REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 43, núm. 2, agosto 2026, 102–121
ISSN-L 2007-2902
https://rmcg.unam.mx

Tipo: Investigación original

DIAMOND OPEN ACCESS

Revisión estratigráfica de las formaciones Novillo y Olvido en el noreste de México

Samuel Eguiluz y de Antuñano[1, a, *] **y Jerjes Rigoberto Pantoja-Irys**[2, b, **]

[1] *Consultor independiente, Bonampak 103, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04700, México.*
[2] *Corporación Ambiental de México, Texcoco 100, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64960, México.*

*Corrresponding author (S. Eguiluz y de Antuñano): * seguiluz662@gmail.com; ** Jerjes.pantojai@anahuac.mx*
[a] *0000-0003-0030-8681,* [b] *0000-0003-0802-3218*

Editores:
Natalia Pardo Villaveces
Luigi A. Solari

Cómo citar:
Eguiluz y de Antuñano, S., & Pantoja-Irys, J. R. (2026).Revisión estratigráfica de las formaciones Novillo y Olvido en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, *43*(2), 102–121. DOI: https://dx.doi.org/10.22201/igc.20072902e.2026.2.1921

Manuscrito recibido: diciembre 5, 2025
Manuscrito corregido recibido: marzo 26, 2026
Manuscrito aceptado: abril 21, 2026
Publicado en línea: agosto 1, 2026

Copyright
© 2026 Los autores.
Este es un artículo de acceso-abierto publicado y distribuido por la Universidad Nacional Autónoma de México bajo los términos de una Licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se de crédito al autor original y la fuente.

RESUMEN

Los nombres Novillo y Olvido fueron propuestos como formaciones para sucesiones de rocas sedimentarias (como unidades litoestratigráficas), de edad Jurásico. El Léxico Estratigráfico de México reconoce el nombre Novillo para designar a una unidad litodémica precámbrica formada por gneis; sin embargo, no registra al apelativo para la unidad sedimentaria del Jurásico, argumentando sinonimia de nomenclatura. El mismo Léxico no acepta a la Formación Olvido por no cumplir los requisitos que establece el Código Estratigráfico Norteamericano para designar unidades formales. El nombre Novillo originalmente fue dado a estratos de caliza, arenisca y marga con moluscos, en esta definición se incluyó un cuerpo de arenisca en la base, este cuerpo posteriormente fue segregado para incluirlo como Formación La Joya, y en ella, se omitieron pormenores para modificar a la unidad estratigráfica superior. El contacto superior de la Formación Novillo se describió subyacente a terrígenos con evaporita y caliza de la Formación Olvido. Las relaciones estratigráficas de los estratos Novillo (capas continentales abajo y yesos arriba) originaron remplazar equívocamente el nombre Novillo por el de Zuloaga y constreñir, de manera equívoca, su contenido fósil al Oxfordiano. Este criterio erróneo ocasionó correlaciones estratigráficas regionales impropias. La Formación Olvido se definió de forma lacónica para designar estratos de yeso, arenisca y caliza, motivo por el cual se restringe ser aceptada con la categoría litoestratigráfica formal.

Este trabajo describe las características litológicas y cronoestratigráficas de las formaciones Novillo y Olvido para dar formalidad litoestratigráfica a estas rocas y admitir su debida inclusión en el Léxico de Nomenclatura Estratigráfica de México. En la Formación Olvido se reconocen tres miembros. Isotopía U/Pb en circones de la Formación Olvido arroja para la base edades de ~164 Ma y hacia la cima de ~155.5 Ma, que ubican su depósito entre el Caloviano y Oxfordiano. Los afloramientos estudiados permiten interpretar los ambientes de depósito y hacer las correlaciones estratigráficas regionales apropiadas con depósitos isócronos. Se acepta designar a la unidad litodémica Gneis Novillo, como Complejo Metamórfico Novillo. La revisión estratigráfica de las formaciones Novillo y Olvido se justifica por la importancia económica para la exploración de recursos naturales.

Palabras clave: Formación Novillo; Formación Olvido; litoestratigrafía; Jurásico Medio; Jurásico Superior; correlaciones; datación U-Pb; México

ABSTRACT

The names Novillo and Olvido were proposed as formations for successions of sedimentary rocks (as lithostratigraphic units) of Jurassic age. The Stratigraphic Lexicon of Nomenclature of Mexico recognizes the name Novillo to designate a Precambrian lithodemic unit formed of gneiss; however,

DOI: https://dx.doi.org/10.22201/igc.20072902e.2026.2.1921

it does not record the name for the Jurassic sedimentary unit, citing the nomenclature as a synonym. The same Lexicon does not accept the Olvido Formation because it does not meet the requirements established by the North American Stratigraphic Code for designating formal units. The name Novillo was originally given to strata of limestone, sandstone, and marl with mollusks. This definition included a sandstone body at the base, which was later segregated and included as the La Joya Formation. Details were omitted from this definition to modify the overlying stratigraphic unit. The upper contact of the Novillo Formation was described as underlying terrigenous rocks with evaporite and limestone of the Olvido Formation. The stratigraphic relationships of the Novillo strata (continental layers below and gypsum above) led to the erroneous replacement of the name Novillo with Zuloaga, and the erroneous confinement of its fossil content to the Oxfordian. This erroneous criterion led to inappropriate regional stratigraphic correlations. The Olvido Formation was succinctly defined to designate strata of gypsum, sandstone, and limestone, which is why it cannot be accepted as a formal lithostratigraphic category.

This work describes the lithological and chronostratigraphic characteristics of the Novillo and Olvido formations to formalize their lithostratigraphic classification and allow for their inclusion in the Lexicon of Stratigraphic Nomenclature of Mexico. Three members are recognized within the Olvido Formation. U/Pb isotopes in zircons from the Olvido Formation yield a date of approximately ~164 Ma at the base and 155.5 Ma towards the top, placing its deposition between the Callovian and Oxfordian stages. The studied outcrops allow for the interpretation of the depositional environments and the establishment of appropriate regional stratigraphic correlations with isochronous deposits. For the lithodemic unit Novillo Gneis, the designation as Novillo Metamorphic Complex is accepted. The stratigraphic revision of the Novillo and Olvido formations is justified by their economic importance for natural resource exploration.

Keywords: *Novillo Formation; Olvido Formation; lithostratigraphy; Middle Jurassic; Upper Jurassic; correlations; U-Pb dating; Mexico*

INTRODUCCIÓN

La nomenclatura estratigráfica facilita distinguir conjuntos pétreos con características propias, que se designan como formaciones cuando se refieren a rocas sedimentarias como unidades litoestratigráficas. Su uso facilita la comunicación de especialistas en ciencias de la Tierra, y su denominación se sustenta en un marco regulatorio que admite cambios acordes al avance del conocimiento estratigráfico; además, tiene connotación económica en la exploración de recursos naturales.

Los antecedentes históricos sobre la evolución de la nomenclatura para las formaciones Novillo y Olvido se remontan al siglo pasado. La designación "*Novillo beds*" fue propuesta por Heim (1926) para estratos de caliza de edad imprecisa. Burckhardt (1930) ilustró tres columnas estratigráficas para los estratos Novillo y Olvido en el valle del Huizachal (Figura 1c). Muir (1936) adicionó datos descriptivos a las columnas publicadas por Burckhardt (1930). Heim (1940) propuso, de manera formal para su tiempo, a las formaciones Novillo y Olvido, las litologías respectivas fueron ilustradas en dos secciones estratigráficas, una en el valle del Huizachal y otra al suroeste de Ciudad Victoria en el cañón El Novillo (Figura 1a y 1b).

Los fósiles colectados de una columna fueron identificados por Burckhardt (1930), que refiere, con duda, la presencia de *Gryphaea nebrascensis* Merk, y dio al depósito de los estratos una edad del Oxfordiano, sin aportar pruebas taxonómicas. Muir (1936) rechazó esta edad y sugirió que pudiera ser más antigua; así mismo, subrayó la discordancia que hay entre un conglomerado y una arenisca en la base de la sucesión Novillo. Tiempo después el conglomerado, como la unidad más antigua, se designó Formación La Boca, en discordancia angular abajo de areniscas y conglomerado que se designaron como Formación La Joya (Mixon *et al*., 1959). El contacto estratigráfico superior de la Formación La Joya fue propuesto concordante, o con ligera discordancia angular, según las localidades, abajo de la suprayacente caliza Zuloaga (Formación Novillo), como se describe enseguida.

Imlay (1943) admitió que las relaciones estratigráficas de las formaciones Novillo y Zuloaga eran las mismas que guarda la Formación Smackover con las formaciones Buckner y Haynesville, en el este de Texas y Luisiana; además, consideró a la Formación Smackover como depósito isócrono de la Formación Zuloaga (ambas de edad Oxfordiano) y resolvió sustituir el nombre Novillo por el de Zuloaga. Este cambio de nomenclatura es aceptado en numerosos trabajos (Carrillo-Bravo, 1961; Weidie y Wolleben, 1969; Salvador, 1991; Goldhammer, 1999; Pindell *et al*., 2020); sin embargo, es rechazado por otros investigadores (Humphrey y Díaz, 1956, 2003; Rubio-Cisneros y Lawton, 2011). Eguiluz-de Antuñano *et al*. (2026) aportaron las bases cronoestratigráficas para ubicar la edad Bathoniano para la Formación Novillo y con ello, dar las bases para rechazar su designación como Formación Zuloaga.

La Formación Olvido (*Gypsum Beds*) fue propuesta por Heim (1940). Este autor describe que la litología de esta formación está cubierta mayormente por caliche y brechas y, por tal motivo, no aflora en los cañones de Peregrina y Novillo, mientras que, en el camino al oeste del valle del Huizachal, cercano al rancho Olvido (implícitamente considerada como localidad tipo), hay estratos de caliza y dolomía de color amarillo y naranja, con intercalaciones de limolita y arenisca de color verde, rojo y violeta; mientras que al este del citado rancho, hay variedad de arcillas con grandes bloques de yeso. Su edad se consideró problemática, sus contactos estratigráficos no fueron observados y su espesor fue considerado entre 50 m y 300 m.

Para acentuar el problema de nomenclatura, Fries y Rincón-Orta (1965) propusieron el nombre Novillo para la roca metamórfica formada por gneis Precámbrico, que aflora en el cañón del mismo nombre y en el cañón Peregrina, en el anticlinorio de Peregrina, Tamaulipas (Figura 1c). Este nombre es aceptado por el Léxico Estratigráfico de México (LEM) publicado con la categoría formal por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2016), no obstante que ese nombre estaba inscrito previamente en la literatura geológica, generando homonimia impropia para dos unidades estratigráficas, disímbolas litológicamente. La propuesta de Heim (1940) sobre la nomenclatura fue formal y

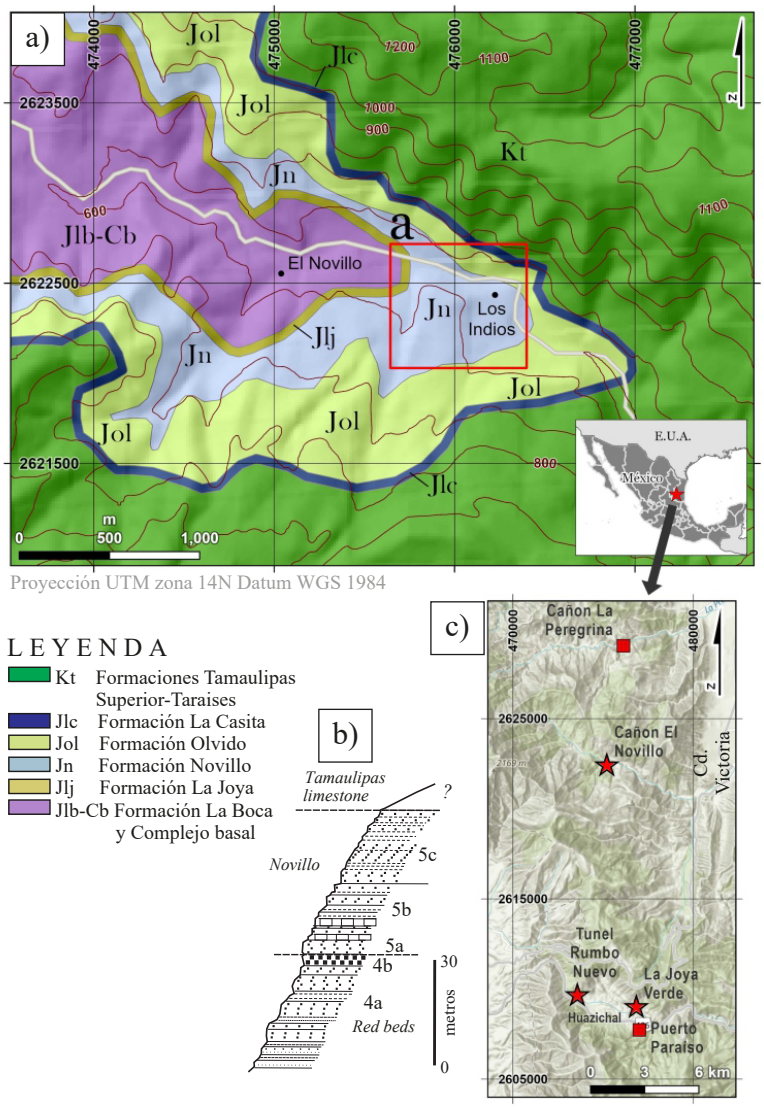


Figura 1. Mapa geológico del cañón del Novillo (a). El recuadro rojo indica la ubicación de la sección estratigráfica El Novillo. b) Sección estratigráfica publicada por Heim (1940), con las litologías 4a – 5c que reconoció, redibujada en este trabajo. c) Mapa con la ubicación regional de las secciones descritas en este trabajo, las estrellas son localidades tipo y los cuadros son localidades adicionales.

aceptada acorde a las reglas de literatura geológica en su tiempo. La primera edición de la Guía Estratigráfica Internacional (International Subcommission on Stratigraphic Classification, 1976) y el Código de Nomenclatura Estratigráfica para Norteamérica (American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1961) dieron normas para formalizar la estratigrafía, la designación del gneis fue posterior; sin embargo, en la actualidad, los nombres Novillo y Olvido para los estratos sedimentarios, inexplicablemente no son reconocidos de forma apropiada por el LEM.

Objetivos

Este trabajo tiene como objetivos: A) describir las características litoestratigráficas de las rocas sedimentarias de las formaciones Novillo y Olvido, dar su edad y relaciones estratigráficas. B) Dar argumento para revisar, redefinir o modificar la litoestratigrafía para conservar los nombres Novillo y Olvido, como unidades litoestratigráficas para estratos sedimentarios, e incluir de manera formal, por la importancia económica que revisten, su nomenclatura en el LEM.

METODOLOGÍA

Un estudio previo realizó el diagnóstico de la nomenclatura en unidades estratigráficas del intervalo Jurásico Medio y Jurásico Superior en el oriente de México (Eguiluz-de Antuñano, 2025). Este trabajo concentra su enfoque en las formaciones Novillo y Olvido que afloran en el anticlinorio Huizachal-Peregrina; así mismo, distinguir a estas sucesiones del Complejo Metamófico Novillo (Alemán-Gallardo *et al.*, 2019). Inicialmente se analizó la bibliografía antecedente y se detectó el problema a resolver. Se realizaron trabajos de campo para conocer, medir, colectar muestras y realizar toma de imágenes con cámara para estudios convenientes e ilustrar los datos que este trabajo aporta. Fotografías y video filmaciones en sitios de difícil acceso fueron ejecutadas con el uso de un vehículo aéreo no tripulado (dron), modelo DJI Mavic 3 Classic.

