

Geocronología y Paleontología de la formación Novillo, Noreste de México

Geochronology and Paleontology of the Novillo formation, Northeastern Mexico

Eguiluz-y de Antuñano, S.^{1*}; Pantoja-Irys, J. R.²; Vega, F. J.³

¹ Consultor, Bonampak 103, Coyoacán, CP 4700.

² Corporación Ambiental de México, Texcoco 100, Monterrey, C.P. 64960, Nuevo León, México.

³ Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

*seguiluz662@gmail.com ¹; jerjes.pantojai@anahuac.mx²

Resumen

El reporte dudoso de *Gryphaea nebrascensis* (sin aportar pruebas taxonómicas), estableció equívocamente la edad Oxfordiano a estratos de la formación Novillo en el noreste mexicano. La posición estratigráfica de esta formación ha permanecido incierta y sin estudio cronoestratigráfico adicional a partir de su descripción inicial. La edad dada a esta unidad estratigráfica ha provocado correlaciones estratigráficas impropias. Este trabajo aporta datos isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenidos de calcita de la concha de un ejemplar de *Gryphaea nebrascensis* hallado en la formación Novillo, su análisis arroja $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma (Bathoniano tardío), congruente con el contenido fósil. En la formación Novillo, de manera preliminar, se identifican dos especies del género *Gryphaea*: *Gryphaea nebrascensis* y *Gryphaea* cf. *culebra* y se muestra su descripción morfológica, omitida en trabajos previos. El alcance estratigráfico del contenido fósil en esta formación sugiere la edad Bathoniano-Caloviano. Los datos aquí presentados permitirán que esta sucesión estratigráfica sea dada como unidad formal en el Léxico Estratigráfico de México; así mismo, en el futuro, admitirá hacer correlaciones estratigráficas apropiadas, ambos aspectos son temas de confrontación soslayados actualmente.

Palabras clave: Bathoniano-Caloviano, *Gryphaea nebrascensis*, isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

Abstract

The dubious report of *Gryphaea nebrascensis* (without providing taxonomic evidence) mistakenly established an Oxfordian age for strata of the Novillo formation in northeastern Mexico. The age of this formation has remained uncertain and without additional chronostratigraphic support since its initial description. Consequently, the stratigraphic correlations that have been made are imprecise. This work provides $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic data obtained from the calcitic shell of a *Gryphaea nebrascensis* found in the Novillo formation, whose analysis yields an age of $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma (late Bathonian), consistent with the fossil content. In the Novillo formation two species of the genus *Gryphaea* have been preliminary identified: *Gryphaea nebrascensis* and *Gryphaea* cf. *culebra*. Their morphological descriptions, omitted in previous studies, are provided here. The stratigraphic range of the fossil content in this formation suggests a Bathonian-Callovian age. The data presented here allow this stratigraphic succession to be given as a formal unit in the Stratigraphic Lexicon of Mexico; likewise, it will allow appropriate stratigraphic correlations in the future to be made, both aspects of which are currently overlooked issues.

Keywords: Bathonian-Callovian, *Gryphaea nebrascensis*, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic.

Cómo citar / How to cite: Eguiluz-y de Antuñano, S., Pantoja-Irys, J. R., Vega, F. J. (2026). Geocronología y Paleontología de la formación Novillo, Noreste de México. *Paleontología Mexicana*, 15(1), 215–229.

Resumen no técnico

El análisis de isótopos de estroncio obtenidos de minerales contenidos en las rocas, con técnicas de laboratorio modernas, permiten obtener parámetros para estimar la edad en que se realizó un depósito sedimentario. Los fósiles incluidos en la roca, como formas evolutivas de la vida pasada, indican la edad relativa de un depósito en el tiempo geológico. Ambas técnicas proporcionan datos confiables para ubicar la cronología del depósito. La formación Novillo representa el inicio de la inundación marina, su edad ha sido debatida por mucho tiempo y genera incertidumbre para conocer el avance de los mares durante el periodo Jurásico. Este trabajo aporta datos de isotopía de estroncio congruentes con la edad de fósiles hallados y resuelve dar edad de 166 millones de años (Bathoniano) para el depósito marino en un área del noreste de México. El estudio tiene importancia para conocer la evolución paleogeográfica vinculada a la exploración de recursos naturales.

Non Technical Summary

The analysis of strontium isotopes obtained from minerals contained in rocks, using modern laboratory techniques, allows us to obtain parameters for estimating the age of a sedimentary deposit. Fossils embedded in the rock, as evolutionary forms of past life, indicate the relative age of a deposit in geological time. Both techniques provide reliable data for establishing the chronology of the deposit. The Novillo Formation represents the beginning of marine flooding; its age has long been debated and creates uncertainty in understanding the advance of the seas during the Jurassic period. This work provides strontium isotope data consistent with the age of fossils found and establishes an age of 166 million years (Bathonian) for the marine deposit in an area of northeastern Mexico. The study is important for understanding the paleogeographic evolution linked to the exploration of natural resources.

1. Introducción

Heim (1926) describió “Novillo beds” de manera breve e informal. Burckhardt (1930) publicó e ilustró tres columnas estratigráficas para describir a los estratos Novillo y Olvido en el valle del Huizachal, Tamaulipas. Las columnas publicadas fueron donadas por Schmittou y Kellum procedentes de la compañía “Transcontinental Petroleum”. Burckhardt (*op. cit.*), consideró que la presencia de *Gryphaea* de tamaño pequeño, con un sillón lateral bien marcado en la valva mayor, era semejante a *G. arcuata* (Liásico); sin embargo, optó por identificarla, con duda, como *G. nebrascensis* Merk, y la situó en el Oxfordiano, sin dar mayor detalle ni aportar pruebas de su taxonomía. Este fósil en Idaho y Wyoming tiene un alcance estratigráfico más antiguo (Imlay, 1967, 1980), como Muir (1936) lo sugirió en su tiempo, sin que a la fecha exista constancia taxonómica para los fósiles alojados en la formación Novillo.

Muir (1936) adicionó datos estratigráficos a las columnas arriba citadas y Heim (1940) propuso, de manera formal, a la formación

Novillo. Las relaciones estratigráficas de la formación Novillo (capas continentales abajo y yesos arriba), originaron remplazar equívocamente el nombre Novillo por el de Zuloaga y constreñir su contenido fósil al Oxfordiano (Imlay, 1943). Este criterio ha prevalecido hasta nuestros días, lo cual ha generado correlaciones regionales imprecisas. El Léxico Estratigráfico de México reconoce el nombre Novillo para designar a una roca metamórfica tipo gneis (como unidad litodémica), de edad Precámbrico; sin embargo, no reconoce el nombre Novillo para la unidad litoestratigráfica en cuestión.

Este trabajo tiene como objetivos aportar datos de isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para reconsiderar la edad de este depósito sedimentario; además, se describen brevemente las características morfológicas de moluscos fósiles contenidos en la formación Novillo. Así mismo, se establecen las bases para considerar en un futuro, redefinir la litoestratigrafía de esta formación y hacer correlaciones estratigráficas apropiadas.

2. Metodología

Este trabajo concentra su enfoque en la edad de la formación Novillo que aflora en el valle del Huizachal, Tamaulipas (Figura 1). Inicialmente se analizó la bibliografía existente y se realizaron campañas de campo para conocer, medir, coleccionar muestras y toma de imágenes con cámara y dron, para estudios convenientes que ilustran este trabajo. El estudio y datos de campo de localidades tipo descritas en estudios previos, permitió tener la visión del problema a resolver. La ubicación de los afloramientos referidos en este trabajo fue adquirida con GPS, en coordenadas Universal Transversa Mercator (UTM) Zona 14, WGS84.

