avec un processus arrondi situé dorsalement entre le tiers antérieur et la moitié de la longueur de l'ossification ; la mandibule et le maxillaire portent des dents coniques et recourbées postérieurement, dont les couronnes ne dépassent pas 2 mm de hauteur ; les nageoires pectorales sont implantées obliquement par rapport à la marge ventrale

du corps ; le compte des rayons des nageoires est : P. 15–17, V. 16, D. 21.

Deux spécimens sont des *Araripichthys* sp. (Fig. 4). Les caractères du genre observés sont les suivants : corps haut, avec des nageoires dorsale et anale longues et élevées ; pédoncule caudal étroit (1/18° de la hauteur du corps sans les nageoires) ; nageoire caudale fourchue ; mâchoires édentées ; prémaxillaire avec un processus ascendant bien développé ; maxillaires avec un condyle articulaire pour le vomer bien développé ; présence de supramaxillaires ; ceinture et nageoires pelviennes absentes ; les côtes bien développées et hypuraux libres. Les caractères de la boîte crânienne ne peuvent pas être observés, en raison de l'état de préservation des spécimens.

Vallecillichthys multivertebratum montre la majorité des caractères proposés par Maisey [10] pour caractériser le sous-ordre des Ichthyodectoidei. *V. multivertebratum* offre une combinaison de caractères qui se rencontrent habituellement soit chez les Cladocyclidae (*Cladocyclus*, *Chirocentrites* et *Chiomistus*), soit chez les Ichthyodectidae (*Xiphactinus*, *Ichthyodectes*, *Gillicus* et *Cooyoo*), soit chez les Saurodontidae (*Saurodon*, *Prosaurodon* et *Saurocephalus*), tels que ces taxons sont définis par Maisey [10]. Cette combinaison de caractères ne s'accorde pas mieux à la phylogénie proposée par Taverne et Chanet [23] (ils regroupent l'ensemble de ces genres dans la famille des Ichthyodectidae, au sein de laquelle ils reconnaissent l'existence de deux sous-familles, les Ichthyodectinae [*Gillicus*, *Xiphactinus*, *Ichthyodectes*] et les Saurodontinae [*Saurodon*, *Saurocephalus*]). Cette association de caractères justifie la création d'un genre considéré comme un Ichthyodectoidei *incertae sedis*, et remet en cause la monophylie des deux ou trois clades généralement reconnus au sein des Ichthyodectiformes crétacés [10,23]. Parmi ces caractères, l'absence de prédentaire et la présence d'une centaine de vertèbres méritent d'être signalés. La présence d'une centaine de vertèbres sépare *V. multivertebratum* des Cladocyclidae, qui ne présentent jamais plus de 90 vertèbres [1,2,10,15,17]. L'absence de prédentaire distingue *V. multivertebratum* des Saurodontidae, chez lesquels cette structure se présente sous la forme d'une ossification triangulaire édentée [2,18].

Le pachyrhizodontidé de Vallecillo partage de nombreux caractères avec *Goulmimichthys arambourgi*, décrit par Cavin [5,7] et avec une nouvelle espèce

colombienne, non nommée, de *Goulimimichthys*, décrite par Páramo-Fonseca [14]. Ces caractères le distinguent d'autres pachyrhizodontidés, tels que *Greenwoodella tockensis* [21], *Rhacolepis buccalis* [9], différentes espèces de *Pachyrhizodus* [9,20,24] et *Elopopsis* [9,19,22]. Les caractères diagnostiques du genre observés sont les suivants : le bord latéral du frontal présente une dépression au-dessus de la pointe de l'autosphénotique ; l'épiotique et le ptérotique forment des pointes dirigées postérieurement ; l'os pelvien porte un processus antérieur fin et allongé, sa région ischiale est bien développée et la région iliaque présente une expansion latérale ; environ 50 vertèbres sont présentes ; les hypuraux I–II et III–IV sont respectivement fusionnés entre eux et forment deux larges plaques triangulaires. *G. roberti* diffère de *G. arambourgi* par un vomer édenté, par la présence d'un processus sur le maxillaire et par le port des nageoires pectorales, qui sont inclinées plutôt qu'horizontales. *G. roberti* constitue la première mention de ce genre en Amérique du Nord.