La ubicación de los afloramientos referidos en este trabajo se obtuvo por medio de GPS en coordenadas Universal Transversa Mercator (UTM), Zona 14 norte y datum WGS 1984. Láminas

delgadas de las muestras de caliza, arenisca, conglomerado y toba se identificaron con un microscopio de luz polarizada marca Olympus modelo BX53M, según los criterios de clasificación de Dunham (1962), Folk *et al.* (1970), Wentworth (1935) y Maitre *et al.* (2004).

En el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, circones obtenidos de arenisca y toba híbrida de la Formación Olvido fueron analizados mediante el sistema de ablación laser acoplado a espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inducido (LA-ICP-MS) y fechados por U-Pb. Se obtuvieron imágenes de catodoluminiscencia de las probetas para visualizar la estructura interna de los circones para seleccionar los sitios óptimos para realizar la ablación láser. Solari *et al.* (2018) brindan una descripción detallada de los métodos empleados en el LEI. La difracción de rayos X se realizó en el Laboratorio de Geoquímica y Mineralogía del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

En lámina delgada, mediante petrografía, se aplicó epifluoresencia a muestras seleccionadas para detectar compuestos orgánicos siguiendo la metodología de Bezouska *et al.* (1998); Van Beynen *et al.* (2001) y Brennan y White (2013).

LITOESTRATIGRAFÍA

Este trabajo describe las características litológicas de afloramientos de las formaciones Novillo y Olvido, expuestas en el valle del Huizachal y en los cañones del Novillo y de Peregrina, al poniente de Ciudad Victoria, Tamaulipas (Figura 1c). Las secciones del valle del Huizachal muestran con claridad la litología y relaciones estratigráficas de las formaciones objeto de este trabajo y, en su caso, sirven de referencia a localidades tipo de las formaciones que Heim (1940) propuso, en el mismo valle y en el cañón del Novillo en donde afloran, o están cubiertas parcialmente por suelo y vegetación. Para mejor comprensión este trabajo incluye la descripción de dos secciones estratigráficas que realizó Muir (1936), en las que adicionó datos a las columnas publicadas por Burckhardt (1930), como se ilustra en la Figura 2a y 2b y su descripción en la Tabla 1.

Sección cañón del Novillo

La base de la sección estudiada se encuentra en las coordenadas X=0475047 m y Y=2622692 m y la cima en X=0475196 m y Y=2622707 m. El acceso está por el camino de terracería entre los parajes Los Salitreros y Los Indios (Figura 1a), esta sección se reconoce como localidad tipo para la Formación Novillo (Figura 1b) designada por Heim (1940).

Formación La Joya

Mixon *et al.* (1959) designaron como Formación La Joya al cuerpo de arenisca que segregaron de la base de la Formación Novillo (como fue originalmente incluido por Heim,1940). Este trabajo reconoce apropiada esta modificación (Figura 3a). La base de la Formación La Joya tiene brecha, con clastos de ignimbrita, gneis y caliza, de 5 cm a 10 cm de longitud, embebidos en matriz arenosa de grano muy grueso, de color gris verdoso y en discordancia angular sobre la Formación La Boca (Figura 3b). En ascenso estratigráfico hay estratos de limolita de color guinda, conglomerado mal clasificado, con estratificación cruzada de ángulo alto, con espesor de 60 cm a 80 cm. Hacia la cima hay conglomerado soportado por arenisca de grano grueso, cementada por carbonato de calcio, con estructuras de corte, relleno y estratificación cruzada, en estratos de 1 m a 50 cm que decrecen su espesor hacia la cima y su color es gris verdoso. El espesor de esta formación en esta localidad es de ~30 m; pero entre las distintas localidades su espesor es variable.

Formación Novillo

La litología de la parte inferior se compone de caliza arenosa y caliza *mudstone*, de color gris, en estratos de 20 cm a 30 cm, que incrementan su grosor hacia la cima. El espesor de este cuerpo inferior es de 10 m, separado por un espacio cubierto por suelo con 3 m de espesor. La sección continúa en ascenso formada por caliza *wakestone* y *packstone* de peloides, poco dolomitizada, color gris obscuro, en capas de 50 cm a 70 cm de espesor. Hacia la cima se observan intervalos con laminación (Figura 3c), formados por *packstone* y *grainstone* con estratificación cruzada y estratificación paralela, con acomodo bidireccional. El espesor de este intervalo es de 30 m, para alcanzar 40 m de espesor en total. El contacto inferior de esta formación se observa como un paso gradual, breve y concordante con la Formación La Joya, mientras que el contacto superior está cubierto por vegetación y suelo.

Sección La Joya Verde

En la localidad La Joya Verde, entre las coordenadas UTM de inicio X=0477354 m, Y=2608517 m y final X=0477580 m y

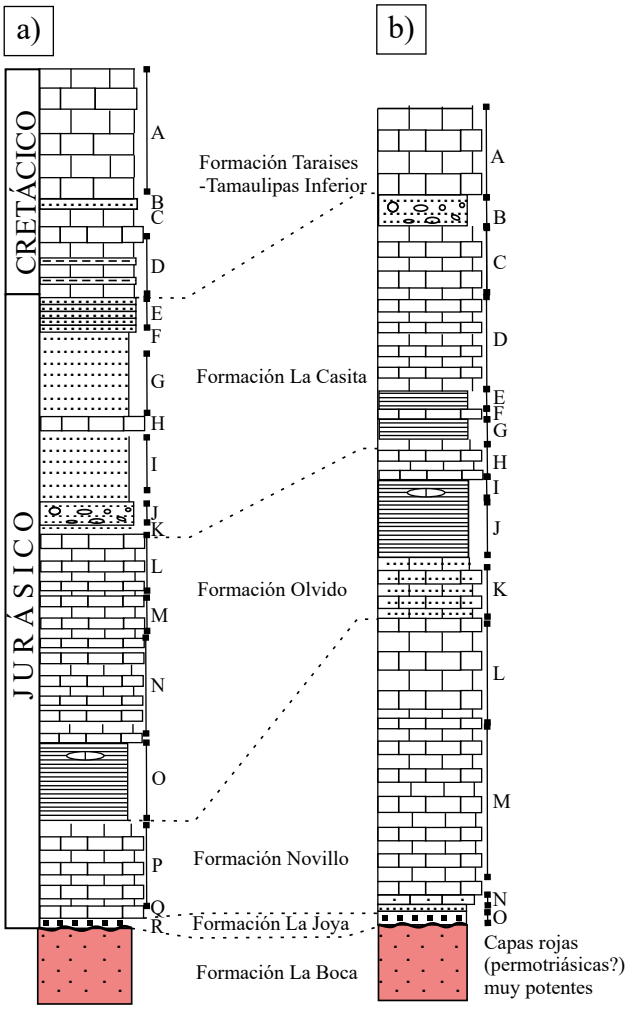


Figura 2. Columnas estratigráficas publicadas por Muir (1936), modificada en este trabajo. Descripción litológica referida en la Tabla 1. La nomenclatura estratigráfica de las formaciones (parte central), está dada con base en la descripción litológica presentada en el presente trabajo.

Tabla 1. Descripción litológica de Muir (1936), procedente de las columnas publicadas por Burckhardt (1930) y representadas en la Figura 2. Las unidades R y O de las columnas a y b respectivamente, se corresponden con la Formación La Joya. Las unidades Q y P de la columna a, versus unidades N, M y L de la columna b, se corresponden con la Formación Novillo. Las unidades O-L de la columna a, versus las unidades K-H de la columna b, se corresponden con la Formación Olvido. Las unidades K-E y G-B de las columnas a y b, respectivamente, se corresponden con la Formación La Casita. A-D de ambas columnas se corresponden con las formaciones Taraises y Tamaulipas Inferior.

Unidad	Columna 1 a	Unidad	Columna 1 b
A	Calizas cretácicas muy potentes.	A	Calizas cretácicas muy potentes.
B	1.8 m caliza arenosa rojiza masiva.	B	4.5 m Arenisca dura gris obscuro con laminaciones y lentes de conglomerado pequeño.
C	2.4 m caliza gris, rojiza.	C	9 m Caliza de grano fino gris y amarillo claro.
D	10.2 m Valanginiano caliza gris, superficie cretosa, alternando con estratos delgados de creta margosa. Fosilífera.	D	15.25 m Caliza gris y amarillo claro en estratos delgados.
E	4.5 m Portlandiano. Margas y areniscas, caliza gris-negro.	E	2.4 m Lutita calcárea verde, gris y roja.
F	Arenisca gris y lutita negra.	F	1.8 m Caliza café y amarillo.
G	12 m Arenisca calcárea suave de grano fino con amonitas y bivalvos.	G	3 m Lutitas verdes.
H	3 m Caliza negra de grano fino.	H	5.7 m Caliza café potente sobre caliza gris en estratos delgados.
I	10.2 m Arenisca de grano fino gris parcialmente calcárea con fragmento de bivalvos.	I	3.6 m Lutita calcárea verde con lentes de caliza.
J	3 m Arenisca de grano grueso gris con horizontes de clastos de cuarzo.	J	7.6 m Lutita roja con yeso.
K	1.2 m Arenisca de grano fino compacta gris a café.	K	9 m Caliza arenosa semi cristalina café y gris en estratos delgados.
L	9 m Caliza de grano fino gris.-	L	15 m Caliza gris obscuro azulosa.
M	6 m Caliza gris cremosa.	M	26.5 m Caliza dura gris de grano fino estratos delgados con *Gryphaea* en la cima.
N	15.24 m Caliza en estratos delgados café a gris con margas verdes intercaladas.	N	2.7 m Caliza arenosa gris y arenisca limolítica café con caliza intercalada.
O	13 m Lutitas rojas de grano fino con intercalación de caliza arenosa gris.	O	1.8 m Conglomerado rojizo con clastos de cuarzo y roca ígnea.
P	12 m Caliza gris en estratos delgados intemperizado café.		
Q	2.4 m Caliza gris obscuro intemperizado café.		
R	0.6 m Conglomerado de cuarzo en la base.		

Y=2608547 m, a un lado del camino de terracería que sube al mirador de Moctezuma, en el kilómetro 19, afloran completas las formaciones La Joya y Novillo (Figura 4a y 4b). Esta es la localidad tipo para la Formación La Joya propuesta por Mixon *et al.* (1959). En este trabajo se propone designar a esta sección estratigráfica como localidad de referencia para la Formación Novillo por presentar completa la sucesión estratigráfica, delimitada por la observación de sus contactos respectivos.

Formación La Joya

Esta formación yace en discordancia angular sobre conglomerado de la Formación La Boca. La Formación La Joya consiste de conglomerado arenoso con espesor de ~30 m y en la cima predomina litarenita volcánica de grano grueso y grano medio, cementada por carbonato de calcio, arcilla y minerales opacos (Figura 5a), de color pardo, rojizo, verde y gris verdoso, con estratificación cruzada. Este trabajo reconoce que el contacto superior es concordante y pasa de forma gradual hacia la Formación Novillo.

Formación Novillo

La Formación Novillo está compuesta, de la base a la cima, por 3 m de caliza *wackestone* de peloides, dolomitizada (Figura 5b), en estratos de 30 cm a 40 cm de espesor, separados por arcosa cuarzofeldespática, con cementante calcáreo, de color gris obscuro, con estratificación cruzada de ángulo bajo y estratificación laminar de 1 cm a 5 cm de espesor. Esta litología gradúa a estratos de 60 cm a 80 cm de caliza *mudstone*, caliza dolomitizada y dolomía, con oquedades por disolución y en la cima hay *wackestone* con carpetas microbianas (Figura 5c) y *packstone* de peloides, el conjunto tiene color negro a gris obscuro con espesor de 15 m. En lámina delgada hay poco contenido de bitumen alojado en la porosidad intercristalina, observado mediante la técnica de epifluorecencia (Figura 5c').

En ascenso hay 3 m de estratos intercalados de marga con laminación paralela, alternan estratos delgados de caliza *mudstone* arcillosa, de color crema y gris medio, con numerosos moluscos. Prosiguen 4 m de dolomía y caliza *mudstone* en estratos de 30 cm a 40 cm de espesor, de color gris obscuro, que pasan en contacto gradual a repetir 3 m de marga fosilífera como se describió previamente. En ambos intervalos de marga hay *Gryphaea* cf. *culebra y G. nebrascensis*. De la concha de este último fósil la isotopía $^{87}Sr/^{86}Sr$ arrojó 166.4 ± 0.35/0.25 Ma (Eguiluz-de Antuñano *et al.*, 2026).

La parte superior de la sección tiene un espesor de 15 m, con estratos de *wackestone* de bioclastos, *packstone* y *grainstone* de ooides (Figura 5d), con intervalos de estratificación cruzada, en estratos de 0.80 m a 1.50 m de espesor, en color gris obscuro a negro, con gasterópodos y caliza arenosa en la cima. Este cuerpo subyace y pasa, en corto espacio, de forma gradual y concordante a limolita y arenisca de grano fino, con laminación paralela en estratos de 2 cm a 5 cm de espesor, de color guinda que constituyen la base de la Formación Olvido, la cual está mayormente cubierta por aluvión, lo que impide continuar su descripción. El espesor medido para la Formación Novillo es de 40 m.

Sección puerto Paraíso

Esta localidad se ubica al sureste de La Joya Verde, se accede por el camino de terracería que conduce al puerto Paraíso, su base

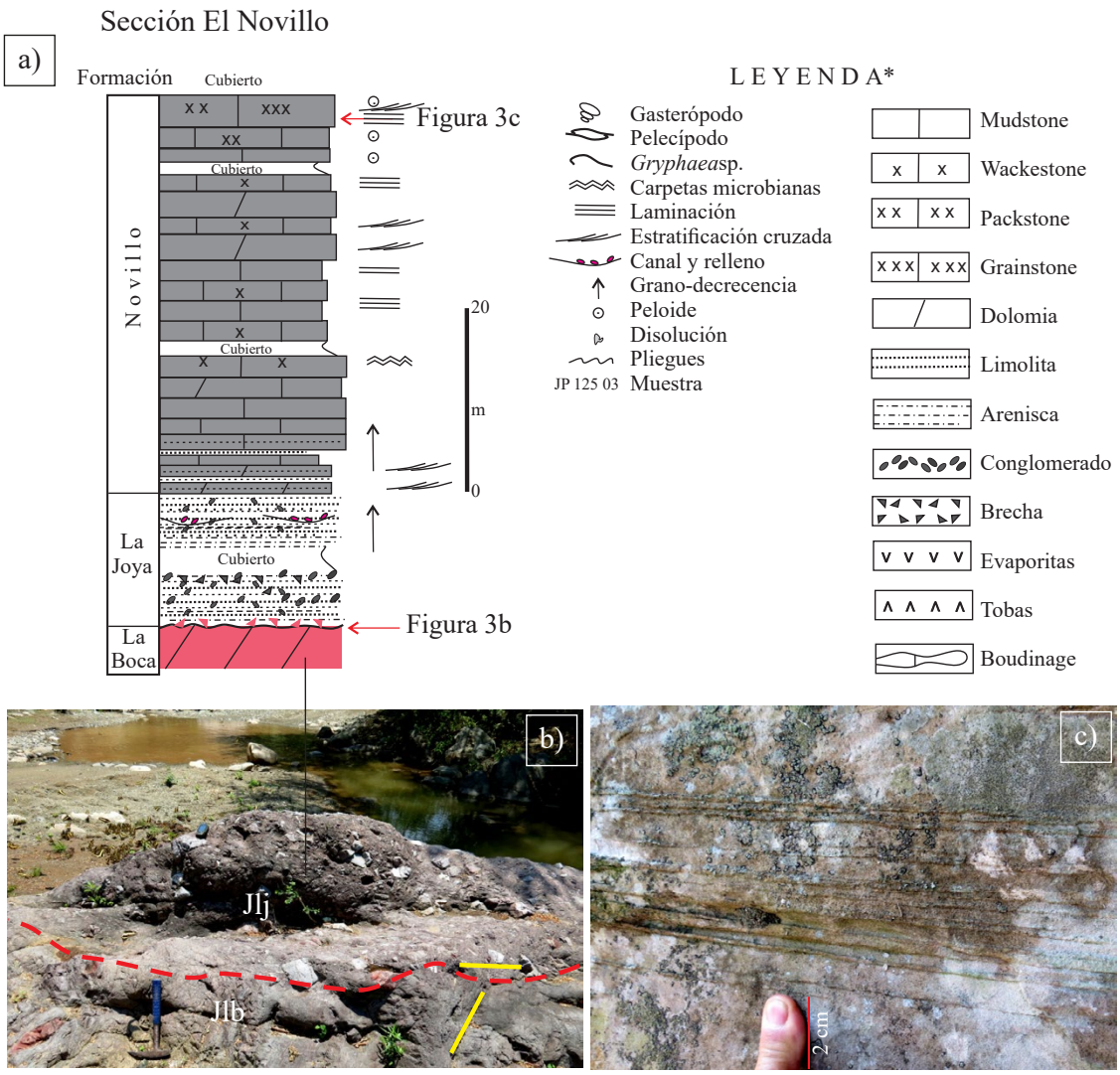


Figura 3. a) Sección estratigráfica en el cañón del Novillo. b) Contacto en discordancia erosiva (línea de color rojo) y angular (líneas de color amarillo) entre las formaciones La Boca (Jlb) y La Joya (Jlj). c) Laminación paralela en la cima de la Formación Novillo (c). *Leyenda para todas las secciones estratigráficas. Descripción en el texto.

inicia en las coordenadas geográficas X= 0476846 m y Y= 2606141 m (Figuras 4a y 4c).