Los fósiles coleccionados, en dos campañas de campo, suman 88 ejemplares cuya posición se ubica en la sección geológica medida (Figura 1). Consisten en ejemplares en los que la concha tiene variable grado de conservación y sin deformación. Los ejemplares más

representativos de las especies identificadas fueron digitalizados y fotografiados. Los fósiles registrados en este trabajo están en resguardo en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, CDMX, con números de catálogo IGM 14680 a IGM 14690. Ejemplares no mostrados están en la Colección Geográfica de Referencia.

Del carbonato de la concha de un ejemplar de *Gryphaea nebrascensis* coleccionado en la formación Novillo (Figura 1) se obtuvo muestra de calcita para análisis de isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. La muestra de 85 mg se disolvió en HCl, se centrifugó por 30 min y se evaporó a sequedad en vasos de precipitados de PTFE. El residuo se disolvió en HNO_3 y se colocó en columnas de PFA de intercambio iónico SrSpec* (EICHROM Company) para extraer y purificar el estroncio. Las relaciones isotópicas de estroncio se determinaron con un espectrómetro de masas de ionización térmica TRITON PLUS,

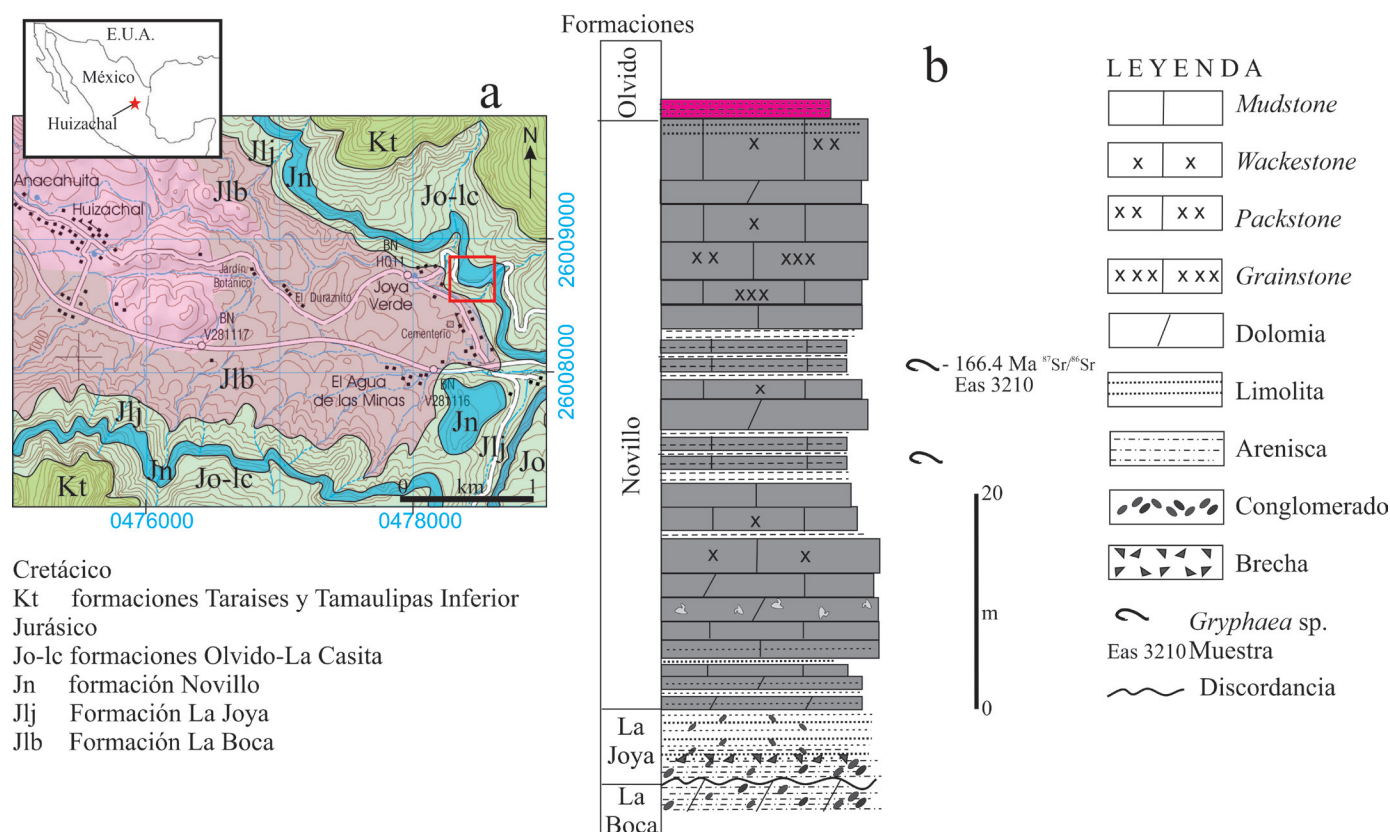


Figura 1. Ubicación del área en recuadro rojo (a). Columna estratigráfica en la localidad Joya Verde (b). Descripción en el texto.

equipado con 9 colectores Faraday en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), Instituto de Geofísica (IGF), UNAM en la Ciudad de México. Las mediciones isotópicas se realizaron en modo de recolección estática. El estroncio se cargó como cloruro en filamentos de renio y se midió como iones metálicos. La razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenida se normalizó a un valor $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.1194. El valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del estándar NBS 987 a lo largo de este estudio fue de $0.710257 \pm 13^*$ (1 DE, $n = 116$). El blanco de procedimiento total fue de 0.60 ng de Sr. Los errores analíticos se expresan como desviación estándar (1 DE) y se indican con los dos últimos dígitos. El error estándar de la media (1 EE) se calculó a partir de 57 proporciones isotópicas individuales de la muestra y se expresa con el último dígito (Tabla 1).

3. Isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

El volumen de estroncio que entra a los océanos por ríos, glaciares o el viento, proviene de la erosión de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas continentales, afectadas por fenómenos meteóricos. La concentración del estroncio en los océanos representa uno de los elementos traza más abundantes. La variación de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en el agua de mar a través del Fanerozoico se ha determinado a partir del análisis de carbonato y fosfato de fósiles. Esta relación ha variado a lo largo del tiempo geológico entre 0,707 y 0,709 (Bentley, 2006). Partiendo de este principio se obtuvo material de carbonato de calcio procedente de la concha de un ejemplar pequeño de *Gryphaea nebrascensis*.

El resultado del análisis $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, con 116 corridas, arroja el valor de 0.706981 que presenta dos alternativas posibles (Tabla 1). Se resuelve seleccionar la edad de $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma (Figura 2); con base al contenido fósil y posición estratigráfica de la formación Novillo, aunado a dataciones preliminares U-Pb en circones de tobas y sedimentos de las formaciones que la delimitan; la edad corresponde al Bathoniano tardío (*International Chronostratigraphic Chart*, 2025).

4. Taxonomía

El estudio del Orden Ostreoida incluye frecuentemente observación de ejemplares con morfología complicada, al ser ampliamente variable, que dificulta reconocer su taxonomía. En México no existen descripciones taxonómicas apropiadas para *Gryphaea nebrascensis*, no hay registro de hipotipos de este género en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología. Trabajos previos (Burckhardt, 1930) citan, sin probar, la presencia de *Gryphaea nebrascensis* y braquiópodos (*Rynchonella* sp.) en la formación Novillo de Huizachal, Tamaulipas. Este trabajo presenta la descripción de conchas fósiles de dos especies del ostréido del género *Gryphaea* y cita la presencia de fragmentos de un braquiópodo contenido en marga de la formación Novillo. Numerosas conchas de *Gryphaea* sp. de tamaño pequeño predominan en el afloramiento, como posibles formas juveniles, contra escasos ejemplares de mayores dimensiones, como posibles formas adultas, que aquí se ilustran.

