

**MARZO
2026**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



MARZO
2026



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

Revista Maya: Revista Maya de Geociencias que (RMG) nace del entusiasmo de profesionistas con la inquietud de difundir conocimientos relacionados con la academia, investigación, la exploración petrolera y Ciencias de la Tierra en general.

El objetivo principal de la revista es proporcionar un espacio a todos aquellos jóvenes profesionistas que deseen dar a conocer sus publicaciones. los fundadores de la revista son *Luis Angel Valencia Flores, Bernardo García Amador y Claudio Bartolini*.

Otro de los objetivos de la Revista Maya de Geociencias es incentivar a profesionales, académicos, e investigadores, a participar activamente en beneficio de nuestra comunidad joven de geociencias.

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si desear participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquese con cualquiera de los editores.

Las notas geológicas tienen como objetivo el presentar síntesis de trabajos realizados en México y en diferentes partes del mundo por jóvenes profesionales y prestigiosos geocientíficos. Son notas esencialmente de divulgación, con resultados y conocimientos nuevos, en beneficio de nuestra comunidad de geociencias. Estas notas no están sujetas a arbitraje.

**Es importante aclarar, que las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores de la revista.*

Portada de la revista: This is the surface outcrop of the Eocene Cardona Salt and entrance to the **Cardona Salt Mine in Cardona, Spain**. Eocene salt forms a major detachment surface for south-directed thrusting in the southern foothills of the Pyrenees. The diapir extends upward from the salt-cored Pinòs-Cardona Anticline. Salt outcrops here have been exploited since Neolithic times. By the Middle Ages, Cardona had become the most important salt producer in Iberia. Mining ended in 1990, and in 1997 the underground mine was converted into the Parc Cultural de la Muntanya de Sal. Tours are available. This location, along with many others, is part of the Pyrenees self-guided geo-tour described in **Prost, G.L.**, 2025, Western Europe's Natural Wonders, CRC Press: (<https://www.routledge.com/Western-Europes-Natural-Wonders-Iceland-Pyrenees-and-Western-Alps/Prost/p/book/9781032564517>).

Revista Maya: The Revista Maya de Geociencias (RMG) springs from the enthusiasm of professionals with a desire to distribute knowledge related to academic research, exploration for resources and geoscience in general.

The main objective of the RMG is to provide a place for young professionals who wish to distribute their publications. The founders of the Revista are Luis Ángel Valencia Flores, Bernardo García and Claudio Bartolini.

A further objective of the RMG is to encourage professionals, academicians and researchers to actively participate for the benefit of our community of young geoscientists.

The RMG is published monthly as a PDF file distributed by email and shared through social media. This digital magazine has no commercial aim. It is international and bilingual (Spanish and English). If one wishes to participate or contribute a manuscript, please contact any of the editors.

The geological notes aim to synthesize work carried out in Mexico and other parts of the world both by young professionals and prestigious geoscientists. These notes are produced principally to reveal new understandings for the benefit of our geoscientific community and are not subjected to peer review.

Revista de difusión y
divulgación geocientífica.

EDITORES



Luis Ángel Valencia Flores (M.C.). Ingeniero Geólogo y Maestro en Ciencias en Geología, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Ticomán, Ciencias de la Tierra, del Instituto Politécnico Nacional. Cuenta con 25 años de experiencia. Ha trabajado en el Instituto Mexicano del Petróleo, Petróleos Mexicanos, Schlumberger, Paradigm Geophysical, Comisión Nacional de Hidrocarburos, Aspect Energy Holdings LLC, Facultad de Ingeniería de la

UNAM, actualmente es académico del Instituto Politécnico Nacional (posgrado y licenciatura) donde imparte asignaturas especializadas en la caracterización de yacimientos petroleros. Es estudiante del Doctorado en Energía en el IPN, especializándose en la exploración de Hidrógeno Natural y fuentes alternas de energías.

luis.valencia.11@outlook.com
lvalenciaf@ipn.mx



Bernardo I. García-Amador es Investigador Asociado "C" de Tiempo Completo del Instituto de Geofísica de la UNAM. En 2024 obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM. Su línea de investigación versa en la aplicación del Paleomagnetismo, Magnetismo de Rocas y Anisotropía Magnética para resolver problemas en Tectónica, Geología Estructural, Vulcanología, y el

Análisis de Cuencas Sedimentarias; siendo autor y coautor de diversas publicaciones científicas. Además, desde el 2018 ha impartido el curso de Tectónica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, un tema que le apasiona en las geociencias.

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



Josh Rosenfeld (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas DGC until 2002 on

exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

jhrosenfeld@gmail.com



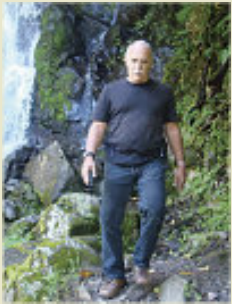
Claudio Bartolini (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio was an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of

the Americas. He is a Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

Claudio was made an Honorary Member of the AAPG in 2022 in recognition of his service to the Association, and his devotion to the science and profession of petroleum geology.

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



Ing. Humberto Álvarez Sánchez. Más de 5 décadas dedicadas a la geología de Cuba occidental y central. Cartógrafo en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central y editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato

Grosso del Norte. El Ministro de Comercio e Industrias lo nombró Miembro de la Comisión “Ad Honorem” del Plan Maestro de Minería de Panamá. El Banco Interamericano de Desarrollo le encargó de redactar el Proyecto de Geología y Minería y parte de su Misión Especial para su entrega al Gobierno panameño. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del BGS en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia edu, se encuentran 22 artículos suyos.

geodoxo@gmail.com



Ramón López Jiménez (Ph.D) es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en

afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela. Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

Metalogenia, Ecuador y Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos en Colombia. Tiene en su haber como autor y coautor, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sismológico venezolano y la coordinación de un atlas geológico de la región central del país, preparado junto al Dr. Franco Urbani, profesor por más de 50 años de la Escuela de Geología de la Universidad Central. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



Natalia Silva (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de

yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

ensilvacruz@gmail.com



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniera), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com



Daniela Kristell Calvo-Ramos es Ing. Ambiental de la Univ. Politécnica de Chiapas, Maestría y Doctorado en Ciencias de la Energía en la Univ. Autónoma de Querétaro. Actualmente en estancia Posdoctoral en Centro de Geociencias UNAM-Juriquilla. Sus líneas prioritarias de investigación son: (1) síntesis de materiales fotocatalíticos, (2) síntesis de materiales grafénicos, (3) fotodegradación de colorantes en aguas, (4) foto-oxidorreducción de metales en agua y (5) contaminación de metales en agua. En su programa posdoctoral está

trabajando en preparación de muestras (separación en columnas de intercambio iónico) y análisis (Espectrometría de Masas Multicolector con Plasma Acoplado Inductivamente ICP-MMS) para medición de isótopos estables de zinc, cobre y hierro en diferentes materiales naturales (agua-roca). También es docente en la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES-UNAM Juriquilla).

dcalvo@geociencias.unam.mx

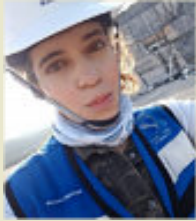


Rafael Tenreyro Pérez, se gradúa de ingeniero en geofísica de exploración de petróleo en 1974 en la Academia Estatal de Petróleo de Azerbaiyán, Master en Ciencias en Geología del Petróleo en la Universidad Politécnica CUJAE de la Habana en 1981 y Doctor en ciencias en Geofísica de Exploración la Universidad de Petróleo Gubkin de Moscú, Rusia, en 1987.

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la Industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta

Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited.

tenreyro2015@gmail.com



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

levantamientos geológico-estructurales, logueo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

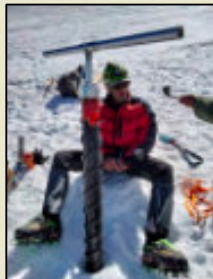
gleon.laura@gmail.com



Rodolfo Rafael Avalos Alejandre Es ingeniero geólogo por la Facultad de Ingeniería (2022), actualmente estudiante de la maestría en ciencias de la Tierra por el Instituto de Geociencias. Realizó su estancia profesional en la unidad minera Fresnillo (2019), yacimiento correspondiente con su trabajo de tesis. Su principal interés es el entender procesos geológicos de escala regional enfocados en la exploración de yacimientos minerales a partir

de análisis de Mineralogía Avanzada, estudiando variaciones en especies minerales, texturas, asociaciones, grados de cristalinidad, emulsiones por exsolución y elementos menores en solución sólida. Es divulgador científico centrado en la astronomía, historia de la ciencia y cultura desde 2015 en la plataforma Astro Camp MX, montañista entusiasta desde 2021 y fotógrafo de paisaje desde 2021.

r.avalos@astrocamp.mx



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inició su trabajo en el Instituto Mexicano del Petróleo y después inició vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingresó al a Unidad Investigación en Ciencias de la Tierra (UNICIT) UNAM, Campus Juriquilla (actual Centro de Geociencias). Su trabajo inicial fue sobre petrografía ígnea y metamórfica. En academia inició dando clases de petrología ígnea y metamórfica.

Actualmente es Tutor del Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM. Su maestría fue sobre yacimientos minerales metálicos y su doctorado sobre geoquímica ambiental. Actualmente sus líneas de investigación son: Metales Pesados en Medio Ambiente, Hidrogeoquímica, Geoquímica Isotópica de Metales Pesados e Hidrogeoquímica de Salmueras Petroleras. A la fecha es responsable de un Proyecto UNAM y CONAHcyT sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. ambiente@geociencias.unam.mx



La **Dra. Norma E. Olvera Fuentes**, estudió la carrera de Física en la Facultad de Ciencias, su Maestría en el Instituto de Física y su Doctorado en Ciencias de la Tierra, en el ICAYCC, UNAM. Sus líneas de investigación tanto en licenciatura como en maestría versaron sobre el problema cuántico de difracción espacio-temporal de Moshinsky para diversas geometrías.

Bajo la dirección del Dr. Carlos Gay, su investigación doctoral analizó por medio del uso de mapas cognitivos difusos los posibles impactos que el cambio climático puede tener sobre la vulnerabilidad hídrica de la ZMVM. Su tesis doctoral fue galardonada con el Primer Lugar del Primer Premio a la Investigación en Cambio Climático PINCC-UNAM, 2023.

Con casi 20 años de labor docente, ha impartido clases en la Facultad de Ciencias y en la Facultad

de Ingeniería de la UNAM, así como en la División de Ingeniería del Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe. Institución que le otorgó la Presea por Excelencia Académica como profesora de Cátedra. Como escritora tiene publicados tres libros como única autora y 5 como coautora. El número de Impluvium Gestión Integral de Sequías, en el que el Dr. Gay y la Dra. Olvera son coautores de artículo, es referencia de consulta que el CENAPRED presento para su curso "Sequías: un reto en la reducción del riesgo", marzo del 2024.

Actualmente la Dra. Olvera es Investigadora Posdoctoral del Instituto de Ingeniería de la UNAM, miembro del Sistema Nacional de Investigadores e invitada como líder de opinión del periódico Excelsior.

norma.olvera@atmosfera.unam.mx



Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

Estimados Colegas

Ahora que hemos llamado su atención, aprovechamos la oportunidad para invitarlos cordialmente a participar en nuestra Revista Maya de Geociencias, con diversos Temas de Interés y Manuscritos Cortos relacionados a cualquier tema de las Ciencias de la Tierra y similares. Todos los trabajos son bienvenidos, puesto que la función primordial de la revista es la difusión de las geociencias.

Si los manuscritos son relativamente largos, también pueden ser publicados, pero en nuestras Ediciones Especiales de la revista, las cuales no tienen las limitaciones de tamaño, como los números mensuales de la revista.

*Nuestro agradecimiento a **Manuel Arribas Andrés**, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español, por la creación del nuevo logotipo de la Revista Maya de Geociencias y sus indicaciones para la compaginación de la misma.*

Manuel Arribas Andrés. Fotógrafo de España: <https://www.instagram.com/manuel.arribas.andres/>

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

Es un gran placer informarles que hemos establecido un Canal Youtube de nuestra Revista Maya para la difusión de videos de temas de Ciencias de la Tierra. Ya iniciamos nuestras actividades en: <https://www.youtube.com/channel/UCYJ94EyLj4LqnVbbTXh5vpA>

Estimados colegas,

Te invitamos a que visites la página web de nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras comunidades de geociencias.

<http://www.revistamaya.com/>



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

<https://www.facebook.com/groups/430159417618680>



CONTENIDO

MARZO
2026

Semblanzas.....	12
Obituarios.....	18
Miscelanea de imágenes.....	21
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	26
Los libros recomendados.....	34

Temas de interés

Sostenibilidad en la transición energética. Acciones Individuales:

¿responsabilidad o distracción?

Natalia Silva Cruz.....	38
-------------------------	----

Potential Well Water Contaminants and Their Impacts

Claudio Bartolini.....	40
------------------------	----

La importancia de los informes tecnicos estandarizados en mineria

Mariato Castro Mora.....	45
--------------------------	----

De mis memorias: Moscú, Dushambé y Samarcanda

Manuel Iturralde Vinnet.....	50
------------------------------	----

Geólogos y geofísicos soviéticos en el petróleo (I parte)

Rafael Tenreyro Pérez.....	54
----------------------------	----

El gran Heródoto: historiador, etnógrafo, geógrafo y ¿geólogo?

Jhonny E. Casas.....	65
----------------------	----

Notas Geocientíficas

Una cuestión de tiempo: El problema en la determinación de la longitud
Laura Itzel González León.....89

De mis memorias: Cartografía geológica tradicional
Manuel A. Iturralde Vinent.....93

Fluidos, alteración hidrotermal y yacimientos minerales
Eduardo González Partida, et al.....98

Importancia geoquímica del magnesio y la dolomía en la génesis de hidrocarburos: un enfoque termocatalítico
Luis Ángel Valencia Flores.....103

De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental
Rogelio Ramos Aracen.....105

Análisis integrado de geometría, redes de fracturas y porosidad en intrusivos ígneos aflorantes: implicancias para la interpretación sísmica de este play no convencional en la Cuenca Austral, Argentina
Jesús S. Porras M. & Maximiliano E. Aguera.....109

La poco conocida extinción del Carniano (Triásico Superior)
Jhonny E. Casas.....123

The origin of mexican gulf-american gulf and the third part of the Gulf of Mexico that belongs to Colombia
Edinson D. Alvarez.....128

Misceláneos

Museos de historia natural.....139

GeoLatinas - GeoSeminarios.....140

Venezuelan American Petroleum Association.....141

Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias.....142

Seminario Institucional de geofísica - UNAM.....143

Expo Posgrado - 2026.....145

Instituto Nacional de Geoquímica - INAGEQ.....146

Geóloga de Sernageomin - Fosa de Atacama.....147

Congresos de geología en Latinoamérica.....148

Temas diversos de ciencia.....157

Caverna del Arte.....162

Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....168

La casa de *Homo sapiens*.....169

Bolivia’s Altiplano.....170

Asociaciones geológicas hermanas.....171



Crear, es vivir dos veces.
Albert Camus

Anton Goering: 1836 - 1905

El naturalista Anton Goering en Venezuela

José Antonio Rodríguez A.*

rodriguez.arteaga@gmail.com

Colaborador de la revista

A MANERA DE RESUMEN

De larga y prolija referencia es nuestro biografiado, pionero de las ciencias naturales de Venezuela. Se trata de *Christian Anton Goering o Anton Goering*, como mejor se le conoce este conocido estudioso. Miembro honorario de la *Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas* llegaría a Venezuela con el encargo de recolectar y estudiar animales que integrarían parte de la colección la Sociedad de Zoología de Londres (Benko, 2023) de que dependía económicamente al igual que a otros institutos europeos.

El reconocimiento moderno de Goering en Venezuela se debe principalmente a Eduardo Röhl, quien en el siglo XX reivindicó su figura como explorador y artista de excepcional sensibilidad.

Utilizó sus obras como evidencia para la historia de las ciencias físicas y naturales del país; fomentó la traducción de sus textos para integrarlos al patrimonio cultural venezolano no siendo tan solo “un recolector de muestras”; sino un cronista del ecosistema nacional.

Su legado permitió ya para 1948 realizar comparaciones sobre biodiversidad y geología, consolidándose como una fuente primaria insustituible para las Geociencias en Venezuela. Así lo reconoce Röhl en la introducción de su libro “*Exploradores famosos de la Naturaleza Venezolana*” en forma un tanto pomposa y engolada para gusto de muchos, mas ello no le quita méritos propios.

Sus más recientes biógrafos de cuyos nombres apenas mencionaremos uno, como por ejemplo a Ávila-Núñez (2024), acumularon junto a sus cuadros y acuarelas, una concisa síntesis según las prácticas profesionales que realizó, mas nunca imaginó Goering que su periplo



nacional duraría 8 largos años honrando así el impacto que tuvo su relación con la naturaleza de Venezuela (Benko, 2023).

DE SU VIDA, AVENTURA Y OBRA

Anton Goering nació en Thonhausen, Prusia, el 18 de septiembre de 1836 y fallecerá en Leipzig, actual Alemania, el 7 de diciembre de 1905 a los 69 años de edad. Fue pintor, dibujante, zoólogo y taxidermista; tuvo una sólida formación en pintura, dibujo, ornitología, zoología y taxidermia aprendida ésta a la vera de su padre, aficionado a la misma y “socio” por decirlo de algún modo, de varias sociedades ornitológicas, siendo la de Pleissengrunde, aquella donde el joven Goering conocería al famoso especialista Christian Ludwig Brehm (1787 1864), pastor alemán y ornitólogo (Fig. 1).

A los 17 años entra a trabajar en el Museo Ornitológico de Halle, bajo la dirección de Hermann Burmeister, quien había regresado de su segundo viaje por Sudamérica en 1852.

Sin duda alguna Suramérica era apetecible a los científicos germanos y de allí su proliferación en el seno de nuestro pueblo tal como enumera Blas Bruni-Celli, (1968 (I):15).

A finales de 1856 viaja a Río de Janeiro y Goering sigue a Burmeister a Uruguay y Buenos Aires, donde permanecen hasta el otoño de 1858, cuando regresan a Alemania.



Fig. 1. Christian L. Ludwig Brehm (1787 1864)

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Christian_Ludwig_Brehm

Goering sigue entonces estudios de historia natural y, entre 1860 y 1863, cursos en la Academia de Bellas Artes de Leipzig. Más tarde perfeccionará sus conocimientos de arte en Londres en la escuela de Joseph Wolf (1820-1899) -célebre pintor zoológico londinense y en septiembre del '66, con ayuda del secretario de la Sociedad Zoológica de Londres, P.L. Sclater, parte a Venezuela con el objeto de adquirir especímenes para la colección.

El 5 de agosto de 1867 inaugura las sesiones de la *Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas* con su trabajo “*Excursión a algunas cuevas hasta ahora no exploradas (al sureste de Caripe)*”, etc.” (publicado posteriormente en la revista *Vargasia*) - *Exkursion zu einigen bisher unerforschten Höhlen (südöstlich von Caripe*. Lamentablemente, de los 7 ejemplares publicados apenas se conoce el volumen compuesto por 3 números, enero a marzo de 1868. Aunque no existe un índice detallado y completo de los 7 volúmenes de *Vargasia* de fácil acceso, los registros históricos indican que la revista se centró principalmente en temas de ciencias naturales, botánica, zoología y, en menor medida, geología. El contenido variaba en cada número, pero los temas recurrentes incluían: (1) Botánica: Descripciones de nuevas especies de plantas, análisis de la flora venezolana y estudios sobre la fisiología vegetal; (2) Zoología: Observaciones y clasificaciones de animales, especialmente insectos y aves; (3) Meteorología y Astronomía: Registros de fenómenos climáticos y observaciones astronómicas; (4) Geología y Sismología: cuyo trabajo es de la autoría de Arístides Rojas Spaillet con el registro y análisis de terremotos de 1867 y 1868

(Rojas, A. 1868:39-48) y (5) Mineralogía: Descripciones de minerales y yacimientos encontrados en Venezuela.

En general, la revista era un reflejo del interés de la época por catalogar y entender el entorno natural del país, y sirvió como una plataforma crucial para que la comunidad científica venezolana y sus colaboradores extranjeros compartieran sus investigaciones.

En Caracas coincide con Adolfo Ernst. Y al año siguiente envía sus colecciones de aves a la Sociedad Zoológica de Londres iniciando labores en la revista *Globus*, en la cual publica relatos de algunas de sus expediciones. En Venezuela Goering identificará varias especies de pájaros, - *Brachygalba goeringi* y *Sublegatur glaber*.

Al año siguiente, desde Puerto Cabello sigue hacia Mérida y la cordillera de los Andes por el lago de Maracaibo (Pineda 1997). En la revista de la Practicaria pintura, modelaje y acuarela, haciendo de esta última su *modus vivendi* que con mucha destreza empleó en la ilustración de obras geocientíficas además de sus propias obras artísticas. Con Humboldt a la cabeza en el campo de la investigación científica, recorre América durante el siglo XIX, seguido por otros naturalistas alemanes Y de otras tierras, como, por ejemplo: Alejandro Braun (1805–1877) botánico del Jardín Botánico de Berlín;

Raimond du Bois, 1818-1896) médico y fisiólogo alemán desarrollador de la electrofisiología experimental quién en sus comienzos no tuvo una visión clara en la orientación de sus estudios dedicándose primero a la historia eclesiástica y proseguir con tendencias hacia la la geología para finalmente dedicarse al estudio de la medicina; y el propio Goering, todos miembros honorarios de la *Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas* (Bruni-Celli, 1968:15) actividad distinguida por la institución científica y sus centros de poder con Adolfo Ernst a la cabeza (1832 -1899) durante 12 años en que ejerció su presidencia por razones que se desconocen. Anton Goering recorrerá Venezuela desde 1866 hasta 1874, pintando, dibujando paisajes, recolectando y embalsamando aves para la Sociedad Zoológica de Londres, patrocinante de su viaje, así como para otros museos europeos; aporte que constituye uno de los más completos quehaceres en su género (Fig. 2).

Desde su adolescencia Goering ya formaba parte de una que otra sociedad científica. Primero de la Ornitológica de *Pleissengrunde* y luego, de la Sociedad Zoológica de Halle. El director de esta última sociedad científica, *Hermán-Burmeister*, lo enroló en la tan soñada aventura americana, que desde 1856 hasta 1858, se prolongó a Brasil, Uruguay y Argentina. Lo que significaba la



Fig. 2. Raimond du Bois, fisiólogo y médico alemán (1818 - 1896). Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Emil_du_Bois-Reymond

necesidad de completar su adiestramiento con el estudio, Goering lo señaló en una frase; «...Aprender a mirar con 4 ojos...» y así regresa a Alemania para 1864 cuando forma parte de la Sociedad Zoológica de Londres, como ya hemos dicho siendo su norte el año 1866, cuando en misión científica, parte a Venezuela, donde desembarca en la ciudad de Carúpano el 30 de noviembre del mismo año '66.

Actividad exploratoria "Goeringtiana"

Durante su actividad en situaciones de exploración visitará la ciudad la localidad de Puerto Cabello, los valles de Aragua, los Andes y Caracas en el lapso comprendida entre mayo y junio de 1867. De mucha importancia fue la visita a la localidad de Caripe, actual estado Monagas en la cual ya era conocida la Cueva del Guácharo. De esta visita se desconoce si dejó alguna descripción. Para el 8 de junio de ese mismo año visitó la cueva Chara y la Gran Cueva, situadas al sureste de Caripe. En síntesis, tal como Humboldt explora la misma cueva, así como otras cuevas cercanas, ubicadas en un gran complejo kárstico como son Chara y la Gran Cueva, situadas al sureste de Caripe. En dichas cuevas colecta guácharos, y los prepara para evitar su daño y las envía a Europa. De su estadía en esta región señala que le llama la atención lo profunda religiosidad de sus pobladores, así como la diversidad de objetos domésticos como vasos, platos, cuencos, maracas, adornos y lámparas fabricados con el fruto del árbol de totuma o totumo, *Crescentia cujete*.

Luego parte hacia la zona central del país específicamente hacia La Guaira y posteriormente hacia Puerto Cabello. Posteriormente se desplaza y colecta animales y vestigios precolombinos en las poblaciones de Tucacas, San Esteban, Chichiriviche y Valencia, durante un período de dos años (1868-1869) permanecerá en la región central de Venezuela. Antes de abandonar a Venezuela, en su recorrido por Mérida, Goering, localiza a principios de abril de 1869, una curiosa gruta habitada por guácharos, un puente natural sobre el río Capaz. Durante su estadía Goering realizó una copiosa producción pictórica, a la acuarela en su mayoría, con frecuencia linda con el cromo o, en todo caso, tiene dificultad en superar los límites de un académico que conoce las reglas, aparte de su insistencia en componer con perspectiva aérea. Dibuja una visión parcial del Lago de Valencia *circa* de 1873 ubicada en la Galería de arte Nacional de Caracas en 1873



Fig. 3. Lago de Valencia, hacia 1873

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Anton_Goering#/media/Archivo:Anton_Goering.jpg

En Caracas se asocia a personalidades locales y extranjeras, como por ejemplo *James Mudie Spence* (Fig. 4) quien, a mediados de 1872, promovió en Caracas un salón de artistas. De las regiones que visitó Goering, tuvo particular interés en el estado Carabobo. Realizó varias pinturas y acuarelas de San Esteban, así como varias vistas del mismo lago de sus islotes. En muchas de sus obras se observa la manera de describir plantas y aves. Si bien reprodujo con fidelidad -casi una foto- la variedad de la vegetación existente en las zonas visitadas, no dejó de expresar asimismo la cualidad del paisaje. Su capacidad de observación y manejo virtuoso del dibujo y de la acuarela, dio cuenta de cómo era la geografía venezolana incluyendo asimismo sus accidentes geográficos.

A. Goering presentó en una exposición unas 50 piezas entre acuarelas y dibujos. Todo ese material, con el de los

otros participantes, lo exhibió *James Mudie Spence* (Fig. 4) en Inglaterra y en parte, lo utilizaron grabadores como Paterson para ilustrar el recuento de Spence de sus andanzas por Venezuela *La tierra de Bolívar*, publicado en Londres en 1878. Muchas de las estampas fueron esbozadas por Goering en excursiones al cerro del Ávila y a los alrededores de Caracas. A su regreso a Alemania (1874), Goering se instala en Leipzig.

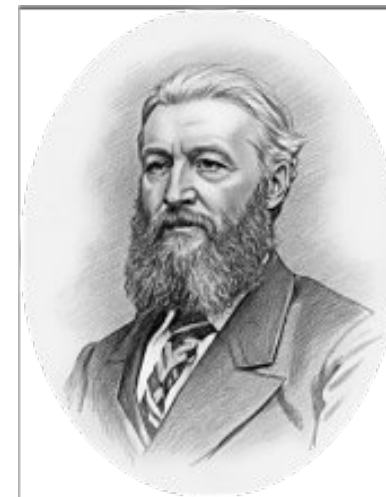


Fig. 4. James Mudie Spence

Fuente: <https://escritosdeunsalvaje.blogspot.com/2011/04/james-mudie-spence.html>

Una breve cronología de su expedición

El naturalista Anton Goering transitó por todo el país encontrándose con un panorama inestable pues continuaban los brotes de insurrección durante los mandatos presidenciales de: Juan Crisóstomo Falcón y José Ruperto Monagas. 4 años más tarde es producida la esperada pacificación gracias a Antonio Guzmán Blanco. (1866): Goering arriba a Venezuela y realiza sus primeras exploraciones por la Cordillera de la Costa; (1867-1872): Realiza extensos viajes por los estados Mérida, Trujillo y en el oriente del país por Caripe; Continuando su travesía hacia la ciudad de Mérida Goering localizó a principios de abril de 1869, una curiosa gruta habitada por guácharos, las mismas aves que había capturado en Caripe del Guácharo y enviado ejemplares a Londres también en esta región llama su atención la existencia de un puente natural sobre el río Capaz; producto de la acción erosionante del viento y el cual constituye un paso natural. De esta región andina realizó una producción pictórica, a la acuarela. Entre los trabajos pictóricos destacan "Mérida, Sierra Nevada" (acuarela) y el dibujo titulado "Preparativos para fiesta de Corpus Christi". Muchas de sus pinturas y dibujos

de paisajes están reproducidos en su libro titulado "*Von Tropische Tieflande zum ewigen Schnee*" que publica en Leipzig (1892-1893). (1868), Goering describe el mismo panorama en los términos siguientes: "*Cuando llegué a la cumbre de la montaña quedé embelesado ante el magnífico espectáculo que ofrecía el Lago de Valencia, con sus grupos de islas, cercado por las azules montañas de Güigüe y Cura, y si se convierte la vista hacia el sureste se ve la dilatada llanura de Montalbán y Nirgua*". De Mérida tiene gratas impresiones primordialmente debido a su clima, al cual describe como primaveral. Es tan grata su impresión sobre Mérida y la define como "La Perla de la Cordillera". (1874), retorna a Alemania cargado de colecciones botánicas, zoológicas y una vasta producción pictórica; En (1893), publicará sus memorias con ilustraciones en la localidad de Leipzig. Trabajaba en ellas la acuarela con versatilidad, sin dejar de registrar con detalle el dato visual que la realidad le ofrecía.