Formación La Joya

Sin observar su base, incorporando en la parte superior de la Formación La Joya, afloran 6 m de limolita con disposición laminar, de color guinda, compacta, en estratos de 20 cm a 30 cm, que en ascenso pasa a sublitarenita, formada mayormente por cuarzo y líticos volcánicos, de grano medio, bien redondeados, de color verde a gris verdoso, poco efervescente al ácido clorhídrico, con estratificación cruzada, en estratos de 30 cm a 40 cm, que en conjunto alcanzan 4 m de espesor (Figura 6a). Sobre este cuerpo hay un conglomerado con espesor de 30 cm a 60 cm, formado por clastos líticos de roca ígnea, arenisca y cuarzo lechoso, de 1 mm a 10 mm de grosor, bien redondeados, cementados por carbonato de calcio, soportados por matriz de arenisca de grano grueso, de color crema, con estratificación gradada fina hacia la cima. La base de este cuerpo presenta superficie de corte sobre la arenisca verde inferior y su cima la cubren 2 cm a 5 cm de marga y limolita laminar, que yacen bajo estratos de caliza que se considera ser la base de la Formación Novillo (Figura 6b y 6c).

Formación Novillo

La base de esta formación la marca la aparición de caliza *mudstone*, dolomitizada, con estratos de 5 cm a 10 cm de espesor, que alterna con marga y limolita, en estratos muy delgados que repiten su alternancia por aproximadamente un metro. Este cuerpo yace debajo de estratos de 60 cm a 80 cm de caliza *mudstone* y dolomía, de color gris obscuro, con alternancia de textura *wackestone* que tiene laminación paralela. El espesor de este cuerpo se estimó en 20 m. Sobre la litología anterior hay marga, limolita y predomina caliza *wackestone*, de color gris obscuro, en estratos de 20 cm a 30 cm que alternan entre sí, con abundante *Gryphaea nebrascensis*. El espesor de este cuerpo se consideró de 5 m y subyace a caliza dolomitizada, en estratos de 80 cm de espesor, con 5 m de espesor. Su contacto superior presenta falla inversa que da repetición al cuerpo de arenisca verde ubicada en la base (Figura 6a). El contacto inferior de la Formación Novillo es gradual y se considera concordante con la Formación La Joya, mientras que el contacto superior se presenta con falla inversa, lo que permite que se repitan estratos de la Formación La Joya. En esta localidad la Formación Olvido está cubierta por suelo, caliche y vegetación.

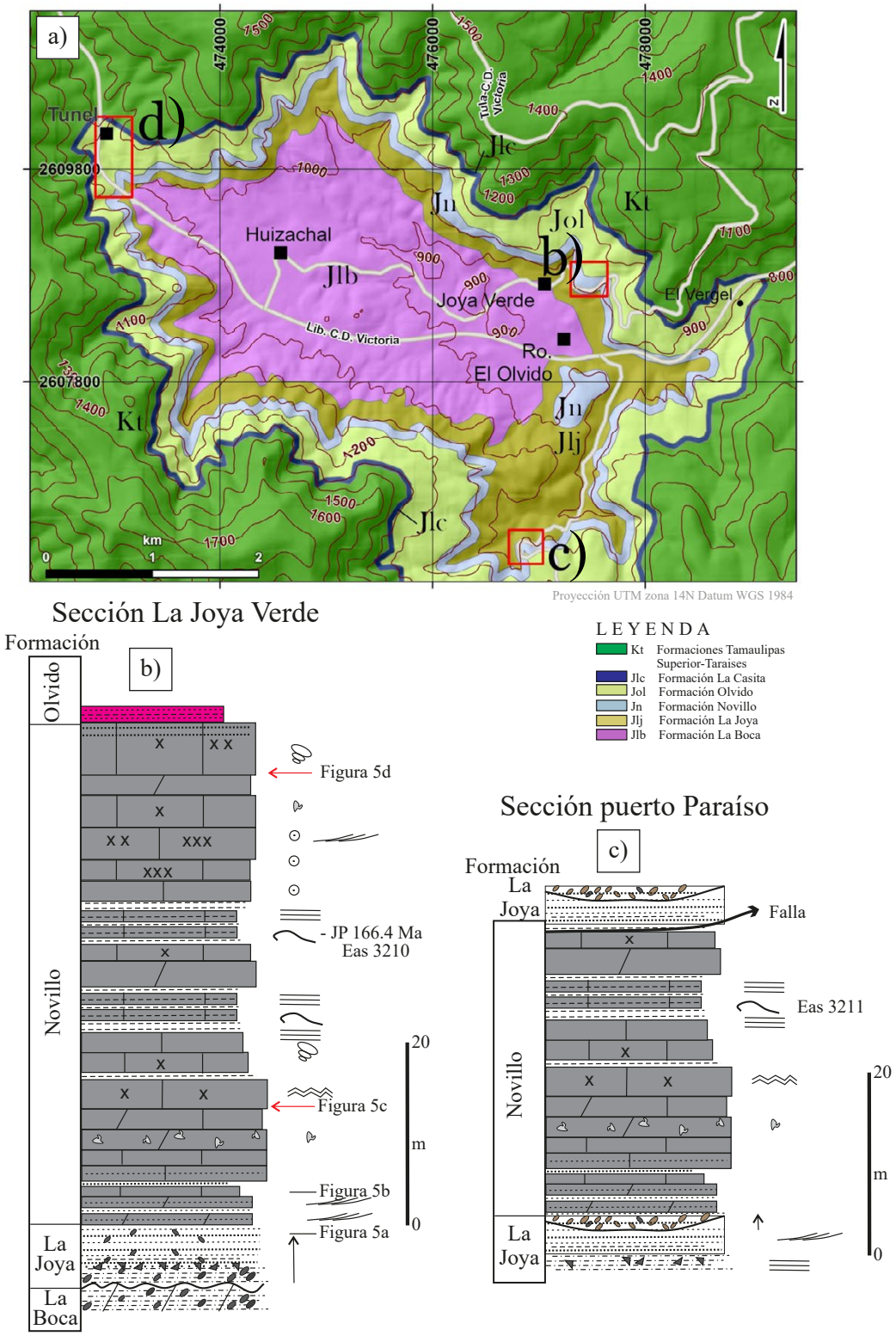


Figura 4. Mapa geológico del valle del Huizachal (a). Los recuadros rojos indican la ubicación de las secciones estratigráficas La Joya Verde (b), puerto Paraíso (c), y túnel Rumbo Nuevo (d). Base topográfica de INEGI F14A29, escala 1:50000. Sección estratigráfica medida en la localidad La Joya Verde (b) y puerto Paraíso (c). Ver leyenda en la Figura 3. Descripción en el texto.

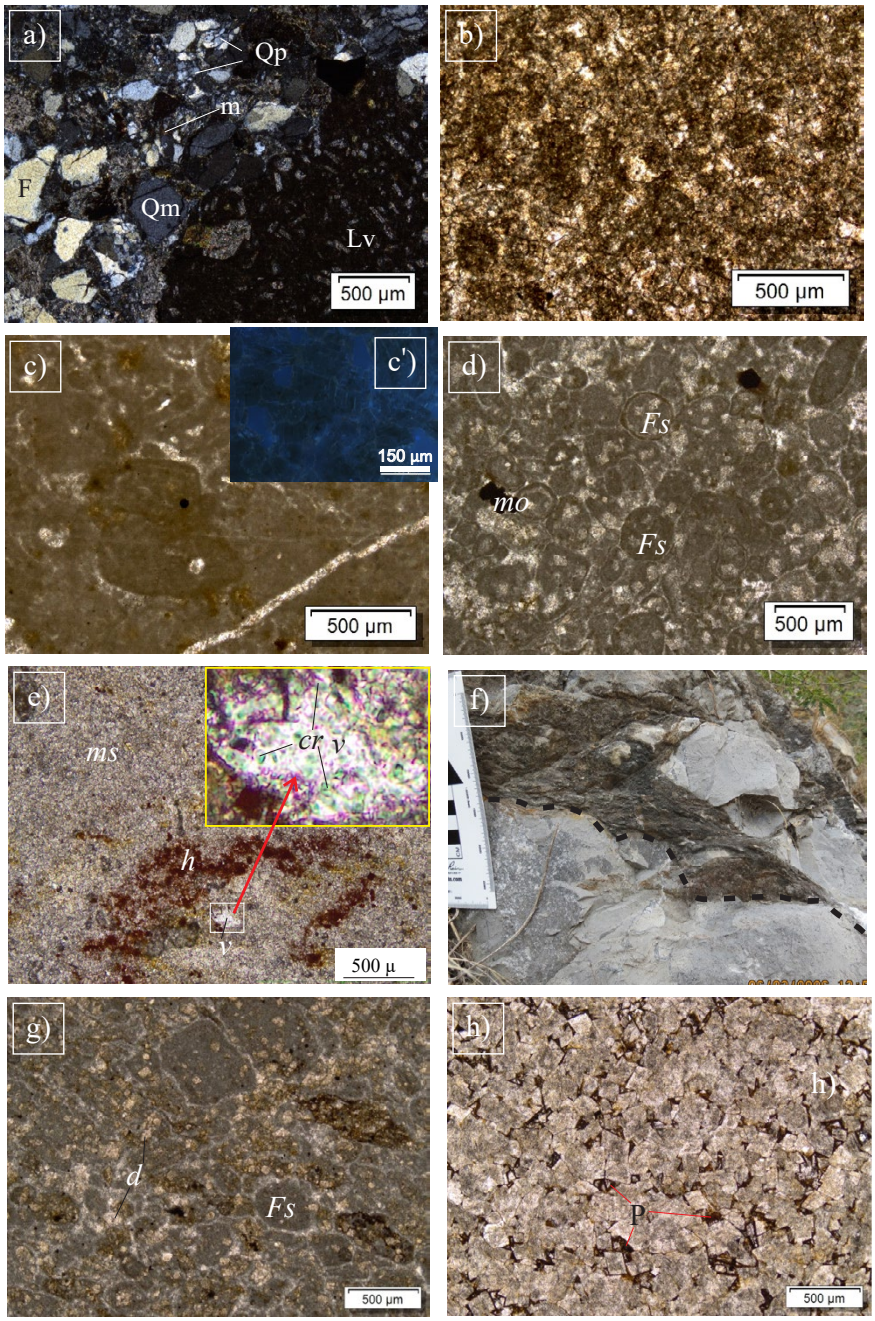


Figura 5. Petrografía de muestras en las formaciones Novillo y Olvido. a) Litarenita con granos de cuarzo monocristalino (Qm), líticos volcánicos (Lv), cuarzo policristalino (Qp), feldespato (F), en matriz arcillosa (m), cemento calcáreo y minerales opacos, en el contacto transicional entre la Formación La Joya y la Formación Novillo (nicoles cruzados); b) *wackestone* de peloides, arcilloso y dolomitizado; c) *grainstone* oncolitico, con epifluorescencia (c') hay contenido pobre de querógeno; d) caliza *grainstone* de ooides (cf. *Favreina salivensis Fv*) y minerales opacos (mo), cerca del contacto con la Formación Olvido; e) caliza *mudstone* (*ms*) con cristales de circón (cr) incluídos en vidrio (v) amorfo (en recuadro superior derecho) y hematita (h) luz natural, en el miembro medio de la Formación Olvido (muestra JP 125-03); f) Detalle de la superficie de erosión rellena por brecha en el contacto de las formaciones Olvido y La Casita; g) caliza *grainstone* de ooides (cf. *Favreina salivensis Fs*), parcialmente dolomitizada (*d*), con minerales opacos; h) macrodolomía con porosidad intercristalina (P).

Sección túnel Rumbo Nuevo

Al noroccidente del poblado de Huizachal, entre los kilómetros 25.5 y 27.980 de la carretera federal 26, denominada Rumbo Nuevo, entre las coordenadas UTM inicial X=0473019 m, Y=2609477 m y final X=0472737 m, Y=2610893 m, afloran bien expuestas las formaciones La Joya, Novillo y Olvido (Figura 4a).

Formación La Joya

La Formación La Joya en esta localidad tiene espesor de 12 m, su base descansa en discordancia angular sobre conglomerado arenoso y tobas de la Formación La Boca, mientras que su cima está constituida por arenisca de grano medio y conglomerado con fragmentos angulosos de arenisca, limolita y roca ígnea, cementados

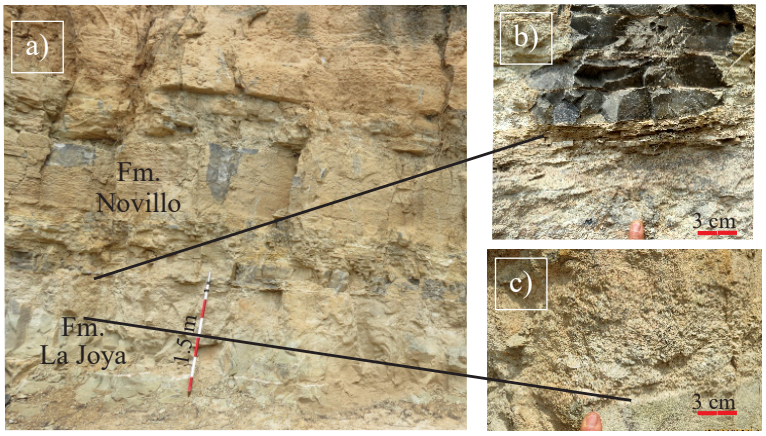


Figura 6. Contacto estratigráfico entre las formaciones La Joya y Novillo en el camino hacia puerto Paraíso. Descripción en el texto.

por carbonato de calcio, el conjunto tiene estratificación cruzada. Su contacto superior pasa de forma gradual, rápida y concordante hacia estratos de caliza de la Formación Novillo (Figura 7a y 7b).