4.1. Orden Ostreoida

Familia Gryphaeidae

Genero *Gryphaea* Lamarck 1801

Liogryphaea Fischer (1881) se considera sinónimo de *Gryphaea* Lamarck (1801)

Gryphaea calceola Quenstedt (1843)

Gryphaea calceola variedad *nebrascensis* Meek y Hayden (1861)

Meek y Hayden (1861) argumentaron que la forma estrecha, alargada y arqueada, con el umbo estriado radialmente de *Gryphaea calceola* variedad *nebrascensis*, poseía la misma apariencia distintiva de *Gryphaea calceola* Quenstedt. La diferencia entre ambos moluscos radicaba en que el pico de la valva inferior de *G. calceola* Quenstedt era menos arqueado y desarrollado, así como el surco a lo largo de su cara anterior no se extendía hasta la punta del pico, por lo tanto, era necesario hacer una extensa serie de especímenes comparativos, entre localidades

Tabla 1. Resultados analíticos del fragmento de un ejemplar de *Gryphaea nebrascensis* colectado en este trabajo. Valor del laboratorio del estándar NBS9⁸⁷: $0.710257 \pm 13^*$ n = 116. Edades calculadas con: LOWES 5 ft 26 03 13 (McArthur et al., 2012). 1sd = 1 desviación estándar; 2 en las dos últimas cifras; 3-1 SE(M) = 1sd/raíz n; 4-1=número de relaciones medidas por corrida.

Muestra	Código (Lugis)	Tipo	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	1sd ²	1 SE(M) ³	n ⁴	peso en gramos	Ma	± Ma	Ma	± Ma
Concha 03-25	6875 FB CR	<i>Gryphaea</i> sp.	0.706981	24	3	57	0.08496	153.45	0.85/-0.80	166.40	0.35/-0.25

americanas y europeas para determinar las diferencias, optando provisionalmente asignar las conchas a la especie *G. calceola* Quenstedt. El holotipo de *Gryphaea calceola* variedad *nebrascensis* se describió con longitud de 58 mm desde el umbo hasta el extremo ventral y el ancho en el extremo opuesto al pico con 30 mm aproximadamente.

a) *Gryphaea nebrascensis* Imlay 1948

Con base en la descripción anterior Imlay (1948) propuso el plesiotipo *Gryphaea nebrascensis* (Figura 3a), que se caracteriza en ejemplares adultos “...por el caparazón alargado, umbo prominente y estrecho, pico fuertemente curvado hacia

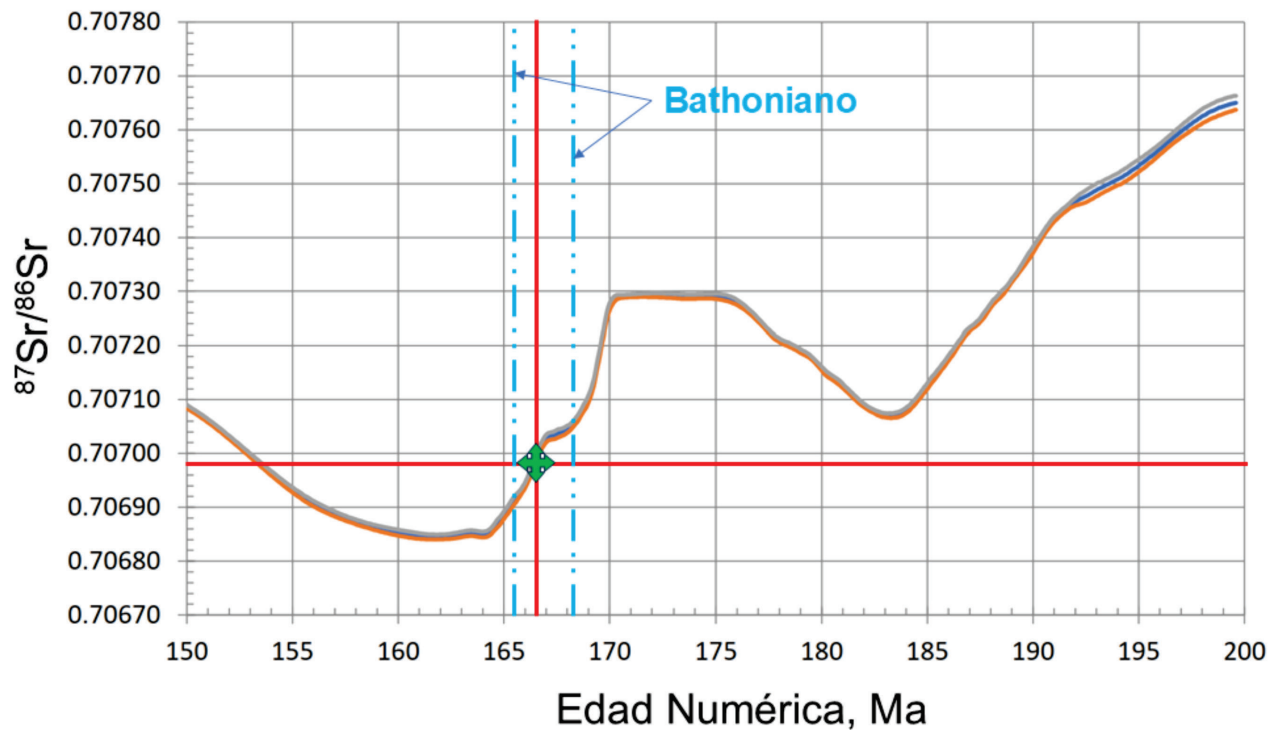


Figura 2. Diagrama con la curva de evolución de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en el agua de mar para el período de 150-200 Ma, adaptado de McArthur et al. (2012). La relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenida para el fragmento de concha de *Gryphaea nebrascensis*, es de 0.706981 y está marcada con un símbolo verde y líneas rojas. Las líneas discontinuas verticales azules muestran los límites numéricos de edad del piso Bathoniano.