La présence d'*Araripichthys* sp. à Vallecillo constitue la première mention de ce genre en Amérique du Nord. Jusqu'alors, le genre était signalé dans l'Albien du Brésil [12,13,16], dans l'Aptien du Venezuela [13] et dans le Turonien du Maroc [6,13]. Les espèces vénézuélienne (*A. axelrodi*) et marocaine (*A. corythophorus*) vivaient dans les eaux peu profondes d'une mer épicontinentale, alors que l'espèce brésilienne (*A. castilhoi*) occupait un environnement restreint de bassin intérieur [11]. L'*Araripichthys* sp. mexicain se rencontre dans des sédiments déposés au Turonien, sur la marge externe d'une plate-forme peu profonde.

1. Introduction

Since the first report of the Vallecillo fish assemblage [3], located in the Mexican State of Nuevo León, northeastern Mexico (Fig. 1), the pinkish laminated marlstone unit of the Agua Nueva Formation has been recognized as a low-energy environment of sediments deposited within an outer part of a shallow shelf during the Turonian [3,4]. In this locality, the fish fauna is represented mainly by teleosteans, such as Ichthyodectoidei, Dercetidae, Pachyrhizodontidae, Halecoidei, Araripichthyidae and Tselfatiidae, but non-teleost bony fishes, such as pachycormids and nursallinns, as

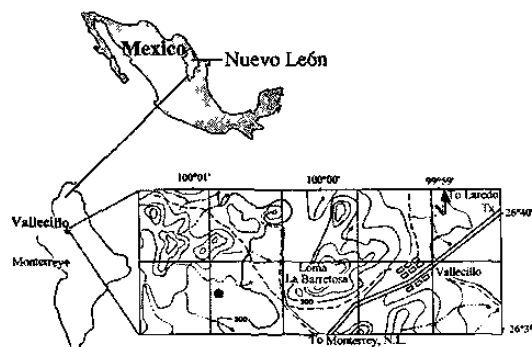


Fig. 1. Location map of the fossiliferous quarries (black circle) near the Village of Vallecillo, State of Nuevo León, Mexico.

Fig. 1. Localisation de la carrière fossilifère (point noir) près du village de Vallecillo, État de Nuevo León, Mexique.

well as lamniform and ptychodontid sharks, are also present [4].

The teleosteans described in this paper represent a new genus and new species of Ichthyodectoidei, a new species of Pachyrhizodontidae and the first occurrence of the genus *Araripichthys* in North America.

The specimens were mechanically prepared in the Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, and in the Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe (SMNK), Germany. The referred specimens belong to the Palaeontological Collection of the Facultad de Ciencias de la Tierra (FCT) and are momentary housed in the collection of the SMNK.

2. Systematic palaeontology

Order ICHTHYODECTIFORMES Bardack & Sprinkle, 1969

Suborder ICHTHYODECTOIDEI Maisey, 1991

Family *incertae sedis*

Vallecillichthys nov. gen.

Diagnosis. Fusiform ichthyodectoidei fish reaching a standard length of approximately 1220 mm. Cranium length is contained about seven times in the total length of the body. Supraoccipital crest projecting posteriorly beyond the posterior margin of the occiput being half as high as the neurocranium. Parietals are fused and do not participate in the formation of the supraoccipital crest. Mean angle between the orbital and otic part of the parasphenoid is about 150°. Ventral surface of the