FUENTES CONSULTADAS

- ÁVILA-NÚÑEZ, J. L. 2024. *El naturalista Anton Goering en Mérida (1869) y su influencia en el establecimiento de una red de historia natural en los Andes venezolanos*, Revista Brasileira de História da Ciência, Rev. ARTIGOS. 17(2):571-596. [Documento en línea], (febrero 26, 2026). <https://orcid.org/0000-0001-7552-3197>
- BRUNI.CELLI, B. 1968. Actas de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas (1867-1868), Estudio Introductorio, *Banco Central de Venezuela, Colección histórico-económica venezolana*, 1^{er} período, I: 328, [Documento en línea], (enero 23, 2026) <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/dhv/entradas/g/goering-anton/>
- PINEDA, R. 1997. *Antón Goering*, [Documento en línea], (enero 23, 2026) https://www.academia.edu/127426968/Eduardo_Rohl_Exploradores_famosos_de_la_naturaleza_venezolana
- PISANI PARDI, N. 2011 [Documento en línea], (enero 10, 2026), https://escritos_de_un_salvaje.blogspot.co/2011/04/james-mudie.aapence.html?m=1
- RÖHL, E. (1948) *Exploradores famosos de la naturaleza venezolana*, Comité Ejecutivo – Tercera Conferencia – Interamericana de Agricultura Tipografía El Compás, Caracas-Venezuela, 221pp.
- ROJAS, A, 1868. *Sobre la tempestad seísmica de Las Antillas de 1867 a 1868, con un mapa*, Vargasia, N° 1-3, Boletín de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas, enero, febrero y marzo, 48 pp. [Documento en línea], (febrero 26, 2026), <https://archive.org/details/sobrelatempesta00rojaogooq>
- S/A Christian Ludwig Brehm. [Documento en línea], (enero 10, 2026) https://es.wikipedia.org/wiki/Christian_Ludwig_Brehm

Madeline Böhme



Biography of M. Böhme

- Senckenberg Centre for Human Evolution and Palaeoecology (HEP), Institute for Geoscience, Eberhard Karls University of Tübingen.
- Palaeogene gastropods (2012).
- Madelaine Böhme (born 1967) is a German palaeontologist and professor of palaeoclimatology at the University of Tübingen. Böhme was born in 1967 in Plovdiv, Bulgaria. She studied at the Freiberg University of Mining and Technology and Leipzig University, completing her doctorate there in 1997 and habilitation at LMU Munich in 2003. In 2009 she became professor of terrestrial palaeoclimatology in Tübingen. Work published in 2017 by a team including Böhme established that *Graecopithecus freybergi* fossils found in Greece were 7.2 million years old and the species was hominin. In 2019, Böhme and her team were the first to describe *Danuvius guggenmosi*, an extinct species of great apes with adaptations for bipedalism that lived 11.6 million years ago.

Books and Publications by M. Böhme

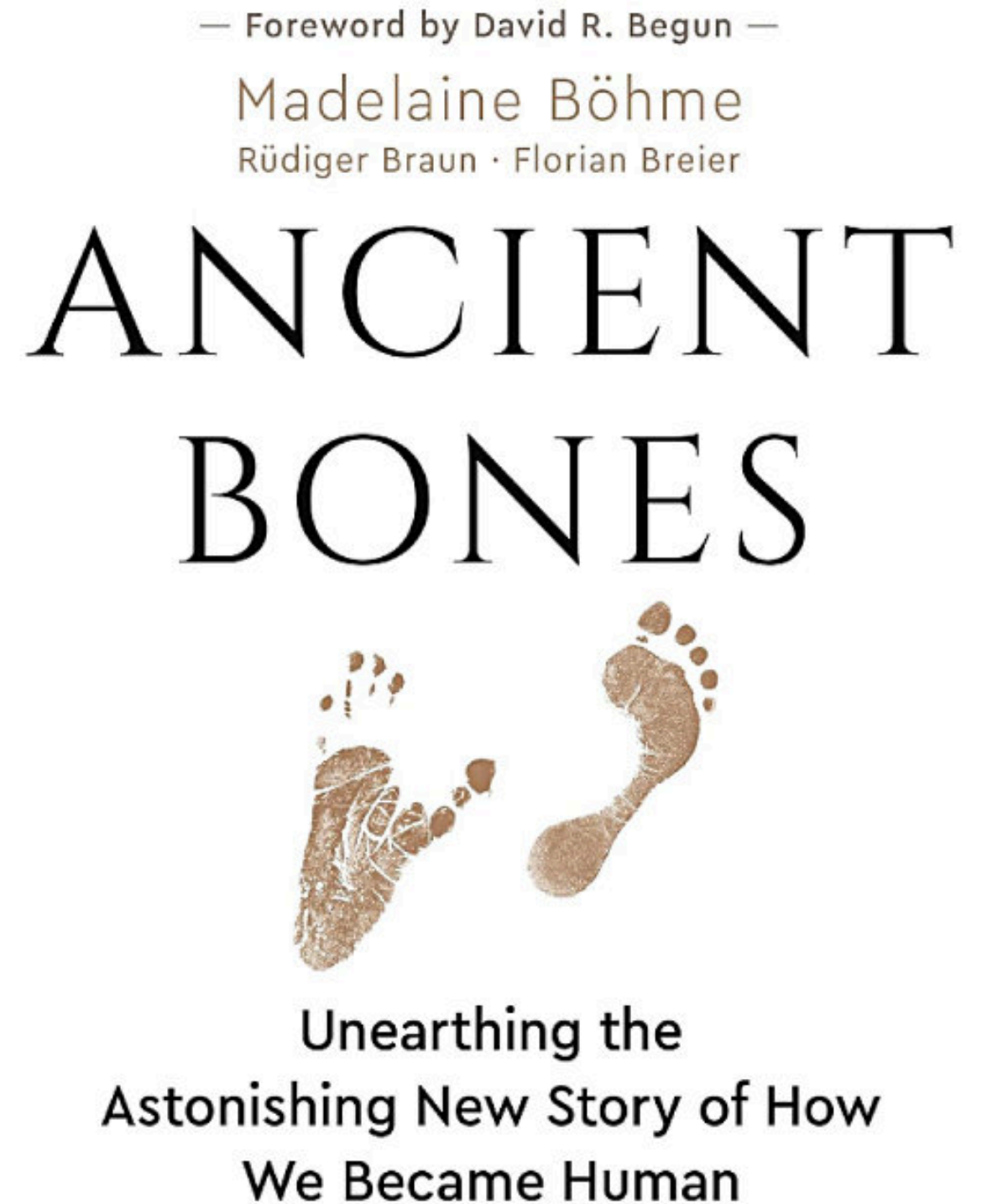
- 2009. Markus Moser, Gertrud E. Rössner, Ursula B Göhlich, Madelaine Böhme & Volker Fahlbusch. The fossil lagerstätte Sandelzhausen (Miocene; southern Germany): History of investigation, geology, fauna, and age. *Paläontologische Zeitschrift* 83(1):7-23.
- 2012. Neubauer, Thomas A., Simon Schneider, Madeline Böhme & Jérôme Prieto. First Records of Freshwater Rissoidan Gastropods from the Palaeogene of Southeast Asia. *Journal of Molluscan Studies* 0:1-8.
- 2017. Katerina Vasileiadou, Madelaine Böme, Thomas A. Neubauer, Georgios L. Georgalis, George E. Syrides, Lambrini Papadopoulou & Nickolas Zouros. Early Miocene gastropod and ectothermic vertebrate remains from the Lesvos Petrified Forest (Greece). *Paläontologische Zeitschrift*.

Described Species by M. Böhme

- *Bacbotricula dongbangensis* Neubaeur, Schneider, Böhme & Prieto, 2012 Cao Bang Basin, Vietnam - upper-most Eocene to Lower Oligocene.
- *Bacbotricula* Neubaeur, Schneider, Böhme & Prieto, 2012 (Pomatiopsidae: Triculinae?) Edit
- *Bacbotricula nhamaygachensis* Neubaeur, Schneider, Böhme & Prieto, 2012 Cao Bang Basin, Vietnam - upper-most Eocene to Lower Oligocene.
- *Cristaria falcatocostata* S. Schneider, M. Böhme & J. Prieto, 2013 Vietnam - Paleogene fossil *Journal of Systematic Paleontology* 11(3/4).
- *Cuneopsis mothanica* S. Schneiuangider, M. Böhme & J. Prieto, 2013 Vietnam - Paleogene fossil *Journal of Systematic Paleontology* 11(3/4).
- *Cuneopsis quangi* S. Schneider, M. Böhme & J. Prieto, 2013 Vietnam - Paleogene fossil *Journal of Systematic Paleontology* 11(3/4).
- *Lamprotula hungi* S. Schneider, M. Böhme & J. Prieto, 2013 Vietnam - Paleogene fossil *Journal of Systematic Paleontology* 11(3/4),
- *Nodularia cunhatia* S. Schneider, M. Böhme & J. Prieto, 2013 Vietnam - Paleogene fossil *Journal of Systematic Paleontology* 11(3/4).

<https://uni-tuebingen.de/en/fakultaeten/mathematisch-naturwissenschaftliche-fakultaet/fachbereiche/geowissenschaften/arbeitsgruppen/geo-und-umweltnaturwissenschaften/geo-und-umweltnaturwissenschaften/terrestrial-palaeoclimatology/workgroup/work-group-boehme/madelaine-boehme/>

<https://utpdistribution.com/9781778400315/ancient-bones/>



Leslie Fermín Molerio León: 1947 – 2026.



El incansable científico Leslie Molerio-León nació en La Habana en 1947. Siendo estudiante de preuniversitario, en 1962, se aficionó a la espeleología, ingresando al Grupo de Exploraciones Científicas (hoy Grupo Espeleológico Pedro A. Borrás).

Desde 1969, comienza su vida profesional en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, donde trabajó durante más de cuarenta años hasta llegar a ser director del Servicio Hidrogeológico Nacional y vice director del Centro de Hidrología y Calidad del Agua.

Geólogo de Yacimientos Minerales e Hidrogeólogo con una larga trayectoria dentro y fuera de Cuba fue precursor y líder de varias especialidades de la espeleología, la hidrogeología del carso y la ingeniería ambiental. Entre estas especialidades que desarrolló se encuentran: la carsología, la hidrología isotópica y la matemática de los procesos hidrogeológicos, esta última, esencial para el pronóstico de la conducta de los acuíferos en el subsuelo. Fundador y líder de la ingeniería ambiental cubana.

A lo largo de su extensa vida profesional estuvo involucrado en medio millar de proyectos en Cuba y otros países como Alemania, Angola, Austria, Bahamas, Barbados, Bulgaria, Checoslovaquia, Guatemala, Granada, México, Panamá, República Dominicana, Rusia, San Vicente y Granadinas y Venezuela. Fue Experto en Acuíferos Cársicos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y en Ecohidrología y Contaminación de Acuíferos de la UNESCO. Desde 2009 Molerio León fue asesor ambiental y especialista en recursos hídricos y obras subterráneas de la empresa Inversiones Gamma.

Muy reconocido por su intensa actividad de divulgación de la ciencia, fue autor de 19 libros, y 360 artículos en revistas especializadas. Como docente fue Profesor Visitante del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Profesor de Hidrología Cársica en la Escuela Nacional de Espeleología de Cuba. En 2007 fue el coordinador del curso “El mundo subterráneo”, un ciclo de 29 programas televisivos, y autor del libro de texto publicado en apoyo a la serie.

Fue miembro de 30 de sociedades científicas cubanas, entre ellas: la Sociedad Espeleológica de Cuba, la Federación Espeleológica de América Latina y El Caribe y la Sociedad Cubana de Geología. Miembro de mérito Academia de Ciencias de Nueva York, se desempeñó como Embajador Global de la Sostenibilidad (UNESCO) desde 2021, la National Speleological Society, National Geographic Society y Miembro Profesional de la Geological Society of América en su División de Hidrogeología del Carso. Miembro de Honor de la Federación Argentina de Espeleología y de la Asociación de Geógrafos de El Salvador. Fue Secretario Ejecutivo de la Comisión Cubana de Hidráulica del Carso y miembro del Comité Nacional Cubano para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO.

Fue receptor de innumerables distinciones y reconocimientos entre ellas: la Orden Carlos J. Finlay, la más alta distinción por aportes científicos que se entrega en Cuba en 2021, el premio internacional ESPELEO 2018, el premio del Consejo Mundial de Investigaciones (WRC) en la especialidad de Hidrogeología e Hidrología y el Premio Jesús Francisco de Albear “A la Obra de la Vida”.

Persona de proverbial modestia, trato afable y perenne jovialidad, falleció el 11 de febrero de 2026 víctima de una repentina enfermedad. Pierde la ciencia cubana a uno de sus más destacados exponentes de las últimas décadas.

Rafael Tenreyro Perez

Por su enorme contribución al conocimiento geológico fue merecedor de importantes premios y reconocimientos, entre los que destacan: Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba (2002), Premio Internacional ESPELEO (2018), Premio Internacional “Científico Destacado” (India, 2019), Premio “Jesús Francisco de Albear y Fránquiz A la Obra de la Vida” (SCG, 2019), Premio Internacional Chiroptera (España, 2022). Además, fue acreedor de la Orden Carlos J Finlay (2021), máximo galardón que le otorgó el Estado cubano por sus notables aportes a la Ciencia.

Más allá de sus extraordinarios méritos profesionales, Leslie siempre estuvo dispuesto a tender una mano al amigo necesitado, fue el colega, pero sobre todo el ser humano pendiente de los demás, listo para brindar la ayuda desinteresada o el consejo requerido, pleno de valores, principios y virtudes que lo distinguían en cualquier circunstancia y lugar, amante esposo y dedicado padre de familia.

Desde la **Sociedad Económica de Amigos del País** llegue a su esposa Anita, compañera de mil batallas profesionales y por la vida, a su familia, amigos, colegas de trabajo, nuestras sinceras condolencias unido al más profundo sentimiento de admiración y respeto por su obra.

Sociedad Económica de Amigos del País

Miscelanea de Imágenes

Marie Curie, científica, primer mujer en ganar el Premio Nobel de Física en 1903.



La Facultad de Ingeniería lamenta
el sensible fallecimiento de la

**Ing. Celina
González Jiménez**

acaecido el cinco de febrero de 2026.

Destacada egresada de esta entidad, reconocida empresaria y muy querida presidenta del Consejo Directivo de la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería (SEFI), quien hizo historia al convertirse en la primera mujer en ocupar dicho cargo honorario.

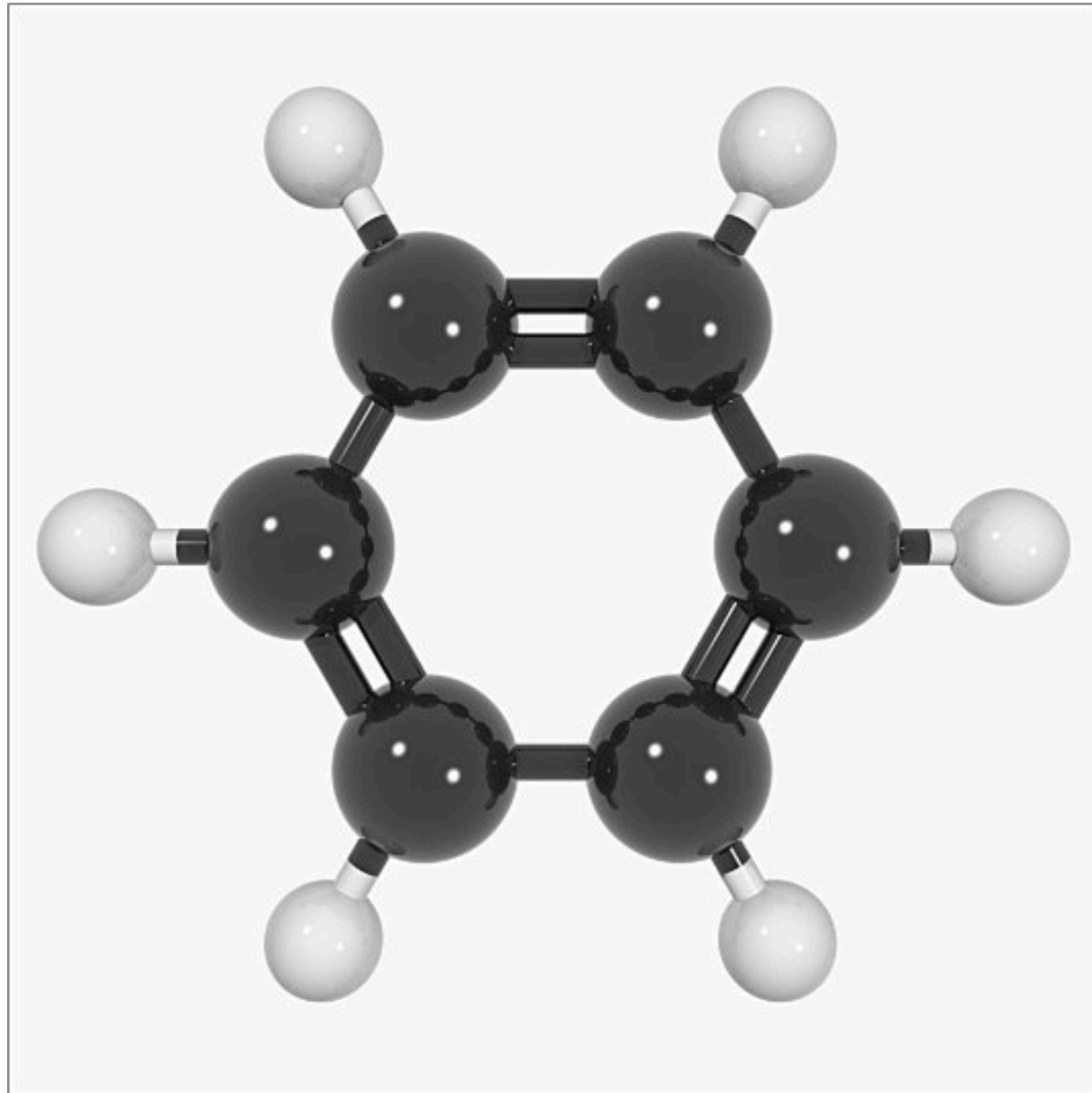
Su trayectoria se distinguió por un compromiso ejemplar con la comunidad universitaria y con su gremio, así como por una vocación de servicio que la consolidó como referente y modelo para generaciones presentes y futuras de ingenieras e ingenieros.

La comunidad de la Facultad de Ingeniería lamenta profundamente esta irreparable pérdida y expresa su solidaridad y acompañamiento a sus familiares y seres queridos ante tan doloroso acontecimiento.



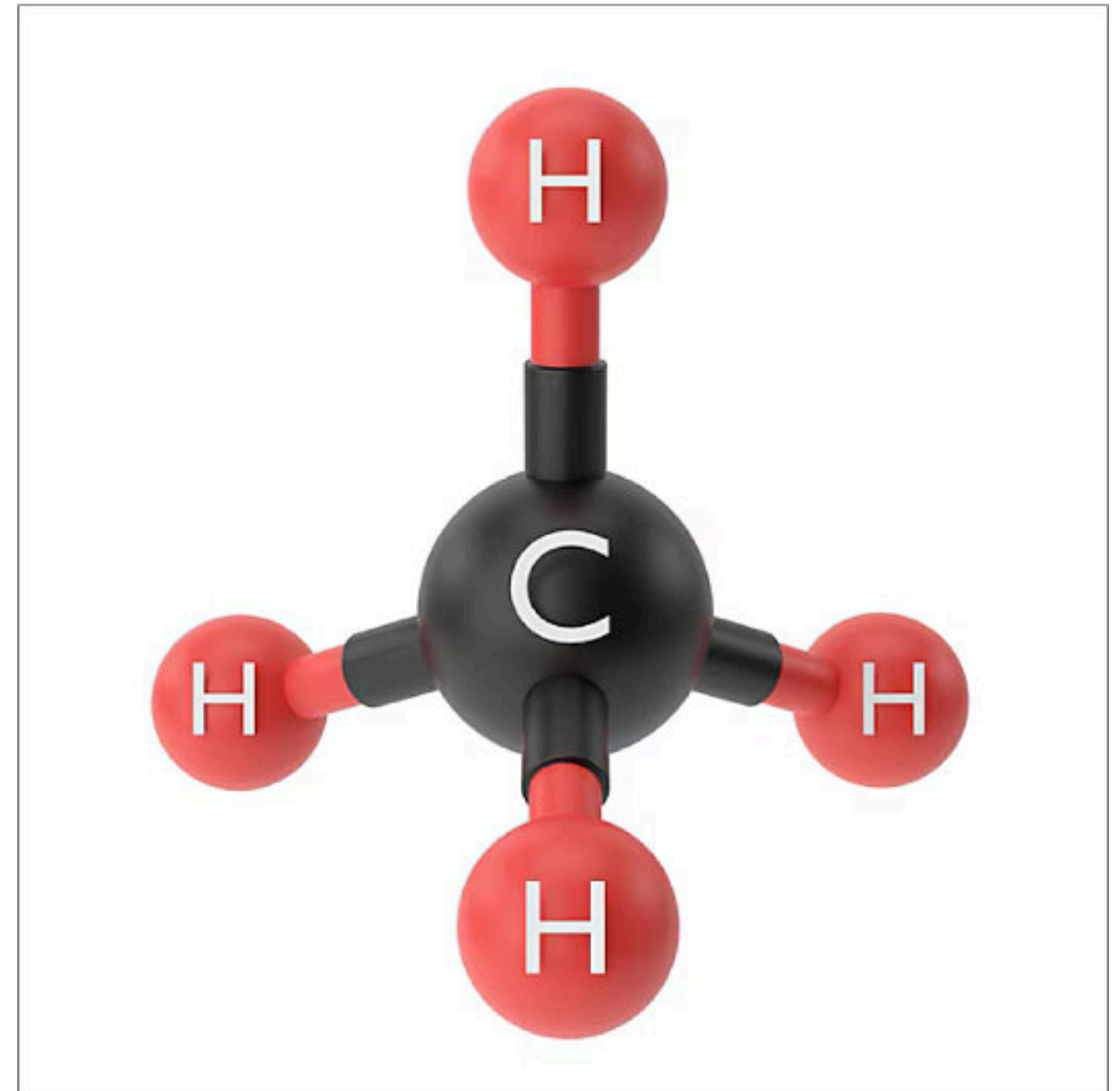
<https://x.com/fundaciondravet/status/1458467082694242308?lang=gu>

Estructura de la molécula del Benceno (C_6H_6), modelo 3d.



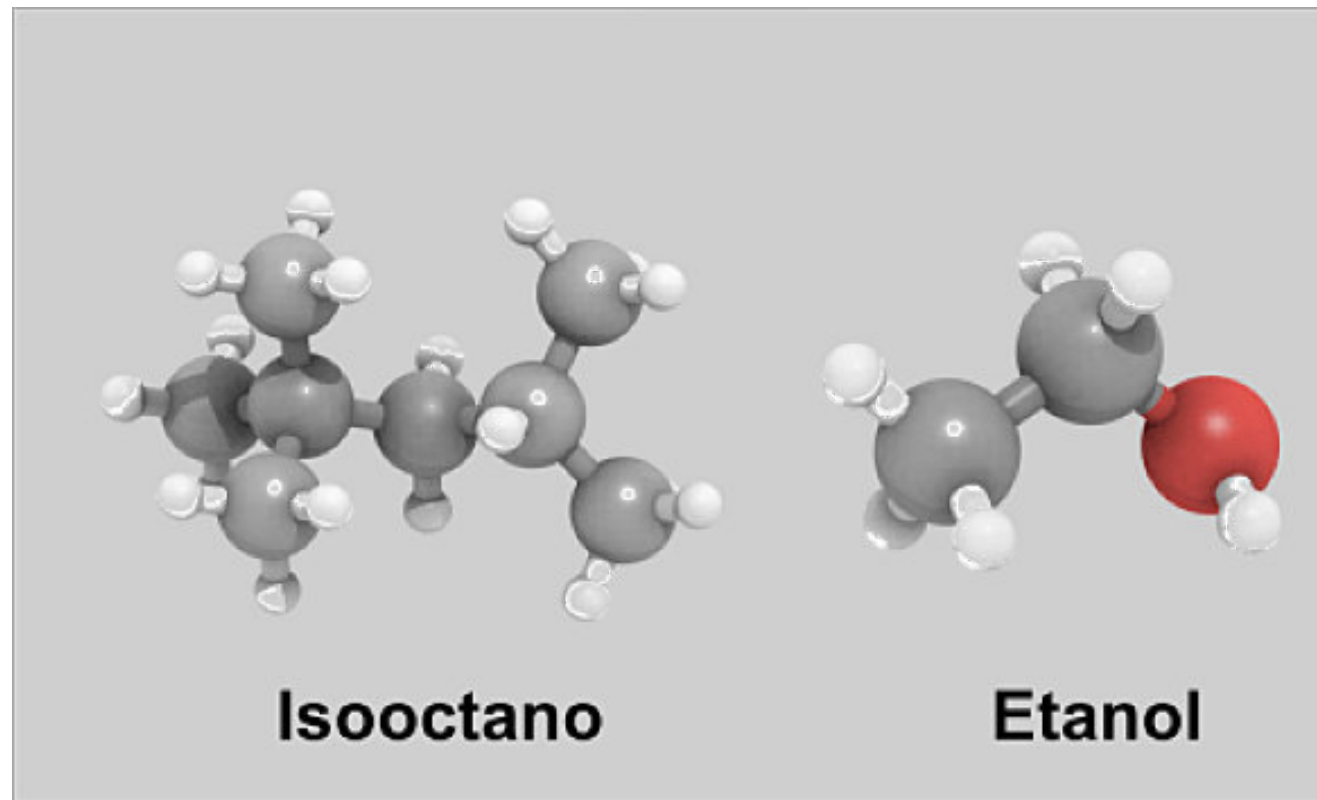
<https://free3d.com/es/modelo-3d/benzene-c6h6-molecule-structure-8448.html>

Estructura de la molécula del Metano (CH_4), modelo 3d.