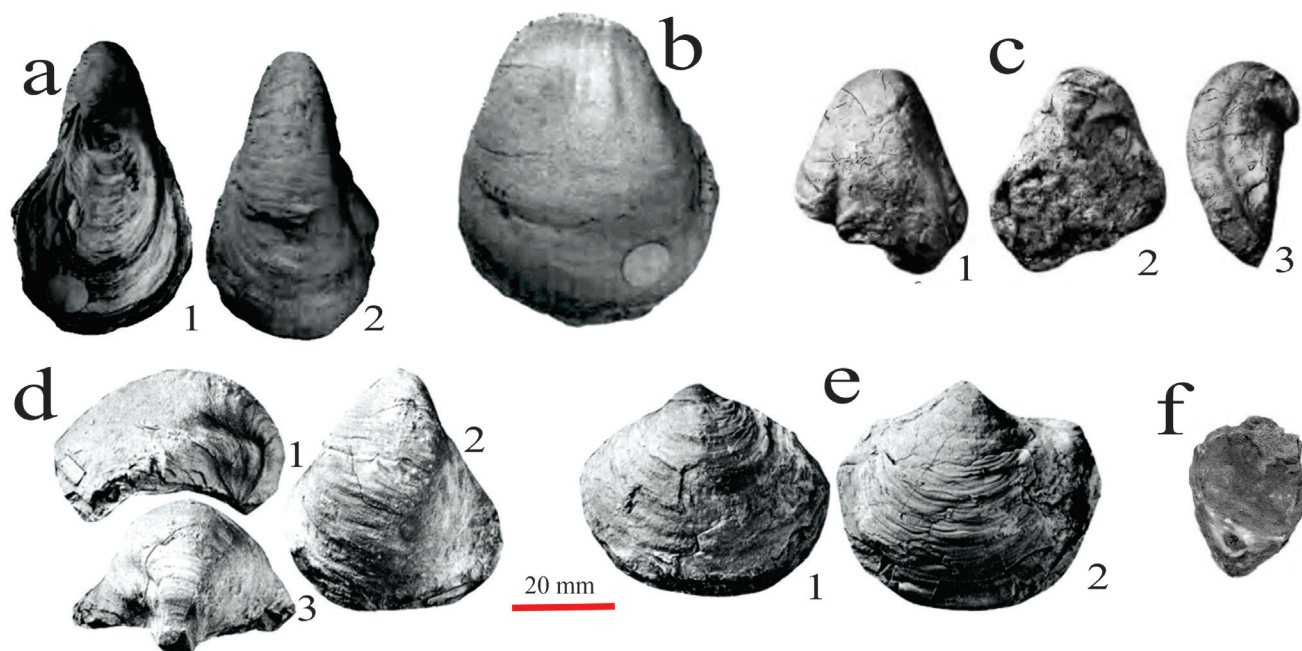


Figura 3. *Gryphaea nebrascensis* Meek y Hayden (a), valva derecha (1) e izquierda (2) del plesiotipo (Imlay, 1948). *Gryphaea impressimarginata* McLearn (b), valva izquierda del plesiotipo (Imlay, 1948). *Gryphaea culebra* Imlay (c), valva izquierda (1), derecha (2) y lateral (3) del holotipo (Imlay, 1964). *Gryphaea planoconvexa fraterna* Imlay (d), vista lateral (1), valva izquierda (2) y vista umbonal (3) del paratipo, (Imlay, 1964). *Gryphaea planoconvexa* Whitfield (e), valva derecha (1) e izquierda (2) del holotipo (Imlay, 1967). Braquiópodo (posible *Terebratulina*) colectado en este trabajo en la formación Novillo (f). Todas las figuras a la misma escala. Escala gráfica 20 mm.

adentro, surco generalmente bien definido en la cara posterior y especialmente, por la presencia de estrías radiales distintivas en la región umbonal”. Formas más robustas de *G. nebrascensis* pueden confundirse con *G. impressimarginata* McLearn (Figura 3b), pero en esta especie las marcas umbonales son más finas. En estas dos especies las formas inmaduras de 12 mm de altura son muy similares (Imlay, 1948).

En la formación Novillo *Gryphaea nebrascensis* (Figura 4) se identifica por su valva izquierda triangular y concha alargada, tiene 32 mm (L), 17 mm (B) y 15 mm de alto (H), con pared relativamente gruesa, el umbo es destacado, estrecho, con pico curvado hacia adentro y tiene estrías radiales distintivas en la región umbonal (ejemplar Eas 3210 2S, Figura 5a). Otra concha más pequeña con la descripción anterior (ejemplar EAS 3210 1S), tiene 25 mm (L), 18 mm (B) y 10 mm (H), (Figura 5b).

Gryphaea nebrascensis tiene distribución amplia en el oeste de los Estados Unidos de América, Canadá y México (Imlay, 1948, 1964, 1980). En México se reporta en rocas del Bathoniano y Caloviano (Imlay, 1980; Cantú-Chapa, 1971, 2001; Carrasco-Ramírez *et al.*, 2016) y dubitativamente en Oxfordiano (Burckhardt, 1930), como posteriormente se discutirá.

b) *Gryphaea culebra* Imlay 1964 (Figura 3c)

El holotipo de la especie se describe con el contorno de la concha alargado y ovalado en los ejemplares jóvenes, pero se vuelve trigonal en ejemplares más grandes. La valva izquierda es marcadamente convexa, con surcos posterior y anterior que delimitan lóbulos estrechos, su umbo está fuertemente curvado hacia adentro, hay ejemplares que presentan estrías radiales débiles en la umbela y su pico está desviado posteriormente. La superficie de la

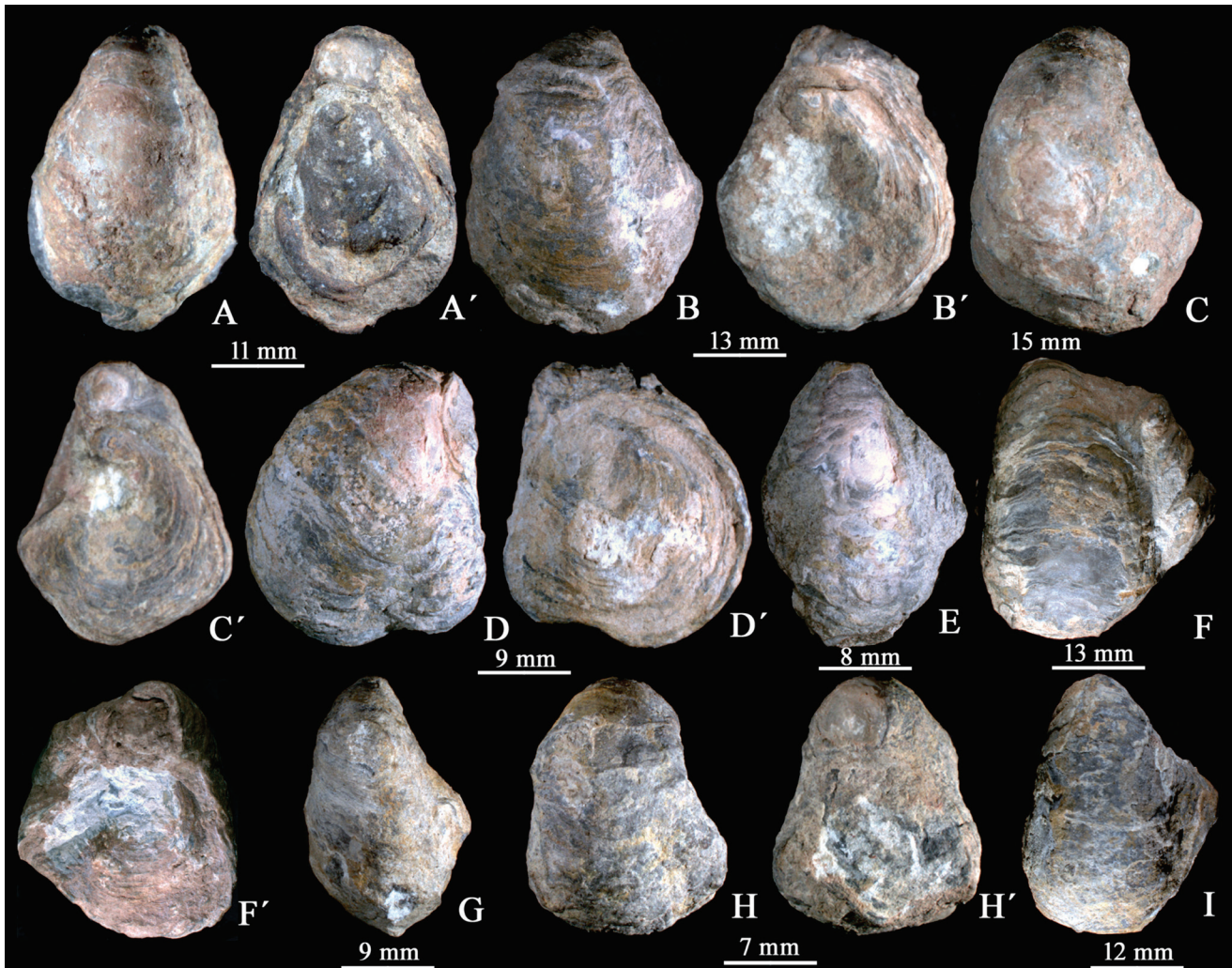


Figura 4. *Gryphaea nebrascensis* (A, A', B, B', C, C', E, G) y *G. cf. culebra* (D, D', F, F', H, H', I) hallados en la formación Novillo, serie Eas 3210.

concha está marcada por láminas de crecimiento débiles que se curvan dorsalmente al cruzar los surcos. Las dimensiones en milímetros para el holotipo son 38 (L), 43 (B) y 17 (H). Cuando el surco anterior es débil hay similitud con *Gryphaea calceola* Quenstedt, del Bajociano de Europa, pero difiere de *G. culebra* por tener el surco más corto y presenta un contorno triangular en lugar de ovalado.