Formación Novillo

La Formación Novillo está compuesta, de la base a la cima, por estratos de caliza arenosa, con textura *wackestone* de peloides, laminación paralela, en capas de 30 cm a 40 cm de espesor, de color gris obscuro a negro; esta litología pasa a estratos del mismo espesor de dolomía con oquedades porosas por disolución, con amplitud de 1 cm a 5 cm. En ascenso estratigráfico se intercalan *wackestone*, caliza dolomitizada, *packstone* y *grainstone* de peloides, de color gris obscuro, en estratos de 30 cm a 60 cm de espesor (Figuras 7a y 7b). Tiene estratificación laminar paralela y fragmentos de moluscos y en la cima carpetas microbianas en estratos delgados. El espesor medido de esta formación es de 26 m y contrasta notablemente con el espesor de la misma formación en la localidad La Joya Verde, ambas localidades cercanas entre sí. La cima de la Formación Novillo es en cambio gradual y concordante con la Formación Olvido (Figura 7b). Esta localidad se considera una segunda referencia para la Formación Novillo.

Formación Olvido

Esta sección se propone sea dada como la localidad tipo de la Formación Olvido, como lo propuso Heim (1940), ~2.5 km al poniente del rancho del mismo nombre. La Formación Olvido en este trabajo se divide en tres miembros (Figura 7a). En la base de la Formación Olvido hay lutita, limolita, toba y cuarzoarenita de grano fino a grano medio, de color rojizo a guinda, en estratos delgados, con estratificación cruzada; afloran estratos delgados de yeso blanco de 5 cm a 1.50 m de espesor, con pliegues de diversas dimensiones, por esto, su espesor es difícil de estimar, y se considera sea ~30 m. Esta litología se asigna al miembro inferior de la Formación Olvido (Figura 7b). Isotopía de circones de la muestra JP 125-02 (Tabla 2), que corresponde a una cuarzoarenita en la parte inferior de este miembro, arroja una edad máxima de depósito de ~164 Ma, dato que se analiza en la discusión de este trabajo (Figura 8a y 8b).

El miembro medio de la Formación Olvido es de ~50 m de espesor. Está compuesto por estratos delgados a medios de caliza arenosa y caliza de textura *mudstone* y *wackestone* de peloides, de color gris claro y crema. Se intercalan limolitas, tobas híbridas y areniscas de grano medio, con cuarzo y líticos, sus colores abigarrados son amarillo, verde, crema y rojizo. Hay estratos de conglomerado con clastos de 0.5 cm a 2 cm de diámetro, redondeados a sub-redondeados, grano-soportados por arenisca de grano grueso y anguloso de 1 mm a 5 mm. Los estratos de conglomerado varían de 5 cm a 10 cm de espesor. Pequeños espesores de 1 cm a 2 cm de yeso están interestratificados en la sucesión.

Estratos de color verde claro se presentan de forma esporádica, con ~10 cm de espesor (Figura 7c), por su aspecto macroscópico y color distintivo se consideró clasificarlos como toba (muestra JP 125-03). La petrografía muestra un mosaico de cristales de calcita, en esta hay cristales de cuarzo con circones y hematita (Figura 5e). La difracción de rayos X indica predominancia de $CaCO_3$, con poco sílice y ortoclasa (Figura 8c). El conjunto de minerales sugiere clasificar a esta roca como toba de caída depositada en medio acuoso (toba híbrida).

En esta sucesión hay estratificación laminar paralela y cruzada, hay acomodo grano decreciente a la cima, estructuras de corte y relleno y fragmentos esporádicos de moluscos. Varios estratos de caliza de textura *mudstone* tienen estructuras tipo *boudinage*. Se observan fallas normales con crecimiento en el bloque de piso, contemporáneas al depósito (Figura 7d). El contacto inferior es concordante y gradual con terrígenos y evaporita del miembro inferior. El contacto superior es concordante y pasa relativamente rápido a caliza.

El miembro superior de la Formación Olvido está compuesto por caliza de texturas *mudstone*, *wackestone*, *packstone* y *grainstone* de peloides. Hay fragmentos de moluscos y carpetas microbianas. Se identifican estructuras con estratificación cruzada y laminar paralela. Su color es gris claro, en estratos desde 0.30 m a 1.5 m de espesor (Figura 7e). El espesor de este miembro es de ~22 m.

La cima de este miembro de caliza tiene superficie de corte con relleno de conglomerado y brecha que marca el contacto en discordancia con la Formación La Casita (Figuras 5f y 7e). En los últimos 3 m de la Formación Olvido, de la base a la cima, hay caliza *wackestone* de peloides, gris claro, en estratos de 30 a 60 cm de espesor, con lentes de pedernal negro (Figura 7e-1), pasa a *packstone* de peloides arcilloso con brechas de caliza, en un estrato de 20 cm de espesor (Figura 7e-2), prosigue un par de estratos de *grainstone* con abundantes fragmentos de moluscos (Figura 7e-3). Sobre esta sucesión hay una superficie irregular (Figura 7e, sitio 4) que se identifica como discordancia paralela (*disconformity*). Sobre ella hay conglomerado con clastos subredondeados y bien redondeados de caliza; sin embargo, también hay clastos angulares de limolita, lutita y caliza mezclados entre sí, con tamaño variable, desde 0.5 cm a 2 cm, soportados por matriz arcillosa y cementados por carbonato de calcio, con imbricamiento y con bloques de caliza que llegan a tener 8 cm de diámetro; el espesor de este intervalo es de 15 cm a 20 cm de espesor, pero lateralmente puede ser de mayor grosor. Se identifica este depósito como flujo

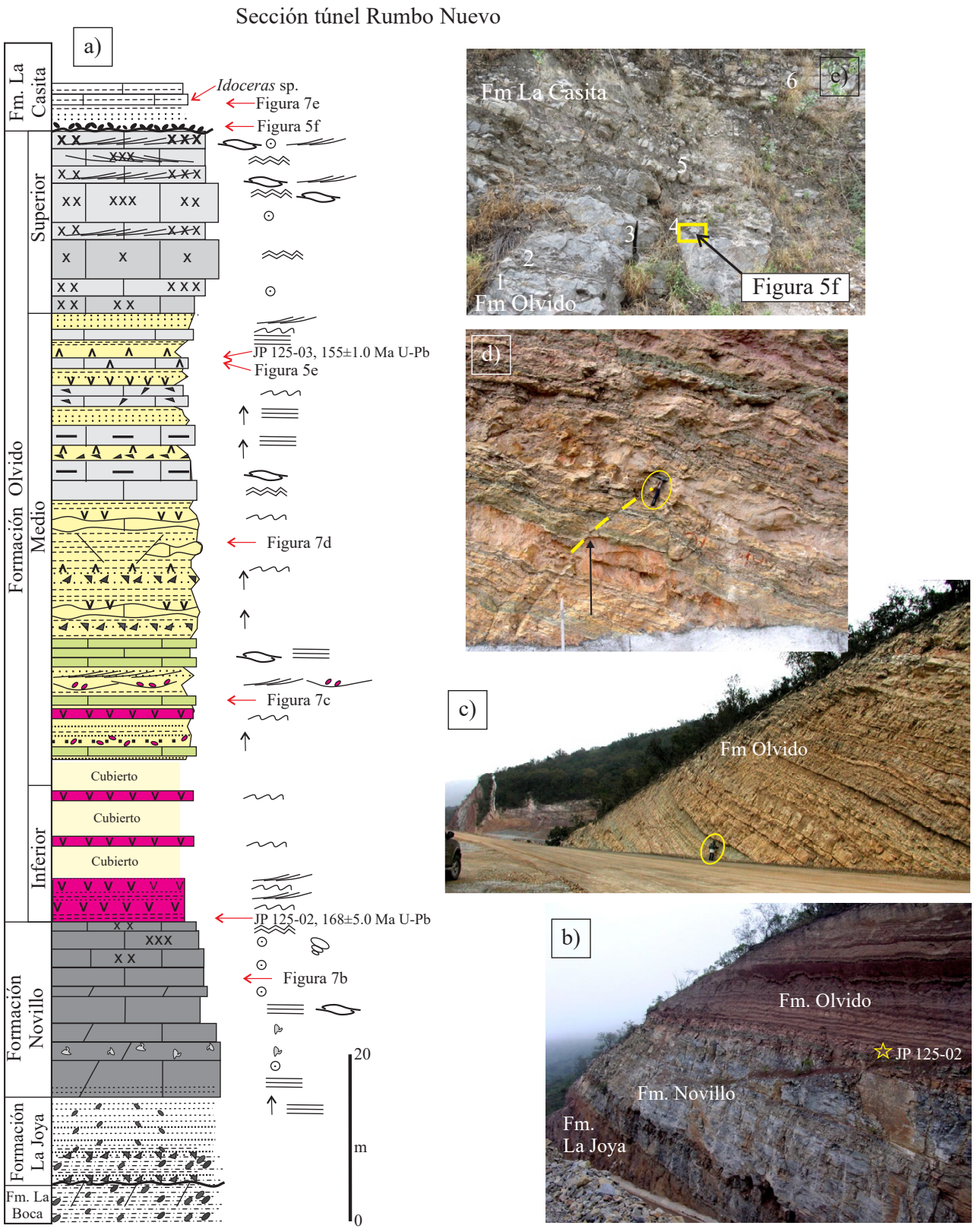


Figura 7. Sección estratigráfica túnel Rumbo Nuevo, kilómetros 25.5 y 27.980 de la carretera del mismo nombre. Ver leyenda en la Figura 3. Descripción en el texto.

Tabla 2. Datos de los análisis U-Pb en circones de las muestras JP 125-02 y JP 125-03. Descripción en el texto.

Muestra				CORRECTED RATIOS[2]									CORRECTED AGES (Ma)							
	U (ppm)[1]	Th (ppm)[1]	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2se (abs)	$^{206}Pb/^{238}U$	±2se (abs)	$^{208}Pb/^{232}Th$	±2se (abs)	Rho (6/8v7/5)	$^{206}Pb/^{238}U$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2se (abs)	Best age[3] (Ma)	±2se (abs)
JP125-02_Zrn																				
JP125-02_Zrn-01	198.3	146.6	0.74	0.10497	0.00295	4.59909	0.31770	0.31652	0.00521	0.09033	0.00438	0.314	1772.5	25.46	1747.6	57.45	1708.4	51.9	1708.4	51.90
JP125-02_Zrn-02	366.9	167.9	0.46	0.05580	0.00218	0.57289	0.04269	0.07415	0.00139	0.02307	0.00126	0.244	461.1	8.31	458.8	27.49	419.6	90.2	461.1	8.31
JP125-02_Zrn-03	145.6	95.6	0.66	0.09767	0.00275	3.66909	0.25395	0.27046	0.00464	0.08081	0.00412	0.424	1543.0	23.49	1563.0	55.34	1574.0	53.6	1543.0	23.49
JP125-02_Zrn-04	473.2	602.6	1.27	0.04935	0.00275	0.18651	0.01625	0.02730	0.00073	0.00852	0.00046	0.366	173.6	4.58	173.1	13.81	104.3	134.5	173.6	4.58
JP125-02_Zrn-05	401.5	155.6	0.39	0.09452	0.00246	3.35627	0.22680	0.25682	0.00394	0.07506	0.00364	0.103	1473.5	20.23	1493.5	52.87	1514.0	49.4	1473.5	20.23
JP125-02_Zrn-06	164.2	40.2	0.25	0.07280	0.00450	1.76359	0.16400	0.17486	0.00558	0.05056	0.00456	0.458	1038.3	30.61	1034.8	55.99	1038.2	97.6	1038.3	30.61
JP125-02_Zrn-07	489.6	35.2	0.07	0.06766	0.00257	0.93050	0.06628	0.09995	0.00186	0.04465	0.00343	-0.159	614.1	10.89	667.2	34.83	845.3	78.7	614.1	10.89
JP125-02_Zrn-08	139.5	52.5	0.38	0.05074	0.00515	0.20815	0.02454	0.02969	0.00075	0.00993	0.00082	0.033	188.6	4.71	190.0	20.27	-25.0	267.7	188.6	4.71
JP125-02_Zrn-09	208.4	230.9	1.11	0.06084	0.00249	0.82051	0.06158	0.09768	0.00194	0.02869	0.00173	0.279	600.8	11.38	606.8	34.66	611.2	89.7	600.8	11.38
JP125-02_Zrn-10	1209.0	1232.7	1.02	0.05192	0.00206	0.18985	0.01392	0.02651	0.00043	0.00613	0.00085	-0.067	168.7	2.70	176.3	11.86	258.6	90.1	168.7	2.70
JP125-02_Zrn-11	186.9	44.5	0.24	0.05914	0.00355	0.62567	0.05429	0.07690	0.00168	0.02437	0.00190	0.141	477.5	10.02	490.9	33.70	520.3	133.7	477.5	10.02
JP125-02_Zrn-12	137.0	62.0	0.45	0.05176	0.00534	0.20459	0.02466	0.02831	0.00077	0.00941	0.00083	-0.168	179.9	4.85	186.9	20.55	173.5	245.6	179.9	4.85
JP125-02_Zrn-13	213.0	170.4	0.80	0.06055	0.00267	0.80991	0.06035	0.09725	0.00181	0.03057	0.00161	-0.122	598.2	10.65	600.9	34.44	613.4	90.2	598.2	10.65
JP125-02_Zrn-14	408.8	24.4	0.06	0.05957	0.00414	0.54700	0.05441	0.06647	0.00248	0.03237	0.00635	0.440	414.8	15.00	441.8	35.74	562.5	160.2	414.8	15.00
JP125-02_Zrn-15	328.3	265.5	0.81	0.05209	0.00275	0.27950	0.02331	0.03872	0.00070	0.01186	0.00068	0.270	244.9	4.37	249.4	18.40	261.5	114.5	244.9	4.37
JP125-02_Zrn-16	21.2	16.2	0.76	0.06445	0.00871	0.92249	0.14162	0.10285	0.00364	0.03424	0.00345	0.242	630.7	21.28	639.4	75.35	373.2	392.8	630.7	21.28
JP125-02_Zrn-17	248.9	90.4	0.36	0.05548	0.00449	0.23795	0.02461	0.03108	0.00074	0.01093	0.00092	0.191	197.3	4.62	215.3	19.98	310.6	191.8	197.3	4.62
JP125-02_Zrn-18	89.3	129.8	1.45	0.05647	0.00485	0.57579	0.06052	0.07411	0.00217	0.02304	0.00128	0.099	460.7	13.03	455.9	39.18	305.7	228.5	460.7	13.03
JP125-02_Zrn-19	187.0	21.9	0.12	0.07299	0.00262	1.73598	0.12673	0.17327	0.00349	0.05526	0.00453	0.510	1029.9	19.16	1024.6	51.39	1000.0	71.2	1029.9	19.16
JP125-02_Zrn-20	1728.0	911.5	0.53	0.05488	0.00208	0.30192	0.02200	0.03955	0.00107	0.01185	0.00085	0.116	250.0	6.63	267.7	17.12	414.3	96.3	250.0	6.63
JP125-02_Zrn-21	435.7	352.5	0.81	0.04937	0.00308	0.18237	0.01657	0.02660	0.00061	0.00860	0.00057	0.371	169.2	3.85	169.6	14.23	134.4	136.4	169.2	3.85
JP125-02_Zrn-22	291.1	130.0	0.45	0.05570	0.00279	0.54142	0.04388	0.07001	0.00130	0.02175	0.00141	0.276	436.2	7.83	437.7	28.70	401.9	111.3	436.2	7.83
JP125-02_Zrn-23	390.1	97.3	0.25	0.05618	0.00258	0.56934	0.04398	0.07311	0.00123	0.02127	0.00123	-0.014	454.8	7.37	456.3	28.42	427.1	104.4	454.8	7.37
JP125-02_Zrn-24	131.2	147.7	1.13	0.06496	0.00437	0.90223	0.08195	0.10026	0.00194	0.03157	0.00176	-0.015	615.9	11.38	648.0	43.43	704.0	148.7	615.9	11.38
JP125-02_Zrn-25	198.2	120.4	0.61	0.05442	0.00496	0.23304	0.02579	0.03078	0.00069	0.01021	0.00078	0.122	195.4	4.31	210.9	21.07	269.7	206.6	195.4	4.31
JP125-02_Zrn-26	526.9	231.0	0.44	0.05572	0.00234	0.53792	0.04086	0.06962	0.00142	0.02120	0.00131	0.278	433.9	8.55	440.7	21.94	426.0	99.6	433.9	8.55
JP125-02_Zrn-27	432.1	519.1	1.20	0.06203	0.00198	0.94110	0.06769	0.10894	0.00209	0.03283	0.00155	0.499	666.5	12.12	672.2	35.25	662.9	69.4	666.5	12.12
JP125-02_Zrn-28	255.9	209.2	0.82	0.05727	0.00308	0.51655	0.04195	0.06489	0.00120	0.02074	0.00112	-0.037	405.3	7.28	421.1	28.13	448.5	124.3	405.3	7.28
JP125-02_Zrn-29	498.1	215.8	0.43	0.05433	0.00191	0.50049	0.03654	0.06593	0.00121	0.02075	0.00119	0.362	411.6	7.30	411.6	24.72	373.0	81.2	411.6	7.30
JP125-02_Zrn-30	103.5	67.2	0.65	0.05495	0.00330	0.57747	0.04979	0.07515	0.00171	0.02414	0.00167	0.079	467.1	10.24	464.4	34.68	393.4	140.6	467.1	10.24
JP125-02_Zrn-31	379.7	68.9	0.18	0.05605	0.00225	0.47012	0.03517	0.06032	0.00118	0.01829	0.00155	0.227	377.6	7.15	390.5	24.37	430.0	92.7	377.6	7.15
JP125-02_Zrn-33	180.7	101.9	0.56	0.04924	0.00442	0.17936	0.01984	0.02581	0.00068	0.00823	0.00060	-0.069	164.2	4.26	166.3	16.79	19.0	222.4	164.2	4.26
JP125-02_Zrn-34	784.6	166.9	0.21	0.08110	0.00236	1.93857	0.13393	0.17054	0.00269	0.02707	0.00176	0.202	1015.1	14.82	1094.2	46.00	1221.1	56.5	1015.1	14.82
JP125-02_Zrn-35	544.1	44.7	0.08	0.05780	0.00186	0.73346	0.05394	0.09106	0.00232	0.05143	0.00717	0.634	561.7	13.69	557.8	31.47	513.2	70.2	561.7	13.69

continúa

Tabla 2 (cont.). Datos de los análisis U-Pb en circones de las muestras JP 125-02 y JP 125-03. Descripción en