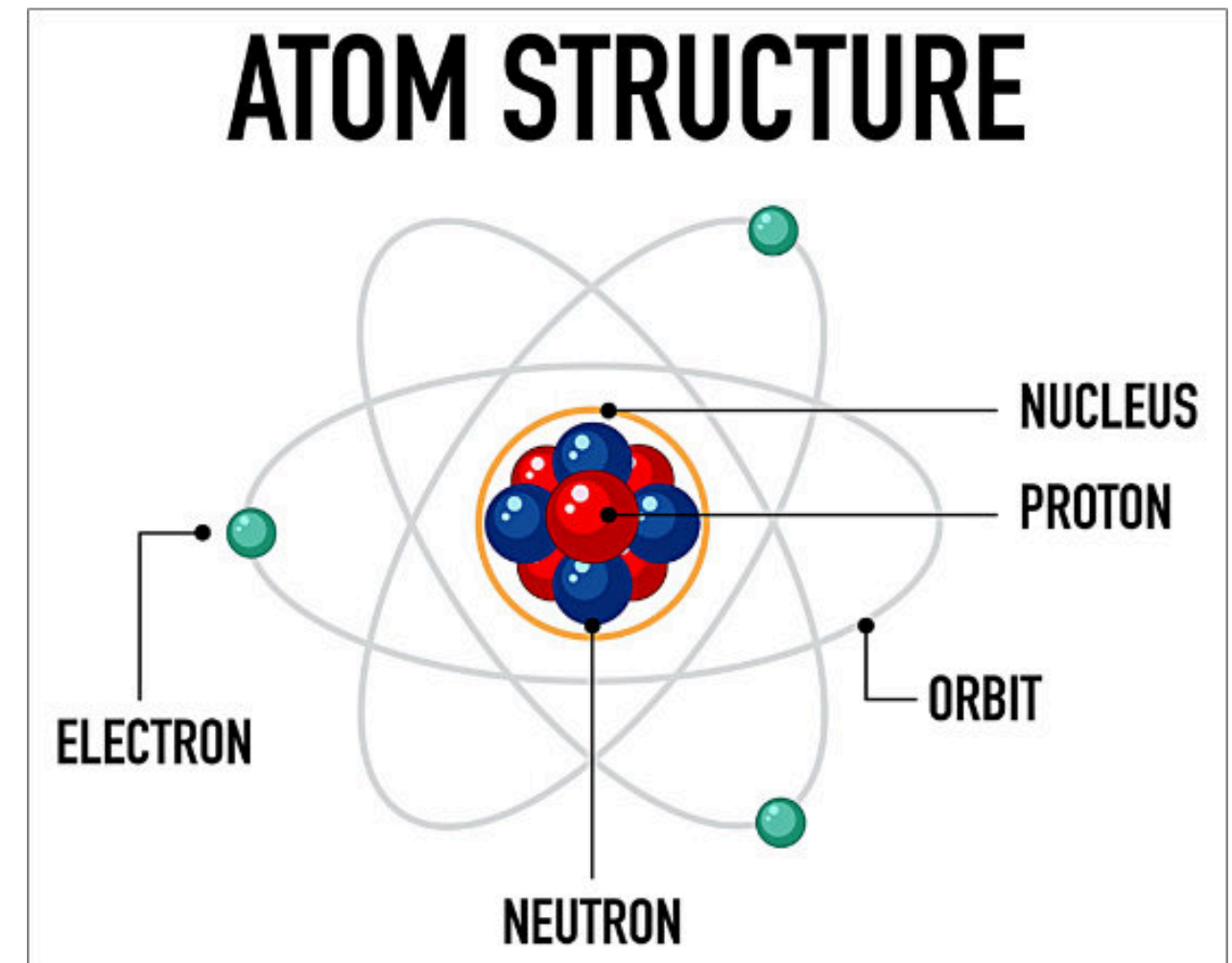
https://www.freepik.es/fotos-premium/ch4-metano-formula-quimica-estructura-quimica-3d-ilustracion-3d_42412237.htm

Estructuras de la moléculas del Isooctano (C₈H₁₈) del Etanol (C₂H₆O), modelo 3d.



<https://isqch.wordpress.com/2012/09/07/biocombustible-moles-y-pensamiento-cientifico/>

Estructura del Átomo



https://www.freepik.es/vector-gratis/diagrama-estructura-atomo_25592671.htm#fromView=search&page=1&position=10&uuid=0f265f2b-0d32-47e0-b76e-0fe9e379a8c0&query=atomo+de+borhn

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Anahi González Salas.

Análisis de un Deslizamiento de Terreno en Tijuana: Aplicación de InSAR, Ruido Sísmico y Geología.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2026.

Sustentante: **Anahi González Salas.**

Director de Tesis: *M.C. Luis Humberto Mendoza Garcilazo.*

Resumen.

En la ciudad de Tijuana se han documentado deslizamientos de tierra desde 1991. Los factores de ocurrencia son naturales y antropogénicos. En este estudio se caracterizan los factores geológicos y propiedades físicas del subsuelo, así como los desplazamientos del terreno asociados al deslizamiento del 13 de Julio de 2018 en la Colonia Reforma, de Tijuana. Para ello, se realizó la integración del reconocimiento geológico, el análisis de Imágenes de Radar de Apertura Sintética (InSAR) y las mediciones de ruido sísmico, con la finalidad de generar información que apoye la evaluación de posibles estrategias de mitigación y prevención en la zona. El reconocimiento de campo permitió conocer que la ladera está formada por secuencias estratificadas de arenas poco consolidadas, intercaladas con limos laminados y capas de arcilla, segmentadas por un sistema de fallas geológicas que genera desplazamientos entre capas de 1.8 a 4.5 m. Para el análisis InSAR se procesaron 341 imágenes para obtener 1017 interferogramas de la trayectoria descendente del satélite Sentinel-1, correspondientes al periodo enero 2016– mayo 2025, obteniendo un mapa de velocidad de desplazamiento en la línea de vista del satélite con resolución de 30×30 m y las series de tiempo asociadas, evidenciando persistencia de la inestabilidad del talud, con movimiento heterogéneo por bloques, hundimientos progresivos de hasta 7 cm en la base y un patrón diferencial de hundimiento/levantamiento en la cabecera, reflejando una compleja redistribución del terreno posterior al deslizamiento de 2018. Los perfiles de velocidad Vs, obtenidos por inversión de curvas H/V en 30 puntos distribuidos en la zona de estudio, evidencian contrastes de rigidez del subsuelo, con materiales más blandos y de mayor espesor en las zonas de mayor desplazamiento sobre unidades más rígidas en profundidad. En conjunto, los resultados muestran que la inestabilidad del talud se debe a condiciones geológicas preexistentes, infiltración de agua y cargas antrópicas, y que el deslizamiento sigue activo.



Figura 1.1. Mapa de susceptibilidad por inestabilidad de laderas en Tijuana, Baja California. En el recuadro rojo se muestra un acercamiento a la zona de estudio. Fuente: CENAPRED, elaborado a partir del Atlas de Riesgos de Tijuana 2014 (Ayuntamiento de Tijuana y CICESE, 2014).



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com

Alternativas para recuperación de metales preciosos en la minería artesanal y en pequeña escala (MAPE).

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis que para obtener el título de Ingeniero de Minas y Metalurgista. 2025.

Sustentante: **Ballesteros Urbina Jordi Esteban.**

Director de Tesis: Dr. Dandy Calla Choque.

Resumen

Históricamente la recuperación de oro en la minería artesanal usa mercurio, debido a la simplicidad del proceso de amalgamación, no obstante, este método presenta una baja eficiencia debido a que permite una recuperación que oscila del 30% al 60% (PNUMA, 2012). Además, el mercurio representa varios impactos negativos al ambiente y riesgos a la salud pública.

Actualmente, se han desarrollado alternativas más eficientes con un mayor control operacional y ambiental como la lixiviación con cianuro y tiourea. El cianuro es ampliamente utilizado por su eficacia, bajo costo y capacidad para recuperar oro y plata simultáneamente, sin embargo, su uso puede verse afectado por la presencia de minerales refractarios, arcillas, y otros, lo cual puede ocasionar un alto consumo de cianuro y el efecto preg-robbing que evita una recuperación del oro y la plata presente en el mineral.

Por su parte la tiourea ha ganado interés como una alternativa menos tóxica al cianuro, aunque su costo es más elevado y requiere más condiciones operacionales que requieren un mayor control del pH y del potencial, esta alternativa puede lograr recuperaciones más altas de oro en un menor tiempo para ciertos minerales refractarios.

La Camichina es una operación artesanal ubicada en el municipio de San Ignacio, Sinaloa, que emplea la amalgamación para recuperar oro, en este sitio, el contenido metálico del mineral se estima empíricamente, debido a que no se cuentan con estudios de caracterización mineralógica y química, lo que limita el aprovechamiento de otros metales presentes, como la plata, y restringe el proceso de beneficio a la recuperación de oro. En este trabajo se propone una alternativa al uso del mercurio, por lo que se inicia con la caracterización mineralógica y química del mineral, lo que permite conocer metales de interés económico y otros minerales que pueden ser perjudiciales durante la lixiviación, ya sea con el uso de cianuro o tiourea como agentes lixiviantes.

Finalmente, para el proceso de cianuración en columnas se tiene una baja recuperación de oro (37%) debido a la presencia de minerales refractarios como las arcillas, este mismo comportamiento se muestra en la lixiviación por agitación con una recuperación máxima del 71% en 48 horas. En contra para la lixiviación con tiourea permite una recuperación del 79% para el oro y para la plata en 8 horas mostrando un alta estabilidad del oro y plata en solución, por lo que la implementación del uso de la tiourea permite la transición del uso de mercurio a un método más eficiente y seguro, por lo tanto, representa una oportunidad para mejorar la recuperación del oro y la plata, así como reducir los impactos ambientales y a la salud de los trabajadores presentes en la minería artesanal.



Figura 1.1. Ubicación de mina La Camichina..

Ajuste de datos por interpolación bivariada de Akima para fluidos de yacimientos petroleros.

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis que para obtener el título de Actuario. 2018.

Sustentante: **Isaí López Servin.**

Director de Tesis: M. en C. César Carreón Otañez.

Resumen

La interpolación consiste en estimar valores desconocidos en una región a partir de datos iniciales. Se tienen dos escenarios para el planteamiento del problema: cuando los datos provienen de una función desconocida y que se aproxima por una nueva función o cuando son una lista de puntos y se requiere información que no se tiene.

En ambos casos los métodos de interpolación usan funciones polinomiales para aproximar a la función desconocida o crear una para los datos que se buscan.

En los yacimientos petroleros existen distintos tipos de fluidos que surgen como resultado del proceso de extracción, para la obtención de hidrocarburos necesarios principalmente para combustible y materia prima para plásticos. Los fluidos dentro del yacimiento están sujetos a una presión y temperatura con propiedades específicas a cada componente.

Dentro del proceso de extracción las condiciones iniciales se ven modificadas, con lo que sus propiedades varían debido al cambio de presión y temperatura. Los datos se conforman de una muestra discreta y para cada tipo de mezcla son usados en otra clase de procesos. Debido a ello se requiere información con la que no se cuenta, es ahí, donde nace la necesidad de interpolar, de proponer valores que regiones desconocidas.

Los métodos presentados en la tesis son una revisión de los métodos clásicos unidimensionales (Newton, Lagrange, Hermite, Spline Cubico y Hermite Cubico), con los cuales se propuso una metodología para usarlos en el caso de datos bivariados, además de incluir otro que por sí solo está pensando para funciones de dos variables desarrollado por Akima [4].

Finalmente, son programados en una interfaz gráfica en el software numérico Matlab para realizar un análisis de los datos. Proponer un método con base en su rapidez y forma en que conserva la estructura de los datos originales.

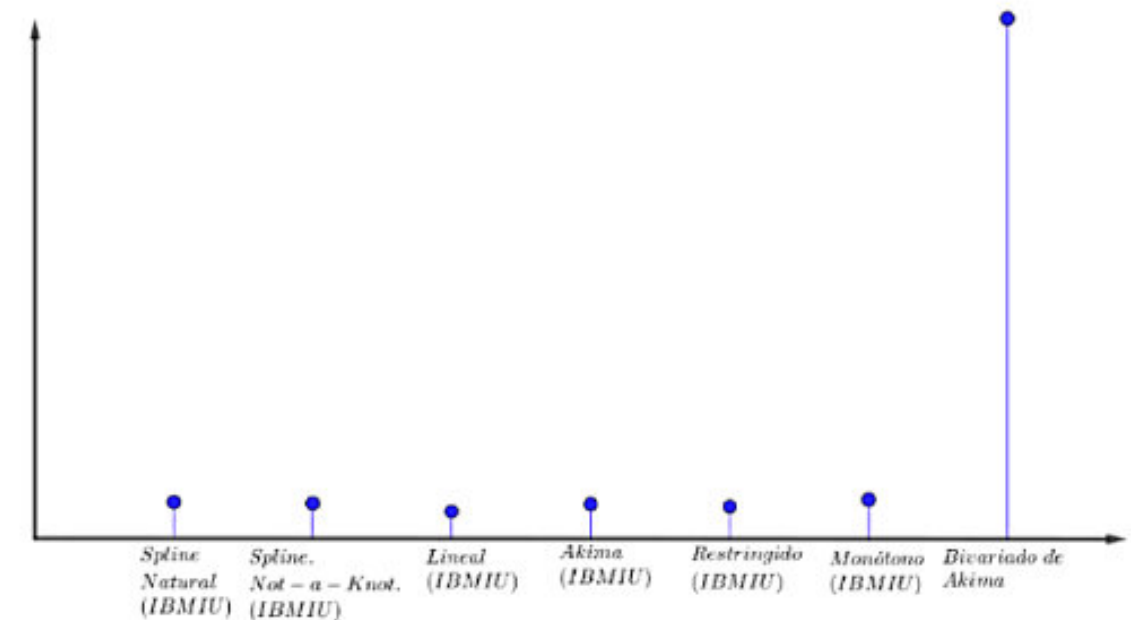


Figura 1.1. Grafica de tiempos en segundos de los interpolantes.

A PARTIAL ICHTHYOSAUR (?OPHTHALMOSAURIDAE) SKELETON FROM THE TITHONIAN (UPPER JURASSIC) OF WESTERN CUBA

MANUEL ITURRALDE-VINENT, ¹ LISANDRO CAMPOS, ^{2,3} ANDRZEJ PSZCZÓŁKOWSKI, ⁴ YASMANI CEBALLOS-IZQUIERDO, ⁵ and LÁZARO W. VIÑOLA-LOPEZ ^{6*}; Academia de Ciencias de Cuba, and Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados, La Habana, Cuba; ²División Paleontología Vertebrados, Unidades de Investigación Anexo Museo, Facultad de Ciencias, Naturales y Museo, UNLP, Av. 60y 122, B1900, La Plata, Argentina; ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina; ⁴Geological Institute, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland; ⁵calle 40, #2702e/27y 29, Madruga, Mayabeque, Cuba; ⁶Negaunee Integrative Research Center, Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois, U.S.A., lwv194@gmail.com.

ABSTRACT—Here we report the discovery of the first partially articulated ichthyosaur skeleton from the insular Caribbean. The specimen is embedded in a limestone slab that is exposed in the ceiling of a fluvial cave in El Cuajani, within the Viñales Geopark and National Park in western Cuba. The study of the microfossil assemblages from the fossil-bearing slab indicates that the section where the specimen is embedded belongs to the Upper Tithonian El Americano Member of the Guasasa Formation. The exposed segment of the skeleton includes the U-shaped curved vertebral column with associated ribs, isolated vertebrae, and a single hindlimb. The hindlimb morphology is comparable to that of Tithonian platypterygine ophthalmosaurids, resembling *Caypullisaurus bonapartei* and *Aegirosaurus leptospondylus*. This fossil represents the most complete ichthyosaur recovered from Cuba to date and extends the temporal record of ichthyosaurs on the island, which previously only included specimens from the Oxfordian.

SUPPLEMENTAL DATA—Supplemental materials are available for this article for free at www.tandfonline.com/UJVP.

Citation for this article: Iturralde-Vinent, M., Campos, L., Pszczółkowski, A., Ceballos-Izquierdo, Y., & Viñola-Lopez, L. W. (2026) A partial ichthyosaur (?Ophthalmosauridae) skeleton from the Tithonian (Upper Jurassic) of western Cuba. *Journal of Vertebrate Paleontology*. <https://doi.org/10.1080/02724634.2025.2609717>

Submitted: July 7, 2025
Revisions received: November 29, 2025
Accepted: December 15, 2025

INTRODUCTION

The fossil record of Mesozoic reptiles in Cuba comprises a moderately diverse assemblage of taxa recovered from Upper Jurassic and Upper Cretaceous deposits, including marine and terrestrial taxa (Gasparini & Iturralde-Vinent, 2006; Iturralde-Vinent & Ceballos-Izquierdo, 2015; Viñola-López et al., 2022a, b) (Fig. 1). Most of these fossils come from the Jurassic Oxfordian and Tithonian stratigraphic sections in the Pinar del Río Province in western Cuba, in localities of the Sierra de los Órganos and Sierra del Rosario (Gasparini & Iturralde-Vinent, 2006; Iturralde-Vinent & Ceballos-Izquierdo, 2015; Iturralde-Vinent & Norell, 1996). Among these units, the Oxfordian Jagua Formation has been the most productive, having yielded hundreds of calcareous concretions containing fossils of plants, invertebrates, and vertebrates. The reptile assemblage documented in the Jagua Formation includes two rhamphorhynchid pterosaurs (*Nesodactylus hesperius* and *Cacibupteryx caribensis*), a cryptoclidid plesiosaur (*Vinialesaurus caroli*), a medium-sized pliosaur (*Gallardosaurus iturraldei*), indeterminate rhacheosaurin crocodilians, a pleurodiran turtle (*Caribemys oxfordiensis*), several ichthyosaurian elements including a skull fragment

of an ophthalmosaurid and the holotype of 'Ichthyosaurus' *torrei*, and a basal somphospondylan sauropod bone (Apesteguía et al., 2021; Ceballos-Izquierdo et al., 2025; Fernández & Iturralde-Vinent, 2000; Gasparini & Iturralde-Vinent, 2006; Iturralde-Vinent & Ceballos-Izquierdo, 2015). This diversity contrasts sharply with the record of marine reptiles from the Tithonian Artemisa and Guasasa formations, which so far has yielded only fragmentary remains of plesiosaurs as well as other indeterminate remains of reptiles (Furrazola-Bermúdez et al., 1964; Gasparini & Iturralde-Vinent, 2006; Iturralde-Vinent & Norell, 1996).

Here, we report the discovery of an ichthyosaur partial skeleton preserved in a slab on the ceiling of a cave that opens on limestone of the Tithonian El Americano Member of the Guasasa Formation, in Pinar del Río Province, western Cuba (Iturralde-Vinent et al., 2024). The specimen represents the most complete marine reptile skeleton recovered from Cuba to date, and the first ichthyosaur recovered from Tithonian sediments on the island, thereby expanding our knowledge of the marine reptiles diversity during the Tithonian in western Tethys.

MATERIAL AND METHODS

The specimen is preserved in the rock slab that forms the ceiling of the fluvial cave now known as "Cueva del Ichthyosaurus," at approximately 60 meters from its entrance. The ichthyosaur skeleton was discovered by R. Dopico and A. Sweet in 2023,

COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DETECCIÓN DEL SARGAZO EN EL CARIBE MEXICANO, A PARTIR DE IMÁGENES SAR Y ÓPTICAS (2021-2023).

Universidad Nacional Autónoma de México.

REPORTE DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE: LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA TIERRA. 2025.

Sustentante: **Paula Karina Díaz Hernández.**

Director de Tesis: *M. en C. Gabriela Gómez Rodríguez.*

Resumen

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue explorar la capacidad de detección del sargazo en las costas mexicanas del Caribe, mediante el uso de imágenes satelitales SAR (Sentinel-1) y ópticas (Sentinel-2 y PlanetScope), durante el periodo 2021–2023. Esto incluyó la identificación y comparación de las características visuales y espectrales que presenta el sargazo, ponderando las ventajas y desventajas asociadas al uso de estos sensores. Para ello, se delimitó el área de estudio en relación a las ocho teselas de la cuadrícula Sentinel-2 que cubren el mar Caribe dentro del territorio nacional. Posteriormente, se revisaron fechas y se seleccionaron imágenes que fueron procesadas; y en el caso de Sentinel-1, se diseñó una cadena de procesamiento propia para la detección de esta macroalga. De esta manera, se logró identificar manchones, a través de una correlación espacial entre sensores, lo que evidenció características similares entre las balsas de sargazo con respecto a las distintas imágenes, como lo es su forma de filamentos, gotas y salpicaduras, al igual que su textura y comportamiento espectral. Al comparar la capacidad de detección de las imágenes satelitales SAR y ópticas, se determinó que no solo depende de los factores relacionados con el sensor, sino también de las condiciones ambientales, así como de la estructura del sargazo y disponibilidad de las bases de datos. Por tanto, se concluye que, para enfrentar esta problemática, se requiere combinar el uso de imágenes SAR y ópticas para aprovechar las fortalezas que aporta cada sensor, minimizando sus limitaciones para la mejora del monitoreo del sargazo.

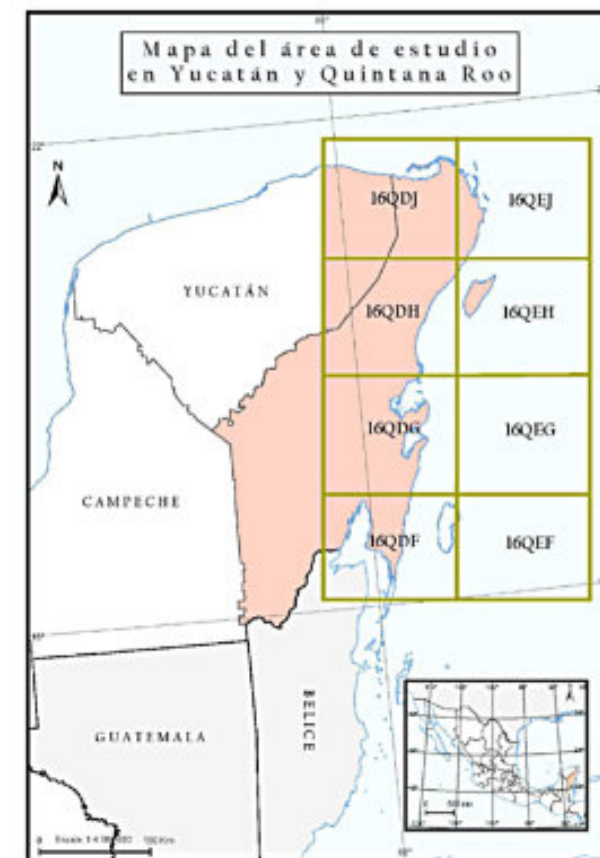
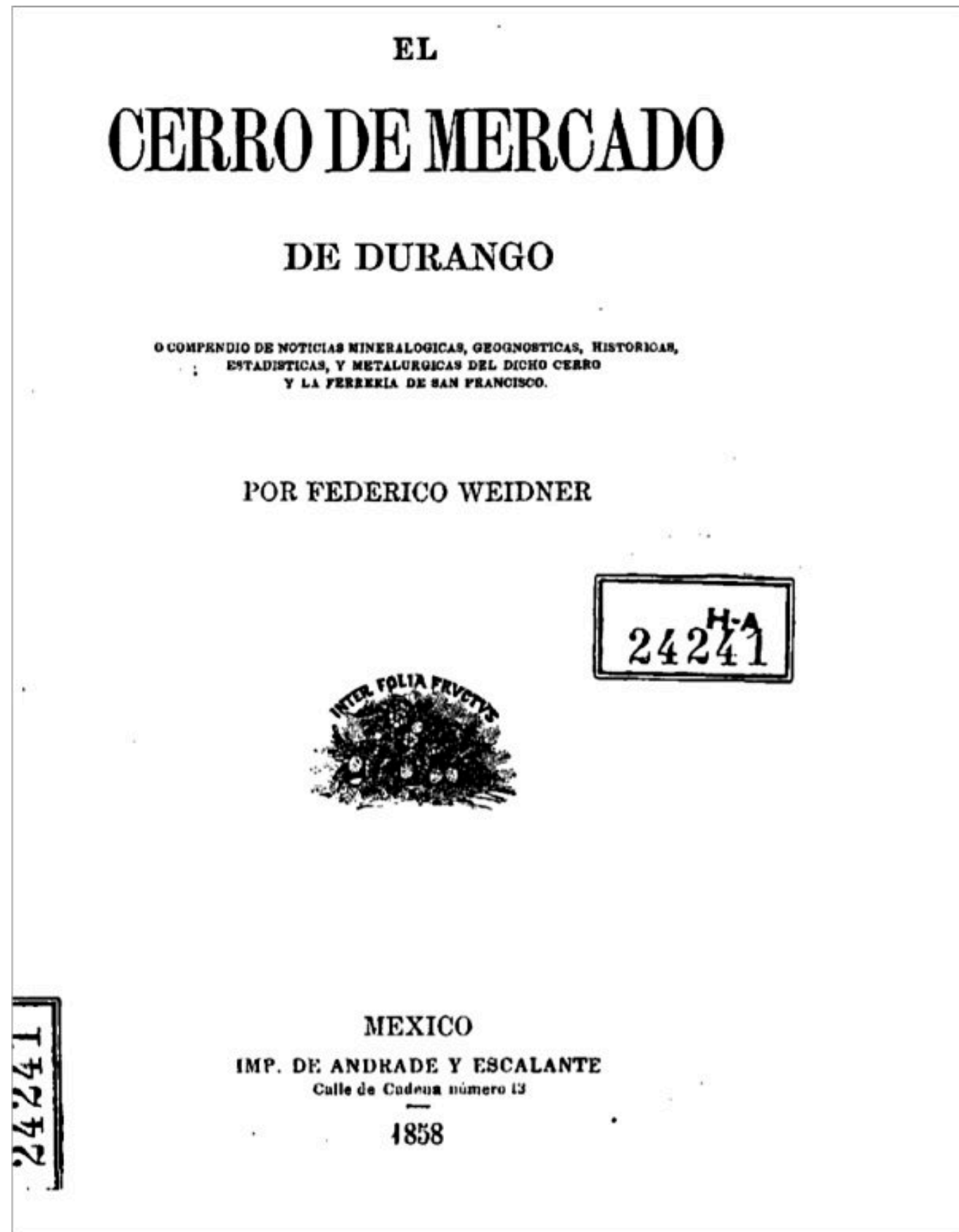


Figura 1.1. Mapa del área de estudio en Yucatán y Quintana Roo para la detección de sargazo en el Caribe mexicano, donde se destaca en color verde, las ocho teselas de la cuadrícula Sentinel-2 (Fuente: Elaboración propia).

*Corresponding author. Published online 06 Feb 2026

Color versions of one or more of the figures in the article can be found online at www.tandfonline.com/UJVP.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2026/02/Cerro-de-Mercado-Mexico-1858.pdf>



Cronoestratigrafía de dinoflagelados tropicales durante el Neógeno.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2024.

Sustentante: **Francy Milena Carvajal Landinez.**

Director de Tesis: Dr. Javier Helenes Escamilla.

Resumen

El avance del conocimiento en bioestratigrafía en áreas tropicales durante el Neógeno puede potenciarse mediante el estudio de los quistes de dinoflagelados y sus bioeventos. Tradicionalmente se han utilizado métodos cualitativos para su estudio. Sin embargo, para obtener datos más consistentes sobre este tema, en este trabajo utilizamos un análisis cuantitativo y probabilístico sobre una base de datos palinológicos del sur del Golfo de México, para identificar eventos de quistes de dinoflagelados durante el Neógeno. Analizamos datos de seis pozos, incluidas 1,005 muestras de núcleos y recortes de perforación, marcando un cambio con respecto a los métodos de análisis cualitativos convencionales. Con este enfoque cuantitativo a través del programa RASC, obtuvimos la Secuencia Óptima de Clasificación (Ranking Optimum Sequence: ROS) y la comparamos con diez bases de datos publicadas en sitios tropicales durante el Neógeno. La secuencia óptima identificó once especies de dinoflagelados como marcadores de edad, incluyendo *Impagidinium patulum*, *Lejeunecysta hyalina*, *Spiniferites bulloideus*, *Homotryblum floripes*, *Nematosphaeropsis balcombiana*, *Selenopemphix brevispinosa*, *Spiniferites pseudofurcatus*, *Cyclopsiella elliptica*, *Lejeunecysta cinctoria*, *Palaeocystodinium golzowense* y *Cordosphaeridium cantharellus*. Con base en estos resultados, proponemos la secuencia de bioeventos de quistes de dinoflagelados más probable y sugerimos tres conjuntos "Cantharellus" (Oligoceno a Mioceno temprano), "Hyalina" (Mioceno) y "Patulum" (Mioceno medio a Pleistoceno). Estos conjuntos pueden facilitar la identificación de la mayoría de los pisos estratigráficos durante el Neógeno en áreas tropicales. La comparación con las bases de datos muestra que el Golfo de México y los sitios tropicales comparten el 60 % de las especies, lo que permite calibrar la edad de la secuencia óptima y permite inferir una posible afinidad provincial. Además, encontramos un dominio de quistes de dinoflagelados autótrofos durante el Neógeno en océanos tropicales. Esta tendencia refleja la abundancia actual de quistes gonyaulacoides en áreas tropicales y subtropicales, que ha persistido desde la era Jurásica.