Varias especies de *Gryphaea* en rocas del Jurásico Medio en Sudamérica tienen surcos anteriores y posteriores bien desarrollados, pero difieren de la especie de Norteamérica por tener una cresta umbonal afilada, en vez de un umbo redondeado (Rubilar, 2005, 2006).

Gryphaea cf. culebra recuperada en la formación Novillo (Figura 4), está moderadamente conservada y sin deformación, se considera una forma adulta (Eas 3210 10S, Figura 6). Presenta la valva izquierda con forma subcuadrada a subtriangular, con 31 mm de largo (L), 22 mm de ancho (B) y 14 mm de altura (H), con pared relativamente delgada. El umbo aparece fuertemente convexo y decrece con rapidez hacia la zona exterior de crecimiento y no presenta estrías radiales. La superficie exterior de la valva izquierda está ornamentada por estrías finas, sinuosas y paralelas entre sí, nacen de la zona umbonal y se distribuyen espaciadamente hacia la zona de crecimiento

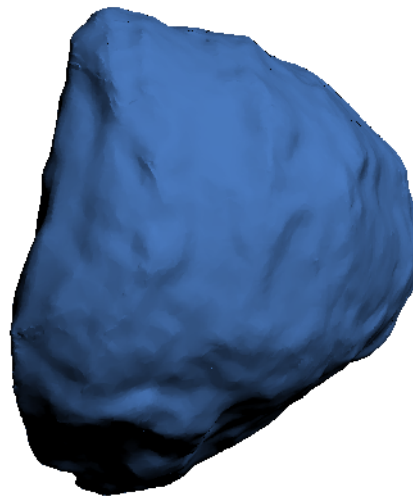
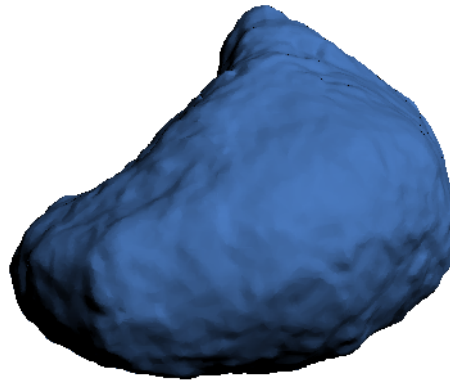


Figura 5. *Gryphaea nebrascensis* descritos en este trabajo. Ejemplar Eas 3210 2S, Figura 5 a y ejemplar EAS 3210 1S, Figura 5 b.

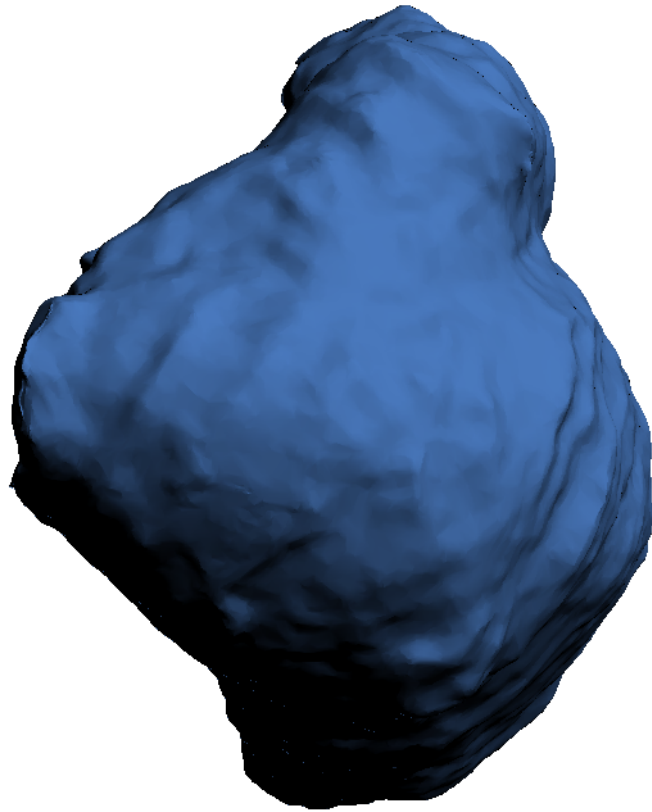


Figura 6. *Gryphaea* cf. *culebra* descrita en este trabajo. Ejemplar Eas 3210 10. Abrir con Adobe Acrobat versión Reader o Pro .

externo. Una escotadura prominente hunde longitudinalmente un tercio de la concha, esta escotadura es distintiva, más no exclusiva, del holotipo de la especie fósil.

La morfología de *Gryphaea* cf. *culebra* colectada en este trabajo es notoriamente similar a la subespecie *Gryphaea planoconvexa fraterna* Imlay (Figura 3d), esta similitud hace tener razonable duda sobre su identificación taxonómica. Estudios posteriores definirán la validez taxonómica aquí descrita. *G. planoconvexa fraterna* Imlay se distingue de *G. planoconvexa* Whitfield (Figura 3e) por tener ésta su concha más ancha, robusta, oval o sub-circular, con dimensión mayor y carente de escotadura.

Gryphaea planoconvexa fraterna se reporta únicamente en los miembros Sliderock y Rich, de la Caliza Twin Creek, en Utah, asociada a *Parachondroceras* sp. y *Sohlites* sp., establecida en el Bajociano superior (Imlay, 1967). No hay reportes de *Gryphaea planoconvexa fraterna* en otras áreas o en estratos más jóvenes; por lo tanto, hacen problemático reconocer el alcance estratigráfico de este molusco en la formación Novillo aquí datada.

4.2. Braquiópoda

Burckhardt (1930) reportó, sin ilustrar, *Rhynchonella* sp., asociada a *Gryphaea nebrascensis*. Ejemplares mal conservados y escasos de conchas de braquiópodos están en los estratos de marga de la formación Novillo, se reconoce el phylum por la presencia de una valva ventral con el foramen hacia el umbo de la concha, su simetría bilateral y líneas de crecimiento mal conservadas debido a la erosión (Figura 3f). Este trabajo identifica la presencia de *Terebratula* sp.

5. Litoestratigrafía

La sección estratigráfica fosilífera de la formación Novillo se encuentra en la localidad La Joya Verde, en Huizachal, Tamaulipas. Esta sección sirve de localidad de referencia para la localidad tipo propuesta por Heim (1940), en el cañón del Novillo. La sección Novillo en la Joya Verde, se encuentra entre las coordenadas UTM de inicio X=0477354 m, Y=2608517 m y final X=0477580 m y Y=2608547 m, a un costado del camino de terracería que sube al mirador de Moctezuma, en el kilómetro 19 (Figura 1).

La sucesión litológica en esta localidad está constituida en la base por la Formación La Joya, compuesta por arenisca, lutita y conglomerado, depositada en ambiente fluviolitoral. Esta formación pasa de forma gradual a la formación Novillo compuesta, de la base a la cima, por caliza *wackestone* de peloides, esta litología gradúa a estratos de caliza *mudstone*, caliza dolomitizada y dolomía con oquedades de disolución y en la cima hay *wackestone*, de color negro a gris oscuro, depositada en ambiente marino. Este conjunto tiene 15 m de espesor.

En ascenso hay marga con laminación paralela, con numerosos moluscos (pelecípodos y braquiópodos), se intercalan estratos de caliza *mudstone* arcillosa, de color crema y gris. Prosiguen estratos de dolomía y caliza *mudstone* de color gris oscuro, que pasan en contacto gradual a marga fosilífera como se describió previamente. En ambos intervalos de marga hay ejemplares de *Gryphaea* sp., de estos intervalos se colectó el material paleontológico descrito en este trabajo (Figura 1). El espesor de esta litología es ~10 m.

La parte superior de la sección tiene un espesor de 15 m, con capas de *wackestone* de bioclastos, *packstone* y *grainstone* de ooides,

con intervalos de estratificación cruzada, en estratos de 0.80 m a 1.50 m de espesor, en color gris oscuro a negro y caliza arenosa en la cima. Este cuerpo subyace y pasa gradual a la formación Olvido, la cual está mayormente cubierta por aluvión.