Muestra				CORRECTED RATIOS[2]									CORRECTED AGES (Ma)							
	U (ppm)[1]	Th (ppm)[1]	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2se (abs)	$^{206}Pb/^{238}U$	±2se (abs)	$^{208}Pb/^{232}Th$	±2se (abs)	Rho (6/8v7/5)	$^{206}Pb/^{238}U$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{235}U$	±2se (abs)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±2se (abs)	Best age[3] (Ma)	±2se (abs)
JP125-03_Zrn																				
JP125-03_Zrn-01	260.3	184.7	0.71	0.04922	0.00395	0.16348	0.01642	0.02405	0.00057	0.00797	0.00050	0.095	153.2	3.59	152.9	14.25	9.7	194.4	153.2	3.59
JP125-03_Zrn-02	184.5	205.8	1.12	0.05123	0.00332	0.27081	0.02453	0.03831	0.00091	0.01199	0.00069	0.126	242.3	5.65	242.3	19.54	199.6	151.1	242.3	5.65
JP125-03_Zrn-03	622.1	721.7	1.16	0.05225	0.00242	0.28690	0.02192	0.04015	0.00097	0.01271	0.00063	0.202	253.8	6.00	257.6	18.84	259.8	109.9	253.8	6.00
JP125-03_Zrn-04	163.7	78.7	0.48	0.04801	0.00461	0.16104	0.01874	0.02423	0.00071	0.00749	0.00066	0.249	154.3	4.47	150.4	16.38	-162.1	290.3	154.3	4.47
JP125-03_Zrn-05	307.5	246.3	0.80	0.05087	0.00329	0.30235	0.02795	0.04296	0.00093	0.01430	0.00099	0.261	271.1	5.73	266.7	21.75	175.0	156.7	271.1	5.73
JP125-03_Zrn-06	418.7	227.1	0.54	0.05171	0.00375	0.17658	0.01720	0.02474	0.00064	0.00766	0.00060	0.263	157.5	4.05	164.5	14.79	181.4	177.8	157.5	4.05
JP125-03_Zrn-07	349.3	228.9	0.66	0.04923	0.00376	0.16755	0.01640	0.02471	0.00060	0.00809	0.00047	0.090	157.3	3.80	156.6	14.27	77.7	182.7	157.3	3.80
JP125-03_Zrn-08	230.6	148.4	0.64	0.04870	0.00440	0.28262	0.03465	0.04136	0.00140	0.01223	0.00104	0.486	261.2	8.63	250.9	27.12	22.2	250.2	261.2	8.63
JP125-03_Zrn-09	219.5	123.8	0.56	0.05269	0.00483	0.16142	0.01823	0.02213	0.00049	0.00750	0.00057	0.260	141.1	3.11	150.9	15.86	184.4	216.2	141.1	3.11
JP125-03_Zrn-10	554.7	481.3	0.87	0.05311	0.00292	0.25694	0.02104	0.03512	0.00063	0.01118	0.00061	-0.071	222.5	3.95	231.7	16.80	291.6	119.3	222.5	3.95
JP125-03_Zrn-11	301.3	195.8	0.65	0.05438	0.00486	0.16600	0.01830	0.02198	0.00052	0.00756	0.00067	0.002	140.2	3.30	155.1	15.74	253.2	219.9	140.2	3.30
JP125-03_Zrn-12	424.1	255.2	0.60	0.05508	0.00357	0.18107	0.01627	0.02388	0.00050	0.00743	0.00054	0.136	152.1	3.13	168.5	14.09	340.9	164.4	152.1	3.13
JP125-03_Zrn-13	406.4	245.6	0.60	0.05725	0.00342	0.32090	0.02921	0.04014	0.00085	0.01442	0.00105	0.171	253.7	5.24	281.5	22.25	485.7	143.5	253.7	5.24
JP125-03_Zrn-14	218.0	135.9	0.62	0.05335	0.00484	0.17643	0.01937	0.02412	0.00061	0.00777	0.00063	0.146	153.6	3.83	163.9	16.67	154.5	244.2	153.6	3.83
JP125-03_Zrn-15	231.5	155.3	0.67	0.05607	0.00507	0.18146	0.01933	0.02379	0.00073	0.00792	0.00058	-0.051	151.6	4.61	168.4	16.47	370.4	186.9	151.6	4.61
JP125-03_Zrn-16	307.1	134.6	0.44	0.05094	0.00309	0.17576	0.01554	0.02520	0.00064	0.00851	0.00067	0.273	160.5	4.01	164.0	13.41	179.7	143.2	160.5	4.01
JP125-03_Zrn-17	170.0	84.6	0.50	0.05098	0.00546	0.20663	0.02502	0.02980	0.00086	0.00993	0.00082	-0.016	189.3	5.36	188.8	20.72	-1.7	271.3	189.3	5.36
JP125-03_Zrn-18	134.0	86.0	0.64	0.04912	0.00568	0.16502	0.02281	0.02394	0.00071	0.00773	0.00066	0.092	152.5	4.47	153.1	19.79	-39.9	357.3	152.5	4.47
JP125-03_Zrn-19	480.7	149.6	0.31	0.05257	0.00391	0.22046	0.02167	0.03067	0.00079	0.00977	0.00099	0.176	194.8	4.93	201.7	18.01	249.8	180.6	194.8	4.93
JP125-03_Zrn-20	404.8	283.3	0.70	0.05098	0.00324	0.27530	0.02391	0.03970	0.00095	0.01303	0.00080	0.014	250.9	5.89	246.0	18.94	166.2	150.9	250.9	5.89
JP125-03_Zrn-21	264.3	166.9	0.63	0.05289	0.00310	0.16803	0.01615	0.02369	0.00078	0.00859	0.00071	0.356	150.9	4.91	157.1	14.23	252.9	164.1	150.9	4.91
JP125-03_Zrn-22	164.1	300.9	1.83	0.05223	0.00533	0.17526	0.02058	0.02470	0.00074	0.00807	0.00056	0.105	157.3	4.67	162.6	17.74	103.2	261.4	157.3	4.67
JP125-03_Zrn-23	76.6	69.7	0.91	0.05239	0.00936	0.17575	0.03198	0.02407	0.00131	0.00782	0.00091	-0.324	153.3	8.25	162.0	27.51	248.3	402.9	153.3	8.25
JP125-03_Zrn-24	525.9	273.5	0.52	0.04896	0.00300	0.16896	0.01536	0.02529	0.00061	0.00840	0.00058	0.375	161.0	3.81	158.0	13.35	63.5	163.2	161.0	3.81
JP125-03_Zrn-26	212.1	86.1	0.41	0.04935	0.00368	0.20562	0.02047	0.03052	0.00074	0.01045	0.00081	0.219	193.8	4.62	191.6	18.73	101.4	193.3	193.8	4.62
JP125-03_Zrn-27	249.0	125.1	0.50	0.04839	0.00394	0.16232	0.01674	0.02461	0.00054	0.00814	0.00067	0.129	156.7	3.40	151.9	14.75	-10.5	224.0	156.7	3.40
JP125-03_Zrn-28	203.6	87.8	0.43	0.05324	0.00365	0.22008	0.01934	0.03087	0.00081	0.00971	0.00070	0.091	195.9	5.04	201.2	16.05	244.0	161.0	195.9	5.04
JP125-03_Zrn-29	198.1	118.0	0.60	0.04726	0.00415	0.16789	0.01900	0.02572	0.00101	0.00986	0.00084	0.248	163.7	6.35	156.3	16.21	-120.1	241.4	163.7	6.35
JP125-03_Zrn-30	226.5	166.8	0.74	0.05636	0.00307	0.49751	0.04229	0.06458	0.00150	0.02022	0.00126	0.304	403.3	9.05	408.2	28.64	416.7	129.5	403.3	9.05
JP125-03_Zrn-31	65.6	37.4	0.57	0.04995	0.00878	0.16348	0.02981	0.02437	0.00107	0.00744	0.00107	0.058	155.2	6.74	150.0	25.57	178.9	292.5	155.2	6.74
JP125-03_Zrn-32	174.9	81.3	0.46	0.04927	0.00399	0.16283	0.01587	0.02474	0.00068	0.00861	0.00076	0.081	157.5	4.27	152.5	13.79	13.7	213.2	157.5	4.27
JP125-03_Zrn-35	410.7	135.1	0.33	0.05002	0.00307	0.20493	0.01821	0.02974	0.00059	0.00944	0.00065	0.304	188.9	3.70	188.7	15.29	169.6	127.9	188.9	3.70

de escombros. En la base de la Formación La Casita hay estratos de caliza brechoide, con marga laminar y limolita de 10 cm a 15 cm de espesor (Figura 7e, sitio 5), se suceden estratos de caliza, limolita, arenisca y marga, con 8 m de espesor, y sobre esta sucesión aparecen los primeros ejemplares de *Idoceras* sp., que datan a estos estratos de edad Kimeridgiano (Figura 7e, sitio 6).

Isotopía de circones de la muestra JP 125-03 (Tabla 2), procedentes de la toba híbrida en la parte superior del miembro medio, arrojan 155.5 ± 1.7 Ma, asignables a un depósito del Oxfordiano (Figura 8d y 8e). Carrillo-Bravo (1961) reportó que la Formación Olvido subyace a estratos de la Formación La Casita y esta, en su base, tiene al fósil *Idoceras* sp., por lo anterior, la edad de la Formación Olvido puede estar comprendida entre el post-Bathoniano al Oxfordiano, o inclusive más joven, como se analizará en la discusión de este trabajo.

En el miembro inferior de la Formación Olvido se observan pliegues en yesos y limolitas, con fallas por acortamiento estructural (Figura 9), como potencial nivel de despegue durante la deformación del orógeno mexicano durante el Paleógeno.

Sección cañón Peregrina

La localidad estudiada de la Formación Novillo se ubica entre las coordenadas X=0476762 m y Y= 2629459 m, en la base de la sección, y su cima X=0476953 m y Y= 2629502 m, con acceso por la terracería que da entrada al parque ecológico Los Troncones.

Formación La Boca

La cima de la formación La Boca la integra un conglomerado soportado por grava y arenisca de grano muy grueso con clastos de roca ígnea y gneis, con variable redondez y selección pobre, de color gris claro. Tiene como característica distintiva estratificación cruzada cuneiforme, de ángulo alto y está fuertemente cementado por sílice lo que da gran dureza a la roca (Figura 10a y 10b); por esta característica Heim (1940) posiblemente la refirió como "*ironstone*". La cima de esta formación está en discordancia angular con las formaciones La Joya y Novillo.

Formación La Joya

Esta formación consiste en su base de brecha y conglomerado arenoso con espesor de un par de metros, pasa a limolita rojiza con interdigitación de arenisca conglomerática y en la cima aparece un conglomerado arenoso color rojizo, deleznable. Su espesor es de 6 m (Figura 10a). Yace en discordancia angular sobre conglomerado de color blanco de la Formación La Boca. El contacto superior es concordante y pasa de forma gradual hacia la Formación Novillo; sin embargo, lateralmente se acuña a cero metros (Figura 10b).

Formación Novillo

La litología de esta formación en la base está constituida por caliza *grainstone* de peloides parcialmente dolomitizada (Figura 5g), pasa a macrodolomía, moteada, de color gris obscuro a negro, con oquedades por disolución de aloquímicos que dan porosidad macroscópica, en estratos de 1 m o más espesor (Figura 5h), el espesor de este intervalo asciende a ~30 m. En ascenso cambia a caliza *packstone* de bioclastos, en estratos de 40 cm a 60 cm, con abundantes tapetes microbianos (Figura 10c), prosigue en ascenso estratigráfico a caliza *grainstone* peloide y oolítico, de color gris ligeramente obscuro, en estratos de 30 cm que alternan con estratos de 60 cm a 80 cm de espesor. La cima de esta formación es caliza *mudstone*, de color gris, en estratos de 20 cm a 30 cm. El espesor de este intervalo es de ~20 m, por lo que ambos intervalos suman ~50 m de espesor. El contacto inferior yace sobre la Formación La Joya, pero lateralmente esta se acuña y la Formación Novillo está en discordancia angular sobre la Formación La Boca (Figura 10a). El contacto superior de la Formación Novillo no aflora por estar cubierto de vegetación y suelo.

DISCUSIÓN

Anteriormente se indicó el motivo propuesto por el LEM para no reconocer la nomenclatura Novillo y Olvido como unidades litoestratigráficas. El presente trabajo se adhiere a lo que establece la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica (2024), en los artículos 4 a 10, para revisar, modificar y proponer la nomenclatura con categoría litoestratigráfica y rango de formación para las unidades arriba citadas en este medio científico de difusión.