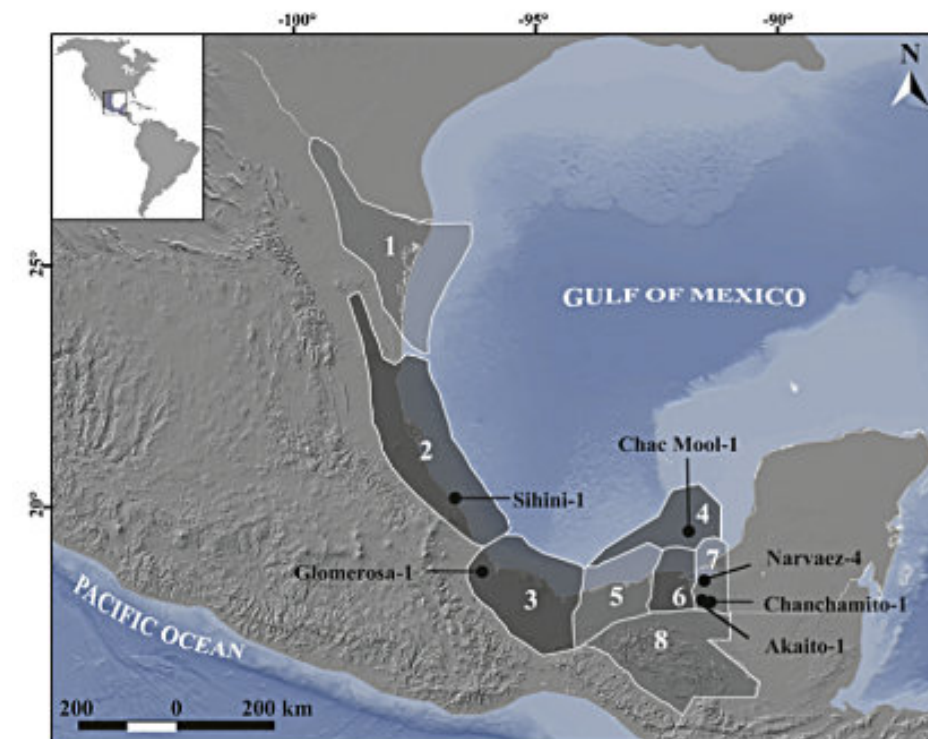
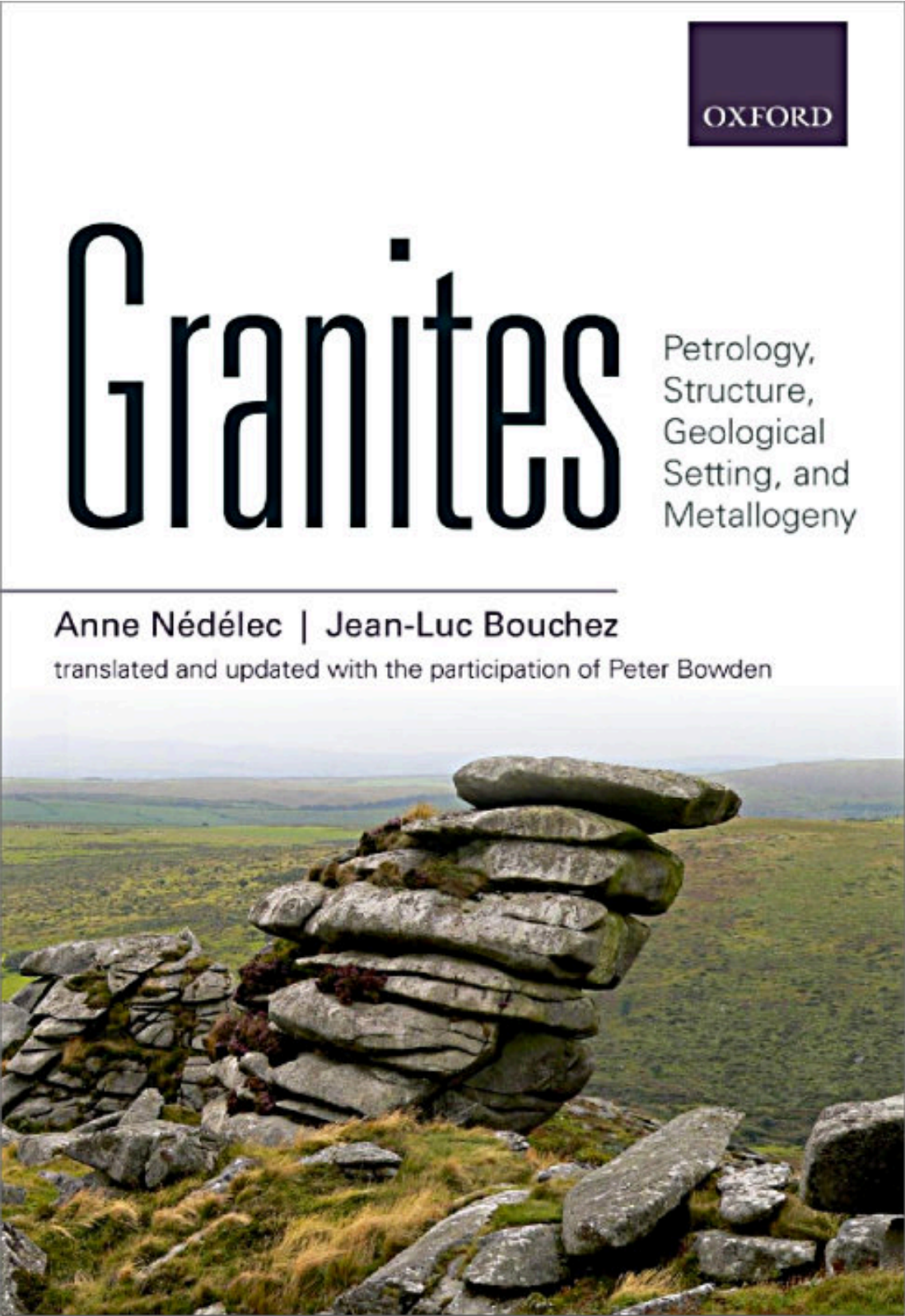


Figura 1.1. Cuencas cenozoicas en el Golfo de México y pozos seleccionados para este estudio: 1. Burgos 2. Tampico-Misantla (Sihini-1) 3. Veracruz (Glomerosa-1) 4. Plataforma Campeche (Chac Mool-1) 5. Salina del Istmo 6. Chiapas-Tabasco 7. Macuspana (Narvaez-4, Chanchamito-1, Akaito-1), 8. Sierra de Chiapas.

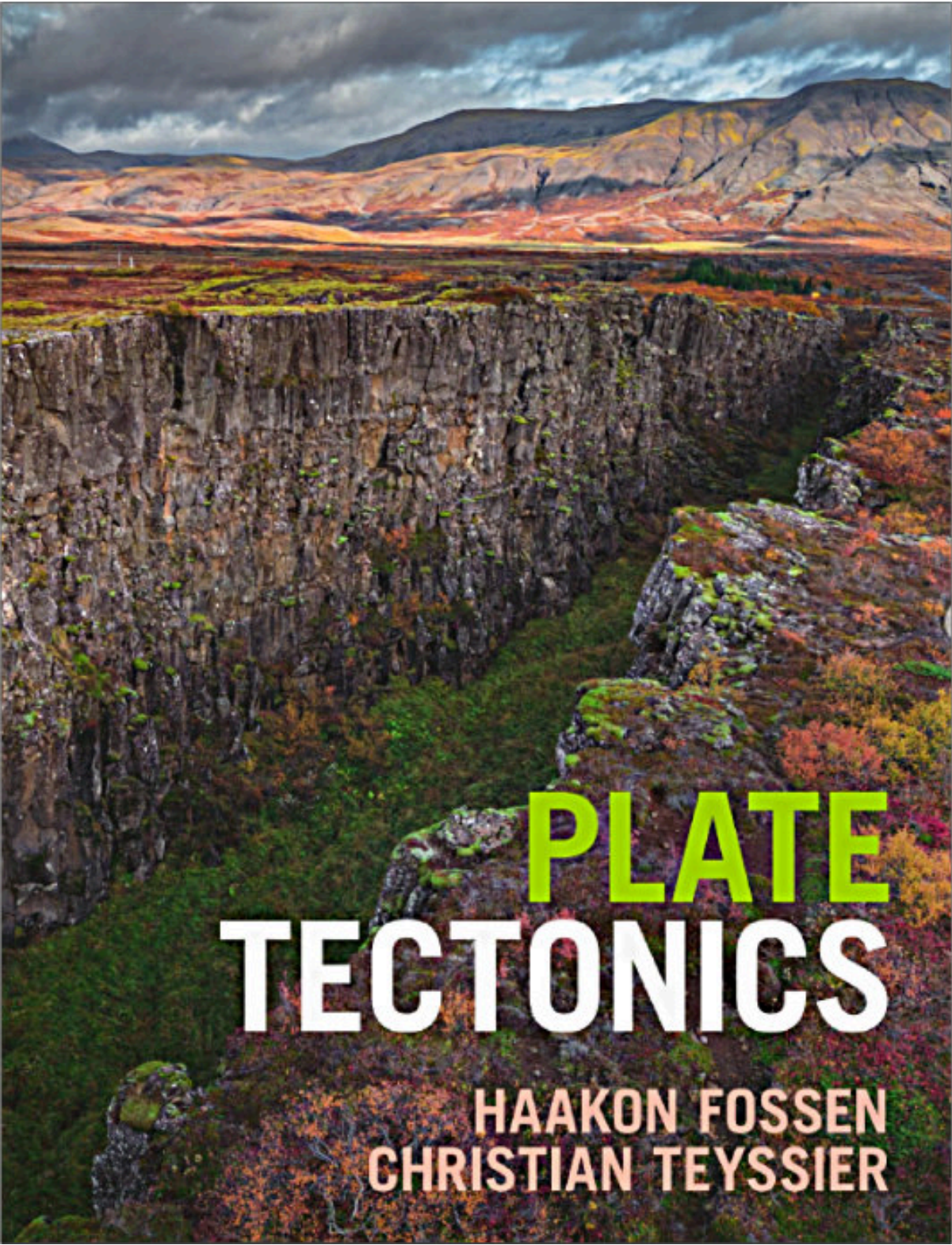
LIBRO RECOMENDADO

<https://global.oup.com/academic/product/granites-9780198705611?cc=mx&lang=en#>



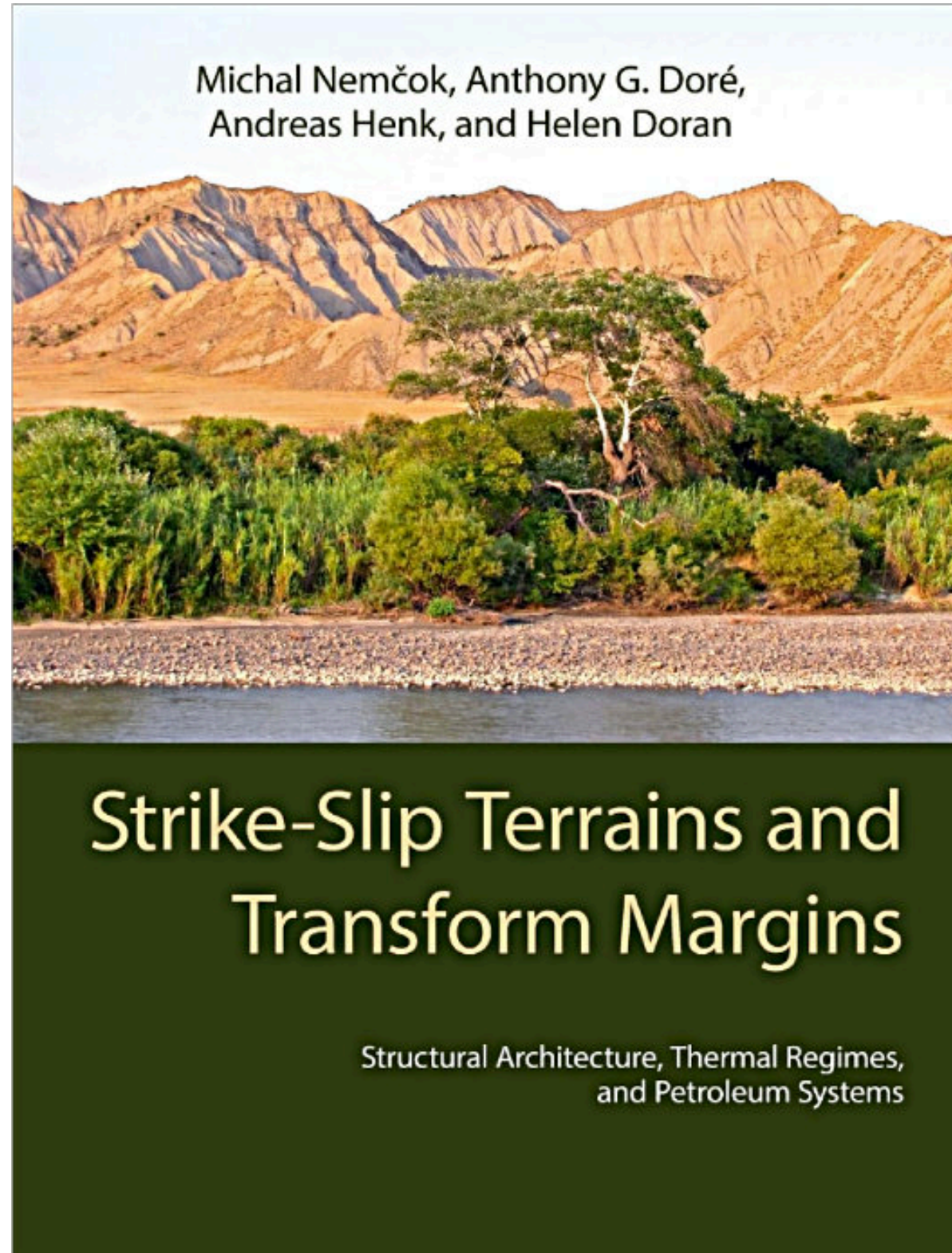
El libro recomendado

<https://www.cambridge.org/highereducation/books/plate-tectonics/F8E9F70971836CAA1FE4F2D63F16A9CD#overview>



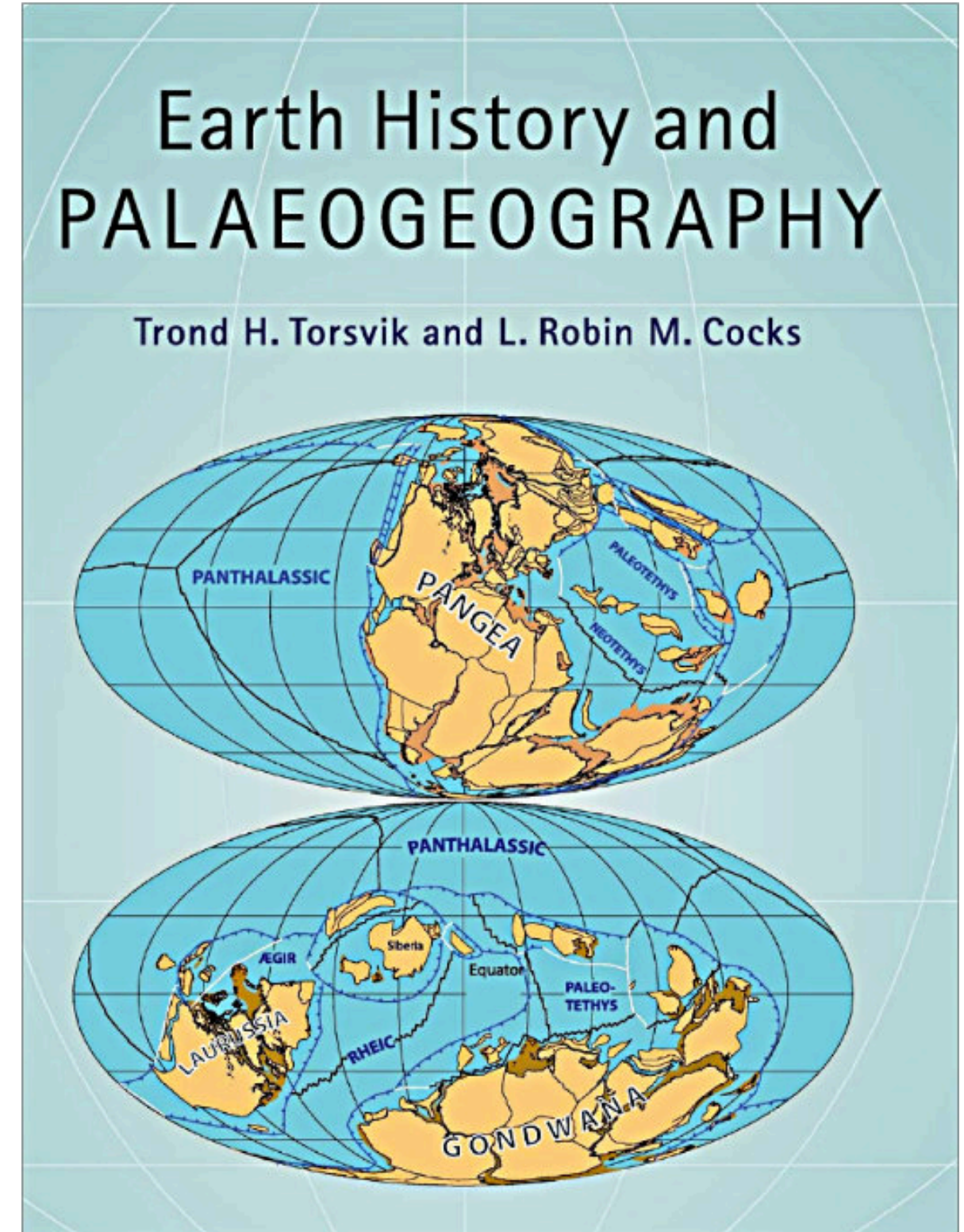
El libro recomendado

<https://www.cambridge.org/core/books/strikeslip-terrains-and-transform-margins/0ABC8E8CBB168ADB278EE6BCF1A30291>



El libro recomendado

<https://www.cambridge.org/core/books/earth-history-and-palaeogeography/076D4FCFCEE4CAE6F8EF3B449594DD50>



Sostenibilidad en la transición energética. Acciones Individuales: ¿responsabilidad o distracción?

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Desde hace muchos años los ciudadanos de a pie hemos estado recibiendo mensajes disonantes sobre nuestra responsabilidad ambiental. Por un lado, nos advierten que los empaques de vidrio son muy pesados y su traslado utiliza mucha energía, lo que se traduce a que generan muchas emisiones; de manera que lo mejor es utilizar plásticos livianos. Por otro lado, nos responsabilizan por la contaminación por plásticos mientras justifican que no todos son reciclables porque algunos de ellos son tan poco densos que no son económicamente viables. Propongo que analicemos qué está realmente bajo nuestro control y cuál es nuestro poder para alcanzar un futuro sostenible sin caer en la búsqueda de culpables o de creer en discursos de falsa moralidad.

¿Qué está realmente bajo nuestro control?

1. La cantidad de energía que usamos en casa. Este aspecto es muy dependiente de dónde nos encontramos, nuestro consumo energético varía muchísimo según latitud, altitud y disponibilidad de recursos, entre otros. En algunas regiones la mayor utilización de energía será destinada a la calefacción, en otras, el aire acondicionado, o la refrigeración, la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, o múltiples electrodomésticos. Afortunadamente, existen acciones que pueden hacer la diferencia en el hogar, como realizar labores de aislamiento, inspeccionar y reemplazar equipos poco eficientes, así como ser más flexibles con los rangos de temperatura que se mantienen dentro de casa. La clave no es “hacer menos” sino obtener los mismos beneficios utilizando menos energía. Cada día tenemos a disposición electrodomésticos más eficientes, si bien el plan no es cambiar nuestras neveras cada año, lo que sería mucho más perjudicial para el ambiente, la idea es que tomemos decisiones más justificadas por la eficiencia energética.

2. Consumismo. La regla principal para definir cuándo un artículo es amigable con el ambiente es simple: el producto más limpio es el que no se reemplaza. Así, desde

hace unos años para acá, se promueven campañas en contra de la moda pronta (más conocida en inglés como *fast fashion*) puesto que, para garantizar precios bajos, recurren generalmente a materias primas de baja calidad (además de otras prácticas éticamente cuestionables). La solución a este problema tiene varios puntos de vista: están desde quienes fomentan el uso de materiales sostenibles, los que piden mejor calidad aunque las fuentes y procesos no sean tan eco-amigables, los que se vuelcan por el mercado de segunda mano, aquellos que prefieren reparar y reutilizar, hasta quienes tajantemente piden que se disminuya el consumo. Aunque en su mayoría nos enfocamos en el *fast fashion*, esta filosofía no es exclusiva de la industria textil, la oferta de productos baratos de baja durabilidad está llegando a casi todas las áreas de manufactura. Sea cual sea la iniciativa escogida, nuestro comportamiento como consumidores depende de nosotros, y el impacto que tenemos para mitigar efectos negativos puede ser enorme (solo la moda pronta es responsable del 10% del total de emisiones de CO₂ a la atmósfera¹).

3. Medios de transporte. Aquí no tenemos tanto poder de maniobra como en los puntos anteriores, sin embargo, podemos ser más cuidadosos con las opciones tenemos. Tal vez ya estamos siendo lo más amigables con el ambiente que podemos en este aspecto en el día a día, sin embargo, un vuelo innecesario puede borrar fácilmente meses de buenas decisiones en temas ambientales.

4. Influencia cívica. Acciones colectivas pueden romper o sanar el planeta, si queremos un futuro sostenible, debemos apoyar políticas que realmente mejoren el ambiente mientras se mantenga nuestra calidad de vida y no se ponga en juego la estabilidad económica. Tomar decisiones en el ámbito político ambiental es complejo puesto que muchas veces las buenas intenciones son en realidad *greenwashing* enmascarado, nuestra mejor arma es mantenernos informados para poder elegir fundamentadas en el porvenir propio y de los que vienen detrás.

¿Qué no está realísticamente bajo nuestro poder?

1. El tipo de energía que usamos. La infraestructura, las fuentes del mix energético o la capacidad de inyectar energía renovable residencial a la red eléctrica, son ejemplos de aspectos que se salen de nuestro control.

Desafortunadamente, no existe un volumen de tapas de botellas recicladas en casa suficientemente grande como para que pueda compensar las emisiones de un mix energético que solo se sostiene con base en combustibles fósiles.

2. Emisiones asociadas a las industrias y cadenas de suministro. Existen industrias que simplemente no podemos controlar, como la generación de cemento, el procesamiento de acero, los fertilizantes, el transporte marítimo, la aviación. Por más éticas que sean nuestras decisiones, hay cosas que se salen en muchas órdenes de magnitud de nuestra influencia.

3. La velocidad de la transición energética. El desarrollo de nuevas infraestructuras, así como la investigación de procesos que mejoren la eficiencia y almacenamiento energético toman años, a veces décadas. Detrás de esto existen límites físicos, de manufactura, de acceso a materiales y de procesos normativos, entre otros,

nuestras expectativas deben ser aterrizadas y contextualizadas.

4. El mito de las emisiones netas cero a nivel individual. El objetivo de emisiones netas se alcanza cuando muchas industrias trabajan en sinergia para que el equivalente de lo que generamos globalmente sea cero. Es impensable que un solo organismo pueda alcanzar algo así, además de que pone cargas que son responsabilidad institucional sobre las personas.

Si bien existen ámbitos en los que nuestro impacto es considerable, no podemos asumir cargas individuales que no van a salvar el planeta y que además serían un detrimento para nuestra calidad de vida. La única manera de mitigar los efectos del calentamiento global es mediante acciones colectivas en las que el sector público y privado trabajan en conjunto en pro de la sostenibilidad. La información sólida basada en evidencia científica es clave para decidir con criterio sobre nuestro consumo energético y nuestras emisiones.

¹Maiti, R. The Environmental Impact of Fast Fashion, Explained. Earth.org. Feb 2026. <https://earth.org/fast-fashions-detrimental-effect-on-the-environment/>



Natalia Silva (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de

yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

ensilvacruz@gmail.com

Potential Well Water Contaminants and Their Impacts

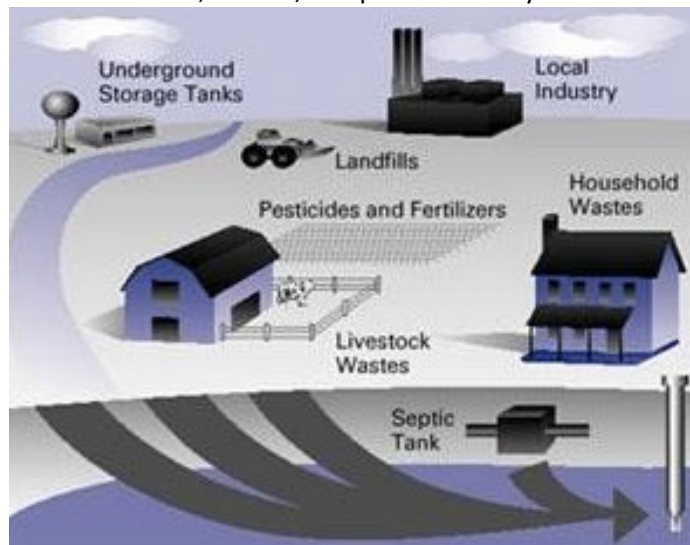
Compiled by Claudio Bartolini

Editor de la Revista

Drinking water can expose people to a variety of harmful pollutants and pathogens. Public water systems use water treatment and monitoring to protect consumers from such contaminants. Generally, private wells do not receive the same services that wells supplying the public do. Well owner's are responsible for protecting their drinking water. To do so, a well owner must be aware of their well's potential for contamination and the possible health effects those potential contaminants can have.

Potential Sources

Private wells can be contaminated by both naturally occurring sources and by human activities. The following are commonly found contaminants, their sources, and their possible human health impacts. Microorganisms include bacteria, viruses, and parasites. They can be found



- Water run-off from rainfall or snow-melt can contaminate private wells by washing microorganisms into the well system or seeping underground. Leakage

of waste from underground storage tanks and effluent from septic leach fields can reach a water source and result in microorganisms being present in water wells.

- Nitrate and nitrite are present in chemical fertilizers, human sewage, and animal waste and fertilizers. They can contaminate a private well through groundwater movement and surface water seepage and water run-off. Once taken into the body, nitrates are converted into nitrites. High levels of nitrate and nitrite are most serious for infants. High levels of nitrate/nitrite in drinking water can cause methemoglobinemia or "blue baby syndrome". These substances reduce the blood's ability to carry oxygen. This acute condition can occur rapidly over a period of days. Symptoms include shortness of breath and blueness of the skin. Infants below six months who drink water with high levels of nitrate can become seriously ill and die.
- Heavy metals can leach into drinking water from household plumbing and service lines, mining operations, petroleum refineries, electronics manufacturers, municipal waste disposal, cement plants, and natural mineral deposits. Heavy metals include: arsenic, antimony, cadmium, chromium, copper, lead, selenium and many more. Heavy metals can contaminate private wells through groundwater movement and surface water seepage and run-off. People that consume high levels of heavy metals risk acute and chronic toxicity, liver, kidney, and intestinal damage, anemia, and cancer.
- Organic chemicals are found in many house-hold products and are used widely in agriculture and industry. They can be found in inks, dyes, pesticides, paints, pharmaceuticals, solvents, petroleum products, sealants, and disinfectants. Organic chemicals can enter ground water and contaminate private wells through waste disposal, spills, and surface water run-off. People that consume high levels of organic chemicals may suffer from damage to their kidneys, liver, circulatory system, nervous system, and reproductive system.
- Radionuclides are radioactive forms of elements such as uranium and radium. They are harmful to humans and can be released into the environment from uranium mining and milling, coal mining, and nuclear

power production. Radionuclides may also be naturally present in ground water in some areas. Radionuclides can contaminate private wells through groundwater flow, waste water seepage and flooding. Drinking water with radionuclides can cause toxic kidney effects and increase the risk of cancer.

- Fluoride can be present in many aquifers and can be found in private wells. Fluoride can be helpful in preventing tooth decay. However, excessive

consumption of fluoride can cause skeletal fluorosis, a condition characterized by pain and tenderness of bones and joints. Excess consumption of fluoride during formative period of tooth enamel may cause dental fluorosis, tooth discoloration and/or pitting of teeth.