6. Discusión

Las rocas volcánicas y sedimentarias de Huizachal, Tamaulipas, han sido objeto de numerosos estudios (Mixon *et al.*, 1959; Carrillo-Bravo, 1961; Fastosvsky *et al.*, 2005; Rubio-Cisneros y Lawton, 2011); sin embargo, las rocas más jóvenes depositadas en ambientes marinos en esa localidad carecen de estudios detallados y han originado correlaciones estratigráficas inadecuadas (Imlay, 1948, 1953; Carrillo-Bravo, 1961; Weidie y Wolleben, 1969; Salvador, 1991; Goldhammer, 1999; Rubio-Cisneros y Lawton, 2011; Pindell *et al.*, 2020, 2021).

Rubio-Cisneros y Lawton (2011), de manera dubitativa, consideraron que la Formación La Joya, con isotopía U-Pb en granos de circón, arroja edad máxima, no conclusiva, de 164 Ma; la cual es cuestionable con los datos que aporta este trabajo.

Los datos de isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ aportados en este trabajo para datar a la formación Novillo en $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma (Bathoniano tardío), son congruentes con el alcance de su contenido fósil.

La formación Olvido yace sobre la formación Novillo en contacto concordante en la localidad objeto de este estudio. Los autores de este trabajo han obtenido datos preliminares de isotopía U/Pb en circones de una toba híbrida para la formación Olvido que arrojan 155.5 ± 1.0 Ma. Estos datos preliminares están en proceso de revisión y su análisis sale de los objetivos de este trabajo; sin embargo, son congruentes con la posición estratigráfica para la formación Novillo aquí analizada.

Rocas del Jurásico Medio y Superior, de ambiente marino (sucesión Minas Viejas), han sido datadas con $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Amezcuca *et al.*, 2020), la edad de esa sucesión corresponde a un depósito entre el Bajociano y el Oxfordiano. La edad más antigua atestigua una incursión marina diferente a lo considerado previamente (Imlay, 1948, 1953).

La posición estratigráfica de la formación Novillo es congruente al hacer su correlación estratigráfica con parte de la sucesión marina Minas Viejas, cuya cronología dada con $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en el miembro Los Cuervos (168.25-165.35 Ma, Amezcuca *et al.*, 2020), U-Pb, en el miembro La Primavera (164.8 Ma, Cross, 2012) y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en el miembro El Potosí (155 Ma, Amezcuca *et al.*, 2020), atestiguan el proceso cronoestratigráfico regional de invasión marina jurásica.

Con respecto a la bioestratigrafía. El género *Gryphaea* sp. se ha reportado en México en estratos de diferente edad. *Gryphaea mexicana*, fue propuesto como nueva especie por Félix (1891), en rocas del Jurásico Medio en el estado de Oaxaca, su descripción morfológica es escueta y no hay evidencia de esta especie en otras regiones del país. Carrasco-Ramírez *et al.* (2016), en las localidades descritas por Félix (op. cit.), confirman la presencia de *Gryphaea mexicana* asociada con *Reineckeia-Neuquenicerias* (Carrasco-Ramírez, 2003) en la Formación Yucuñutú (Caloviano). Burckhardt (1930) identificó, de manera dubitativa, *Gryphaea nebrascensis*, Meek y Hayden (1861), en estratos de la formación Novillo, en la localidad de Huizachal, Tamaulipas, misma localidad que aborda este trabajo. Sugirió que su edad podría ser Oxfordiano. El género *Gryphaea* colectado en Wind River, Estados Unidos, fue comparado con formas de *Gryphaea calceola* Quensted de Europa; sin embargo, Meek y Hayden (1861), al estudiar el fósil, por la variación morfológica, optaron por identificarla como *Gryphaea calceola* variedad *nebrascensis*. Se desconoce el motivo por el que Burckhardt

(op. cit.) al identificar al fósil como "*Gryphaea nebrascensis*, Meek y Hayden (1861), lo situó en el "...Oxfordiano de los Estados Unidos". Una posibilidad especulativa puede ser que tomó la posición de la Zona Quenstedtoceras, del Oxfordiano inferior, para dar su edad.

Erben (1956) reportó el género *Gryphaea* sp. en estratos del Grupo Tecocoyunca y en la Formación Tepexic (Caloviano), en localidades de Oaxaca, Puebla y Guerrero. Cantú-Chapa (1971, 2001), refiere (sin describir la morfología), que *G. nebrascensis* (*Lyogryphaea nebrascensis*) está en lutita, marga y caliza (en superficie y subsuelo) en la Formación Tepexic, en los estados de Puebla e Hidalgo. El fósil está asociado con *Neuquenicerias neoganeum* y *Reineckeia* sp., de edad Caloviano medio. El mismo autor indica que la descripción taxonómica de *Lyogryphaea nebrascensis* es dada por Lecoille (1970), cuya referencia bibliográfica está incompleta, impidiendo que en el presente trabajo se pudiera localizar la publicación. *Nannogyra virgula* (Vega y Lawton, 2011), fue hallado en lentes de caliza alóctona, procedentes de dos diapiros salinos, en el área de La Popa, Estado de Nuevo León, el mismo fósil está en varios intervalos de la sucesión Minas Viejas, en Galeana (Zell et al., 2015). El género *Gryphaea* se encuentra en estratos datados Caloviano, Oxfordiano y Kimeridgiano en México. De lo anteriormente descrito se reconoce que el género y diferentes especies *Gryphaea* tienen estudios limitados en México.

Por primera vez se presenta constancia de los fósiles contenidos en la formación Novillo. Se identifica *Gryphaea nebrascensis* asociada con *Gryphaea* cf. *culebra*, este último fósil es el primer registro en México. La identificación de estos moluscos se realizó mediante el análisis comparativo de su morfología con las características descritas en la literatura para estos moluscos (Imlay, 1964, 1967). La tipificación morfológica de ambas especies podrá ser ratificada mediante revisión directa con los holotipos.

Gryphaea nebrascensis tiene alcance estratigráfico principalmente Caloviano (Figura 4); según Imlay (1980), puede aparecer en la cima del Bathoniano y llegar a la cima del Jurásico (sin dar detalle de este alcance mayor); mientras que *Gryphaea culebra*, comparte su nicho en el Bathoniano tardío y Caloviano temprano (Imlay, 1964, 1967, 1980).

Imlay (1964, 1967) reporta *Gryphaea nebrascensis* Meek y Hayden en abundancia en la subzona de Gowericeras (Caloviano inferior) y en la parte superior de la zona de Arctioceras (Bathoniano superior-Caloviano inferior) en varias localidades de Norteamérica (Figura 7 a), cita que *Gryphaea nebrascensis* Meek y Hayden se extiende hasta el final del Jurásico marino, sin precisar detalles de este alcance estratigráfico.

Con respecto a la litoestratigrafía. La definición formal de la formación Novillo se ha visto afectada por acciones improcedentes que sustituyeron su nombre por el de Zuloaga (Imlay, 1943, 1948) y por dar el nombre Novillo, de forma arbitraria, en sinonimia, a una unidad litodémica compuesta por gneis (Fries y Rincón-Orta, 1965). En el primer caso, Imlay (1948) consideró que las relaciones estratigráficas de la formación Novillo, eran equivalentes con la Formación Smackover del Este de Texas y Luisiana. Es significativo señalar que las relaciones estratigráficas del contacto superior de la Formación Zuloaga, en discordancia por debajo de estratos del ensamble *Idoceras* sp. (Zona *Hypsocyclus*) y la Formación Smackover, que en su cima contiene este mismo ensamble paleontológico, es de importancia fundamental en la correlación del Este de Texas, Luisiana y Arkansas, con México. La formación Novillo no tiene las mismas relaciones bioestratigráficas. Por lo expuesto, la Formación Smackover posiblemente es un depósito más joven que la Formación Zuloaga y, ambas formaciones, son más jóvenes y con litología diferente a la formación Novillo. Mayor profundidad de sus correlaciones salen de los objetivos de este trabajo.