Formación La Boca

En el área del valle del Huizachal las rocas más antiguas son flujos de lava y derrames volcánicos intercalados con depósitos sedimentarios, de ambiente continental, denominados Formación La Boca (Mixon *et al*., 1959). Varios trabajos concentran su atención en esta sucesión vulcano-sedimentaria y soslayan la cubierta sedimentaria marina superior. Heim (1940) reconoció discordante al conglomerado que yace abajo del cuerpo de arenisca (que él llamó *ironstone*) incluido originalmente en la base de la Formación Novillo. Varios trabajos han dado diversa edad a la Formación La Boca. Rueda-Gaxiola *et al*. (1997), con nannoplancton calcáreo datan Jurásico Inferior a rocas de esta

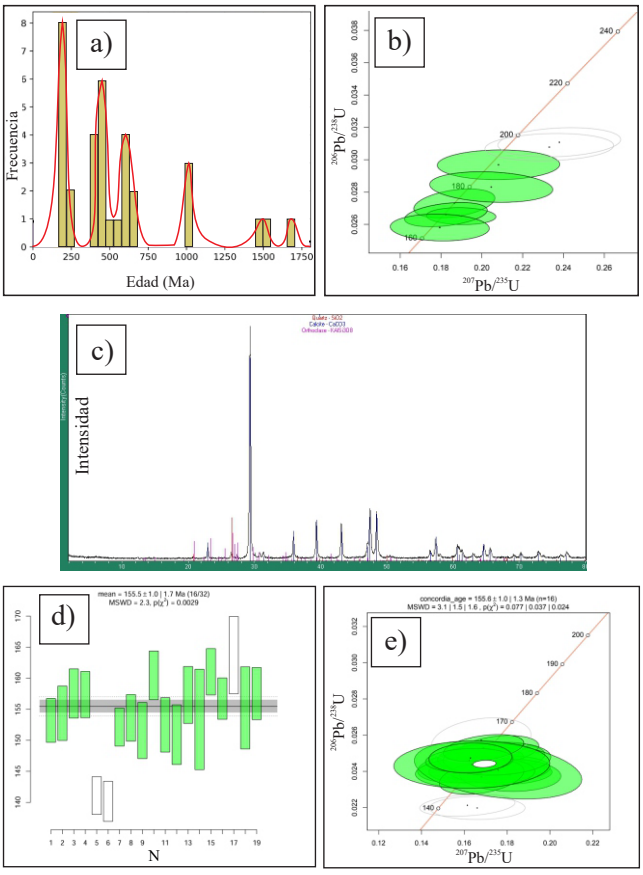


Figura 8. Geocronología U-Pb en circones de la base de la Formación Olvido (a, muestra JP 125-02) y miembro medio (d, muestra JP 125-03). Diagramas de concordia respectivos (b y e). Difractograma de rayos X (c, muestra JP 125-03). Descripción en el texto.

sucesión. Fastovsky *et al*. (2005) mediante *Bocaterium mexicanum* e isotopía U-Pb en circones detríticos, dieron Jurásico Medio temprano, así como 189 Ma a esta formación. Rubio-Cisneros y Lawton (2011), mediante U-Pb en circones datan en 184–183 Ma y 167–163 Ma a dos miembros de esta formación. Ruiz-Urueña *et al.* (2024) diferencian tres miembros en la Formación La Boca y mediante U-Pb en circones otorgan edades desde 178 Ma hasta 163 Ma.

Formación La Joya

Heim (1940) incluyó en la base de la Formación Novillo a arenisca, que subyace a caliza, como el inicio de la trasgresión marina en el Jurásico, y que continuó durante el Cretácico en México. La litología de la Formación Novillo se describió de la siguiente manera (Figuras 1b y 2b):

«*Formerly, this division was either regarded as the lower part of Tamaulipas Limestone or completely ignored, but it is easy distinguished by peculiar clay-ironstone facies. The name is taken from Novillo Canyon, west of Victoria, where the lower part, in contact with the red conglomerate, is exposed on the trail between the upper and lower ranches of Novillo […], as follows*:

(c) Fine-grained, sandy limestone, resembling that of Chicontepec Series ..... 20 m
(b) Dark-bluish, dense to fine-grained limestone, resembling Tamaulipas Limestone ..... 15–20 m
(a) Fine-grained ironstone, in compact beds up to 1 m each ..... 4 m
[…] A more complete exposure occurs on the road east of Huizachal, as follows […]:
(e) Limestone and ironstone, like c and d, with grains of glauconite ..... 20 m
(d) Ironstone, watering brown ..... 4–5 m
(c) Blue, dense to fine-grained limestone with algae ..... 18 m
(b) Thin-bedded limestone with marls, weatering yellow-brown, with abundant Exogyra and Rhynchonella multiformis ..... 5 m
(a) Dark limestone, wathering light grey, with basal ironstone .. .. 35 m
Here the Novillo Beds conformably on the Red Beds. A transition-facies a few meters thick, is probably due to reworking of the latter»

En la base de la Formación Novillo, Heim (1940) incluyó conglomerado y arenisca verde que, debido a la dureza de esta roca verde, se designó *ironstone*. La designación *ironstone* es impropia, ya que el glosario geológico da este nombre para la roca formada por limolita rica en óxido de hierro, de color rojo (Neuendorf *et al*., 2005), caracteres litológicos que se apartan de la designación dada por su dureza según Heim (1940). Mixon *et al.* (1959) individualizaron las litologías siliciclásticas anteriores para designarlas como formaciones La Boca y La Joya. La Formación La Joya tiene espesores variables entre localidades cercanas; así como en localidades distantes, desde pocos centímetros hasta varias decenas de metros de espesor (Carrillo-Bravo, 1961; Barboza-Gudiño *et al*., 2021).

Dos características ocurren en las formaciones La Joya y Novillo: los cambios de espesor y discordancias. Los cambios de espesor en las sucesiones La Joya y Novillo pueden ser consecuencia de depósito sobre un relieve irregular. Algunos autores consideran que el contacto superior de la Formación La Joya está en discordancia angular debajo de estratos de la caliza Novillo,)Mixon *et al*., 1959 y Carrillo-Bravo, 1961), para otros es un contacto concordante (Rubio-Cisneros y Lawton, 2011; Barboza-Gudiño *et al*., 2021; Rubio-Cisneros & Holbrook, 2021). Una opción para considerar el contacto discordante es especular que existen fallas de extensión, simultáneas al depósito. Un ejemplo a escala pequeña se observa en la Figura 7d. Este fenómeno estructural es frecuente en sistemas de apertura *rift*, en donde hay extensión y los bloques que caen generan espacio de acomodo para depositar sedimentos con espesor mayor en el bloque bajo, con su base en discordancia angular por el giro de rotación que adquiere el bloque descendente, mientras que en el bloque alto hay espesor menor de sedimento isócrono al depósito del bloque bajo. Excelentes ejemplos hay en la literatura sobre este fenómeno (Ravnás & Steel, 1998; Underhill & Richarson, 2022).

Este trabajo reconoce que el conglomerado, arenisca conglomerática y limolita, que subyace a caliza y dolomía, corresponden a la Formación La Joya, y que las rocas carbonatadas y margas, estratigráficamente arriba, son potestativas de la Formación Novillo que este trabajo revisa. Este trabajo aporta claridad para definir el contacto entre las formaciones La Joya y Novillo, omitida en definiciones previas.



Figura 9. Miembro inferior de la Formación Olvido con evaporitas es un nivel de despegue estructural, con pliegues vergentes al oriente, en el Km. 20 de la carretera Rumbo Nuevo.

La edad para la Formación La Joya, con isotopía U-Pb en granos de circones, se reportó de 164 Ma como edad máxima del depósito no conclusiva (Rubio-Cisneros & Lawton, 2011). Una limitación del presente trabajo es no poder dar la edad para la Formación La Joya. Por posición estratigráfica, la Formación La Joya en el valle del Huizachal se considera pre-Bathoniano dado que yace bajo estratos de la Formación Novillo, datados en ~166 Ma (Eguiluz-de Antuñano *et al*., 2026); sin embargo, en el área de Galeana, Nuevo León, la Formación La Joya subyace a estratos datados del Bajociano (Amezcua *et al*, 2020); por lo tanto, se deduce que la Formación La Joya es un depósito diacrónico acorde a la localidad en donde aflora.

Formación Zuloaga

La definición de la Formación Novillo se ha visto afectada por acciones improcedentes, primero al sustituir su nombre por el de Zuloaga (Imlay, 1948) y segundo, al dar el nombre Novillo, de forma arbitraria y en homonimia, a la unidad litodémica compuesta por gneis (Fries & 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. En esa región la Formación Smackover yace sobre rocas de ambiente continental de la Formación Eagle Mills, de ambiente de sabkha salino de la Formación Louann y/o arenisca de la Formación Norphlet (Figura 11); mientras que su contacto superior yace abajo de estratos de la base de la Formación Haynesville y su cambio lateral a la anhidrita Buckner, ambas de edad Kimeridgiano o más jóvenes.

La Formación Zuloaga fue propuesta por Imlay (1938), como unidad litoestratigráfica formal, tiene su localidad tipo en la sierra de Sombreretillo, al norte de Melchor Ocampo, Zacatecas. La descripción litológica original es la siguiente:

«*The Zuloaga limestone is mainly thick-bedded. Beds as thick as 10 feet have been observed, and beds from 3 to 5 feet thick are common. The dominant color is dark gray, but some beds in the middle and lower parts of the formation are medium to light gray. In most sections the upper 20 feet contains a few black chert nodules. Locally some beds contain poorly preserved bivalves or gastropods or corals. On Sierra Sombreretillo about 1800 feet is exposed. On the east slope of the mountain, 6 miles southwest of La Ventura, the complete formation above the red beds is about 1200 feet thick*».

Imlay (1938) consideró a la Formación Zuloaga como depósito marino distal de la Formación La Gloria (que representa ambiente litoral, cercano a un área continental), esta última formación está compuesta por estratos de espesor variable de caliza y arenisca, esporádicos lentes de conglomerado y fragmentos de conchas de moluscos diversos, con ausencia de lutita (Imlay, 1937). El contacto inferior de las formaciones Zuloaga y La Gloria no afloran en sus localidades tipo. El contacto superior de estas formaciones está en discordancia paralela (*discoconformity*) con la Formación La Casita (Imlay, 1936) y con la Formación La Caja (Zell *et al*., 2014), como también se observó la base de la Formación La Casita en el área de trabajo.

La Formación Zuloaga en afloramientos puede dividirse en dos litofacies, la inferior compuesta por alternancia de terrígenos y carbonatos, bioturbada profusamente, y la superior predominantemente carbonatada, en facies de alta energía (Eguiluz-de Antuñano, 1976). Las características litológicas anteriores se observan similares en el comportamiento de curvas de registros de pozos en el oriente de México (Riva-Ramírez, 2010). Los registros de rayos gama e inducción en la Formación Smackover en el Este de Texas-Luisiana presentan firma dentada de alta frecuencia en la parte inferior a media, mientras que en la parte superior se presenta con separación de curvas en forma de

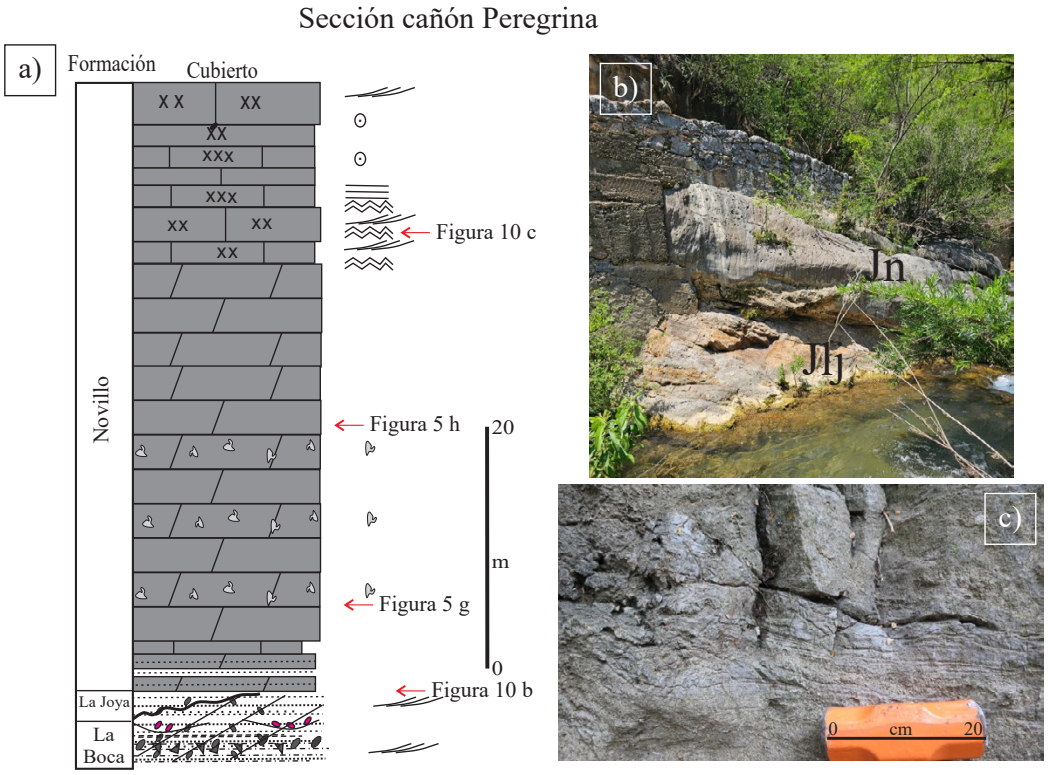


Figura 10. Sección estratigráfica en el cañón Peregrina (a). Contacto estratigráfico (b) entre las formaciones La Joya (Jlj) y Novillo (Jn). Carpetas microbianas (c). Ver leyenda en la Figura 3. Explicación en el texto.

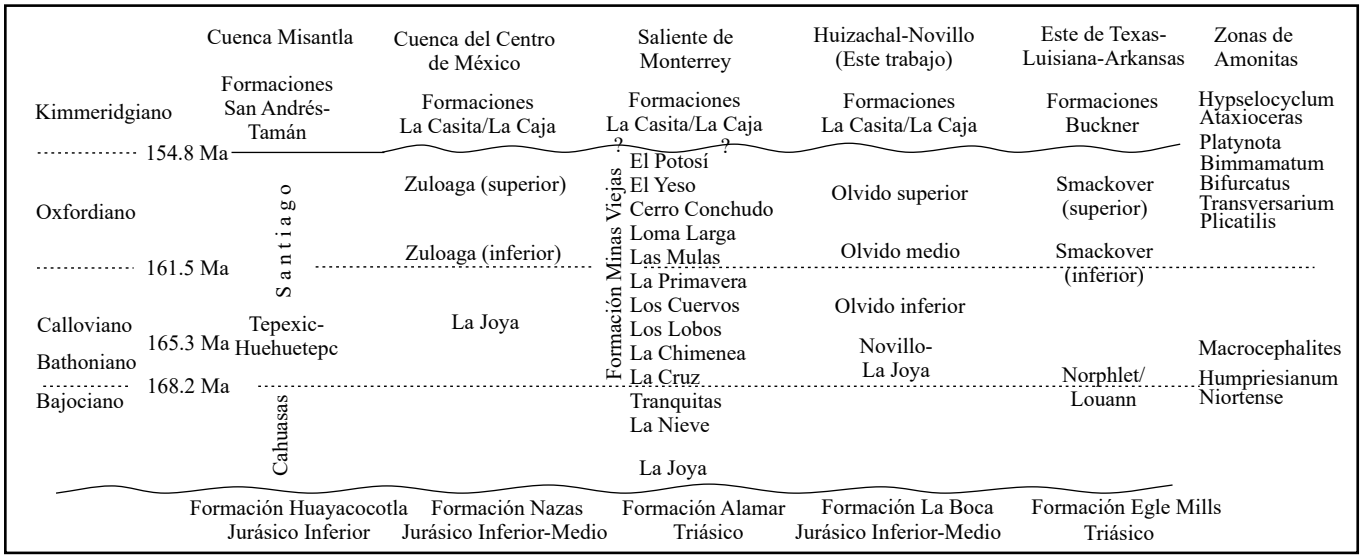


Figura 11. Correlación estratigráfica regional de las formaciones del Jurásico Medio–Jurásico Superior. Líneas onduladas representan discordancias.

caja, con poca o nula arcilla (Maldowanyi & Walter, 1992). Estas características geofísicas entre áreas distantes de Texas-Lousiana y México sugieren que puede existir una correlación litológicamente semejante.