Quick Reference Table

- Private well owners can use the listed activity types

<https://www.epa.gov/privatewells/potential-well-water-contaminants-and-their-impacts>

Activity Type	Potential Well Contaminant Sources
Agriculture	Fertilizer storage and use, animal feedlots, animal waste disposal systems, animal burial, manure stockpiles (e.g. pits and lagoons), manure spreading, general waste disposal wells, pesticide storage and use (e.g. spread by airplane), field irrigation
Commercial	Airports, boatyards, railroad track and yards, junkyards, recycling and waste transfer stations, auto repairs shops, carwashes, laundromats, dry cleaners, paint shops, gas stations, construction sites, golf courses, floor drains and waste disposal wells, research laboratories and medical institutions, funeral homes and cemeteries
Industry	Oil and gas production and storage, pipelines, petroleum refineries, chemical manufacture and storage, mining, electroplating facilities, foundries, metal fabrication facilities, machine shops, waste disposal wells, paper mills, textile mills
Residential	fuel oil storage tanks, household chemical storage and use, swimming pool chemical storage, septic tanks and leach fields, sewer lines, floor drains, lawn fertilizer storage and use
Other	road de-icing, landfills, sewer lines, storm water pipes and drains, abandoned production and disposal wells, nearby active disposal wells, illegal dumping

Managing Heavy Metal Contamination in Groundwater

Sources of Heavy Metal Contamination Industrial Activities

Industrial activities represent a significant source of groundwater contamination, with sectors such as mining, metal processing, and manufacturing releasing heavy metals into soil, water, and air. For instance, mining operations can introduce metals like lead, cadmium, and arsenic into nearby ecosystems through runoff and leaching from tailings and waste rock. Metal processing industries, including smelting and electroplating, discharge heavy metals into water bodies, posing risks to aquatic life and human health through the consumption of contaminated fish and water.

Agricultural Practices

Agricultural practices also play a role in heavy metal contamination. The use of fertilizers, pesticides, and sewage sludge containing metals like cadmium and mercury can lead to their accumulation in soil. Irrigation with contaminated water or runoff from agricultural fields can transport these metals into groundwater and surface water systems, affecting water quality and posing risks to human health if consumed.

Urban Sources

Urban sources contribute significantly to heavy metal contamination through vehicular emissions, industrial emissions, and improper waste disposal. Vehicle exhaust, especially from older vehicles using leaded gasoline, can release lead particles into the air, which settle onto soil and water surfaces. Urban runoff containing heavy metals from roads, roofs, and industrial areas can transport pollutants into stormwater systems and ultimately into rivers, lakes, and coastal waters. Improper disposal of electronic waste, which contains metals like lead, mercury, and cadmium in circuit boards and batteries, further exacerbates environmental contamination when these materials degrade or leach into soil and groundwater.

Impacts of Heavy Metal Contamination

Ecological Impacts

Metals like lead, mercury, cadmium, and arsenic accumulate in soils, sediments, and water bodies, disrupting nutrient cycles and impairing the growth, reproduction, and survival of plants and animals. In aquatic environments, heavy metals can bioaccumulate in

fish and shellfish, posing risks to predator species and human consumers alike. These contaminants can also alter microbial communities and inhibit essential biological processes, leading to long-term ecological degradation and reduced ecosystem resilience.

Human Health Impacts

Chronic exposure to heavy metals through contaminated food, water, or air can lead to a range of health problems, including neurological disorders, kidney damage, cardiovascular diseases, and various types of cancer. Children and pregnant women are particularly vulnerable due to their developing physiological systems and increased susceptibility to toxic substances. For example, lead exposure in children can impair cognitive development and cause behavioral disorders, while mercury ingestion from contaminated fish can affect fetal development and neurological function.

Social and Economic Implications

Communities relying on contaminated water sources for drinking or agriculture face heightened health risks and reduced economic productivity due to health-related expenses and loss of livelihoods. Remediation efforts to clean up contaminated sites and restore ecosystems can be costly and resource-intensive, requiring sustained investments in environmental restoration and public health initiatives.

Key Strategies for Managing Heavy Metal Contamination

Source Control and Prevention

Implementing robust regulatory measures is essential in effectively managing and preventing heavy metal contamination at its source. Governments and regulatory agencies play a pivotal role in setting and enforcing stringent standards that govern industrial emissions, waste disposal practices, and agricultural activities. These standards are designed to minimize the release of heavy metals into the environment, thereby reducing environmental pollution and safeguarding public health.

Industrial Emissions

Regulations mandate that industries implement pollution control technologies and practices to mitigate the emission of heavy metals during manufacturing processes. This includes the installation of scrubbers, filters, and catalytic converters to capture pollutants before they are released into the atmosphere or discharged into water bodies. By setting limits on permissible pollutant levels, regulatory frameworks compel industries to adopt cleaner production methods and technologies that minimize environmental impact.

Waste Disposal Practices

Proper management of industrial waste containing heavy metals is crucial to prevent contamination of soil and groundwater. Regulatory requirements dictate the safe handling, treatment, and disposal of hazardous wastes through methods such as recycling, incineration, or secure landfilling. Stringent guidelines ensure that hazardous materials are stored in leak-proof containers and transported by licensed carriers to approved disposal facilities, reducing the risk of accidental spills or leaks that could contaminate the surrounding environment.

Agricultural Activities

Agricultural practices can contribute to heavy metal contamination through the use of fertilizers, pesticides, and animal waste containing metals like cadmium and mercury. Regulatory measures impose restrictions on the use of these inputs and promote sustainable agricultural practices that minimize environmental impact. This includes promoting organic farming methods, using alternative non-toxic pesticides, and implementing soil conservation techniques to prevent erosion and runoff of contaminants into water bodies.

Monitoring and Compliance

Regular monitoring and compliance inspections are integral components of regulatory oversight. Government agencies conduct routine assessments and audits of industrial facilities, mining operations, and agricultural lands to verify compliance with environmental standards. Monitoring programs employ advanced analytical techniques to detect early signs of heavy metal contamination in air, soil, and water samples. Early detection allows authorities to take prompt corrective actions, such as issuing fines, enforcing cleanup measures, or suspending operations until compliance is achieved.

Remediation Techniques

Physical Methods

□ **Sedimentation** involves allowing suspended particles containing heavy metals to settle out of water, facilitated by gravity. This process is effective for large-scale water treatment and can be enhanced with the use of coagulants or flocculants to aggregate fine particles for easier removal.

□ **Filtration** utilizes porous materials such as sand, gravel, or membranes to physically trap heavy metal particles as water passes through, effectively reducing their concentration.

□ **Adsorption** involves the use of materials like activated carbon or zeolites, which have high surface areas and binding capacities to adsorb heavy metals from water or soil.

Chemical Methods

□ **Precipitation** involves adding chemical precipitants such as lime or sulfides to contaminated water, causing heavy metals to form insoluble compounds that settle out or can be filtered out.

□ **Coagulation-flocculation** utilizes chemicals like alum or ferric chloride to create flocs that trap heavy metal ions, facilitating their removal through sedimentation or filtration processes.

□ **Ion exchange** utilizes resins or membranes that selectively bind heavy metal ions in exchange for less harmful ions, effectively purifying water sources.

Biological Methods

□ **Phytoremediation** harnesses the natural abilities of plants to absorb, degrade, or immobilize heavy metals in soil and water. Plants like sunflowers, willows, and certain grass species have been identified for their ability to accumulate heavy metals in their tissues through a process called hyperaccumulation.

□ Microorganisms, including bacteria and fungi, can also transform heavy metals into less toxic or less mobile forms through processes like **bioleaching** or **biosorption**.

Groundwater Treatment Technologies

Advanced groundwater treatment technologies play a critical role in treating contaminated groundwater sources. **Reverse osmosis (RO)** can effectively remove dissolved heavy metals from water by forcing contaminated water through semipermeable membranes under high pressure. The membranes selectively allow water molecules to pass through while blocking dissolved ions, including heavy metals like lead, mercury, and arsenic. RO systems are highly efficient and scalable, making them suitable for both small-scale community water treatment facilities and large industrial applications.

Ion exchange systems operate by exchanging ions present in the water with ions attached to a resin or exchange medium. Ion exchange resins selectively bind to metal ions, such as lead or cadmium, replacing them with less harmful ions like sodium or potassium. This process effectively reduces the concentration of heavy metals in groundwater to levels that meet regulatory standards for drinking water quality.

Electrochemical remediation involves applying electrical current to contaminated groundwater, causing heavy metals to precipitate out as solids that can be easily separated from the water. As the electric current flows, it induces chemical reactions that cause heavy metal ions to undergo oxidation or reduction processes. These reactions result in the precipitation of heavy metals as insoluble solids, which can then be separated from the water through sedimentation or filtration processes.

Electrochemical remediation is effective for treating groundwater contaminated with metals like chromium, nickel, and copper, offering a sustainable solution that minimizes secondary environmental impacts.

Community Engagement and Education

Community involvement is essential for the successful management of heavy metal contamination. Awareness campaigns educate local communities about the sources, risks, and impacts of heavy metal pollution. By promoting responsible practices in waste management, agriculture, and industrial operations, awareness initiatives empower individuals to adopt pollution prevention measures and report environmental concerns promptly. Community-based monitoring programs engage citizens in monitoring groundwater quality in their local areas. By fostering community participation in environmental stewardship, these initiatives enhance transparency, accountability, and

rapid response capabilities in addressing contamination incidents.

About Kraken Sense

Kraken Sense develops all-in-one pathogen and chemical detection solutions to accelerate time to results by replacing lab testing with a single field-deployable device. Our proprietary device, the KRAKEN, has the ability to detect bacteria and viruses down to 1 copy. It has already been applied for epidemiology detection in wastewater and microbial contamination testing in food processing, among many other applications. Our team of highly-skilled Microbiologists and Engineers tailor the system to fit individual project needs. To stay updated with our latest articles and product launches, follow us on LinkedIn, Twitter, and Instagram, or sign up for our email newsletter. Discover the potential of continuous, autonomous pathogen testing by speaking to our team.

Source: <https://krakensense.com/blog/managing-heavy-metal-contamination-in-groundwater>

METALS

<https://www.epa.gov/caddis/metals>

Metals and metalloids are electropositive elements that occur in all ecosystems, although natural concentrations vary according to local geology. Land disturbance in metals-enriched areas can increase erosion and mobilize metals into streams. Human activities redistribute and concentrate metals in areas that are not naturally metals-enriched. These metals can reach water bodies when they are released into the air, water and soil. Unlike sediment and nutrient impairments, there is often no visible evidence of metals contamination. While some metals are essential as nutrients, all metals can be toxic at some level. Some metals are toxic in minute amounts. Impairments result when metals are biologically available at toxic concentrations affecting the survival, reproduction and behavior of aquatic organisms.

What's in Your Water: Heavy Metals

Water is the building block of a long, healthy life. But unseen contaminants in the water we drink and cook with can come with unseen contaminants that, over time, can adversely affect you and your family's health. Of all the dangerous things you can find hanging around in American water systems, heavy metals might be the most insidious group of toxins you're unknowingly ingesting. For those of us who rely on small municipal water systems or private wells, heavy metals like lead, arsenic, cadmium, copper, and others can be a severe but invisible problem lurking in our daily hydration. In this blog, we're dissecting the issue of heavy metal contamination as part of our blog series on common contaminants in water and providing insight on safeguarding you and your family's well-being.

<https://source.co/blogs/source-blog/what-s-in-your-water-heavy-metals>

LA IMPORTANCIA DE LOS INFORMES TECNICOS ESTANDARIZADOS EN MINERIA

Marianto Castro Mora

notasgeologiavenezuela@gmail.com

En minería, los informes técnicos estandarizados se refieren a la presentación obligatoria y estructurada de información sobre proyectos mineros. El dossier hace énfasis sobre todo en recursos, economía y riesgos del proyecto. El reporte se elabora bajo normas estrictas, utilizando formatos y definiciones consistentes para su divulgación pública, garantizando la transparencia y la comparabilidad para los inversores. Estos reportes son realizados por profesionales cualificados, y abarcando las etapas desde la exploración hasta la viabilidad. Estos informes son cruciales para las decisiones de inversión, ya que abarcan datos científicos, métodos de minería, costos y riesgos de forma sencilla y estandarizada.

Los informes técnicos estandarizados en la industria minera se clasifican principalmente según el nivel de confianza y el detalle de los estudios económicos, desde la exploración inicial hasta la viabilidad detallada. Estos informes se rigen por diversos códigos internacionales diseñados para garantizar la transparencia y la fiabilidad para inversores y organismos reguladores.

ANTECEDENTES

Las mineras menores (junior mining companies) son pequeñas empresas mineras que por lo general se encuentran en la fase más temprana de prospección o exploración. A diferencia de las empresas de gran capitalización, las empresas mineras menores son nuevas en el mercado y, a menudo, tienen bases de activos pequeños. Las empresas crean valor para sus accionistas al hacer un nuevo descubrimiento de minerales o aumentar un depósito de minerales existente mediante exploración y desarrollo adicionales.

La inversión en pequeñas mineras puede tener un fuerte potencial de ganancias, pero también tienen un altísimo riesgo. Llevar un proyecto a producción puede durar entre 10 y 20 años. Las empresas crean valor para sus accionistas al hacer un nuevo descubrimiento de minerales o aumentar un depósito de minerales existente mediante exploración y desarrollo adicionales. La falta de mecanismos de financiamiento o recursos fiscales para sostener los gastos de capital (CapEx) para nuevos proyectos mineros es una de las principales razones por las que los proyectos mineros no se materializan.

El caso Bre-X, se asocia a un fraude que comenzó con las virutas de un anillo de bodas y que llevó a la quiebra a numerosos inversionistas. Este caso hizo que se regulara la información de los proyectos mineros a nivel mundial.

Bre-X y Michael de Guzmán son dos nombres que recordarán los más veteranos y que son la clave de quizás



el mayor fraude en las materias primas que se conozca. A partir de unas fotos de unas virutas de oro provenientes de un simple anillo de boda se trató de construir un "imperio" de papel con un valor de 6.000 millones de dólares.

Bre-X fue una compañía canadiense, fundada por David Walsh en 1989, sin actividad ni beneficios conocidos. Era

una de esas compañías denominadas "penny stocks", pues sus acciones se cotizaban por menos de 1 dólar, por ser muy pequeñas y especulativas. Su fortuna pareció cambiar en 1993, cuando, aconsejado por el geólogo John Felderhof, famoso por haber descubierto una mina de oro en Papúa Nueva Guinea, decidió comprar unas tierras en plena jungla de Borneo, Indonesia, cerca del río Busang, (ver Figura 1).



Figura 1: Localización de la mina de oro en Borneo, Indonesia.

Felderhof, un buscador de oro de la vieja escuela nacido en Holanda, pero criado en Canadá, que llegaría a ser vicepresidente de Bre-X, aseguraba haber encontrado el preciado metal en la jungla de Borneo. Es de hacer notar, que otras grandes empresas mineras lo habían buscado infructuosamente en la misma área. Sus afirmaciones se basaban en las muestras obtenidas por Michael de Guzmán, también geólogo y buscador de oro. Las primeras estimaciones hablaban de 136.000 libras de oro en la mina. El descubrimiento atrajo el interés de Wall Street, y en una conferencia con inversores de JP Morgan (principal asesor financiero de la compañía), Felderhof sugirió que podría haber hasta 13 millones de libras bajo las tierras compradas en Borneo por Bre-X, con un valor estimado en el mercado 70.000 millones de dólares.

La reacción en bolsa fue la esperada: la compañía pasó de cotizar a 30 centavos por acción antes de comprar las tierras de Borneo a rondar los 250 dólares, dándole un valor de mercado que se acercaba a los 6.000 millones de dólares. El hoy desaparecido Lehman Brothers no dudó en calificar la mina en Indonesia como "el descubrimiento de

oro del siglo" "el mayor depósito de oro del mundo", en diciembre de 1996. Wall Street "compró" el descubrimiento, atrayendo grandes inversores institucionales, como el fondo de pensiones de los profesores de Ontario y otras cajas de ahorro canadienses.. Bre-X era el orgullo de Canadá.

El gobierno indonesio exigió que una empresa más grande y con mayor experiencia se encargara del desarrollo de la mina, se llegó a un acuerdo con Freeport-McMoRan para que asumiera la dirección. Como parte de su debida diligencia, los geólogos de Freeport realizaron sus propias perforaciones y muestreos independientes en el yacimiento.

Justo cuando llegaban los resultados de las pruebas de Freeport, Michael de Guzman, geólogo jefe de Bre-X, falleció el 19 de marzo de 1997 tras caer de un helicóptero camino a una reunión con el equipo de Freeport-McMoRan. Su muerte se declaró oficialmente como suicidio, aunque sigue siendo objeto de teorías conspirativas.

El problema es que no había prácticamente nada de oro, como descubrió Freeport-McMoRan en cuanto realizó sus primeras exploraciones en marzo de 1997, (ver Figuras 2 y 3).



Figura 2: El equipo de Bre-X en Borneo, alrededor de 1997. De izquierda a derecha: el gerente del sitio, Jerome Alto; el vicepresidente sénior, John Felderhof; el gerente de exploración, Michael de Guzmán; y el geólogo, Cesar Puspos. De Guzmán falleció en 1997 tras caer de un helicóptero. Foto: Northern Miner/Archivo Postmedia. Tomado del Calgary Herald.



Figura 3: Sitio de perforación en 1997. Foto tomada del artículo de Lucy Wallis titulado "The mystery of the man embroiled in a billion dollar gold scam" de la BBC (Wallis, 2024)

De Guzmán había estado falsificando las muestras desde el principio, primero con virutas de oro de su propio anillo de boda. El escándalo estalló rápidamente...el oro no

existía... Muchas preguntas, pocas respuestas. Lo único claro es que el gran fraude se sustentó en unas virutas rascadas de un anillo de boda, y que la fiebre del oro, con la inestimable colaboración de Wall Street, hizo el resto. Bre-X desapareció en 2002. (Figura 4)



Figura 4: Escándalo a nivel mundial, el gran fraude en los principales periódicos y publicaciones mundiales. Las acciones cayeron estrepitosamente.

Este escándalo fue de tal magnitud que Hollywood llevó a la gran pantalla la historia de este desastre financiero. La película se llama "Gold" y narra el gran fraude de oro. (Figura 5).



Figura 5: Afiche de la película "Gold" que narra la historia del escándalo financiero de la empresa minera Bre-X.

IMPLICACIONES DEL ESCANDALO FINANCIERO Y FRAUDE DE LA COMPAÑIA BRE-X

En su apogeo, Bre-X llegó a estar valorado en miles de millones de dólares. Su colapso arrasó con los ahorros de los inversores minoristas de todo el mundo. La reputación del sector minero quedó muy perjudicada. Las consecuencias dañaron la confianza en las pequeñas empresas mineras canadienses y en la Bolsa de Valores de Toronto como centro de financiación minera. Se generó un escepticismo duradero hacia los proyectos de recursos, especialmente en regiones políticamente sensibles.

Todo ello, indujo a un cambio regulatorio: El escándalo expuso las deficiencias en la supervisión minera y de valores de Canadá. En 2001, se introdujo el Instrumento Nacional 43-101, que exige la divulgación estandarizada y la verificación independiente de las estimaciones de recursos minerales.

La empresa Bre-X demostró cómo se forman burbujas especulativas en torno a los descubrimientos y subrayó la importancia de la transparencia, la diligencia debida y la verificación independiente de los recursos y reservas.

NORMAS CLAVES DE PRESENTACION DE INFORMES

Ante esta situación Canadá decidió crear el reporte que se denomina NI 43-101 (Instrumento Nacional 43-101) que es obligatorio para las empresas que cotizan en las bolsas de valores canadienses, como la TSX (Toronto Stock Exchange). El informe NI 43-101 es un informe técnico estandarizado para las empresas mineras canadienses, exigido por los reguladores de valores, que detalla la información científica y técnica de un proyecto minero (recursos, reservas, desarrollo) para proteger a los inversores de afirmaciones engañosas y garantizar la transparencia mediante la divulgación por parte de personas cualificadas. Estos informes, presentados en SEDAR (System for Electronic Document Analysis and Retrieval), abarcan desde la exploración hasta la producción, utilizando términos específicos para la clasificación de recursos/reservas, y son cruciales para la financiación pública y la confianza del mercado.

Otros países crearon sus propios códigos internacionales, proporcionando de esta manera, el marco para estos reportes estandarizados que protegen a los inversionistas de fraudes. Las empresas suelen cumplir con códigos específicos según la bolsa de valores en la que cotizan, es así como se creó:

- El código JORC (Comité Conjunto de Reservas de Mineral) que es el estándar utilizado principalmente en Australia, Nueva Zelanda y otras regiones para las empresas que cotizan en la ASX (Australian Securities Exchange).
- El código SK 1300 (Reglamento S-K 1300) que es la

norma moderna adoptada por la SEC (Comisión de Bolsa y Valores de Estados Unidos) para los registrantes mineros en los Estados Unidos.

- El estándar de informes PERC, Código SAMREC, Código de informes IMMM y otros códigos reconocidos utilizados en Europa, Sudáfrica y otras regiones, a menudo alineados con la Plantilla de informes internacionales CIRSCO.
- Guía CBRR es obligatoria en Brasil para la presentación de informes sobre resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales.
- CCRR Norma Colombiana para la Información Pública de Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas.
- Código de la Comisión Minera para la Información de Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales en Chile.
- Código IMIC de la industria minera de la India para informar resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales.
- Norma KCMi en Indonesia, para presentar resultados de exploración, recursos y reservas minerales.
- Código KAZRC de Kazajistán para la presentación de informes públicos sobre resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales.
- Código de Rusia denominado NAEN, para la presentación de informes públicos sobre resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales.
- Código UMREK de Turquía, para la elaboración de informes públicos nacionales sobre resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales.
- SAMCODES es el Código Sudafricano para la presentación de informes de resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales

En todos ellos el marco regulatorio es estricto y consta de hasta 27 elementos obligatorios. Los informes técnicos generalmente se distinguen por la etapa de desarrollo del proyecto y el nivel de análisis económico asociado. En general debe constar de:

- 1.- Informes de Información / Resultados de Exploración: Son informes iniciales que se centran en los hallazgos iniciales de actividades como geoquímica, geofísica, perforación y mapeo geológico. Revelan objetivos de exploración, pero deben cumplir con directrices estrictas para evitar engaños al público.
- 2.- Estimaciones de Recursos Minerales: Informes que definen la cantidad y la ley de un yacimiento mineral con "perspectivas razonables de extracción económica", categorizados según un nivel de confianza geológica creciente:

- ☐ Recursos Minerales Inferidos (nivel de confianza mínimo)
☐ Recursos Minerales Indicados
☐ Recursos Minerales Medidos (nivel de confianza máximo)

3.- Estimaciones de Reservas Minerales: Estos informes detallan la porción económicamente explotable de un recurso medido o indicado, considerando todos los factores modificadores (minería, metalurgia, economía, medio ambiente, aspectos sociales y gubernamentales). Se clasifican en:

- ☐ Reservas Minerales Probables
 - ☐ Reservas Minerales Probadas
- 4.- Estudios de Evaluación Económica: Estos informes evalúan la viabilidad económica de un proyecto y deben cumplir con los criterios específicos definidos en las normas de presentación de informes. Estos incluyen:

- Evaluación Económica Preliminar (EAP): Un estudio menos detallado, en una etapa temprana, que no puede considerarse un estudio de prefactibilidad ni de factibilidad.
 - Estudio de Prefactibilidad (EPF): Un estudio más detallado que constituye el requisito mínimo para convertir los recursos minerales en reservas minerales.
 - Estudio de Factibilidad (EF): El estudio más completo y detallado, que demuestra la viabilidad económica del proyecto para respaldar las reservas probadas y probables.
- Estos reportes deben ser realizados por Persona Calificada (QP) que es un profesional experto calificado, independiente que debe firmar y asumir la responsabilidad de los datos. Generalmente es un geólogo o ingeniero.

CONCLUSIONES

En minería, los informes técnicos estandarizados tienen como fin la protección del inversionista para evitar información engañosa tras escándalos como el de la compañía minera Bre-X. Estos reportes brindan transparencia, proporcionando información científica y técnica relevante al público y a los inversores. Por último, y no menos importante, permite la comparabilidad, entre o con otros proyectos, pues proporciona un formato y términos estandarizados que facilitan la comparación entre proyectos.

REFERENCIAS

ABH Engineering. **National Instrument 43-101**. https://www.abhengineeringinc.com/ni43-101-reporting?gad_source=1&gad_campaignid=18265554192

[&gbraid=0AAAAACcrmnSER-9bQBP6U4HEEgSSLLQj&gclid=EAlalQobChMIx6aCzoPVkQMvuzYIBR0MgTwZEAAYASA_AEglwSPD_BwE](#)

BC Securities Commission. **43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects.** <https://www.bscs.bc.ca/securities-law/law-and-policy/instruments-and-policies/4-distribution-requirements/current/43-101>

Bre-X: The real story and scandal that inspired the movie, Gold. <https://calgaryherald.com/news/local-news/bre-x-the-real-story-and-scandal-that-inspired-the-movie-gold>

Bre-X Mining Fraud & Lessons for Today's Mineral Resource Reporting. Quartex Blog. <https://quartexsoftware.com/blog/bre-x-mining-fraud-ni43101/>

CRIRSCO. Promoting International Best Practicing in the Reporting of Mineral Exploration, Mineral Resources and Mineral Reserves. Advocating transparency in mineral exploration and mining. <https://crirSCO.com/>

JORC Code. <https://www.jorc.org/>

Ontario Securities Commission. **National Instrument 43-101.** Unofficial consolidation current to 2016-05-09. https://www.osc.ca/sites/default/files/2020-09/ni_20160509_43-101_unofficial-consolidation%20%281%29.pdf

Standard Leading Practices and Guidance for Mineral Resources and Mineral Reserves. **International Reporting Codes for Exploration Results, Mineral Resources and Reserves Definitions.** <https://mrmr.cim.org/en/links/international-reporting-codes-for-exploration-results-mineral-resources-and-reserves-definitions/>

The Calgary Herald 2017. **Bre-X: The real story and scandal that inspired the movie Gold**. <https://calgaryherald.com/news/local-news/bre-x-the-real-story-and-scandal-that-inspired-the-movie-gold>

WALLY, L. 2024. The mystery of the man embroiled in a billion dollar gold scam. <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-68987824>

De mis memorias: Moscú, Dushambé y Samarcanda

Manuel Iturralde Vinnet
Miembro de mérito, ACC

Por avatares de la vida recibí una invitación del presidente de la Academia de Ciencias de la URSS, promovida por mi amigo Kartashov, para asistir como ponente al Congreso Internacional del Cuaternario (INQUA), y completar un año sabático de trabajo y estudio en el Instituto de Geología, entre agosto de 1980 y febrero de 1981. Mi tutor sería el académico Yuri Mijáilovich Pushcharovski (*), quien me recibió y atendió con el cariño que se le puede profesar a un hijo, y contribuyó a que mi estancia fuera beneficiosa y placentera. Cada vez que iba a verlo a su oficina, me regalaba sabrosas manzanas de su patio, que, de paso, aromatizaban mi cuarto del hotel.



Figura 1. Acto de inauguración del Congreso del INQUA, 1980. Fui el único que asistió con una camiseta de espeleología.

Yo no lo supe hasta pasado un tiempo, pero me instalaron en una de las mejores habitaciones del hotel *Akademicheskaya*, y tuve a mi disposición transportación y traducción durante el primer mes, mientras me familiarizaba con Moscú: un verdadero lujo. También recibía un estipendio, equivalente al salario de investigador. Así pude, los fines de semana, visitar museos, lugares históricos en la ciudad y la periferia, teatros y el circo. Después asistí varias veces al teatro para disfrutar "Gitano", en dos versiones, donde se mezclan tristezas y alegrías, al ritmo de una música contagiosa.

Tayikistán

Una vez mencioné que tenía un amigo y colega ruso en Dushambé, con quien había trabajado en el Instituto

Nacional de Recursos Hidráulicos, mi querido Eugenio *Sbaleski*, y a los pocos días me mandaron a Tayikistán por tres semanas. Allá me hospedaron en un lujoso hotel donde cada día colocaban en mi cuarto una bandeja dorada, con exquisitas frutas, incluyendo enormes granadas, sandías, kiwi y diversos ramos de uvas. Visitamos, junto a mi antiguo profesor y su familia, distintas reliquias históricas y lugares de gran interés, a la par que me explicaba la geología local.



Figura 2. Desayuno con frutas en Dushambé, 1980.



Figura 3. Con Eugenio *Sbaleski*, mi profesor en temas de karst e ingeniería geológica, 1980.

Visité varias veces al Instituto de Sismología, donde conocí a Ali Babaev y sus colegas, que años después nos reencontráramos en Cuba. En el Instituto me reuní con sismólogos y tectonistas, y fuimos al campo al Tien Shan, donde recorrimos la cortina de hormigón de una presa de más de 30 metros de altura. Lo interesante era que la actividad sísmica había aumentado después de concluir la obra, de modo que se desplegó una red sismométrica para conocer el comportamiento de las sacudidas. En este

recorrido conocí por primera vez el intemperismo de montañas frías. En esas condiciones, por las laderas empinadas descende constantemente un fino polvo de roca, que se acumula al pie de cada pared. Esto mismo lo observé en Noruega años después, donde las bajas temperaturas oscilatorias provocan la fracturación de las rocas en condiciones extremadamente secas. Un proceso rarísimo en las áreas tropicales, aunque lo volví a ver, no sin asombro, en faldas rocosas al sur de Port-Au-Prince en Haití.