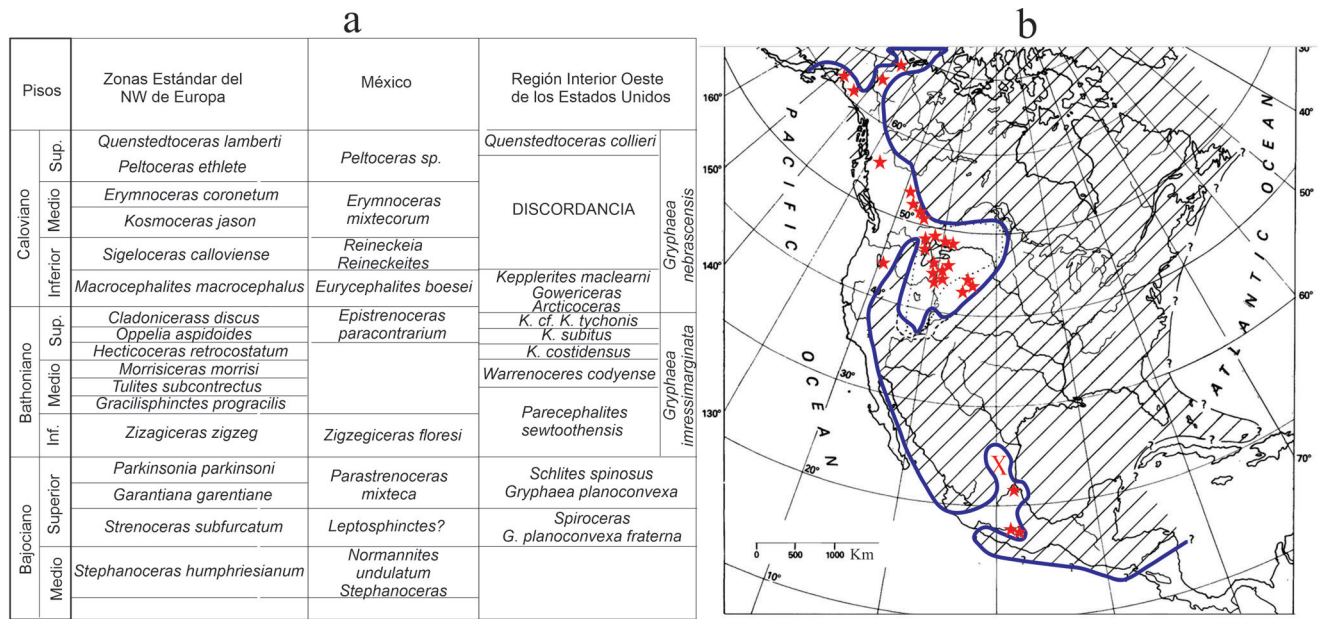


Figura 7. Posición que tienen las especies de *Gryphaea nebrascensis* en las zonas estándar de ammonitas en México y en el interior Oeste de Norteamérica (a). Distribución de sedimentos marinos (línea azul) y sedimentos continentales (achurado) para el Bathonian (Imlay, 1980). Con estrella las localidades reportadas por Imlay (op. cit.) y con X las localidades La Joya, Tamaulipas y Galeana, N. L., mapa modificado en este trabajo (b).

La litología y contenido fósil descritos en este trabajo para la formación Novillo, la isotopía para datar su edad en $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma y las relaciones estratigráficas, entre las formaciones La Joya y Olvido, difieren con respecto a las características estratigráficas dadas a la Formación Zuloaga (Imlay, 1938).

Gryphaea nebrascensis en la Formación Tepexic (Cantú-Chapa, 1971, 2001), asociada a *Reinekia* sp. es un depósito más joven que la formación Novillo, por los datos aportados en este trabajo, el depósito de estas rocas es de diferente edad.

La revisión litoestratigráfica de la formación Novillo y sucesiones estratigráficas que la limitan, sale del alcance de este trabajo; sin embargo, aquí se dan datos cronoestratigráficos y bioestratigráficos que ayudarán a resolver en un futuro, la nomenclatura apropiada para estas sucesiones estratigráficas del noreste mexicano.

7. Conclusiones

El dato de isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenido de la concha del fósil alojado en la formación Novillo arroja una edad de $166.4 \pm 0.35/0.25$ Ma, que corresponde a una sucesión estratigráfica marina depositada en el Bathonian superior. La taxonomía de *Gryphaea* cf. *culebra* es compleja; no obstante, es el primer reporte en México de este fósil asociado con *Gryphaea nebrascensis*. La confrontación de isotopía y contenido fósil son congruentes con la posición estratigráfica de la formación Novillo sobre la Formación La Joya, que a su vez subyace a la formación Olvido.

Los datos vertidos aquí permitirán en el futuro redefinir de forma apropiada la litoestratigrafía de este conjunto litológico y hacer correlaciones estratigráficas adecuadas, conforme a lo que establece la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica (2024).

Agradecimientos

Se agradece a los revisores incógnitos de este trabajo los valiosos comentarios dados para mejorar el contenido vertido aquí. Al Dr. Patrik Zell y la Dra. Blanca Estela Buitrón se agradecen las referencias bibliográficas aportadas. A Francisco Sánchez-Beristain por su apoyo en el análisis isotópico del fragmento fósil. Al Dr. Josep Moreno Bedmar por la digitalización de imágenes 3D de los fósiles. A la Mtra. Sandra Ramos Amézquita y equipo editorial por su esmerado trabajo. El apoyo económico para realizar la isotopía $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ al proyecto fue dado por la Compañía Corporación Ambiental de México, a la que se agradece el valioso apoyo recibido.

Conflicto de Interés

Los autores de este trabajo declaramos que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización y análisis inicial: 1.
Trabajos de campo: 1 y 2.
Metodología: 1, 2 y 3
Desarrollo del texto preliminar: 1, 2.
Texto final: 1, 2 y 3.
1: Eguiluz y de Antuñano, S.
2: Pantoja-Irys, J. R.
3: Vega, F. J.