Imlay y Herman (1984) indican la presencia de *Idoceras* sp. incluida en la cima de la Formación Smackover y sugieren que su depósito es Kimeridiano (Zona Hypselocyclum, Villaseñor *et al*., 2012). Young y Olóriz (1993) consideran que la parte superior de esta formación pudiera ser Oxfordiano tardío (Zona Bimammatum). No hay datos bioestratigráficos adicionales para una conclusión y la controversia continúa.

Por posición estratigráfica la cima de la Formación Zuloaga yace debajo de la Formación La Caja, la cual en su base tiene *Idoceras* sp. (Zona Hypselocyclum). Trabajos posteriores reportan *Sneidia zacatense*, perteneciente a la subfamilia Ataxioceratinae (López-Caballero, 2009). En la base de la Formación La Caja esta subfamilia representa la parte más tardía de la Zona Platynota del Kimeridgiano inferior. La Zona Platynota en México solo se ha reportado en el área de Huayacocotla (Burckhardt, 1930).

Imlay (1938), por posición estratigráfica, propuso la edad Oxfordiano para La Formación Zuloaga y comparó sus estratos con la caliza con *Nerinea* descrita por Burckhardt (1930). Es significativo señalar que las relaciones estratigráficas del contacto superior de las formaciones Smackover y Zuloaga, abajo de estratos del ensamble *Idoceras* sp. (Zona Hypselocyclum), es de importancia fundamental en la correlación con el Este de Texas, Luisiana y México (Figura 11).

No hay datos paleontológicos o cronoestratigráficos para datar la base y cima del depósito de la Formación Zuloaga. Por posición estratigráfica se ha considerado su depósito restringido al Oxfordiano, y otros trabajos incluyen su cima en Kimeridgiano Inferior (Jiménez-Camargo *et al*.,1982). Se desconoce la duración temporal del hiato que separa a las formaciones Zuloaga y La Casita-La Caja. La datación de las formaciones Zuloaga y La Gloria requiere estudios adicionales, fuera del alcance de este trabajo.

Carrillo-Bravo (1961), siguiendo el criterio de Imlay (1948), designó "Formación Zuloaga" a la sucesión de rocas carbonatadas Novillo, de igual manera que Mixon *et al.* (1959) lo hicieron. En la descripción de varias localidades Carrillo Bravo (1961) incluyó en la base de la "Formación Zuloaga" a un cuerpo arenoso y conglomerado, de espesor variable, tal como Heim (1940) lo propuso en la definición original de la Formación Novillo; sin embargo, este conglomerado corresponde con la litología previamente referida por Mixon (1959) como Formación La Joya, pero inexplicablemente, Carrillo Bravo (1961) insistió en incluir a la arenisca y conglomerado como parte de la base de la "Formación Zuloaga". Esta ambigüedad confunde y complica la estratigrafía prexistente; sin embargo, en párrafos anteriores este trabajo lo esclarece.

Formación Novillo

La litología descrita en este trabajo para la Formación Novillo, así como las relaciones estratigráficas entre las formaciones La Joya y Olvido, aunado al contenido fósil e isotopía, establecen la edad absoluta de la Formación Novillo en 166.4 ± 0.35/0.25 Ma, cuyo depósito corresponde según el International Union of Geological Sciences (IUGS, 2023/4) al Bathoniano tardío (Eguiluz-de Antuñano *et al*., 2026). Estos datos difieren notablemente con respecto a las características estratigráficas dadas para la Formación Zuloaga, así como su relación estratigráfica y edad.

La intención de establecer a la Formación Novillo con la categoría litoestratigráfica y rango formal obedece a la necesidad de reconocer un evento sedimentario particular, con homotaxia y cronotaxia con litologías de extensión regional. El estratotipo y su nombre se conserva de acuerdo a la definición original. Localidades de referencia para la Formación Novillo se proponen en La Joya Verde y túnel Rumbo Nuevo. Este trabajo adiciona la descripción litológica actualizada, con mayor amplitud y define sus límites, dimensiones, edad y aspectos regionales para su correlación, de acuerdo a como lo establece la normatividad actual.

El ambiente de depósito para la Formación Novillo es heterogéneo. La textura litológica en la base presenta facies transgresivas de alta energía, en una plataforma carbonatada de tipo rampa interna (Ahr, 1973, Jones, 2010), con dolomitización frecuente como posible resultado de exposición subaérea intermitente o intromisión de agua con iones de magnesio (James *et al*., 2010). La parte media es predominantemente caliza *mudstone* y marga con moluscos, se interpreta de ambiente lagunar, somero a poco profundo, de baja energía depositado en la rampa interna (Jones, 2010). La cima compuesta por *grainstone*, *packstone* y tapetes microbianos, se interpreta como una regresión, con variación a un ambiente somero, de moderada a alta energía en

facies de submarea (facies 6 del modelo de Wilson, 1975; Pratt, 2010), que evoluciona a facies litoral con litarenita, de espesor breve, en la base de la Formación Olvido.

La Formación Novillo se correlaciona en cronotaxia posiblemente con el miembro La Chimenea de la sucesión Minas Viejas, en el área de Galeana, Nuevo León (Cross, 2012; Amezcua *et al*., 2020, Figura 11). Se especula su correlación en homotaxia con un espesor de caliza y dolomía que yace debajo de evaporitas y está sobre el basamento en los pozos Don Martín 1 y Ramones 1 (Eguiluz-de Antuñano, 2001), así como con un conjunto litológico similar en el campo de gas Anáhuac, que se describe más adelante. Su correlación con la Formación Tepexic no es isócrona, pues ésta se depositó tardíamente (Caloviano medio). Se considera que estos conjuntos litológicos marinos proceden de la transgresión de Pantalasia, como lo sugirió Cantú-Chapa (2001).

Este trabajo propone que el nombre Novillo dado a la roca metamórfica compuesta por gneis y paragneis (Fries & Rincón-Orta, 1965), por el uso extendido que tiene en la literatura geológica, sea referido como unidad litodémica, descrita por Alemán-Gallardo *et al*. (2019) como Complejo Metamórfico Novillo, y no como unidad litoestratigráfica con el rango de formación, dando así posible solución al conflicto de nomenclatura existente, congruente con lo que establece el artículo 31 de la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica (2024). La localidad tipo y otras características litológicas, geoquímicas y petrográficas dadas en trabajos previos (Fries & Rincón-Orta, 1965, Ortega-Gutiérrez, 1978; Ramírez-Fernández & Henchen, 2016) no se modifican en este trabajo.

Formación Olvido

Las características litológicas de la Formación Olvido se describieron en el capítulo respectivo de este trabajo, su descripción permite hacer la revisión y propuesta para su análisis estratigráfico. La Formación Olvido yace concordante y en cambio abrupto sobre la Formación Novillo.

La Formación Olvido se reconoce en este trabajo compuesta por tres miembros no descritos en trabajos previos. La litología para el miembro inferior se interpreta como un evento vulcano-sedimentario regresivo, que pasa de ambiente marino con depósito de carbonatos (Formación Novillo), a litoral (con breve espesor), sobre el que predomina la sucesión vulcano-sedimentaria, con evaporitas que inducen a sospechar un ambiente de *sabkha* de supramarea, depositado en una geomorfología de planicie de marea (Pratt, 2010) a continental. Se requieren estudios complementarios para definir con mayor certidumbre su ambiente de depósito.

En cuanto a la edad, la muestra JP 125-02 fue colectada en la primera cuarzoarenita de grano muy fino guinda a rojizo, del miembro inferior de la Formación Olvido, en la sección del túnel Rumbo Nuevo (Figura 7a). Se analizaron un total de 34 granos de circones con una edad promedio ponderada de 168.8±5.0 Ma (Figura 8a y 8b), obtenida de ocho granos de circón con una media cuadrática de las desviaciones ponderadas (MSWD) de 3. La incertidumbre de los datos estadísticos aportados por Isoplot establece entonces edades máximas de los depósitos entre ~174 y ~164 Ma, correspondiendo al intervalo Aaleniano-Caloviano. Por posición estratigráfica sobre la Formación Novillo, datada con fósiles e isotopía $^{87}Sr/^{86}Sr$ en 166.4 ± 0.35/0.25 Ma (Eguiluz-de Antuñano *et al*., 2026), se resuelve que el miembro inferior de la Formación Olvido es más joven que Bathoniano tardío. La edad dada en este trabajo, por posición estratigráfica e isotopía U-Pb, sin ser concluyente, sugiere razonablemente que corresponde a ~164 Ma, como un depósito Caloviano. Datos adicionales se requieren para dar mayor certidumbre.

El miembro medio se interpreta como un evento vulcanosedimentario de agradación marina. Por su litología heterogénea es difícil aseverar a qué ambiente pertenece, parece ser un ambiente marino litoral, depositado al margen de un elemento insular (Miquihuana o San Luis-Valles), estudios posteriores podrán definirlo. Las tobas existentes en este miembro se clasifican como híbridas por depositar ceniza de origen volcánico en un medio acuoso marino.

La muestra JP 125-03 es una toba híbrida hacia los estratos superiores del miembro medio de la Formación Olvido en la sección del túnel Rumbo Nuevo (Figura 7a). De esta toba se analizaron un total de 32 granos de circón con una edad promedio ponderada de 155.5 ± 1.7 Ma (Figura 8d y 8e), obtenida de 16 granos de circón con una MSWD de 2.3. Los datos estadísticos permiten estimar edades entre ~154 y ~157 Ma, que corresponden al Oxfordiano tardío (IUGS, 2023/4).

La litología descrita para el miembro superior de la Formación Olvido se interpreta que corresponde a una inundación transgresiva marina, en facies de plataforma carbonatada de alta a moderada energía, depositada sobre una rampa media en una plataforma abierta (Jones, 2010).

La edad del miembro superior de la Formación Olvido se desconoce. Su cima está en discordancia erosiva paralela (*disconformity*) y subyace a la base de la Formación La Casita; estratos a 8 m de su base contienen *Idoceras* sp. Carrillo-Bravo (1961) reportó el mismo género, que pertenece a la biozona Hypselocyclum. La magnitud temporal del hiato que representa la discordancia se desconoce. Se especula que la edad de este miembro superior puede ser Oxfordiano o Kimeridgiano Inferior temprano, estudios a mayor detalle son necesarios. Se considera que el intervalo de brecha y conglomerado en la base de la Formación La Casita corresponde a un flujo de escombros sin exposición subaérea.

La localidad tipo para la Formación Olvido se propone sea la sección túnel Rumbo Nuevo, descrita en este trabajo, cercana al poniente de las ruinas del rancho Olvido, como lo propuso Heim (1940).

Imlay (1948) correlacionó a la Formación Buckner con el miembro inferior de la Formación Olvido por el contenido de yeso, por lo previamente expuesto, este trabajo rechaza esta correlación. No hay datos para conocer la edad de la Formación Zuloaga, por posición estratigráfica su cima subyace en discordancia paralela (*disconfomity*) a estratos con *Idoceras* sp., por lo que se considera su cima sea de edad Oxfordiano. El miembro medio de la Formación Olvido posiblemente se depositó isócronamente (en cronotaxia) con parte de las formaciones Zuloaga y Smackover, pero con litologías diferentes. La base de la Formación Olvido, por posición estratigráfica, se resuelve a ser post-Bathoniano tardío, posiblemente Caloviano. Por lo anterior, la Formación Smackover es un depósito con litología diferente a la Formación Novillo y Olvido, y su cima, puede tener un alcance estratigráfico más joven. La distribución regional de estas rocas tiene importancia para hacer correlaciones y reconstrucciones geodinámicas regionales (Imlay, 1953; Pindell *et al*., 2020, 2021).

Con base en los datos litológicos, dimensiones, forma, límites estratigráficos, edad y sus correlaciones estratigráficas, se justifica ratificar la categoría litoestratigráfica y rango de formación para la sucesión tripartita de Olvido, así como para la litología Novillo.

El depósito sedimentario del Jurásico Medio-Superior es complejo, hay facies diacrónicas al migrar en tiempo y espacio. Prather (1992) y Heydari y Baria (2005) describen este proceso sedimentario complejo como secuencias estratigráficas genéticas en Texas y Luisiana (Figura 12), este proceso puede ser análogo para México y su análisis requiere estudios complementarios, fuera del alcance de este trabajo.

Importancia económica

La Formación Novillo y el miembro superior de la Formación Olvido se caracterizan por tener litologías de dolomía y caliza

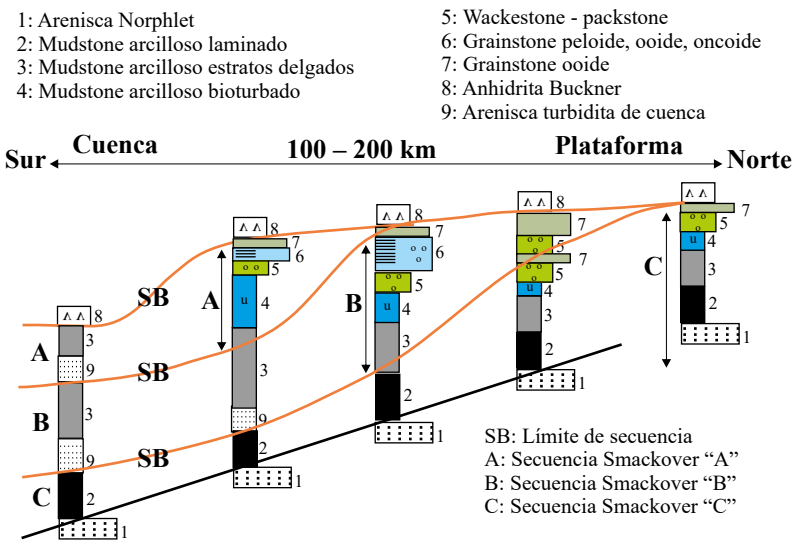


Figura 12. Modelo estratigráfico de secuencias genéticas de la Formación Smackover (tomado de Heydari y Baria, 2006, modificado en este trabajo).

con textura *grainstone*, con porosidad intergranular de 18 % a 25 %, así como intercristalina en dolomías y por fracturas que dan permeabilidad (Figura 5d y 5h); por lo tanto, son rocas almacén potenciales para yacimientos de petróleo y gas. La Formación Novillo se identifica como roca productora de gas (98 % metano) en el campo Anáhuac (Aguayo, 1978), en ella se reconocen cinco facies; arenoconglomerática en la base, seguida por la facies arcillo-evaporítica, que subyace a dolomías con evaporitas que es la zona productora de gas en dolomías fracturadas con alta permeabilidad, con 40 m de espesor. En ascenso la facies de lutita y caliza microcristalina y en la cima la facies de ooides y bioclastos. Las facies tienen similitud con la descripción litológica de la Formación Novillo presentada en este trabajo. El intervalo con carpetas microbianas, mediante epifluorecencia, indica ser roca generadora de hidrocarburos, con poder generador pobre, que requiere estudios complementarios (Figura 5c). Reconocer la distribución regional de las facies de esta litología es importante para la exploración petrolera al oriente de la Península de Tamaulipas (Madrid-Solís, 1976).

En la cuenca de Tampico, los escasos datos de agua de formación en rocas almacén del Jurásico Superior indican hipersalinidad variable, desde 65000 ppm a más de 120000 ppm de NaCl, sin datos de otros compuestos químicos (Cámara-Alfaro *et al.*, 2003). Estas características hacen atractivo su estudio por la importancia económica para la exploración de litio en salmueras, como ocurre en el este de Texas y Luisiana (Moldovany y Walter, 1992; Moldovanyi *et al.*, 1993).

CONCLUSIONES

Este trabajo da las bases estratigráficas para reconocer a las formaciones Novillo y Olvido como unidades litoestratigráficas formales, al cumplir la normatividad establecida por la Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica. Se interpreta que el ambiente de depósito de la Formación Novillo corresponde a una plataforma carbonatada de alta a moderada energía. Su edad ha sido establecida en Bathoniano tardío.