En varias sesiones de trabajo en el instituto, sostuve interesantes intercambios sobre tectónica regional intracontinental, en especial con un famoso geólogo local que defendía con firmeza la teoría del geosinclinal, en momentos cuando yo empezaba a derivar hacia la tectónica de placas. Ellos trabajaban donde colisionan las cadenas montañosas de Tien Shan y Pamir, en una zona continental. Recuerdo haber tomado *chai* sentado con ellos sobre una alfombra, con las piernas cruzadas al estilo asiático, mientras dibujábamos fallas y pliegues. Al inspeccionar los registros sísmicos, se podían apreciar agrupaciones de focos a distintas profundidades, que pudieran interpretarse como distintas "láminas sismotectónicas". Así me empecé a familiarizar un poco con la teoría de la «laminación tectónica» del académico A.A. Peive, con el cual después, de regreso en Moscú, tuve algunos encuentros sobre el tema.

Este concepto de la "laminación tectónica litosférica" fue desarrollado por Peive, por entonces director del Instituto de Geología en Moscú. Según su teoría, la corteza y el manto están subdivididos en potentes láminas litosféricas superpuestas, que se deslizan unas sobre otras. Se trata de una variante de la tectónica de placas, que en cierto modo se conecta con la "tectónica mantélica", tan de moda últimamente. Por mi parte, elaboré un modelo para Cuba, que combina los conceptos de placas tectónicas y láminas litosféricas (Ver figura). Este modelo presenta una interpretación de la estructura profunda según un perfil desde Bahamas hasta el Caribe.

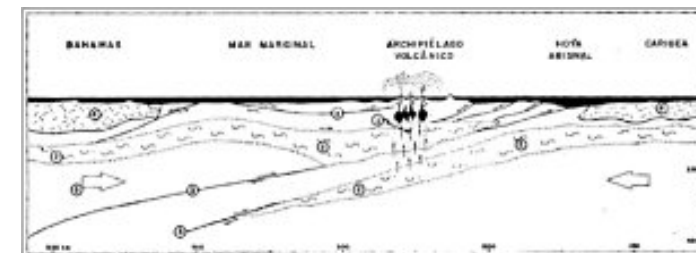


Figura 4. Perfil tectónico N-S de Bahamas al Caribe, formulado para el Cretácico Inferior, con una donde se integran la tectónica de placas con la tectónica de

láminas litosféricas. En este perfil: 1-cámaras magmáticas, 2-estrato viscoso (astenosfera), 3-fracturas profundas, 4-corteza continental, 5- dirección de flujo profundo. Escala en kilómetros (Tomado de **).

Samarcanda

Un día cualquiera se me ocurrió mencionar, en medio de una conversación, cuanto había disfrutado con la lectura de los libros sobre la vida de Gengis Kan y Batú Kan, y muy en especial, las descripciones de la gran ciudad de Samarcanda, que entonces cumplía 2500 años. De más está decir que en pocos días, amanecí en pleno vuelo, en un pequeño Yak42 de Dushambé a Samarcanda, por encima de las altas cumbres del Tien Shan, para una visita de 20 horas a la enigmática ciudad. Me acompañó Rafik, un geólogo oriundo de la ciudad, que a medio día me invitó a almorzar en su casa. Para llegar allí andamos varios cientos de metros por una estrecha calle empedrada, que serpenteaba entre altos muros, cobijada por racimos de uvas colgando de las ramas entrelazadas.

Ese fue un día muy especial. A la casa entramos por un gran portón que conduce a uno de los locales que circunvalaban el patio, donde me sumergí en el ambiente sensual de las mil y una noche. Antes de almorzar tomamos té, y después, cuando estuvo listo, una bandeja de Plof, arroz amarillo con zanahorias y trozos de cordero por encima. Allí estuvimos casi una hora, en absoluta tranquilidad. Cuando pregunté por la persona que había preparado tan sabroso alimento, mi colega me llevó hasta una pared donde se abría una ventanita, que aparentemente comunicaba con la cocina. Del otro lado la esposa, con rostro y pelo cubiertos, escuchó mis alabanzas a su comida, traducidas al uzbeko. Fue un momento muy especial para ella, supongo, como para mí.



Figura 5. Plaza de Registan en Samarcanda



Figura 6. Mezquita en Samarcanda.

Samarcanda encierra numerosas maravillas, donde se mezclan áreas modernas y reliquias históricas, donde se respira la transformación paulatina de la cultura milenaria. Me impresionaron las mezquitas, los arcos, minaretes y paredes donde domina el azul islámico, en especial en la Plaza de Registan (Fig. 5), donde se reunían las caravanas de comerciantes, hasta que el gran mongol, Gengis Kan, con su ejército atacó y destruyó casi todo, dejando muchos muertos. En especial me impresionó el cementerio, donde cada mausoleo es una pequeña mansión elegantemente engalanada, con las paredes adornadas por murales de cerámica vidriada, de una exquisitez indescriptible. Recuerdo una rosa perfecta, compuesta con decenas de trocitos angulosos vidriados en rojo, obra de paciencia y maestría asombrosas. Allí los visitantes musulmanes colocan respetuosamente sus manos sobre las paredes y rezan.

Tectónica de océanos y márgenes continentales

De regreso en Moscú, después de aquellas semanas de embrujo oriental, continuó mi vida entre el Instituto de Geología, el Instituto de Física de la Tierra, museos, parques y el Hotel, donde disfrutaba largas sesiones de lectura. Esos días comenzó una interesante etapa. Pushcharovsky me organizó sesiones de trabajo con los autores de una serie de libros sobre olistostromas, tectónica de los océanos y de la franja costera desde Kamchatka hasta Sajalín, donde yo buscaba análogos con la geología de Cuba. El sistema de trabajo era insuperable. Yuri Mijáilovich me entregaba un libro para que lo estudiara, y cuando le reportaba haber terminado, me concertaba un encuentro con el autor. Esto se realizaba en la oficina del especialista, que me mostraba rocas, fotos, y respondía mis interrogantes. Creo que es un modo excelente de aprender de cualquier tema, lo cual se prolongó varios meses. Durante dos semanas, como me interesé en las fotos cósmicas, me concertó un seminario

sobre el procesamiento de imágenes multiespectrales, las que se estudiaban con un equipo que permitía visualizar las imágenes con diversos filtros, lo que hoy realizan los programas de procesamiento de imágenes. Aquella fue una valiosa experiencia, pues a mano se aprende más que utilizando algoritmos que a menudo no sabes cómo operan. En este caso, el algoritmo era yo.

El mapa tectónico de Cuba

Un día nos reunimos en la oficina de Pushcharovsky con los colegas Sokolov y Mossakovski, que en Cuba habían sido los editores del mapa geológico 1:250 000, y ahora estaban preparando el mapa tectónico a escala 1:500 000. El borrador que me mostraron estaba más cercano a la teoría geosinclinal que a la tectónica de placas, razón por la cual les pedí que me permitieran presentarles un nuevo borrador. Al día siguiente fui a recoger una copia del mapa geológico sin colorear, reducido a escala 500 000, tres cajas de lápices de colores, plumillas y tinta roja y negra. La tarea era sencilla. Yuri Mijáilovich me dijo: «Ve a tu cuarto en el hotel y tráenos el mapa con tu interpretación». Así fue que, un mes después, nos volvimos a reunir en un amplio salón con una mesa enorme, y allí desplegué el mapa que acababa de colorear con una nueva leyenda basada en la tectónica de placas. El debate fue intenso y, al final, quitando aquí y modificando allá, aceptaron muchas de mis recomendaciones. Un par de semanas después presenté, en mi imperfecto «rusoñol», en un teatro lleno de geólogos y geofísicos, una conferencia sobre el mapa tectónico de Cuba, donde me llovieron preguntas y se armó un debate muy acalorado, pues estaba presentando ideas movilizadas en un contexto donde pocos geólogos aceptaban esta interpretación. En mi defensa se levantaron Mossakovski y Sokolov, que literalmente casi insultaron a uno de mis contendientes. Pocas veces he visto un debate tan extremo como el de aquella tarde. Años después se imprimió el mapa tectónico de Cuba a escala 1:500 000, con mucho del sabor que le pude imbuir durante mi estancia en Moscú. Esta historia no la había contado antes.

Todos mis recuerdos de aquellos meses son gratos, tanto desde el punto de vista científico, como cultural y personal. Hice muy buenas amistades, disfruté variados placeres, viajé y asistí a memorables encuentros con viejos amigos y amigas rusos, georgianos, tayikos y armenios, con quienes trabajé en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en los años 60 y 70, y con los rusos con quienes compartí en el Instituto de Geología y Paleontología durante los años 80. Un día de febrero de 1981 regresé a casa en La Habana.

Último viaje a Moscú



Figura 7. Algunos de los asistentes cubanos (con marca) al XXVII Congreso Geológico Internacional de Moscú. Alante Rafael Socorro y Rodobaldo Rodríguez. Detrás el autor, Gustavo Furrázola y Guillermo Hernández.

Después del viaje a Moscú, pedí mi baja en el Instituto de Geología y me fui a trabajar en la Empresa de Geología Camagüey, donde formé parte de un grupo de cubanos y alemanes que realizaban la cartografía del territorio. Pasados unos años, en 1984, como trabajador de la empresa, asistí al Congreso Geológico Internacional de Moscú. Durante tres semanas fabulosas, mantuve

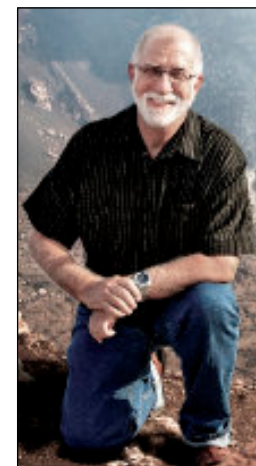
interesantes intercambios, en especial, con Robert Coleman, quien presentó un estudio del Mar Rojo, donde describía rocas efusivas de margen continental, formadas durante la apertura de ese espacio de corteza oceánica. Aquel encuentro me ayudó a entender algunas dudas que acarrea por años, sobre las ocurrencias de rocas magmáticas jurásicas y cretácicas, en contextos ajenos al arco de islas volcánico y las ofiolitas. Este fue un importante conocimiento que obtuve en aquel congreso, cuando aproveché y propuse a Coleman que visitara Cuba, para que conociera las ofiolitas de esta isla. Años más tarde, en 1988, publiqué un artículo sobre la presencia de magmatismo de margen continental en Cuba. (***)

Terminado el evento le dije adiós a Moscú, esta vez ya para siempre...

(*) Tenreiro, R., M. Iturralde-Vinent, 2026. El académico Yuri Pucharovsky y la geología de Cuba. Revista Maya de Geociencias, Febrero, p. 31-24.

(**) Iturralde-Vinent, M., 1988. Naturaleza geológica de Cuba. Editoshrial Científico-Técnica 146p, La Habana.

(***) Iturralde-Vinent, M., 1988. Características generales del magmatismo de margen continental de Cuba. Rev. Tecnológica 18(4):17-24.



Manuel A. Iturralde-Vinent. Academic emeritus and Doctor in Geological Sciences. Has conducted geological and paleontological expeditions to the Greater Antilles, Central and South América. His leading interests are geology, paleontology, paleogeography and risk assessment. Published several contributions to the paleontology, paleogeography and origin of the Antillean biota.

<https://www.academiaciencias.cu/es/membresia/manuel-antonio-iturralde-vinent>

Geólogos y geofísicos soviéticos en el petróleo (I parte)

Rafael Tenreiro Pérez

Colaborador de la Revista

Introducción

Centenares de geólogos, geofísicos y técnicos soviéticos prestaron servicio durante los treinta años que duró la cooperación entre Cuba y la Unión Soviética (1960-1990) tratando de comprender la extremadamente compleja constitución geológica de Cuba y educando a toda una generación de ingenieros y científicos cubanos. La lista abarca más de un millar de personas. Al destacar a estos científicos soviéticos estamos rindiendo homenaje y muestra de gratitud por su trabajo y aportes científicos.

1. Belovol Iván Ignatievich (Иван Игнатьевич Беловол)

(*1923, URSS - † 2004, Ruso) Geofísico.



Iván Belovol trabajó desde 1951 como geofísico de petróleo, especialmente en la República Autónoma de Komí, donde participó en el descubrimiento de varios yacimientos de petróleo. En 1978 dirigió un Proyecto de estudios sísmicos en aguas poco profundas en Egipto. A partir de 1982 y hasta 1985 fue jefe del grupo de geofísicos soviéticos en la Empresa Nacional de Geofísica situada en 19 y 8 Vedado, trabajando en estrecha colaboración con Guillermo Hernández, Jefe Técnico. Después regresó a la URSS y trabajó de nuevo en la República Autónoma de Komí. Fue miembro de la Sociedad de Geofísicos de Exploración.

2. Bovenko Viktor G (Виктор Г. Бовенко)

(*?, URSS), Geofísico de petróleo y tectonista.

Investigador científico del Instituto de Investigación Científica de toda la Unión "Geofísica" (ВНИИГеофизика) y, desde el principio de la década de 1970, estuvo en una misión a largo plazo en Cuba. Fue autor de dos informes fundamentales sobre la adquisición y los resultados de investigaciones a lo largo de los perfiles regionales utilizando las estaciones sismológicas Zemliá, en estrecha colaboración con la Dra. B. E. Shcherbakova (del propio instituto VNIIGeofizika) y el Dr. Guillermo Hernández (Dirección General de Geología y Geofísica del Ministerio de Minería y Geología de Cuba). Desde 1970 y hasta 1974, se registraron ondas de cambio de los terremotos en puntos a lo largo de una serie de perfiles regionales en toda Cuba. A partir de este año y durante una década se publicaron los resultados

de sus investigaciones sobre la estructura geológica profunda, la constitución de la corteza terrestre hasta la discontinuidad de Mohorovičić y la capa supracrustal de la parte superior del manto. Estos resultados ayudaron a despejar importantes dudas sobre el origen y la evolución del orógeno cubano así como su relación con las cuencas petroleras de países vecinos, el Caribe y la América del Sur.

Algunas publicaciones

Shcherbakova, B.E., Bovenko, V.G., Lutsenko, T.N., y Miroshnichenko, I.P., 1974. Informe sobre los resultados de observaciones con equipos ZEMLIA, МОСТ, en el territorio de Cuba. Manuscrito Archivos ONRM

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.YE., y Hernández, G., 1978. Relaciones entre la constitución geológica y la estructura de la corteza en Cuba occidental. Sov. Geologiya, 6: 117-128. (en ruso)

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.YE., y Hernández, G., 1979. Nuevos datos geofísicos sobre la estructura profunda del este de Cuba (en ruso). Sov. Geologiya, 9: 101-109.

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.Y. y Hernández, G. 1979 Estructura geológica profunda de la parte occidental de la isla de Cuba. En: Tectonics and hydrodynamics of the region of the Caribbean Basin. Moscow, Edit. Nauka, pp. 130-142 (en ruso)

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.Y. y Hernández, G. 1981 Topography of the Mohorovicic discontinuity beneath eastern Cuba. Transaction of the USSR Acad. of Sciences, Earth Sciences Section, 256, pp. 8-12.

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.Y. & Hernández, G. 1982 New geophysical data on the deep structure of eastern Cuba. International Geological Review, 24, pp. 1115-1162.

Shcherbakova, B.E., Bovenko, V.G., y Hernández, G., 1987. Utilización de los métodos de ondas sísmicas de terremotos para el estudio de la estructura profunda de la isla de Cuba. Prikladnaya Geofizika (en ruso)

3. Gurevich Grigory Semenovich (Григорий Семенович Гуревич)

(*?, URSS), geólogo petrolero y tectonista

Trabaja junto con V.S. Levchenko en la elaboración de una teoría de migración y entrapamiento de los hidrocarburos relacionado con las fallas tectónicas de la plataforma continental norte de Cuba. A partir de esta teoría se utiliza la información sísmica derivada de los levantamientos marinos para predecir la ubicación de yacimientos en tierra. Durante los primeros años de la década de los años setenta junto con V.S. Levchenko y V. Bush ejecuta un monumental trabajo de comparación de las cuencas petroleras de Cuba con los países vecinos de Norte América y el Caribe en el instituto Zarubezhgeologia. Con posterioridad, publica un trabajo sobre potencial del petróleo del Golfo de México y el Mar Caribe (Levchenko et al., 1977). G. Gurevich trabajo en la URSS en problemas de geología del petróleo, como la antigüedad de las cuencas sedimentarias y su influencia en los recursos de hidrocarburos.

Publicaciones

Levchenko, V.A., Gurevich, G.S. & Kiuis, N.A. (1977) Geología y potencial gasopetrolífero del Golfo de México y el Mar Caribe. Survey Marine Geology and Geophysics. Moscow, ВІЕМС (БИЭМС), 100 pp. (en ruso).

4. Ipátenko Stanislav Petrovich (Станислав Петрович Ипатенко)

(*12 de noviembre 1937, URSS), geofísico y gravimetrista petrolero de origen ucraniano, PhD, DSc.



Stanislav Petróvich Ipatenko tuvo una larga y fructífera relación con Cuba. Se gradúa de técnico geofísico en 1957. A partir de ese momento trabajó en Turkmenistán, y fue discípulo de F.A. Arest, uno de los fundadores del estudio geológico-geofísico en Turkmenistán terminando la Universidad y el Doctorado en ese tiempo. En enero de 1967, estuvo en una misión en Cuba con investigaciones sobre el campo de la gravedad de Cuba regresando a la URSS en 1970. Es de particular relevancia sus estudios en las cuencas Central y de Cabaiguán, para revelar los principales elementos estructurales profundos. A partir de la teoría de Ipatenko, la naturaleza de los mínimos en Cuba Central se debe a la existencia debajo de las capas de volcánicos y ofiolitas de una sección sedimentaria de menor densidad. Ipatenko regresa a Cuba en 1980 dirigiendo un grupo de generalización de la información geofísica. Como parte de la síntesis, se confeccionan secciones profundas de Cuba utilizando de forma integrada varios métodos geofísicos. A su regreso en 1984 a la URSS, trabaja en Ucrania en el pronóstico de nuevos yacimientos de petróleo. También intentó combinar la geofísica y las otras ciencias en la llamada "Geonomía". Ipatenko es también autor de un punto de vista completamente nuevo sobre los procesos del Universo y fue candidato al premio Nobel de física por Ucrania.

Publicaciones

Ipátenko, S.P., 1969. Rasgos principales de la formación de la corteza terrestre de la Isla de Cuba y los territorios adyacentes. Según los datos de las investigaciones geofísicas "Trabajos del BZPI Geología", Ed. XI.

Ipátenko, S. P. y Sášhina, N. 1971 Sobre el levantamiento gravimétrico (1:50.000) en Cuba. Ministerio de Minería, Combustible, Metalurgia, (inédito), Habana, 31 pp.

Ipátenko, S., et al. 1971. "Using gravimetric exploration to study the crustal structure of the Island of Cuba and adjacent territory." Revista Tecnológica 9(2): 40-46.

Ipátenko, S.P., et al., 1971. Propiedades físicas de las rocas de Cuba. Serie Geofísica, 8: 13.

Ipátenko, S.P., Kopnin, M., y Shijov, S., 1971. Empleo de la exploración gravimétrica para estudiar la estructura de la corteza terrestre de la Isla de Cuba y los territorios adyacentes. Tecnológica, 9 (2): 40-46.

5. Ivanov Serguei Sergueevich (Сергей Сергеевич Иванов)

(*1941, Leningrado- †Octubre 3, 2008, Moscú) Geofísico, PhD, DSc.



Graduado en 1964 en la Facultad de Geofísica del Instituto de Minas de Leningrado (Leningradsky Gorny Institut). A continuación, trabaja en Kazajstán. Serguei Ivanov obtuvo su doctorado en 1968, en la Universidad Estatal de Moscú. En el período 1968-1970 fue investigador científico mayor en la Organización Científica y Productiva "Sevmorgeo". En la primera parte de la década de 1970, estuvo en Cuba y estudió el campo gravitatorio de Cuba (Ivanov et al., 1974) y el potencial de gas y petróleo de Cuba (Kleshchev et al., 1980). El trabajo de Serguei Ivanov al frente de la geofísica del "Grupo Ciencia" (1970-1974) fue fundamental en la interpretación integral de todos los métodos geofísicos en especial de los campos potenciales para conocer la constitución geológica profunda de las cuencas gasopetrolíferas de Cuba. A su regreso a la URSS, trabajó en el Instituto de Oceanología "P.P. Shirshov" donde obtuvo en 1985 su título de DSc. Es el autor o coautor de más de 150 publicaciones científicas en diferentes ramas de la geofísica, por ejemplo, el estudio del campo magnético anómalo, la variación de la gravedad en el océano, los diferentes aspectos de la estructura de la litosfera, etc.

Publicaciones

Ivanov, S.S., Rodríguez, S. y Leal, A. (1974) Composición espectral del campo gravitacional de Cuba. Materiales de la Primera Jornada científico – técnica. La Habana, pp. 624.

Shein, V.C., Kleshchev, K.A., Ivanov, S.S. y Marrero, M. 1974 Constitución geológica profunda de Cuba y su plataforma marina, según los datos geológico-geofísicos. Resúmenes de la Primera Jornada científico - técnica de geología y geofísica, La Habana, pp. 328.

Kleshchev, K.A., Shein, V.S. & Ivanov, S.S. 1980 The horizontal movements and the petrol – gas - bearing potential of Cuba. Abstracts on the conference "The problems of the geodynamics of the Caribbean region", Moscow, 1980, pp. 70-71.

Shein, V.S., Ivanov, S.S., Smirnov, N.N., Bankovsky, S.Y., Jajalev, E.M., Vasiliev, A.V., Pevzner, L.A., Bogdanov, M.M., Paz, S., Orbera, L., García, E., Leal, A., Rodríguez, J., Rodríguez, M., Amador, E., y Fonseca, V., 1976. Tectónica de Cuba y su plataforma litoral en relación con la evaluación de las perspectivas gasopetrolíferas. Manuscrito. Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de Energía y Minas, La Habana.

6. Kleshchev Konstantin Alexandrovich (Константин Александрович Клещев)

(*Septiembre 22, 1935, Bakú, Azerbaiyán – Abril 25, 2010, Moscú, Federación de Rusia).

Geólogo petrolero, PhD., DSc, Profesor



Se graduó en 1967 en el Instituto de Petróleo Gubkin de Moscú y comenzó su carrera profesional en el Instituto de Investigaciones Científicas para el petróleo y el gas de la URSS-VNIGNI. Trabajó en esta institución en la evaluación del potencial de petróleo y gas de las cuencas sedimentarias de todo el mundo siendo Director del mismo desde 1989. En Cuba, durante su misión de comienzo de la década de 1970 dirigió el llamado “Grupo Ciencia”. Kleshchev junto con otros científicos soviéticos (como el Dr. Shein, Ivanov, Kuznetsov y otros) reinterpretaron toda la información geológica y geofísica existente. Fueron muy importantes los resultados de los perfiles geofísicos regionales y de la perforación paramétrica realizada durante el período 1970-1975. Sobre esa base se demostró que la cuenca del norte de Cuba es un orógeno del Terciario Temprano, resultado de la colisión del arco de la Islas caribeño del Cretácico con el Continente Norteamericano. Como resultado de esta reinterpretación se desarrollan los planes de exploración para los años futuros en la isla que trajo como consecuencia el descubrimiento de nuevos yacimientos de petróleo. A su regreso de su segunda misión en 1983 se convirtió en uno de los principales especialistas en petróleo de la URSS. Fue director del Instituto VNIGNI. (1989-2009). El Dr. Kleshchev, junto con el Dr. Shein y otros colegas, trabajó en la geología de un nuevo tipo de reservorio natural de petróleo y gas. Fue autor de más de 80 artículos científicos (más de 7 de ellos en la geología de Cuba y las Antillas Mayores) y 4 monografías, y coautor del mapa tectónico de Cuba (Shein, Kleshchev et al., 1985).

Publicaciones

Shein, V.C., Kleshchev, K.A., Ivanov, S.S. y Marrero, M. (1974) Constitución geológica profunda de Cuba y su plataforma marina, según los datos geológico-geofísicos. Resúmenes de la Primera Jornada científico - técnica de geología y geofísica, La Habana, pp. 328.

Kleshchev, K.A., Shein, V.S., y García-Sánchez, R., 1977. Tipos de cuencas sedimentarias de Cuba. La Minería en Cuba, 3 (4): 64-68.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., 1977. Estructura y formación de cabalgamientos en las Antillas Mayores. Dokladi Akad. Nauk SSSR, 234 (4): 904-906.

Kleshchev, K.A., y Shein, V.S., 1978. Gas y petróleo en arcos de islas y territorios adyacentes (en ruso). Geología y métodos de búsqueda y exploración de yacimientos de petróleo y gas, Ministerio de Geología, URSS, 1-34.

Kleshchev, K.A., Shein, V.S. e Ivanov, S.S. 1980 The horizontal movements and the petrol – gas - bearing potential of Cuba. Abstracts on the conference “The problems of the geodynamics of the Caribbean region”, Moscow, 1980, pp. 70-71.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Kuznetsov, V., Iparraguirre, J.L., Arzhevski, G.A., y Socorro, R., 1980. Constitución geológica de la República de Cuba y su plataforma marina con sus perspectivas gasopetrolíferas. Manuscrito Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana.

Kleshchev, K. A. 1982. "The geodynamics and oil potential of the Greater Antilles." Tex. dokl. 5 Vses. shkoly morsk. geol. 2(1): 32.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Iparraguirre, J.L., García, E., López-Rivera, J.G., Socorro, R., y López, J.O., 1985. Mapa tectónico de Cuba: Escala 1: 500 000. Tecnológica, 15 (1): 37-40.

7. Kuznetsov Victor Ivanovich (Виктор Иванович Кузнецов)

(*?, URSS), estratígrafo, tectonista.

En 1961 trabajó en la estratigrafía del Cretácico Superior de Tuarkir, Asia Central y, posteriormente, en problemas de hidrología, estimación computacional comparativa de la evaporación de un cuerpo de agua. En su primera misión en Cuba durante la primera mitad de los años setenta fue el jefe del grupo de generalización de la información estratigráfica del “Grupo Ciencia”. Estos resultados fueron presentados en un voluminoso informe. Regresa a Cuba en los primeros años de la década de los ochenta. En 1977, publicó con colegas rusos y cubanos una generalización sobre los sedimentos mesozoicos y cenozoicos de Cuba (Kuznetsov et al., 1977). En 1985 (Kuznetsov et al., 1985), junto con colegas cubanos, publicó un documento sobre la estructura de los mantos de cabalgamiento del norte de Cuba, es decir, encabezó un grupo geológico mixto, que realizó investigaciones geológicas a lo largo de la costa norte de Cuba. El trabajo de Kuznetsov fue el primer intento para correlacionar las secciones encontradas en los pozos con los afloramientos. V.I. Kuznetsov regresó a la URSS en 1983.

Publicaciones

Kuznetsov, V.I., Bassov, V.A., Furrázola, G., García, R. & Sánchez, J. 1977 Resumen estratigráfico de los sedimentos mesozoicos o cenozoicos de Cuba. La Minería en Cuba, La Habana, 3(4), pp. 44-61.

Kuznetsov, V. I., et al. 1980. Estratigrafía de los sedimentos Mesozoicos y Cenozoicos de Cuba. La Habana, Cuba, manuscrito Oficina Nacional de Recursos Minerales

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Kuznetsov, V., Yparraguirre, J.L., Arzhevski, G.A., y Socorro, R., 1980. Constitución geológica de la República de Cuba y su plataforma marina con sus perspectivas gasopetrolíferas. Archivo de la Empresa de Geofísica, La Habana.

Kuznetsov, V., Sánchez-Arango, J.R., Furrázola-Bermúdez, G., y García-Sánchez, R., 1985. Nuevos datos sobre estratigrafía de los mantos tectónicos en la costa norte de Cuba. Serie Geológica, Centro de Investigaciones del Petróleo, 2: 106-118.