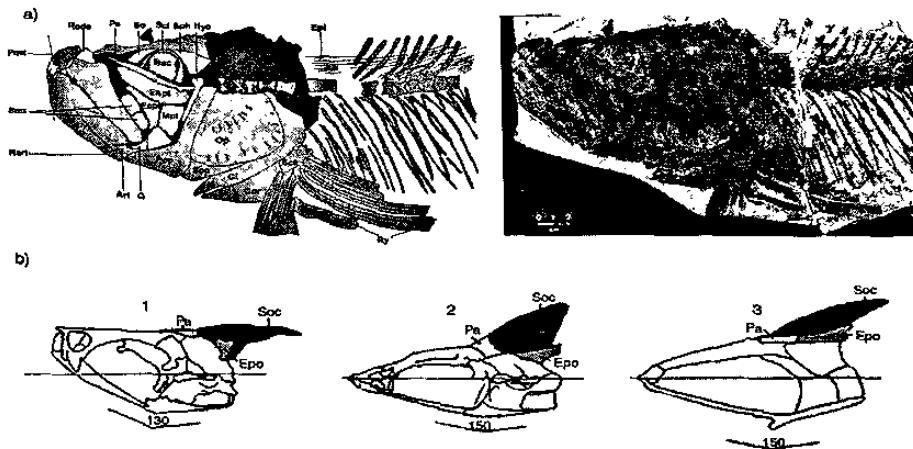


Fig. 2. *Vallecillichthys multivertebratum* gen. nov. sp. nov. (a) Holotype (FCT-79). Dessin et photographie du crâne. Colour scale: light grey: doubtful elements; dark grey: recognized elements; black-greyish: non-recognized elements. (b) Comparison of the skulls of *Cladocycilus* (1), *Ichthyodectes* (2) and *Vallecillichthys* (3) (drawings of *Cladocycilus* and *Ichthyodectes* modified from [10]). Abbreviations: Ang, angular; Art, articular; Bsc, basal sclerotic bone; Cl, cleithrum; Cor, coracoid; D, dentary; Eept, ectopterygoid; Enpt, entopterygoid; Epo, epioccipital; Epi, epineural bone; Fr, frontal; Hyo, hyomandibula; Mtp, metapterygoid; Mx, maxilla; Op, opercle; Pa, parietal; Pmx, premaxilla; Pop, preopercle; Ps, parasphenoid; Q, quadrate; Rart, retroarticular; Rode, rostrodermethmoid; Ry, fin rays; Sca, scapula; Scl, sclerotic ring; Smx, supramaxilla; So, supraorbital; Soc, supraoccipital; Sop, subopercle; Sph, sphenotic.

Fig. 2. *Vallecillichthys multivertebratum* gen. nov. sp. nov. (a) Holotype (FCT-79). Dessin et photographie du crâne. Échelle des gris : gris clair, éléments douteux ; gris foncé, éléments reconnus ; gris sombre, éléments non reconnus. (b) Comparaisons des crânes de *Cladocycilus* (1), *Ichthyodectes* (2) et *Vallecillichthys* (3) (dessins de *Cladocycilus* et *Ichthyodectes*, modifiés d'après [10]). Abréviations : Ang, angulaire ; Art, articulaire ; Bsc, ossification sclérotique basale ; Cl, cleithrum ; Cor, coracoïde ; D, dentaire ; Eept, ectoptérygoïde ; Enpt, entoptérygoïde ; Epo, épioccipital ; Epi, ossification épineurales ; Fr, frontal ; Hyo, hyomandibulaire ; Mtp, métaptérygoïde ; Mx, maxillaire ; Op, opercule ; Pa, pariétal ; Pmx, prémaxillaire ; Pop, préopercule ; Ps, parasphénoïde ; Q, carré ; Rart, rétroartculaire ; Rode, rostro-dermethmoïde ; Ry, rayons ; Sca, scapula ; Scl, anneau sclérotique ; Smx, supramaxillaire ; So, supraorbitaire ; Soc, supraoccipital ; Sop, subopercule ; Sph, sphénotique.

parasphenoid is flat rather than convex. Retroarticular does not participate in the formation of the facet for the quadrate. Maxilla and mandibular teeth anisodont and never longer than 6 mm in crown height. Occipital epineurals long, extending over 10 vertebrae in the anterior part of the vertebral column. At least 100 vertebrae in the vertebral column. Centra are as long as they are high. Pectoral fins with 8–9 rays. Dorsal fin with 15 rays. Pelvic fins with 6–8 rays. Pelvic fins situated at the beginning of the last fourth of the distance between the pectoral fin and the anterior origin of the anal fin. Anal fin with 11–13 rays.

Derivatio nominis. From the small village of Vallecillo and from *ichthys*, fish.

Vallecillichthys multivertebratum nov. sp.

Diagnosis. As for the genus, only species.

Holotype. FCT-079, specimen with articulated cranium and vertebral column, lacking the caudal fin and posterior part of the vertebral column (Fig. 2a).