8. REFERENCIAS

- Amezcuca, N., H., & Martínez, L. E. (2020). Preliminary Strontium Isotope Stratigraphy of the Jurassic Minas Viejas Formation, México. Search and Discovery Article, #51652, 1–17.
- Bentley, R. A. (2006). Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 13(3), 135–187. <https://doi.org/10.1007/s10816-006-9009-x>
- Burckhardt, C. (1930). Étude Synthétique sur le Mésozoïque mexicain, Première Partie. *Mémoires Société Paléontologique Suisse*, 49, 1–123.
- Cantú-Chapa, A. (1971). La Serie Huasteca (Jurásico Medio Superior) del centro este de México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, 3(2), 17–40.
- Cantú-Chapa, A. (2001). Mexico as the western margin of Pangea based on biogeographic evidence from the Permian to the Lower Jurassic. En C. Bartolini, R. T. Buffler, A. Cantú-Chapa (Eds.), *The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems* (Mémorial 75, 1–27). American Association of Petroleum Geologists.
- Carrasco-Ramírez, R.S. (2003). Los ammonites del Caloviano de la región Mixteca, Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 56(1), 42–55.
- Carrasco-Ramírez, R. S., Ferrusquía-Villafranca, I., Buitrón-Sánchez, B. E., & Ruiz-González, J. E. (2016). Litoestratigrafía del grupo Tecocoyunca (Jurásico Medio) en el área del río Ñumi (cercañas de Tlaxiaco), Oaxaca y consideraciones sobre la distribución regional de su biota. *Universidad de Costa Rica, Revista Geológica de América Central*, 55, 115–136.
- Carrillo-Bravo, J. (1961). Geología del Anticlinorio Huizachal Peregrina al N-W de Ciudad Victoria, Tamps. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 13, 1–98.
- Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica (Comité ad hoc: Núñez-Useche, F., Bernal Rodríguez, L. R., Castro Mora, M., López-Doncel, R. A., López-Palomino, I., Mesa, V., & Ramos Collorana, W.). (2024). Código Estratigráfico Norteamericano. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 76(1), Artículo A240124. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2024v76n1a240124>
- Cross, G. E. (2012). *Evaporite deformation in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico: Décollement kinematics in an evaporite-detached thin-skinned fold belt* [Tesis doctoral no publicada]. University of Texas at Austin.
- Erben, H. K. (1956). El Jurásico medio y el Calloviano de México. En 20º Congreso Geológico Internacional: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 140 p.
- Fastovsky, D. E., Hermes, O. D., Strater, N. H., Bowring, S. A., Clark, J. M., Montellano, M., & Hernandez, R. R. (2005). Pre-Late Jurassic, Fossil-Bearing Volcanic and Sedimentary Red-Beds of Huizachal Canyon, Tamaulipas, Mexico. En T. H. Anderson, J. A. Nourse, J. W. McKee, M. B. Steiner (Eds.), *The Mojave-Sonoran Megashear Hypothesis: Development, Assessment and Alternatives* (Special Paper 393, 401–426): Geological Society America.
- Felix, J. (1891). Versteinerungen aus der mexicanischen Jura- und Kreideformation. *Palaeontographica*, 37, 140–199.
- Fischer, P. (1881). *Manuel de conchyliologie et de paléontologie conchyliologique, ou histoire naturelle des mollusques vivants et fossiles suivi d'un Appendice sur les Brachiopodes* par D. P. Oehlert. Avec 23 planches contenant 600 figures dessinées par S. P. Woodward. F. Sav. Publisher, 3: 193–304.
- Fries, C. Jr., & Rincón-Orta. (1965). Nuevas aportaciones geocronológicas empleadas en el laboratorio de geocronología. *Boletín del Instituto de Geología*, 73, 57–133.
- Goldhammer, R. K. (1999). Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico. En C. Bartolini, J. L. Wilson, T. F. Lawton (Eds.), *Mesozoic sedimentary and tectonic history of North Central Mexico* (Special Paper 340, 1–58). Geological Society of America.
- Heim, A. (1926). Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, Mexico). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 20(1), 84–89.
- Heim, A. (1940). The Front Ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 33(2), 313–362.

- Imlay R. W. (1938). Studies of the Mexican Geosyncline. Geological Society of America Bulletin, 49, 1651–1694.
- Imlay, R. W. (1943). Jurassic formations of the Gulf Region. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 27, 1407–1544.
- Imlay, R. W. (1948). Characteristic Marine Jurassic Fossils from the Western Interior of the United States. Geological Survey Professional Paper, 214-B, 33p.
- Imlay, R. W. (1953). Las Formaciones Jurásicas de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 16(1), 10–66.
- Imlay, R. W. (1964). Marine Jurassic pelecypods from central and southern Utah. U.S. Geological Survey Professional Paper, 483-C, 1–42.
- Imlay, R. W. (1967) Twin Creek Limestone (Jurassic) in the western interior of the United States: U.S. Geological Survey Professional Paper 540, 105 p.
- Imlay, R. W. (1980). Jurassic Paleobiogeography of the Conterminous United States in Its Continental Setting. U.S. Geological Survey Professional paper, 1062, 1–134.
- International Chronostratigraphic Chart. (2025). <https://stratigraphy.org/chart/>, consultado el 30 de enero de 2026.
- Lamarck, J. B. (1801). Système des animaux sans vertèbres, ou tableau général des classes, des ordres et des genres de ces animaux; Présentant leurs caractères essentiels et leur distribution, d'après la considération de leurs rapports naturels et de leur organisation, et suivant l'arrangement établi dans les galeries du Muséum d'Histoire Naturelle, parmi leurs dépouilles conservées; Précédé du discours d'ouverture du Cours de Zoologie, donné dans le Muséum National d'Histoire Naturelle l'an 8 de la République. Paris, Published by the author and Deterville. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.14255>
- McArthur, J. M., Howarth, R. J., & Shields, G. A. (2012). Strontium Isotope Stratigraphy. The Geologic Time Scale, 1(2), 127–144.
- Meek, F. B. & Hayden, F. V. (1861). Descriptions of new lower Silurian, (Primordial), Jurassic, Cretaceous, and Tertiary Fossils, collected in Nebraska, by the Exploring Expedition under the command of Capt. Wm. F. Reynolds, U. S. Top. Engrs.; with some remarks on the rocks from which they were obtained. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 13, 415–447.
- Mixon, R. B., Murray, G. E., & Díaz-G., T. (1959). Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43, 757–771.
- Muir, J. M. (1936). Geology of the Tampico Region, Mexico. American Association of Petroleum Geologists.
- Pindell, J., Weber, B., Hale-Erllich, W., Cossey, S., Bitter, M., Molina Garza, R., Graham, R., & Erlich, R.N. (2020). Strontium isotope dating of evaporites and the breakup of the Gulf of Mexico and Proto-Caribbean Seaway. En U. Martens, & R. S. Molina Garza, (Eds.), Southern and Central Mexico: Basement Framework, Tectonic Evolution, and Provenance of Mesozoic–Cenozoic Basins (Special Paper 546). Geological Society of America, [http://doi.org/10.1130/2020.2546\(12\)](http://doi.org/10.1130/2020.2546(12))
- Pindell, J., Villagómez, D., Molina-Garza, R., Graham, R., Weber, B. (2021). A revised synthesis of the rift and drift history of the Gulf of Mexico and surrounding regions in the light of improved age dating of the Middle Jurassic salt. Geological Society, London, Special Publications, 504(1), 29–76. <https://doi.org/10.1144/SP504-2020-43>
- Rubilar, A. (2005). Heterochrony in Middle Jurassic species of Gryphaea (Ostreoidea, Gryphaeidae) from southern South America. Geologica Acta, 13(2), 185–203.
- Rubilar, R. A. (2006). Gryphaeate Oysters with radial ornamentation in the Middle Jurassic of Chile and Argentina: Supraspecific Affinities and Possible Taxonomic Implications. En XI Congreso Chileno, Actas, 2, 121–124.
- Rubio-Cisneros, I. I. & Lawton, T. F. (2011). Detrital zircon U-Pb ages of sandstones in continental red beds at Valle de Huizachal, Tamaulipas, NE Mexico: Record of Early-Middle Jurassic arc volcanism and transition to crustal extension. Geosphere, 7, 159–170.
- Quenstedt, F. A. (1843). Das Flözgebirge Würtembergs, Mit besonderer Rücksicht auf den Jura. Tübingen Laupp.
- Salvador, A. (1991). Origin and development of the Gulf of Mexico Basin. En A. Salvador, (Ed.), The Gulf of Mexico Basin (v. J, 389–444). Geological Society of America, Decade of North American Geology.
- Servicio Geológico Mexicano (2026) https://www.sgm.gob.mx/Lexico_Es/, Consultado el 30 de diciembre de 2026..
- Vega, F. J., & Lawton, T. F. (2011). Upper Jurassic (Lower Kimmeridgian-Olvido) carbonate strata from the La Popa Basin diapirs, NE Mexico. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 63(2), 313–321.
- Weidie, A. E., & Wollleben, J. A. (1969). Upper Jurassic Stratigraphic Relations Near Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 53(12), 2418–2420.
- Zell, P., Beckmann, S., Stinnesbeck, W., & Gotte, M. (2015). Mollusks of the Upper Jurassic (upper Oxfordian-lower Kimmeridgian) shallow marine Minas Viejas Formation, northeastern Mexico. Journal of South American Earth Sciences, 62, 92–108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.05.006>.