Socorro, R., Sánchez-Arango, J.R., y Kuznetsov, V., 1986. La búsqueda de arrecifes en Cuba. Serie Geológica, Centro de Investigaciones del Petróleo, 3: 64-73.

8. Lévcenko Vsevolod Andreevich (Всеволод Андреевич Левченко)

(*1912, URSS-† 22 septiembre de 1985, Moscú, URSS)

Geólogo petrolero y tectonista, PhD, DSc.



El Dr. Vsevolod Andreevich Levchenko trabajó como geólogo principal de Ukhtaneftgeofizika en la exploración petrolera en la República Autónoma de Komi, desde finales de los años cincuenta fue el geólogo principal de Yuzhmorgeo en Guelendzhik en las costas del Mar Negro. Levchenko llegó a Cuba a fines del año 1962 para presentar el informe de la primera campaña sísmica marina del barco V. Obruchev en los cayos Fragoso y Francés. En el período entre 1965 y 1969 estuvo en una misión en Cuba y trabajó como asesor y especialista principal de exploración. Junto con otros geólogos estudió la tectónica de fallas (Levchenko, Ryabukhin, 1971) y el potencial del petróleo (Levchenko et al., 1972) de la plataforma norte de Cuba muy relacionado con los resultados de las investigaciones geofísicas regionales del barco de investigaciones Vladimir Obruchev. En Cuba publicó un artículo sobre la geología y el potencial del petróleo del Golfo de México y el Mar Caribe (Levchenko, 1977). A su regreso a la URSS trabajó especialmente en el potencial petrolero de los océanos del mundo en el Instituto Zarubezhgeologia. Dr. V.A. Levchenko era bien conocido en la antigua URSS como especialista en la estructura de fallas de las zonas de la plataforma. Su experiencia fue el resultado del estudio de las plataformas del Báltico y los mares del Norte en relación a su potencial de petróleo y gas. Defendió su segundo doctorado en agosto de 1985.

Publicaciones

Lévchenko, V.A. & Ryabukhin, A.G. 1971 On the block structure of the northern shelf of Cuba. Geotectonica, 1971, 5, pp. 98-104 (en Ruso).

Lévchenko, V.A., Ryabukhin, A.G., Ryabukhina, M.D., y Echevarría, G., 1972 On the potential in oil and gas of the northern shelf and the sea cost of Cuba. Geología nefiti i gasa, 1972, 4, pp. 68-80 (en Ruso).

Lévchenko, V.A., 1975. Zonalidad transversal tectónica de Cuba y su significado para la búsqueda de petróleo. Boletín MOIP, Departamento de Geología, tomo 50, edición 4. (en Ruso)

Lévchenko, V.A., Gurevich, G.S. & Kiuis, N.A. 1977 Geology and the potential in oil and gas of the Gulf of México and the Caribbean Sea. Survey Marine Geology and Geophysics. Moscow, BIEMS (БИЭМС), 100 pp. (en Ruso).

Lévchenko, V. A. 1979. Tectonic evolution of the Mexican-Caribbean region as a result of Earth's expansion. Tektonika i geodinamika Karibskogo regiona (Tectonics and geodynamics of the Caribbean region). Y. M. Pushcharovskiy et al., Nauka: 117-129.

9. Maksimov Stepan Pavlovich. (Степан Павлович Максимов)

(*1917, URSS - † 1989, URSS)

Geólogo petrolero



En la URSS realizó investigaciones sobre petróleo y gas en la cuenca del Volga-Ural y fue especialista en geología y geoquímica del petróleo y el gas. Fue director del mayor instituto científico de petróleo y gas de la URSS, VNIGNI, desde 1955 hasta 1987. S. Maksimov estuvo en misión en Cuba a principios de los años 70 y estudió con los geólogos soviéticos y cubanos las particularidades de la estructura y la génesis de las rocas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de la Provincia Petrolera norte cubana y sus campos petrolíferos (Maksimov et al., 1976). Maksimov fue uno de los editores de las monografías sobre los yacimientos de petróleo y gas de la URSS. El Dr. S. Maksimov fue autor o coautor de más de 370 artículos y 20 monografías, entre ellos 36 en revistas internacionales.

Publicaciones

Maksimov, S.P., Kleshchev, K.A., Shein, V.S., Marrero, M., Yparraquirre, H. & Socorro, R. (1976) Particularities of the structure of the oil fields of Cuba. Geology of oil and gas, 1976, 9, pp. 70-76 (in Russian).

Shein, V.S., Maksimov, S.P., Yparraquirre, J.L., Rodríguez, R., López-Rivera, J.G., y García, E., 1985. Nota explicativa al Mapa tectónico de Cuba: Escala 1: 500 000. Ministerio de Industria Básica

10. Ryabukhin Anatoly G. (Анатолий Георгиевич Рябухин)

(*1930, URSS),

Geólogo petrolero, tectonista, PhD, DSc, profesor.

En 1965-69 trabajó con V.A. Levchenko en la tectónica de fallas (Levchenko, Ryabukhin 1971) de la plataforma norte de Cuba y con otros geólogos en la tectónica de los campos petrolíferos de Cuba. De regreso a la URSS trabajando en la Universidad Estatal de Moscú continúan su colaboración con otros geólogos soviéticos como A.G. Putcharovsky y M.G. Lomize (Putcharovsky et al., 1979) en trabajos fundamentales sobre la tectónica y la geodinámica de la región del Caribe. A lo largo de muchos años siguió relacionado con la geología petrolera de Cuba desde su función de profesor y Académico. El Dr. A.

Ryabukhin es uno de los grandes geotectonistas soviéticos con importantes contribuciones en la aplicación de la tectónica de placas en la geología rusa junto con el Dr. V. E. Khain (Ryabukhin, 1993; Khain y Ryabukhin, 2002). El Dr. A. Ryabukhin es profesor en la Universidad Estatal de Moscú y autor de muchos artículos científicos.

Publicaciones:

Levchenko, V.A. y Ryabukhin, A.G. 1971 On the block structure of the northern shelf of Cuba. *Geotectonica*, 1971, 5, pp. 98-104 (in Russian).

Levchenko, V.A., Riabujin, A.G., Riabujina, M.D., y Echeverría, G., 1972. Acerca de las perspectivas de la presencia de gas y petróleo en la plataforma y la costa de Cuba. *Geología del petróleo y el gas*, 4.

Putcharovsky Yu. M., Lomitz M.G., Ryabukhin A.G. (Eds.). 1979. *Tectonics and geodynamics of the Caribbean region*. Moscow, Nauka (Science), 147 p.

Ryabukhin, A., G (1992). "Lithodynamic complexes of the Caribbean region." *Moscow University Geology Bulletin* 47(1): 20-27.

Ryabukhin, A. G. (1983). "Osobennosti sovremennoy struktury Karibskogo regiona (Specific features in the present structure of the Caribbean region)." *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody, Otdel Geologicheskoy* 58(1): 22-34.

Ryabukhin, A. G. (1983). "Present structure of the Mexican-Caribbean region." *Byull. MOIP, Ser. Geol.* ??? 57(1): 22-32.

Ryabukhin, A. G., et al. (1983). "Evolution of the Mexican-Caribbean region (Experiment in analysis in light of plate tectonics)." *Geotectonics* 17(6): 498-511.

Ryabukhin, A.G. (1993) *Mobilist ideas in Moscow University*. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Geología*, part 1 (3), pp. 3-13; part 2(5); 39-47 (in Russian).

11. Shcherbakova Bela Ye. (Бела Е.Щербакова)

(* ?, URSS), geofísica y geotectonista del petróleo.

Colaboradora científica del Instituto de toda la Unión de investigaciones científicas "Geofizika" (ВНИИГеофизика). A principios de 1970, estuvo en una misión a largo plazo en Cuba e inició trabajos de campo junto con V.G. Bovenko y G. Hernández. En 1974-1975 registraron ondas refractadas de cambio de terremotos lejanos (МОСТ) a lo largo de una serie de perfiles regionales en Cuba occidental y publicaron sus investigaciones sobre la estructura profunda (Bovenko et al., 1979). Posteriormente continuaron trabajando en la topografía de la discontinuidad de Mohorovičić (Bovenko et al., 1981) y la estructura profunda del este de Cuba (Bovenko et al. 1982)

Algunas publicaciones

Shchervakova, B.E., Bovenko, V.G., Lutsenko, T.N., y Miroshnichenko, I.P., 1974. Informe sobre los resultados de observaciones de los aparatos ZEMLIA, МОСТ, en el territorio de Cuba. Empresa de Geofísica.

Shcherbakova, B. E., Bovenko, V.G., Hernández, G. 1978. "Crustal structure in western Cuba." *International Geological Review* 20: 1125-1130.

Shcherbakova, B. E., Bovenko, V.G., Hernández, G. 1978. "Relief of the Mohorovicic discontinuity surface under western Cuba." *International Geological Review* ???: 7-9.

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.YE., y Hernández, G., 1978. Relaciones entre la constitución geológica y la estructura de la corteza en Cuba occidental. *Sov. Geologiya*, 6: 117-128.

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.YE., y Hernández, G., 1979. Nuevos datos geofísicos sobre la estructura profunda del este de Cuba (en ruso). *Sov. Geologiya*, 9: 101-109.

Bovenko, V.G., Scherbakova, B.Y. & Hernández, G. 1979 Deep geological structure of the western part of the isle of Cuba. In: *Tectonics and hydrodynamics of the region of the Caribbean Basin*. Moscow, Edit. Nauka, pp. 130-142 (in Russian)

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.Y. & Hernández, G. 1981 Topography of the Mohorovicic discontinuity beneath eastern Cuba. *Transaction of the USSR Acad. of Sciences, Earth Sciences Section*, 256, pp. 8-12.

Bovenko, V.G., Shcherbakova, B.Y. & Hernández, G. 1982 New geophysical data on the deep structure of eastern Cuba. *International Geological Review*, 24, pp. 1115-1162.

Bush, W.A., y Shcherbakova, I., 1986. Nuevos datos sobre la tectónica profunda de Cuba. *Geotectonics*, 20 (3): 25-43.

Shchervakova, B.E., Bovenko, V.G., y Hernández, G., 1987. Utilización de los métodos de ondas sísmicas de terremotos para el estudio de la estructura profunda de la isla de Cuba. *Prikladnaya Geofisika*

12. Shein Vasily Stepanovich (Василий Степанович Шейн)

(*1946, USSR)

Tectonista, geólogo petrolero PhD, DSc, profesor.



V. Shein se graduó en 1969 de la Universidad Estatal de Kazakstán como ingeniero-geólogo. En su primera misión a Cuba, dirige el grupo de tectónica para la reinterpretación de los resultados de los perfiles geofísicos regionales y de la perforación paramétrica. El Dr. Shein y otros geólogos rusos hicieron una nueva interpretación de la estructura geológica profunda de Cuba, según las ideas de la tectónica de placas. Es autor y coautor de una veintena de artículos sobre la estructura geológica profunda de Cuba y su plataforma (Shein et al., 1974; Ivanov et al., 1974), sobre las particularidades de las estructuras de los campos petroleros de Cuba (Maksimov et al., 1976), sobre la neotectónica de Cuba (Shein et al., 1975), sobre los tipos de condiciones sedimentarias en Cuba (Kleshchev et al., 1977), sobre la tectónica de Cuba y su plataforma (Shein et al., 1985), sobre los movimientos tectónicos horizontales y el potencial de petróleo y gas de Cuba (Kleshchev et al., 1980), etc. Tuvo una segunda estancia en Cuba en los años 1980 a 1983. A su regreso a la URSS, trabajó en VNIGNI (1988 - actualidad) como jefe del

Departamento de geología y geodinámica de los territorios con potencial de petróleo y gas se convirtieron en uno de los especialistas petroleros más importantes de Rusia, al escribir varias monografías, como la Geología y el potencial de petróleo del Ártico, de Rusia, etc.

Publicaciones

Shein, V.C., Kleshchev, K.A., Ivanov, S.S. y Marrero, M. 1974 Constitución geológica profunda de Cuba y su plataforma marina, según los datos geológico-geofísicos. Resúmenes de la Primera Jornada científico-técnica de geología y geofísica, La Habana, pp. 328.

Shein, V.S., Smirnov, V.N., Kleshchev, K.A. y Obrera, L. 1975 Esquema neotectónico de Cuba y su plataforma marina, escala 1:2.000.000. Ministerio de Minería y Geología de Cuba.

Shein, V.S., Ivanov, S.S., Smirnov, N.N., Bankovsky, S.Y., Yajalev, E.M., Vasiliev, A.V., Pevzner, L.A., Bogdanov, M.M., Paz, S., Orbera, L., García, E., Leal, A., Rodríguez, J., Rodríguez, M., Amador, E., y Fonseca, V., 1976. Tectónica de Cuba y su plataforma litoral en relación con la evaluación de las perspectivas gasopetrolíferas. Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana (Manuscrito).

Shein, V.S., Orbera, L., y Cabrera, M., 1976. Neotectónica de Cuba y su plataforma marina. Geografía Internacional, 1: 32-44.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., 1977. Estructura y formación de sobrecoimientos en las Antillas Mayores. Dokladi Akad. Nauk SSSR, 234 (4): 904-906.

Kleshchev, K.A., Shein, V.S. y García Sanchez, R. 1977 Tipos de Cuencas sedimentarias en Cuba. La Industria in Cuba, La Habana, 3(4), pp. 64-67.

Shein, V.S., 1979. Tectonics of Cuba and its shelf. International Geology Review, 21 (5): 540-552.

Kleshchev, K.A., Shein, V.S. & Ivanov, S.S. 1980 The horizontal movements and the petrol – gas - bearing potential of Cuba. Abstracts on the conference “The problems of the geodynamics of the Caribbean region”, Moscow, 1980, pp. 70-71.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Kuznetsov, V., Iparraguirre, J.L., Arzhevski, G.A., y Socorro, R., 1980. Constitución geológica de la República de Cuba y su plataforma marina con sus perspectivas gasopetrolíferas. Archivo de la Empresa de Geofísica, La Habana.

Shein, V.S. & Kleshchev, K.A. 1984 Mapa tectónico de Cuba (five sheets) and Explanatory text. Revista Tecnológica, 15, Serie Geología 1, pp. 37-39. República de Cuba.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Jain, V.E., Dikenshtein, G.E., Iparraguirre, P.J. y Rodríguez, R. 1985 Mapa tectónico de Cuba, escala 1:500.000. Centro de Investigaciones Geológicas, Ministerio de la Industria Básica.

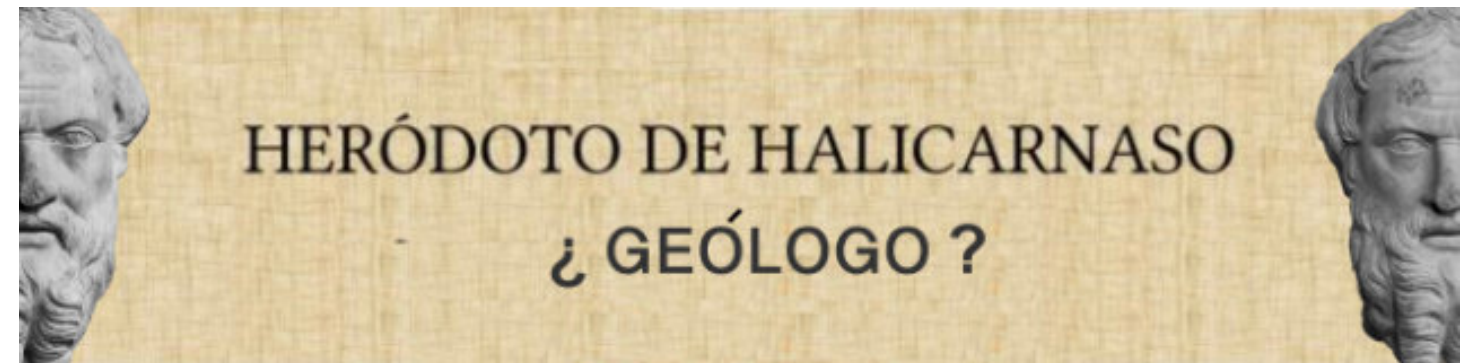
Shein, V. S., et al. 1985. "Model of the deep geologic structure of Cuba." Serié Geológica, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba 1: 78-88.

Shein, V.S., Kleshchev, K.A., Iparraguirre, J.L., García, E., López-Rivera, J.G., Socorro, R., y López, J.O., 1985. Mapa tectónico de Cuba: Escala 1: 500 000. Tecnológica, 15 (1): 37-40.

EL GRAN HERÓDOTO: HISTORIADOR, ETNÓGRAFO, GEÓGRAFO Y ¿GEÓLOGO?

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



INTRODUCCIÓN

La historia, como conjunto de sucesos, es inherente al tiempo, es simplemente el resultado del transcurrir del mismo, así como de los hechos y acciones de quienes han vivido. Sin embargo, para muchos estudiosos en el mundo occidental, su estudio sistemático tiene un punto de partida reconocido en Heródoto de Halicarnaso, considerado por muchos el precursor de la historiografía occidental.

Llamado «el padre de la historia» por el estadista romano Cicerón¹ (106-43 a. C.), Heródoto es el autor del primer texto histórico de considerable extensión. Las llamadas Historias son un relato en varios volúmenes de las guerras greco-persas, repleto de digresiones informativas que abarcan desde Egipto hasta Oriente Próximo. Heródoto también nos legó la palabra «historia», que significaba «investigación» o «conocimiento adquirido por investigación» en el griego original. Hasta el día de hoy, Heródoto es citado a menudo por los eruditos como fuente primaria de información sobre las regiones y civilizaciones de su tiempo (Casas, 2025).

Heródoto nació en Halicarnaso (actualmente Bodrum, pequeña ciudad turca de Asia Menor), en fecha incierta, probablemente hacia el año 484 a. C. La colonia dórica de Halicarnaso se hallaba por aquel entonces bajo dominio persa y era gobernada por un tirano llamado Ligdamis de Naxos. Los progenitores de Heródoto eran, por consiguiente, súbditos del Imperio persa, aunque seguramente por sus venas corría sangre griega, y de hecho es probable que la familia perteneciese a la aristocracia de Halicarnaso (Halsall, 2023). Luego de ser

desterrado de Halicarnaso, Heródoto pasó largo tiempo en la isla de Samos, dedicándose luego a viajar. Fue en la región de Jonia, ubicada en la costa centro-occidental de Anatolia, hoy Turquía, donde surgieron los primeros filósofos, en ciudades como Mileto o Éfeso, importantes urbes comerciales, cercanas al mar, que vivían siempre bajo la amenaza del vecino Imperio Persa. Allí Heródoto forjó su carácter y su espíritu aventurero, mostrando siempre una curiosidad inagotable, y una actitud siempre tolerante; tomando notas de lo que veía y también de lo que le contaban, tal y como un moderno reportero (Casas, 2025).

Es casi seguro que en el 454 a.C., Heródoto regresará a Halicarnaso para participar en la revuelta que derrocó a Ligdamis de Naxos, representante de la tiranía caria que dominaba en aquella época la vida política de la colonia. La siguiente fecha conocida con certeza en la biografía de Heródoto es la de la fundación de la colonia de Turios² en el 444 a. C., una ciudad de la Magna Grecia situada en el golfo de Tarento en Italia. Se cree que Heródoto formó parte de esta primera expedición fundadora, dirigida por Pericles³ (495-429 a. C.), famoso general griego, durante la «Era Dorada de Atenas».

Su permanencia en la Atenas del tiempo de Pericles le permitió vivir el gran momento político y cultural que atravesaba Atenas. Heródoto (Figura 1), pudo conocer a Sófocles (496-406 a. C.), el gran poeta trágico que tanto influiría en su obra histórica y a Protágoras (480-410 a. C.), el principal filósofo de la revolución sofística. Consiguió gran renombre durante su estancia en Atenas hacia el 441 a. C. Allí fue invitado a leer con gran éxito algunos capítulos de su obra y recibió un premio

importante por ello, un pago a sus elogios de la heroica lucha de los griegos, sobre todo de los atenienses, en defensa de la libertad (Tanade, 2024). Durante su estancia en Grecia, recitó por primera vez sus escritos compuestos en la Caria, durante el curso de los solemnes juegos olímpicos de la Olimpiada número 81. También en Atenas recitó por segunda vez su historia, en presencia de un numeroso pueblo reunido para los juegos Panatenaicos⁴, ya en el tercer año de la Olimpiada número 83⁵ (Pou, 1898).

En la época previa a la fundación de Turios², Heródoto hizo algunos de los viajes de los que nos habla en su obra. Se conoce que estuvo en Egipto durante cuatro meses (Halsall, 2023) y que, después, fue a Fenicia, Mesopotamia y al país de los escitas⁶.

Pasados sus 40 años de vida, se dispone de poca información sobre Heródoto. Según sus obras, parece haber realizado solo unos pocos viajes adicionales: uno a Crotona, y a Metaponto (ambas en el golfo de Tarento, Italia) y otro nuevamente a Atenas alrededor del 430 a. C. Dado que el autor prometió realizar ciertos cambios y retoques a su obra, que quedaron inconclusos, se supone que murió alrededor de los 60 años, en el 425 a. C. Fuentes antiguas relatan que murió en Turios, donde su tumba se conoció durante muchos años (Tanade, 2024).

HERÓDOTO Y SU OBRA LOS NUEVE LIBROS DE LA HISTORIA

Todos estos viajes estuvieron inspirados por el deseo de aumentar sus conocimientos y de saciar sus ansias de saber, motores constantes del pensamiento de Heródoto. Éste aparece a través de su obra como un hombre curioso, observador y siempre dispuesto a escuchar, cualidades que combinaba con una gran formación enciclopédica y erudita. Sus peregrinaciones continuarían después de establecerse en Turios², donde residió al menos unos cuantos años hasta su muerte, aunque realmente poco se conoce acerca de esta última etapa de su vida. Las Historias de Heródoto, una obra considerada la base de la historiografía, se piensa fueron escritas entre el 430 y el 425 a. C. (Tanade, 2024).

La obra por la que Heródoto de Halicarnaso mereció el sobrenombre, como ya se mencionó, de «el padre de la historia», corresponde a una división en nueve libros o tratados, uno por cada musa de la mitología griega: Clío,

Euterpe, Talía, Melpómene, Terpsícore, Erato, Polimnia, Urania y Calíope.

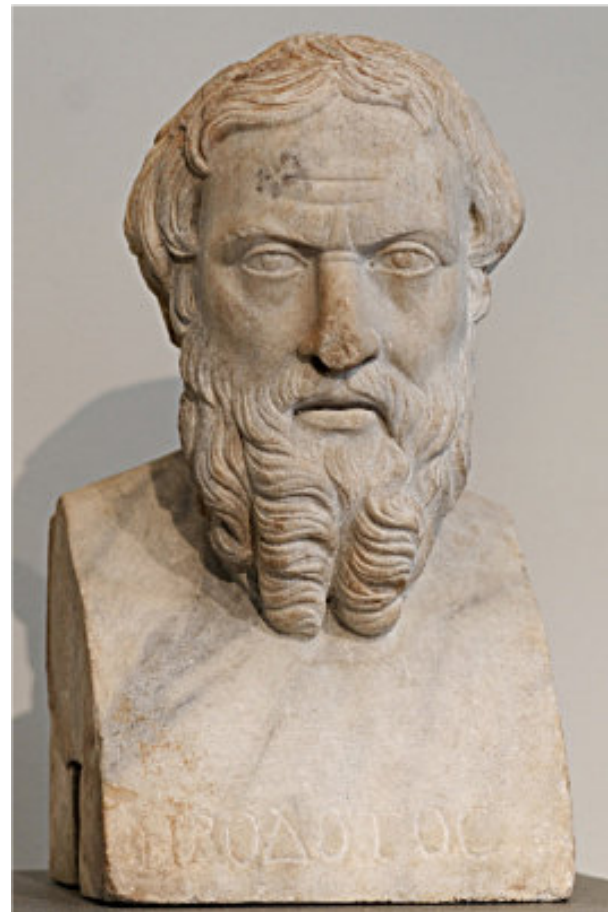


Figura 1. Busto romano de Heródoto de Halicarnaso; Siglo II a.C. Copia de una estatua griega en bronce, de la primera mitad del siglo IV a.C. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cropped-removebg-herodotus-historian.png>

Esta configuración de nueve libros y su título y su título *Los Nueve libros de la historia* (también llamados *Historias*), no son originales de Heródoto, sino que proceden de la recopilación efectuada en el siglo II a. C. (Figura 2), por Aristarco de Samotracia⁷, director de la Biblioteca de Alejandría donde los cinco primeros libros describen los aspectos de fondo de las guerras médicas⁸. Para referirnos a los textos traducidos al español de los *Nueve libros de la historia*, como se les sigue conociendo hoy en día, se usaron las versiones publicadas del Padre Bartolomé Pou (Pou, 1898) y de Rosby (2017). Para acotar el libro y la sección de donde es tomado cada texto que se mencione a continuación, se usará una nomenclatura codificada, por ejemplo: Libro 2 - Sección VII.

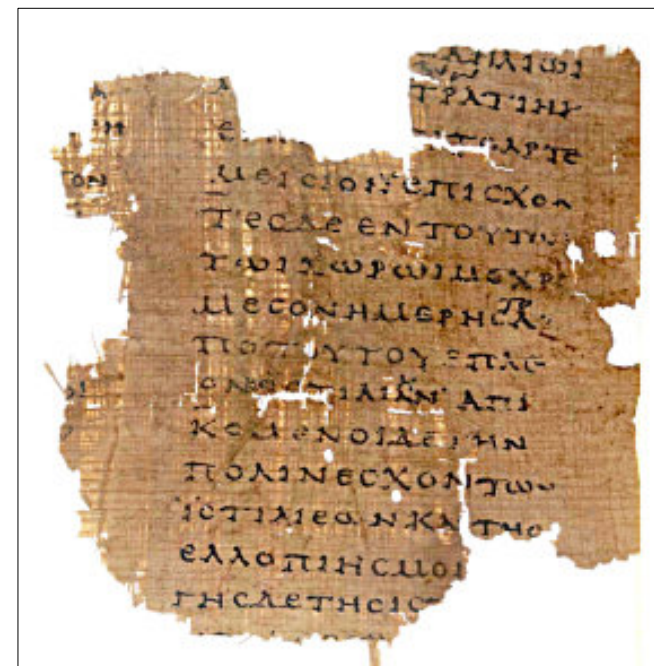


Figura 2. Fragmento del Libro VIII de la Historia de Heródoto en el Papiro Oxyrhynchus 2099, fechado a principios del siglo II d.C.

Fuente:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:POxy_v0017_n2099_a_01_hires.jpg

En el primer libro de su Historia, Heródoto trata acerca del reino de Lidia, del fastuoso rey Creso⁹ y sus enormes riquezas, así como de la conquista de este territorio por el rey persa Ciro El Grande¹⁰. En el segundo libro nos habla de Egipto y sus maravillas. El tercero comienza con la conquista del país del Nilo por el persa Cambises¹¹ y vuelve a las historias de Persia (Britannica, 2025). El cuarto libro abarca dos temas, uno sobre Escitia (región situada en Asia Central) y otro sobre Libia.

Los libros siguientes relatan el conflicto bélico entre griegos y persas (Figura 3), episodio tras episodio. En el quinto, enfoca específicamente las intrigas de los persas en Macedonia y los conflictos de las ciudades griegas, con noticias sobre las políticas de Esparta y Atenas. Los siguientes libros cuentan las dos guerras médicas (492-449 a. C.), y contienen la historia del desarrollo de dicha guerra, evocando la victoria griega en Maratón¹², el dramatismo de la batalla decisiva de las Termopilas¹³, con el relato de la segunda invasión persa de Grecia por el rey Jerjes¹⁴ o Xerxes (480-479 a. C.). En el libro octavo describe la gran victoria griega de Salamina (480 a. C.), y en el noveno las batallas de Platea (479 a. C.) y Micala (479 a. C.), que sellarían la victoria final de los griegos.



Figura 3. Un guerrero hoplita griego (derecha) vence a un soldado persa en esta decoración alegórica de una cerámica del siglo V a.C. Museo Nacional de Escocia.