Paratypes. FCT-127, mandibula and occipital region of the cranium. FCT-162, articulated cranium and anterior part of the axial skeleton. FCT-196, articulated cranium. FCT-331, articulated cranium and vertebral column, all fins missing. FCT-332, complete and articulated cranium.

Locus typicus. Vallecillo, Nuevo León, México

Age. Turonian. The dating rests on the presence of the ammonite *Mammites* and *Pseudoaspidosceras*.

Derivatio nominis: *multivertebratum* meaning “a lot of vertebra”.

Suborder PACHYRHIZODONTOIDEI Forey, 1977

Family PACHYRHIZODONTIDAE Cope, 1872

Genus *Goulmimichthys* Cavin, 1995

Goulmimichthys roberti nov. sp.

Diagnosis. *Goulmimichthys* reaching 300–400 mm in total length. Edentulous vomer. Premaxilla with a dorsal process. Maxilla with a rounded process situated on its dorsal margin at level of the half of its

length. Conical and posteriorly recurved teeth of 2 mm in crown height on maxilla and mandible. Pectoral fin held obliquely to the ventral margin of the body rather than horizontally. Pectoral fins with 15–17 rays. Dorsal fin consists of about 21 rays. Ventral fin consists of 16 rays.

Holotype. FCT-280, cranium and vertebral column articulated, dorsal fin and caudal fin are missing (Fig. 3).

Paratypes. FCT-251, cranium partially articulated. FCT-277, cranium and vertebral column complete and articulated, missing dorsal and caudal fins. FCT-278, vertebral column and caudal fin complete and articulated; cranium missing. FCT-281, disarticulated cranium.

Additional material. FCT-003, cranium totally disarticulated.

Locus typicus. Vallecillo, Nuevo León, México.

Age. Turonian. The dating rests on the presence of the ammonite *Mammites*.

Derivatio nominis. Species dedicated to Don Roberto González, for his contribution to the rescue of the fossils from Vallecillo.

Suborder PROTOBRAMOIDEI Cavin, 2001

Family ARARIPICHTHYIDAE Silva Santos, 1985

Genus *Araripichthys* Silva Santos, 1985

Reference specimens. FCT-340, cranium disarticulated. Postcranial skeleton complete and articulate (Fig. 4). FCT-341 Postcranial skeleton complete and articulated.

Description. The reference specimens from Vallecillo (FCT-340 and FCT-341) are equal in size. They consist of 90 mm in length (with caudal fin included) deep fishes, showing characters of the genus *Araripichthys* [6,12,13,16]. The diagnostic characters are: deep-bodied fishes with a long and deep dorsal and anal fins; narrow caudal peduncle (contained 18 times on the total height of the body without the fins) and forked caudal fin; jaws edentulous; premaxilla with a well developed ascending process (protusible); maxilla with large a condylar articulation for the vomer; supramaxillae present; pelvic girdle and fins absent; well-developed ribs and hypurals separate from their respective centrum. The features of the braincase were not observed in the specimens from Vallecillo because of preservation.