En la Formación Olvido se reconocen tres miembros, el inferior compuesto por toba, terrígenos y yeso, en facies de ambiente litoral a *sabkha*. El miembro medio formado por terrígenos, caliza, yeso y tobas híbridas, de facies marinas marginales a un alto paleogeográfico. El superior constituido por caliza como facies marinas de alta energía.

La edad máxima del depósito para el miembro inferior de la Formación Olvido, por U-Pb en circones detríticos procedentes de arenisca, se estima en ~164 Ma (Caloviano). La edad máxima del depósito en la cima del miembro medio, por isotopía U-Pb en circones de una toba se establece en 155.5 ± 1.0 Ma (Oxfordiano).

El análisis estratigráfico propone correlaciones más convenientes con otras sucesiones litológicas a escala regional.

Las facies de calizas de alta energía y dolomía son susceptibles de tener porosidad como rocas almacén para hidrocarburos o salmueras de litio.

El Complejo Metamórfico Novillo se propone como una unidad litodémica formal, no confronta homonimia con la Formación Novillo como categoría de unidad litoestratigráfica. Su localidad tipo, relaciones y características petrológicas conservan descripciones de trabajos previos.

Agradecimientos. Los autores de este trabajo reconocemos los comentarios acertados y valiosos para mejorar el contenido vertido aquí por los Doctores Rafael Barboza-Gudiño y Uwe Jenchen. Al Dr. Rafael López Martínez, investigador del Instituto de Geología, UNAM, se agradece su colaboración para el estudio de epifluorecencia dado a este trabajo. Al M. en C. Raúl Mujica por el estudio petrográfico de la muestra JP 125-03. Al Ing. Jesús Silva Corona y Dra. Teresa Orozco Esquivel por su esmerado trabajo editorial.

Contribución de autores. Ambos autores realizaron trabajo de campo conjunto, el análisis de datos antecedentes, elaboración del texto y figuras.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores de este trabajo declaramos que no existe conflictos de intereses o relaciones personales que pudieran haber influenciado el contenido de este artículo.

Disponibilidad de datos. Todos los datos que apoyan los hayazgos de el estudio están incluidos en este artículo.

Financiamiento. El apoyo económico para realizar la isotopía U-Pb y difracción de rayos X fue dado por la Compañía Corporación Ambiental de México, a la que se agradece su patrocinio. Este trabajo no recibió otro tipo de financiamiento externo.

REFERENCIAS

Aguayo, C. J. (1978). Facies Sedimentarias y Diagénesis de la Formación Novillo (Jurásico Superior) Noreste de México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, *10*(4), 6–10.

Ahr, W. M. (1973). The carbonate ramp; an alternative to the shelf model. *Transactions of Gulf Coast Association of Geological Societies*, *23*, 221–225.

Alemán-Gallardo, E. A., Ramírez-Fernández, J. A., Weber, B., Velasco-Tapia, F., & Casas-Peña, J. M. (2019). Novillo Metamorphic Complex, Huizachal-Peregrina Anticlinorium, Tamaulipas, Mexico: Characterization and development based on whole-rock geochemistry and Nd-isotopic ratios. *Journal of South American Earth Sciences*, *96*(102382), 1–17. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102382

American Commission on Stratigraphic Nomenclature (ACSN) (1961). Code of Stratigraphic Nomenclature. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, *45*, 645–665.

Amezcua, N., Rochin, H., & Martínez, L. E. (2020). Preliminary Strontium Isotope Stratigraphy of the Jurassic Minas Viejas Formation, México. *AAPG Hedberg Conference Search and Discovery*, Article #51652, Extended abstract, 1–17.

Barboza-Gudiño, R., Zavala-Monsiváis, A., Castellanos Rodríguez, V., Jaime-Rodríguez, D., & Almarez-Martínez, C. (2021). Subduction-related Jurassic volcanism in the Mesa Central province and contemporary Gulf of Mexico opening. *Journal of South American Earth Sciences*, *108*, 102961. doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102961

Bezouska, J. R., Wang, J., & Mullins, O. C. (1998). Origin of limestone fluorescence. *Applied Spectroscopy*, *52*(12), 1606–1613.

Brennan, E. S., & White, W. B. (2013). Luminescence of speleothems: a comparison of sources and environments. *Journal of Cave and Karst Studies*, *75*(3), 210–217. http://dx.doi. org/10.4311/2012ES0280

Burckhardt, C. (1930). Étudé Synthétique sur le Mésozoïque mexicain, Premiére Partie. *Mémoires Société Paléontologique Suisse*, *49*, 1–123.

Cámara-Alfaro, J. C., Olivella-Ledesma, M., Ramírez-Sánchez, R., & González-Pineda, F. (2003). Modelo Estático del Campo Arenque. *Revista Ingeniería Petrolera*, (8), 53–61

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. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, *75*, 1–27.

Carrillo-Bravo, J. (1961). Geología del Anticlinorio Huizachal Peregrina al N-W de Ciudad Victoria, Tams. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, *13*, 1–98.

Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013). *Tabla Cronoestratigráfica Internacional, v 2023/04* (J.C. Gutiérrez-Marco. Trans.). International Commission on Stratigraphy. http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2023-04Spanish.pdf (Trabajo original publicado en 2013, actualizado).

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), 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] University of Texas at Austin.

Dunham, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En W. E., Ham (Ed.), Classification of Carbonate Rocks. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir*, *1*, 108–121. https://archives.datapages.com/data/specpubs/carbona2/data/a038/a038/0001/0100/0108.htm

Eguiluz-de Antuñano, S. (1976). Estudio Geológico de la Sierra del Oratorio, Estado de Coahuila [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Eguiluz-de Antuñano, S. (2001). Geologic Evolution and gas resources of the Sabinas Basin in Northeastern Mexico. En C., Bartolini, R.T. Buffler, A. Cantú-Chapa (Eds.), The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, *75*, 241–270.

Eguiluz-y de Antuñano, S., 2025, Diagnóstico de la nomenclatura estratigráfica y evolución estructural del Jurásico Medio-Jurásico Superior en el oriente de México. *Maya Revista de Geociencias*, Edición Especial XXVI Octubre Suplemento, 13–32.

Eguiluz-y de Antuñano, S. Pantoja-Irys, J., & Vega, F. (2026). Geocronología y Paleontología de la formación Novillo, Noreste de México. *Paleontología Mexicana*, *15*(1), 215–229. https://doi.org/10.22201/igl.05437652e.2026.15.1.413

Fastovsky, D. E., Hermes, O. D., Strater, N. H., Bowring, S. A., Clark, J. M., Montellano, M., & Hernández, 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–Sonora megashear hypothesis: Development, assessment and alternatives. *Geological Society of America Special Paper*, *393*, 233–258.

Folk, R. L., Andrews, P. B., & Lewis, D. W. (1970). Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal Geology and Geophysics*, *13*, 937–968.

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. *Geological Society of America Special Paper, 340*, 1–58.

Heim, A. (1926). "Notes on the Jurassic of Tamazunchale (Sierra Madre Oriental, Mexico)," *Eclogae Geologicae Helvetiae*, *20*(1), 84–89.

Heim, A. (1940). The Front Ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, *33*(2), 313–362.

Heydari, E., & Baria, L. R. (2005). A conceptual model for the sequence stratigraphy of the Smackover Formation in north-central U.S. Gulf Coast. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, *55*, 321–340.

Humphrey, W. E., & Díaz, T. (1956*). Jurassic and Lower Cretaceous stratigraphy and tectonics of northeast Mexico* (Informe inédito). PEMEX NEM 799, 186 pp.

Humphrey, W. E., & Díaz, T. (2003). *Jurassic and Lower Cretaceous stratigraphy and tectonics of northeast Mexico*. En J. L. Wilson, & C. Jordan (Eds), University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, Report of Investigations, 267, 152 pp. doi.org/10.23867/RI0267D

Imlay, R. W. (1936). Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV Geology of the Western part of the Sierra de Parras. *Geological Society of America Bulletin*, *47*(4), 1091–1152.

Imlay, R. W. (1937). Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, *48*(5), 567–630.

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. *AAPG 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.

Imlay, R. W. (1953). Las Formaciones Jurásicas de Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, *XVI*(1), 10–66.

Imlay, R. W., & Herman, G. (1984). Upper Jurassic Anmonites of the Subsurface of Texas, Louisiana, and Mississippi. En W. P. S. Ventress, D. G. Bebout, B. F. Perkins, & C. H. Moore (Eds.) The Jurassic of the Gulf Rim, *Proceedings of the Third Annual Research Conference, Gulf Coast Section, SEPM Foundation*, 149–170.

International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy (ISSC). 1976. *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure* (H.D. Hedberg, Ed.). John Wiley and Sons.

James, N. P., Kendall, A. C., & Pufahl, P. K. (2010). Introduction to biological and chemical sedimentary facies models. En N. P. James y R. W.

Dalrymple (Eds.), *Facies Model 4 (GEOtext 6)* (pp. 323–339). Canadian Sedimentology.

Jiménez-Camargo, D. I., Porres-Luna, R. P., & Rivera-Carranco, E. (1982). Geología de la Región de Charcas-Venado, San Luis Potosí [Tesis Profesional]. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Jones, B. (2010). Warm-Water Neritic Carbonates. En N. P. James and R. W. Dalrymple (Eds.), *Facies Model 4*, *GEOtext 6* (pp. 341–367), Canadian Sedimentology.

López-Caballero, I. (2009). Bioestratigrafía y Tafonomía de la sección estratigráfica Puerto Piñones (Jurásico Superior) del área de Saltillo, Coahuila, México [Tesis de Maestría]. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Madrid-Solís, A. (1976) Consideraciones Geológico-Económicas del Jurásico Superior, Noreste de México. En *Simposium II de Geología de Subsuelo*, Petróleos Mexicanos, Superintendencia General de Exploración Zona Noreste, 193–216.

Maitre, R., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M., Bonin, B., & Bateman, P. (2004). Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms. En R. W. Le Maitre, A. Streckeisen, B. Zanettin, M. J. Le Bas, B. Bonin, & P. Bateman, *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press.

Mixon, R. B., Murray, G. E., & Díaz-G., T. (1959). Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico. *AAPG Bulletin*, *43*, 757–771.

Moldovanyi, E. P., & Walter, L. M. (1992). Regional Trends in Water Chemestry, Smackover Formation, Sowest Arkansas: Geochemical and Physical Controls. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, *76*(6), 864–894.

Moldovanyi, E. P., Walter, L. M., & Land, L. S. (1993) Strontium, boron, oxygen, and hydrogen isotope geochemistry of brines from basal strata of the Gulf Coast sedimentary basin, USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *57*, 2083–2099. https://doi.org/ 10.1016/0016-7037(93)90095-E

Muir, J. M. (1936). *Geology of the Tampico Region, Mexico*. The American Association of Petroleum Geologists Special Publication.

Neuendorf, K. E., Mehl, J. P. Jr., & Jackson, J. A. (Eds). (2005) *Glossary of Geology* (5th ed.). American Geological Institute.

Ortega-Gutiérrez, F. (1978). El Gneis Novillo y rocas metamórficas asociadas en los cañones del Novillo y la Peregrina, área de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, *2*(1), 19–30.

Pindell, J., Weber, B., Hale-Erlich, 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: *Geological Society of America Special Paper 546*, p. 1–XXX. 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

Prather, B. E. (1992). Evolution of a Late Jurassic Carbonate/Evaporitic Platform, Conecuh Embayment, Northeastern Gulf Coast, U.S.A. *The American Association Petroleum Geologists Bulletin*, *76*(2), 164–190. https://doi.org/10.1306/BDFF879A-1718-11D7-8645000102C1865D

Pratt, B. R. (2010). Peritaidal Carbonates. En N. P. James & R. W. Dalrymple (Eds.), *Facies Model 4, GEOtext 6* (401–420), Canadian Sedimentology.

Ramírez-Fernández, J. A., & Henchen, U. (2016) Cinturones orogénicos sepultados bajo la Sierra Madre Oriental: basamento precámbrico y paleozoico. *CIENCIA UANL*, *80*, 56–61.

Ravnås, R., & Steel, R. J. (1998). Architecture of Marine Rift-Basin Successions. *The American Association Petroleum Geologists Bulletin*, *82*(1), 110–146.

Riva-Ramírez, A. (2010). *Propuesta de Modelo para la Parte Oriental de la Isla de San Carlos Estado de Tamaulipas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Rubio-Cisneros, I. I., & Holbrook, J. (2021). Fluvial interpretations of stratigraphic surfaces across Upper Triassic to Lower-Middle Jurassic continental red beds northeastern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, *110*, 1–20. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103366

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.

Rueda-Gaxiola, J., Brito-Arias, M., Guerrero-Muñoz, M., Valle-Reyes, A., & Pliego-Vidal, E. (1997). Los Anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla; Tercera Parte. Palinoestratigrafía, petrología y paleogeografía del Allogrupo Los San Pedros. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, *46*(1), 1–71.

Ruiz-Urueña, J. E., Martini, M., Zepeda-Martínez, M., Ramírez-Fernández, J. A., & Lawton, T. F. (2024). Heterogeneous provenance and intracontinental rift evidence in the early–middle Jurassic La Boca Formation in the Huizachal-Peregrina Anticlinorium, Mexico. *International Geology Review*, *67*(9), 1173–1195. https://doi.org/10.1080/00206814.2024.2429141

Salvador, A. (1991). Origin and development of the Gulf of Mexico Basin, in A. Salvador, ed., The Gulf of Mexico Basin. Geological Society of America, Decade of North. *American Geology*, *v. J*, 389–444.

Servicio Geológico Mexicano. (2016). *Gneis Novillo*. Léxico Estratigráfico de México; Ficha de Unidad Litodémica (Litodema). https://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Novillo.pdf.

Solari, L. A., González-León, C. M., Ortega-Obregón, C., Valencia-Moreno, M., & Rascón-Heimpel, M. A. (2018). The Proterozoic of NW Mexico revisited: U-Pb geochronology and Hf isotopes of Sonoran rocks and their tectonic implications. *International Journal or Earth Sciences*, *107*, 845–861. doi:10.1093/ajcn/nqy030

Underhill, J. R., & Richardson, N. (2022). Geological controls on petroleum plays and future opportunities in the North Sea Rift Super Basin. *American Associate Petroleum Geologists Bulletin*, *106*(3), 573–631.

van Beynen, P., Bourbonniere, R., Ford, D. & Schwarcz, H. (2001). Causes of color and fluorescence in speleothems. *Chemical Geology*, *175*(3–4), 319–341. https://doi. org/10.1016/S0009-2541(00)00343-0

Villaseñor, A. B., Olóriz, F., López Palomino, I., & López-Caballero, I. (2012). Updated ammonite biostratigraphy from Upper Jurassic deposits in Mexico. *Revue de Paléobiologie*, *Vol. spéc. 11*, 249–267.

Weidie, A. E., & Wolleben, J. A. (1969). Upper Jurassic Stratigraphic Relations Near Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, *53*(12), 2418–2420.

Wentworth, C. K. (1935). The terminology of coarse sediments. *Bulletin of Natural Research Council*, *98*, 225–246.

Wilson, J. L., 1975, *Carbonate facies in Gelogic History*. Springer Study Edition, 471 p. doi.org/10.1007/978-1-4612-6383-8

Young, K., & Olóriz, F. (1993). Ammonites from the Smackover Limestone, Cotton Valley Field, Webster Parish, Louisiana, U.S.A. En S., Elmi, Ch., Mangold, & Y., Alméras (Eds.), 3ème Symposium International Céphalopodes Actuels et Fossiles (Symposium F. Roman). *Geobios Mémoire Spécial*, *15*, 401–409.

Zell, P., Beckmann, S., & Stinnesbeck, W. (2014). Age and depositional conditions of the marine vertebrate concentration Lagerstatte at Gómez Farías, southern Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, *56*, 91–109. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.08.009