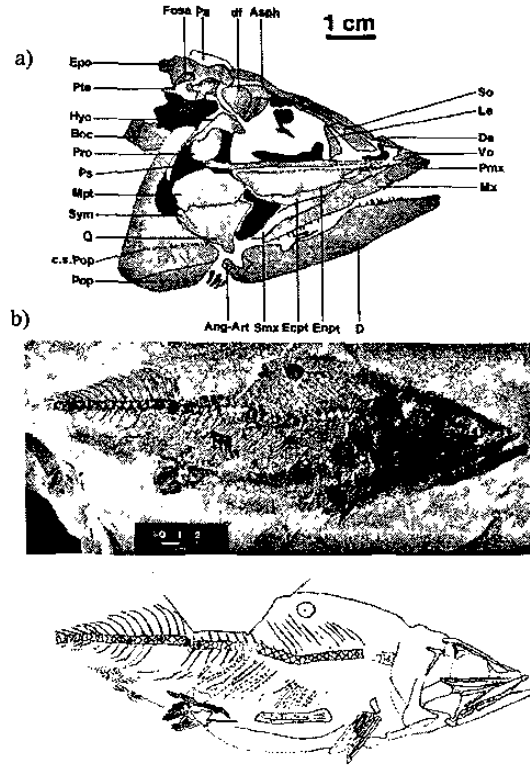
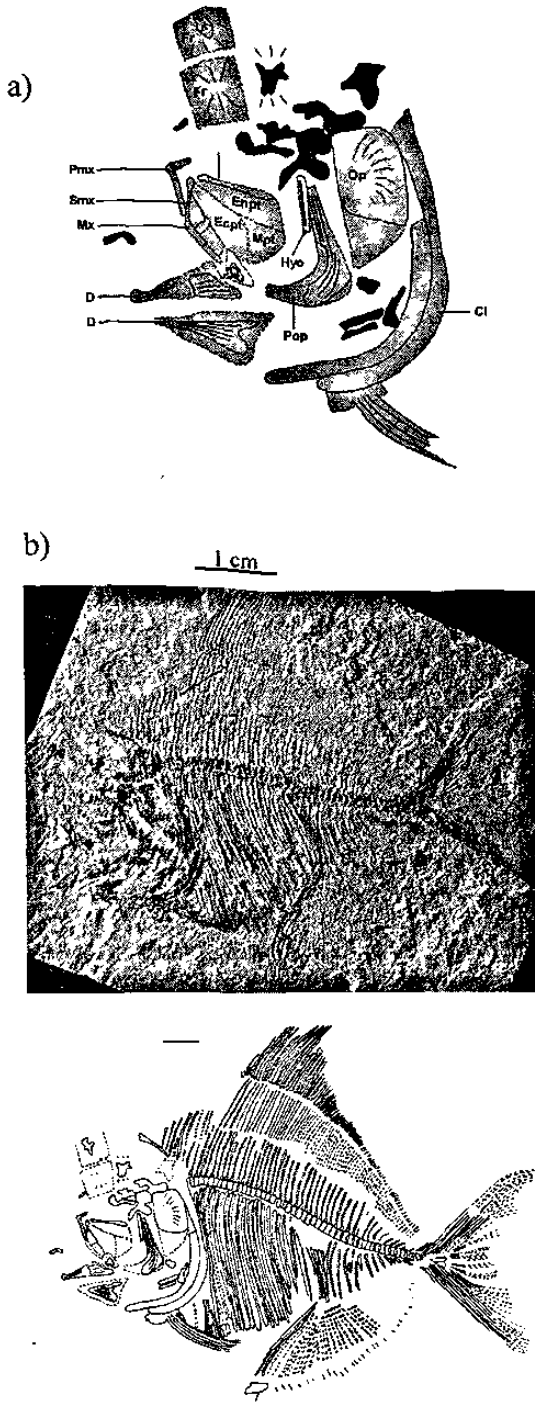


Fig. 3. *Goulmimichthys roberti* sp. nov. Holotype (FCT-280). (a) Dessin du crâne. (b) Photographie et dessin du spécimen complet. Échelle des gris : gris clair, éléments douteux ; gris foncé, éléments reconnus ; gris sombre, éléments non reconnus. Abréviations : An-Art, angulo-articulaire ; Asph, autosphénotique ; Boc, basioccipital ; c.s.Pop, canal préoperculaire ; D, dentaire ; De, dermethmoïde ; df, fossa dilatator ; Ecpt, ectoptérygoïde ; Enpt, entoptérygoïde ; Ep, épioccipital ; Fosa, fosse post-temporale ; Hyo, hyomandibulaire ; Mtp, métaptérygoïde ; Mx, maxillaire ; Pa, pariétal ; Pmx, prémaxillaire ; Pop, préopercule ; Pro, prootique ; Ps, parasphénoïde ; Pte, ptérotique ; Smx, supramaxillaire ; So, supraorbitaire ; Sym, symplectique ; Vo, vomer.

Fig. 3. *Goulmimichthys roberti* sp. nov. Holotype (FCT-280). (a) Dessin du crâne. (b) Photographie et dessin du spécimen complet. Échelle des gris : gris clair, éléments douteux ; gris foncé, éléments reconnus ; gris sombre, éléments non reconnus. Abréviations : An-Art, angulo-articulaire ; Asph, autosphénotique ; Boc, basioccipital ; c.s.Pop, canal préoperculaire ; D, dentaire ; De, dermethmoïde ; df, fossa dilatator ; Ecpt, ectoptérygoïde ; Enpt, entoptérygoïde ; Ep, épioccipital ; Fosa, fosse post-temporale ; Hyo, hyomandibulaire ; Mtp, métaptérygoïde ; Mx, maxillaire ; Pa, pariétal ; Pmx, prémaxillaire ; Pop, préopercule ; Pro, prootique ; Ps, parasphénoïde ; Pte, ptérotique ; Smx, supramaxillaire ; So, supraorbitaire ; Sym, symplectique ; Vo, vomer.



3. Discussion

Vallecillichthys multivertebratum exhibits most of the characters proposed by Maisey [10] for the suborder Ichthyodectoidei: presence of a high and triangular supraoccipital crest with the parietals displaced forward; angular bone contributes to the articular facet for the quadrate; enlarged coracoid meeting each other in a midventral symphysis; pectoral fins insert in the bottom third of the body at the pectoral girdle; neural and hemal arcs autogenous; premaxilla articulates posteriorly with maxilla; and deep dentary symphysis. The diagnostic characters of the ichthyodectoid from Vallecillo represent a mixture among those characters present in Cladocyclidae (*Cladocycchus*, *Chirocentrites* and *Chiomistus*), in Ichthyodectidae (*Xiphactinus*, *Ichthyodectes*, *Gillicus* and *Cooyoo*) and in Saurodontidae (*Saurodon*, *Prosaurodon* and *Saurocephalus*) according to the phylogeny proposed by Maisey [10]. The association of characters does not fit better with the phylogeny proposed by Taverne and Chanet [23] (they gathered all the genera in a single family, the Ichthyodectidae, in which they recognised two subfamilies: the Ichthyodectinae [*Gillicus*, *Xiphactinus*, *Ichthyodectes*] and the Saurodontinae [*Saurodon*, *Saurocephalus*]). This fact warrants the placement of the specimens from Vallecillo into an independent genus (and species) regarded as an ichthyodectoid *incertae sedis*, and questions the monophyly of the two or three clades recognized within the Cretaceous ichthyodectiforms. Of those characters, the absence of a premental and the presence of 100 vertebrae are most notorious characters. The presence of 100 vertebrae separate *V.*

Fig. 4. *Araripichthys* sp. (FCT-341). (a) Drawing of the cranial elements. (b) Photograph and drawing of the complete specimen. Colour scale: light grey colour, doubtful elements; dark grey colour, recognized elements; black-greyish colour; non-recognized elements. Abbreviations: Cl, cleithrum; D, dentary; Ecpt, ectopterygoid; Enpt, entopterygoid; Fr, frontal; Hyo, hyomandibula; Mtp, metapterygoid; Mx, maxilla; Op, opercle; Pmx, premaxilla; Pop, preopercle; Ps, parasphenoid; Q, quadrate; Smx, supra-maxilla.

Fig. 4. *Araripichthys* sp. (FCT-341). (a) Dessin du crâne. (b) Photographie et dessin du spécimen complet. Échelle des gris : gris clair : éléments douteux ; gris foncé : éléments reconnus ; gris sombre : éléments non reconnus. Abréviations : Cl, cleithrum ; D, dentaire ; Ecpt, ectoptérygoïde ; Enpt, entoptérygoïde ; Fr, frontal ; Hyo, hyomandibulaire ; Mtp, métaptérygoïde ; Mx, maxillaire ; Op, opercule ; Pmx, prémaxillaire ; Pop, préopercule ; Ps, parasphénoïde ; Q, carré ; Smx, supraorbitaire.

multivertebratum from Cladocyclidae and Ichthyodontidae, which never expose more than 90 vertebrae [1,2,10,15,17]; the absence of premental separates the specimens from Vallecillo from Saurodontidae, in which this structure is exposed as a toothless triangular and well-developed bone [2,18].

The pachyrhizodontids from Vallecillo share more characters with *Goulimichthys arambourgi* described by Cavin [5,7], and with a new unnamed Colombian species of *Goulimichthys* described by Páramo-Fonseca [14], than with other genera such as *Greenwoodella tockensis* [21], *Rhacolepis buccalis* [9], different species of *Pachyrhizodus* [9,20,24] and *Elopopsis* [9,19,22]. These diagnostic characters are: lateral margin of the frontal with a depression above the autosphenotic; frontal bearing a lamina projecting laterally to reach the spine of the autosphenotic; epiotic and pterotic form posteriorly pointed spines; presence of an edentulous ectopterygoid; pelvic bone extend anteriorly with a thin bony process, with a very expanded ischial region and with a lateral expansion of the iliac region; about 50 vertebrae in the column. *G. roberti* differs from *G. arambourgi* by an edentulous vomer, the presence of a process on the maxilla and the pectoral fin held obliquely forming variable angle with the ventral margin of the body. *Goulimichthys roberti* represents the first record of this genus in Cretaceous sediments of North America [8].

The presence of *Araripichthys* sp. in Vallecillo represents the first occurrence of this genus in sediments of North America. At present, this genus was only known from the Albian of Brazil [12,13,16], the Aptian of Venezuela [13] and the Turonian of Morocco [6,13]. The Venezuelan (*A. axelrodi*) and Moroccan (*A. corythophorus*) species occur in shallow epicontinental seas, whereas the Brazilian species (*A. castilhoi*) is recorded in restricted interior basin environment [11]. The Mexican *Araripichthys* occurs in sediments deposited within an outer part of a shallow shelf during the Turonian.

Acknowledgements

The authors are deeply grateful to the González Family (Vallecillo, México), especially Don Roberto González, who permitted the access to the Vallecillo quarries, and for their collaboration during this research. We kindly acknowledge the pictures by V.

Griener (Karlsruhe, Germany) and additional preparation of the specimens used for this paper by Victor Beraza, Andrés Ramos, Pedro Rodríguez and Adalberto Treviño (Linares, México) and Stephan Unrein (Karlsruhe, Germany). We are grateful to Dr L. Taverne (Brussels) for reviewing the manuscript. Financial Support was provided by the Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD, A/98/14172) and DFG (FR1314/4–1) Germany (AB) and by the Swiss National Science Foundation (grant n° 8220–56521) and a Marie Curie Individual Fellowship funded by the Swiss Federal Office for Education and Science (grant No. 02.0335) (LC).

References

- [1] D. Bardack, Anatomy and evolution of chirocentrid fishes, Univ. Kansas Paleontol. Contrib. Vertebrata 10 (1965) 1–88.
- [2] D. Bardack, G. Sprinkle, Morphology and relationships of saurocephalid fishes, Fieldiana Geology 16 (12) (1969) 297–340.
- [3] A. Blanco, W. Sinnesbeck, J.G. López-Oliva, E. Fray, T. Adatte, A.H. González, Vallecillo, Nuevo León: una localidad fosilífera del Cretácico Tardío en el noreste de México, Rev. Mex. Cien. Geol. 18 (2) (2001) 185–198.
- [4] A. Blanco, E. Frey, W. Sinnesbeck, J.G. López-Oliva, Late Cretaceous (Turonian) fish assemblage from Vallecillo, North-eastern Mexico, N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh. 225 (1) (2002) 39–54.
- [5] L. Cavin, *Goulimichthys arambourgi* n. g. n. sp. un Pachyrhizodontidae (Actinopterygii, Telostei) d'une nouvelle localité à nodules fossilifères du Turonien inférieur marocain, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa 321 (1995) 1049–1054.
- [6] L. Cavin, New Teleostei from the Lower Turonian locality of Goulimima (Morocco), C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa 325 (1997) 719–724.
- [7] L. Cavin, Osteology and pylogenetic relationships of the teleost *Goulimichthys arambourgi* Cavin, 1995, from the Upper Cretaceous of Goulimima, Morocco, Eclog. geol. Helv. 94 (2001) 509–535.
- [8] E.D. Cope, On the families of fishes of the Cretaceous formations in Kansas, Proc. Am. Phil. Soc. 12 (1872) 327–357.
- [9] P.L. Forey, The osteology of *Notelops* Woodward, *Rhacolepis* Agassiz and *Pachyrhizodus* Dixon (Pisces: Teleostei), Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) 28 (2) (1977) 125–204.
- [10] J.G. Maisey, *Cladocychus* Agassiz, 1841, in: J.G. Maisey (Ed.), Santana Fossils. An illustrated Atlas, T.F.H. Publications, Neptune City, NJ, 1991, pp. 190–207.
- [11] J.G. Maisey, Continental break-up and the distribution of fishes of Western Gondwana during the Early Cretaceous, Cretac. Res. 21 (2000) 281–314.
- [12] J.G. Maisey, S. Blum, *Araripichthys* Silva Santos, 1985, in: J.G. Maisey (Ed.), Santana Fossils. An illustrated Atlas, T.F.H. Publications, Neptune City, NJ, 1991, pp. 208–217.

- [13] J.G. Maisey, J.M. Moody, A review of the problematic teleost fish *Araripichthys*, with a description of a new species from the Lower Cretaceous of Venezuela, *Am. Mus. Novit.* 3324 (2001) 1–27.
- [14] M. Páramo-Fonseca, Les vertébrés marins du Turonien de la vallée supérieure du Magdalena, Colombie, PhD, University of Poitiers, France, 1997, pp. 228.
- [15] C. Patterson, D.E. Rosen, Review of Ichthyodectiform and other Mesozoic teleost fishes and the theory and practice of classifying fossils, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 158 (2) (1977) 81–172.
- [16] R. Da Silva Santos, *Araripichthys castilhoi* novo gênero e espécie de Teleostei da Formação Santana, Chapada do Araripe, Brasil, *Colet. trab. Paleont. brasil, D.N.P.M.*, 1985, pp. 133–139.
- [17] R. Silva Santos Da, Posição Taxinômica do *Cladocyclus woodwardi* (Silva Santos) do Cretaco do Brasil, *An. Acad. brasl. Ciênc.* 58 (2) (1986) 229–231.
- [18] J.D. Stewart, A new genus of Saurodontidae (Teleostei: Ichthyodectiformes) from Upper Cretaceous rocks of the Western Interior of North America, in: G. Arratia, H.-P. Schultze (Eds.), *Mesozoic Fishes 2, Systematics and Fossil Record*, Dr. Friedrich Pfeil Verlag, München, 1999, pp. 335–360.
- [19] L. Taverne, À propos d'*Elopopsis microdon* Heckel, J. J. 1856, du Crétacé moyen d'Afrique et d'Europe et des affinités systématiques de la famille fossile des Pachyrhizodontidae au sein des Téléostéens primitifs, *Rev. Zool. afr.* 90 (2) (1976) 487–496.
- [20] L. Taverne, On the cranial and caudal osteology of the Cretaceous marine teleost *Pachyrhizodus* (Pachyrhizodontidae, Crossognathiformes), *Biol. Jahrb. Dodonaea* 55 (1) (1987) 136–145.
- [21] L. Taverne, *Greenwoodella tockensis* Taverne and Ross, 1973 from the Marine Lower (Töck) of Helgoland (West Germany), the oldest known Pachyrhizodontid fish (Teleostei, Crossognathiformes), *Geol. Jahrb. A.* 120 (1991) 305–309.
- [22] L. Taverne, Oséologie et affinités du téléostéen crétacique *Elopopsis microdon* (Pisces, Crossognathiformes, Pachyrhizodontidae), *Biol. Jahrb. Dodonaea* 61 (1994) 172–192.
- [23] L. Taverne, B. Chanet, *Faugichthys loryi* n. gen. n. sp. (Teleostei, Ichthyodectiformes) de l'Albien terminal (Crétacé inférieur marin) du vallon de la Fauge (Isère, France) et considérations sur la phylogénie des Ichthyodectidae, *Geodiversitas* 22 (1) (2000) 23–34.
- [24] S. Wenz, C. Fricot, Présence de *Pachyrhizodus salmoneus* (Günther), Pisces, Teleostei, Pachyrhizodontidae, dans l'Albien moyen de l'Aube (France), *Bulletin d'informations géologiques du bassin de Paris* 22 (4) (1985) 7–10.