Fuente:

http://300spartanwarriors.blogspot.com/2016/02/classical-greece-and-ancient-greek_10.html

Las guerras médicas y sus preliminares son el tema de esta primera gran historia narrativa de la antigüedad, donde hace una mezcla diversa de narraciones. Para reunirlos, Heródoto recurrió a sus notas y memorias de los numerosos viajes efectuados a lo largo del mundo conocido en esa época. De ellos extrajo sus fuentes de información y sus datos. Unas veces, Heródoto recoge lo que ha visto con sus propios ojos; otras, lo que le han contado; otras muchas, el resultado de sus indagaciones tras contrastar las tradiciones orales recibidas, con la evidencia arqueológica y monumentos, o tras recurrir a sus encuentros con los sacerdotes y estudiosos de los lugares por él visitados. Así, por ejemplo, su investigación sobre el mito de Hércules¹⁵ le llevó hasta Egipto, visitando Heliópolis, Menfis y Tebas; e incluso hasta Tiro, en Fenicia, donde Heródoto va entrelazando elementos muy distintos entre sí, aun cuando en ocasiones, según su opinión, no sean fiables: *Por lo que a mi toca, miro como un deber de referir lo que se dice, pero no de creerlo todo* (Libro 7 - Sección CLII).

LA GEOGRAFÍA DE HERÓDOTO

Los primeros libros de su Historia, atestiguan la faceta de viajero excepcional que caracterizó a Heródoto. Sin que esté clara su cronología, ni los lugares en los que estuvo, se estima que Heródoto hizo la mayoría de sus

viajes del 464 al 447 a. C., entre sus 20 y 37 años de edad (Tanade, 2024), recorriendo Asia, Siria, Fenicia; y algunas expresiones suyas dan a entender que visitó Babilonia, tal vez llegando hasta Susa y Elam, en el actual Irán. En África, visitó Egipto, recorriendo el valle de Nilo hasta la primera catarata en Elefantina (Asuán), donde acababa el Egipto antiguo. Recorrió también el norte de África, pasando por la Cirenaica y la costa de la actual Libia. Hacia el norte, viajó por el continente griego, por el Epiro, visitó el famoso Oráculo de Delfos (Figura 4), del cual comenta profusamente en el Libro I (Clío), Macedonia, Tracia, Esparta y la Escitia.

Visitó las colonias griegas a orillas del mar Negro, y más allá en la región de Colchis (actual Georgia), se internó en las praderas pobladas por los errantes escitas, en la estepa ucraniana, hasta posiblemente llegar cerca de la actual Kíev. Finalmente visitó la Magna Grecia y numerosas islas del mar Egeo. En la Magna Grecia, las crónicas de los viajes de Heródoto transcurren por las antiguas ciudades de Mileto, Priene, Samos, Éfeso, Afrodísias, Hierápolis, Sardes, Esmirna, Focea, Pérgamo, Assos, Creta, Chipre, Rodas, Troya y Bizancio (Tanade, 2024; Britannica, 2025).



Figura 4. Al fondo, ruinas del famoso Oráculo de Delfos, ubicado en el santuario de Apolo, en las laderas del monte Parnaso. Foto con el autor.

Heródoto reúne noticias muy variadas de sus viajes y experiencias. No se basa para ello en textos escritos, no usa viejos archivos, sino que cuenta lo que ha visto y oído en sus largos viajes y, ya en la segunda parte, nos describe y comenta, como nadie antes, la guerra que decidió la libertad de Grecia, con especial referencia a la democrática Atenas. No sólo es el «padre de la historia», como lo definió Cicerón, sino también de la

geografía, de la antropología cultural; y cuando indagamos más en sus textos, descubriremos con sorpresa que Heródoto aplicó razonamientos científicos y geológicos para explicar muchos fenómenos naturales.

Desde el punto de vista geográfico, Heródoto dejó constancia de una Ecúmene¹⁶, donde el conjunto del mundo conocido en su época, se extendía desde Sudán a la Europa central y desde la India, en su límite oriental, hasta Iberia en el occidente (Figura 5). Durante el siglo VI a. C. el férreo control de los cartagineses sobre las rutas comerciales del Mediterráneo occidental y el estrecho de Gibraltar, limitó su conocimiento directo de esta región y de las costas atlánticas europeas, obligándolo a depender de fuentes secundarias para sus observaciones.



Figura 5. Reconstrucción del mapa de la Ecúmene de Heródoto, circa 450 a. C.

Fuente: <https://personajeshistoricos.com/c-filosofos/herodoto/>

Algunos de los lugares más emblemáticos visitados por Heródoto fueron:

BABILONIA

Heródoto dedica buena parte de su obra a hablar del Imperio persa, de sus gobernantes y costumbres, y de las guerras que lo enfrentaron con los griegos. Nos habla de cómo *Ciro el Grande*¹⁰ toma la ciudad de Babilonia: *mandando demoler todos sus muros y arrancar todas las puertas de la ciudad* (Libro 3 - Sección CLIX). En la antigua Mesopotamia las puertas de muchas ciudades y palacios eran guardadas por toros alados (Figura 6), conocidos como lamassu o shedu, siendo criaturas mitológicas híbridas con cuerpo de toro, cabeza de hombre y alas de águila, que se creían guardianes protectores.

ÉFESO

Heródoto narra en su libro primero que el rey Creso de Lidia sitió la ciudad de Éfeso (Figura 7), durante su conquista de Asia Menor, y que sus habitantes dirigieron sus oraciones a la diosa Diana mientras unían el templo y las murallas de la ciudad con una soga. Describe a Creso como el rey de los lidios y de otras naciones, así como el primero entre los bárbaros que conquistó algunos pueblos griegos de la región que hoy conocemos como Anatolia. Haciendo referencia a los templos griegos existentes, menciona que los más grandiosos son los de Éfeso y Samos. En sus acostumbradas mediciones para dar al lector idea de distancias, Heródoto calcula que de Éfeso hasta Susa (antigua ciudad del primer imperio persa) hay catorce mil cuarenta estadios¹⁷ (Libro 5 - Sección LIV), equivalentes a unos 2.568 kilómetros (hoy día por carretera, Google Maps indica 2.642 kilómetros).



Figura 6. Toros alados o Lamassu, tallados en un solo bloque que mide 4 m de alto y ancho, procedente del palacio del rey Sargon II, cerca de la ciudad de Nínive. Museo del Louvre, París. Foto del autor con sus hijos Joanna y Jonathan.



Figura 7. Ruinas arqueológicas de la ciudad de Éfeso, Turquía. Foto con el autor de escala.

LA GRAN PIRÁMIDE DE GIZA

Heródoto visitó Egipto probablemente entre el 457 y 456 a. C. (Tanade, 2024), durante el tiempo del primer período de dominación persa, bajo el mandato de Artajerjes I (465-424 a. C.). Después de describir la geografía de Egipto y el cauce del Nilo, Heródoto se ocupa de mencionar al faraón Keops¹⁸, el constructor de la Gran Pirámide de Guiza (Figura 8), quien habría sido un déspota durante sus cincuenta años de reinado, obligando a su pueblo a trabajar en las canteras y a transportar bloques de piedra, por tierra y con barcasas en el Nilo. Según las fuentes de Heródoto, cien mil hombres trabajaron continuamente construyendo las pirámides y se relevaban cada tres meses. Solamente construir el canal que del Nilo llegaba hasta las pirámides tomó diez años de esfuerzo continuo. Agrega Heródoto: En cuanto a la pirámide, se gastaron en su construcción 20 años: es una fábrica cuadrada de ocho pletros¹⁹ de largo en cada uno de sus lados, y otros tantos de altura, de piedra labrada y ajustada perfectamente, y construida de piezas tan grandes, que ninguna baja de 30 pies (Libro 2 – Sección CXXIV).

Nadie sabe hoy día con exactitud, cómo se construyeron las grandes pirámides de Guiza, una de las siete maravillas de la antigüedad, pero Heródoto nos relata con mucha convicción, que se hizo avanzando por niveles. Una vez terminado cada nivel se levantaban los bloques al siguiente nivel usando máquinas de maderos cortos, que eran móviles e iban pasando de nivel a nivel (García, 2021).

Heródoto tuvo la oportunidad de ver la Gran Pirámide con su exterior liso pulido cuando comenta: Así es que

la fachada empezó a pulirse por arriba, bajando después consecutivamente, de modo que la parte inferior, que estribaba en el mismo suelo, fue la postrera en recibir la última mano. Como curiosidad también nos narra: En la pirámide está notado con letras egipcias cuánto se gastó en rábanos, en cebollas y en ajos para el consumo de peones y oficiales; y me acuerdo muy bien que al leérmelo el intérprete me dijo que la cuenta ascendía a 4.600 talentos de plata²⁰ (Libro 2 – Sección CXXV).

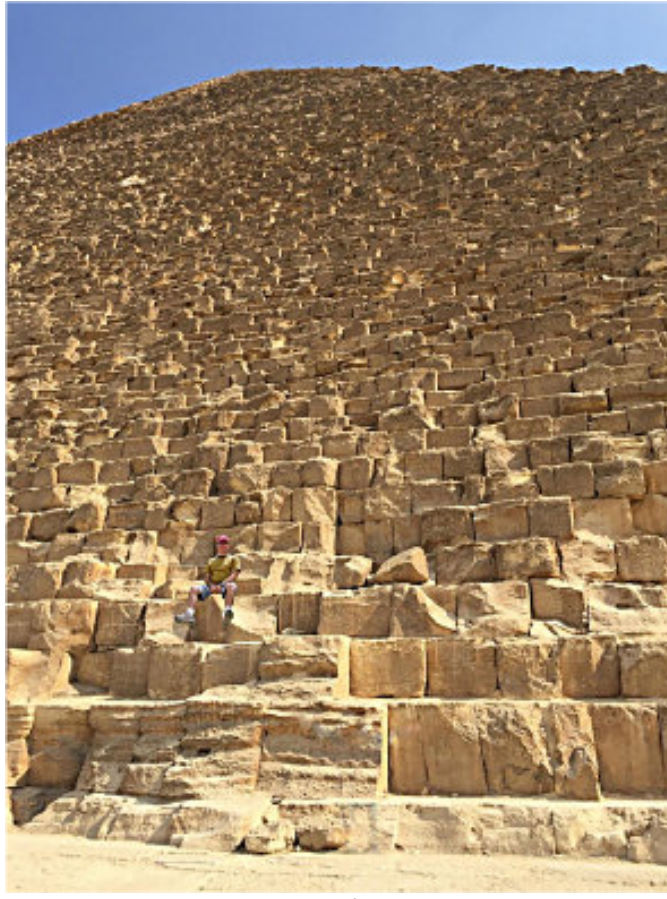


Figura 8. Vista de la Gran Pirámide de Keops. Foto con el autor de escala, sentado en la cuarta fila de bloques.

EL NILO Y SU RELACIÓN GEOGRÁFICA E HISTÓRICA CON LOS EGIPCOS – LAS OBSERVACIONES DE CARÁCTER GEOLÓGICO

Para cualquier lector del Libro 2 (Euterpe) de Heródoto, es una sorpresa encontrar algunas observaciones de carácter geológico, así como argumentos que son mucho más perspicaces y modernos de los esperados en un libro de casi dos mil quinientos años de antigüedad. Estos argumentos y observaciones acerca del río Nilo (Figura 9), y de como se formó su delta, son parte de lo que se analizará en los párrafos a continuación.

Libro 2 - Sección IV: Explicábanse, pues, con mucha uniformidad aquellos sacerdotes [...] Que Menes²¹ fue el primer hombre que reinó en Egipto; aunque el Egipto todo fuera del Nomo²² tebano, era por aquellos tiempos un puro cenagal, de suerte que nada parecía entonces de cuanto terreno al presente se descubre más abajo del lago Meris²³, distante del mar siete días de navegación, subiendo el río. **Libro 2 - Sección V** [...] siendo así que salta a los ojos de cualquier atento observador, aunque jamás lo haya oído de antemano que el Egipto es una especie de terreno postizo, y como un regalo del río mismo, no solo en aquella playa a donde arriban las naves griegas, sino aun en toda aquella región que en tres días de navegación se recorre más arriba de la laguna Meris [...] Otra prueba hay de lo que voy diciendo, tomada de la condición misma del terreno de Egipto, pues si navegando uno hacia él echare la sonda a un día de distancia de sus riberas, la sacará llena de lodo de un fondo de once orgias²⁴. Tan claro se deja ver que hasta allí llega el sedimento que el río va depositando.



Figura 9. Vista del río Nilo, cercano a la primera catarata en la isla Elefantina (Asuán), el lugar más al sur visitado por Heródoto. Foto del autor.

Comienza la sección IV mencionando que los sacerdotes egipcios le explicaron a Heródoto que en los tiempos del primer faraón Menes²¹, la región egipcia al norte de Tebas era un pantano, en nada parecido a los tiempos de Heródoto, dando a entender que los terrenos observados son relativamente recientes y que Egipto en si mismo, es un regalo producto de la sedimentación del río Nilo. No únicamente la costa deltaica en sí, sino toda la región que abarcaba hasta tres días navegando río arriba desde el lago Meris²³. En los párrafos anteriores también Heródoto deja claro que entiende que el

sedimento arrastrado por el río Nilo no solo se deposita en el delta, sino que puede ser hallado a una buena distancia adentrándose en el mar Mediterráneo. Menciona que al acercarse los barcos a la costa y arrojar una sonda a unos 20 metros de profundidad, se encontrará lodo o arcillas depositadas por el río Nilo.

Libro 2 - Sección X: La mayor parte de dicho país, según decían los sacerdotes, y según también me parecía, es una tierra recogida y añadida lentamente al antiguo Egipto. Al contemplar aquel valle estrecho entre los dos montes que dominan la ciudad de Menfis, se me figuraba que habría sido en algún tiempo un golfo de mar, como lo fue la comarca de Ilión, la de Teutrania, la de Éfeso y la llanura del Meandro, si no desdice la comparación de tan pequeños efectos con aquel tan admirable y gigantesco. Porque ninguno de los ríos que con sus sedimentos llegaron a cegar los referidos contornos es tal y tan grande, que se pueda igualar con una sola boca de las cinco por las que el Nilo se derrama. Verdad es que no faltan algunos que sin tener la cuantía y opulencia del Nilo, han obrado, no obstante, en este género grandiosos efectos, muchos de los cuales pudiera aquí nombrar, sin conceder el último lugar al río Aqueloó, que corriendo por Acarnia y desaguando en sus costas, ha llegado ya a convertir en tierra firme la mitad de las islas Equinadas.

Heródoto comienza aseverando de nuevo su observación de que Egipto es una tierra añadida lentamente por la acción del río Nilo, y en su razonamiento imagina que la región alrededor de la ciudad de Menfis fue en algún momento parte del mar Mediterráneo. Para ello utiliza analogías con regiones conocidas por el en otros planos aluviales/deltaicos tanto en Grecia (Ilion) como en la costa oeste de Anatolia en lo que hoy es Turquía (Teutrania, Éfeso), así como la mención de la llanura donde el río Meandro desarrolla sus meandros²⁵, aunque reconociendo que ninguno de los anteriores puede compararse con el tamaño y volumen del Nilo. Luego menciona que los efectos importantes de la sedimentación de los ríos pueden ser observados independientemente de la magnitud del río, y aquí, para reforzar su teoría, y quizás, para citar un ejemplo más cercano a su público griego continental, también proporciona un ejemplo contemporáneo del río Aqueloó²⁶, el cual debido a su rápida progradación sobre la costa hizo que algunas de las cercanas islas Equinadas²⁷ se convirtieran en parte del continente.

Libro 2 - Sección XI: En la región de Arabia, no lejos de Egipto, existe un golfo larguísimo y estrecho, el cual se mete tierra adentro desde el mar del Sud, o Eritreo; golfo tan largo que, saliendo de su fondo y navegándole a remo, no se llegará a lo dilatado del Océano hasta cuarenta días de navegación y tan estrecho, por otra parte, que hay paraje en que se le atraviesa en medio día de una a otra orilla; y siendo tal, no por eso falta en él cada día su flujo y reflujo concertado. Un golfo semejante a éste imagino debió ser el Egipto que desde el mar Mediterráneo se internara hacia la Etiopía, como penetra desde el mar del Sud hacia la Siria aquel golfo arábigo [...] Y si el Nilo quería torcer su curso hacia el golfo Arábigo, ¿quién impidiera, pregunto, que dentro del término de veinte mil años a lo menos, no quedase cegado el golfo con sus avenidas? Mi idea por cierto es que en los últimos diez mil años que precedieron a mi venida al mundo, con el sedimento del río debió quedar cubierta y cegada una parte del mar.

El golfo marino que Heródoto describe detalladamente es el actual golfo de Suez, ubicado entre Egipto y la península del Sinaí. Heródoto imagina que un golfo de longitud similar existió entre el mar Mediterráneo y la región que ocupa Egipto. Propone además imaginar que si el río Nilo torciera su curso para desembocar en el golfo de Suez, en el término de 20.000 años, dicho golfo quedaría anegado de sedimentos. Supone Heródoto que 10.000 años antes de su nacimiento, un gran y poderoso río como el Nilo pudo haber llenado de sedimentos esa área que antes ocupaba el Mediterráneo. Basándose en su analogía hipotética, concluye, casi triunfalmente, que dado todo el tiempo transcurrido hasta su época, es posible que el Nilo hubiera sedimentado un golfo incluso más grande que el golfo de Suez. El enorme merito de este pensamiento de Heródoto se basa en su concepto de cambios geográficos importantes a lo largo de periodos de tiempo de miles de años (Viatcheslavova, 2009). Este pensamiento se perdió completamente con el devenir de las centurias se reemplazó con el concepto bíblico de un mundo estático y no más antiguo de unos 6.000 años²⁸.

Libro 2 - Sección XII: En conclusión, yo tengo por cierta esta lenta y extraña formación del Egipto, no sólo por el dicho de sus sacerdotes, sino porque vi y observe que este país se avanza en el mar más que los otros con que confina, que sobre sus montes se dejan ver conchas y mariscos, que el salitre revienta de tal modo sobre la superficie de la tierra, que hasta las pirámides va

consumiendo, y que el monte que domina a Menfis es el único en Egipto que se vea cubierto de arena. Añádase a lo dicho que no es aquel terreno parecido ni al de la Arabia comarcanca, ni al de la Libia, ni al de los Sirios, que son los que ocupan las costas del mar Árabe; pues no se ve en él sino una tierra negruzca y hendida en grietas, como que no es más que un cenagal y mero sedimento que, traído de la Etiopía, ha ido el río depositando, al paso que la tierra de Libia es algo roja y arenisca, y la de la Arabia y la de Siria es harto gredosa y bastante petrificada.

Nuevamente Heródoto concluye basado tanto en sus propias observaciones como en lo dicho a él por los sacerdotes egipcios, que donde hoy hay tierra, antes era un mar, y que el proceso no se detiene, y continúa avanzando (progradando) sobre la costa del Mediterráneo. Heródoto se apoya además en el hecho de haber observado en las montañas cercanas, restos fósiles de conchas marinas que para él son la prueba de que antes, en el área que ocupa el valle del Nilo, existían condiciones marinas. Además, invoca la presencia de incrustaciones de sal en la superficie como prueba de la antigua existencia de aguas marinas (Viatcheslavova, 2009). Muy perspicaz es también la observación que sigue a continuación, donde Heródoto compara los diferentes terrenos que rodean al valle del Nilo, y donde concluye que dichos sedimentos no se parecen en nada a los que se encuentran en Libia, rojos y arenosos; ni en Arabia o Siria que son arenosos y compactos. Describe que los del Nilo son de color negruzco y se agrietan con facilidad, asociándolo a ciénagas aluviales, cuyo sedimento dice claramente, fue traído desde Etiopía. Nótese que, en tiempos de Heródoto, Libia era la región ubicada al oeste del Nilo, Arabia, la del este; y Etiopía la región del sur.

Libro 2 - Sección XIII: Otra noticia me referían los sacerdotes, que es para mí gran conjetura en favor de lo que voy diciendo. Contaban que en el reinado de Moeris²⁹, con tal que creciese el río a la altura de ocho codos³⁰ bastaba ya para regar y cubrir aquella porción de Egipto que está más abajo de Menfis; siendo notable que entonces no habían transcurrido todavía novecientos años desde la muerte de Meris. Pero al presente ya no se inunda aquella comarca cuando no sube el río a la altura de dieciséis codos, o de quince por lo menos. Ahora bien; si va subiendo el terreno a proporción de lo pasado y creciendo más y más de cada día, los egipcios que viven más abajo de la laguna Meris, y los que moran en su llamado Delta, si el Nilo no

inundase sus campos, en lo futuro, están a pique de experimentar en su país para siempre los efectos a que ellos decían, por burla, que los griegos estarían expuestos alguna vez. Sucedió, pues, que oyendo mis buenos egipcios en cierta ocasión que el país de los griegos se baña con agua del cielo, y que por ningún río como el suyo es inundado, respondieron el disparate, «que si tal vez les salía mal la cuenta, mucho apetito tendrían los griegos y poco que comer.» Y con esta burla significaban, que si Dios no concedía lluvias a estos pueblos en algún año de sequía que les enviara, perecerían de hambre sin remedio, no pudiendo obtener agua para el riego sino de la lluvia que el cielo les dispensara.

En esta parte del texto, Heródoto también hace inferencias indirectas sobre las tasas de sedimentación o agradación del terreno, ya que la época del rey Moeris²⁹ el río solo tenía que subir un mínimo de 3,6 metros para que la tierra al norte de Menfis se inundara. A partir de la información de los sacerdotes, Heródoto deduce que el rey Moeris llevaba cerca de 900 años de fallecido, y que, si el terreno ha seguido agradando en la misma proporción estable durante todo ese tiempo, su estimación, para el momento que describe, es que a menos que el río suba un mínimo de 7,2 metros, la región permanecerá sin inundaciones. Obviamente, no afirma explícitamente que la tasa de agradación sea calculable, pero es probable que tenga en mente una estimación aproximada basada en las cifras que tanto se ha esforzado en proporcionar. Esto implica que la sedimentación de los ríos, comúnmente observada, puede utilizarse de forma cuantificable, para hacer predicciones, sobre el futuro, así como explicar el pasado. Se puede fácilmente estimar con los números dados por Heródoto que la tasa de sedimentación era de aproximadamente 0,4 metros cada 100 años. Por supuesto, Heródoto concluye de todo lo anterior que el terreno seguirá agradando por efecto de la sedimentación, causada por el desborde del Nilo, y predice cuidadosamente marcándola como su propia inferencia, que llegará un momento en que esto no ocurrirá más, y los egipcios de esa región no dispondrán de agua para el riego de los cultivos, con el consiguiente riesgo de hambruna, a menos que las lluvias los salven.

Libro 2 - Sección XV: Si quisiera yo adoptar la opinión de los jonios³¹ acerca del Egipto, probaría aún que ni un palmo de tierra poseían los egipcios en la antigüedad. Reducen los jonios el Egipto propiamente dicho, al país del Delta, es decir, al país que se extiende a lo largo del

mar por el espacio de cuarenta eskenos³² desde la atalaya llamada de Perseo hasta el lugar de las Taricheas Pelusianas y que penetra tierra adentro hasta la ciudad de Cercasora, donde el Nilo se divide en dos brazos que corren divergentes hacia Pelusio y hacia Canopo; el resto de aquel reino pertenece, según ellos, parte a la Libia, parte a la Arabia. Y siendo el Delta, en su concepto como en el mío, un terreno nuevo y adquirido, que salió ayer de las aguas por decirlo así, ni aun lugar tendrían los primitivos egipcios para morir y vivir.

Heródoto comenta que los jonios³¹ consideran que Egipto es únicamente el país del delta, y que el mismo es capaz de demostrar, bajo este concepto, que los egipcios en la antigüedad no poseían tierras donde asentarse o donde vivir, por la sencilla razón de que este espacio era probablemente una antigua y extensa bahía marina que fue posteriormente rellenada por la sedimentación del río Nilo. Heródoto pareciera estar usando la geomorfología del territorio egipcio como medida de la cronología de toda la historia, y nos deja su propia reconstrucción imaginaria, aunque errónea, de un movimiento gradual del pueblo de Egipto hacia el norte a medida que crecía el territorio aluvial.

Libro 2 - Sección XIX: No es sólo el Delta el que en sus avenidas inunda el Nilo, pues que de él nos toca hablar, sino también el país que reparten algunos entre la Libia y la Arabia ora más, ora menos, por el espacio de dos jornadas. De la naturaleza y propiedad de aquel río nada pude averiguar, ni de los sacerdotes, ni de nacido alguno, por más que me deshacía en preguntarles: ¿por qué el Nilo se desborda en el solsticio del verano? ¿por qué dura cien días en su inundación? ¿por qué menguado otra vez se retira al antiguo cauce, y mantiene baja su corriente por todo el invierno, hasta el solsticio del estío venidero? En vano procuré, pues, indagar por medio de los naturales la causa de propiedad tan admirable que tanto distingue a su Nilo de los demás ríos. Ni menos hubiera deseado también el descubrimiento de la razón por qué es el único aquel río que ningún soplo o vientecillo despidе.

En esta sección del Libro 2, Heródoto desata toda su curiosidad, haciéndose múltiples e interesantes preguntas acerca de la naturaleza y comportamiento del Nilo, pero sin encontrar respuestas entre los naturales del lugar. A continuación, Heródoto comienza a describir diversas hipótesis que traten de explicar la naturaleza estacional del Nilo.

Libro 2 - Sección XIX. No ignoro que algunos griegos, echándose de físicos insignes, discurrieron tres explicaciones de los fenómenos del Nilo; dos de las cuales creo más dignas de apuntarse que de ser explanadas y discutidas. El primero de estos sistemas atribuye la plenitud e inundaciones del río a los vientos Etésias³³, que cierran el paso a sus corrientes para que no desagüen en el mar. Falso es este supuesto, pues que el Nilo cumple muchas veces con su oficio sin aguardar a que soplen los Etésias. El mismo fenómeno debiera además suceder con otros ríos, cuyas aguas corren en oposición con el soplo de aquellos vientos, y en mayor grado aun, por ser más lánguidas sus corrientes como menores que las del Nilo. Muchos hay de estos ríos en la Siria; muchos en la Libia, y en ninguno sucede lo que en aquel.

Heródoto comienza a desarrollar las hipótesis existentes acerca del Nilo, no sin antes mofarse de los eruditos griegos a los que llama físicos insignes. Primero nos detalla la hipótesis de que las inundaciones del Nilo se explican a través de la corriente de los vientos etesios³³, pero inmediatamente la descarta ya que observa que muchas veces el Nilo produce desbordamientos sin que esos vientos estén activos. Además, argumenta, que si los vientos etesios tuvieron tal efecto en el Nilo, deberían producir consecuencias idénticas en el caso de otros ríos en situaciones geográficas similares. Heródoto soporta su conclusión apoyándose en el hecho de que en otros ríos que el alega conocer en Siria y en Libia, esto no sucede. La primera parte de la refutación de Heródoto señala una omisión en la lógica de la explicación; la segunda se basa en la idea de que las causas deberían tener los mismos efectos (o al menos parecidas) en circunstancias similares (Viatcheslavova, 2009).

Libro 2 - Sección XXI. La otra opinión, aunque más ridícula y extraña que la primera, presenta en sí un no sé qué de grande y maravilloso, pues supone que el Nilo procede del Océano, como razón de sus prodigios, y que el Océano gira fluyendo alrededor de la tierra. **Libro 2 - Sección XXII.** El que haga proceder aquel río del Océano, no puede por otra parte ser convencido de falsedad, cubierto con la sombra de la mitología. Protesto a lo menos que ningún río conozco con el nombre de Océano. **Libro 2 - Sección XXIII.** La tercera, finalmente, a primera vista la más probable, es de todas las explicaciones, las más desatinada; pues atribuir las avenidas del Nilo a la nieve derretida, son palabras que nada dicen. El río nace en la Libia, atraviesa el país de

los etíopes, y va a difundirse por el Egipto; ¿cómo cabe, pues, que desde climas ardorosos, pasando a otros más templados, pueda nacer jamás de la nieve deshecha y liquidada? Un hombre hábil y capaz de observación profunda hallará motivos en abundancia que lo presenten como improbable el origen que se supone al río en la nieve derretida El testimonio principal será el calor mismo de los vientos al soplar desde aquellas regiones; segunda, falta de lluvias o de nevadas, a las cuales siguen siempre aquellas con cinco días de intervalo; y por fin, el observar que los naturales son de color negro de puro tostados por el sol.

En la sección XXI se mofa de la segunda explicación, la cual supone que el agua del río Nilo procede del mismo océano que rodea la ecúmene conocida y atribuye su falsedad a creencias mitológicas. La tercera hipótesis en la sección XXIII, comienza explicando que puede ser a primera vista la más probable, pero para él es sin embargo la más absurda, pues atribuye las crecidas del Nilo al derretimiento de las nieves en el nacimiento del río Nilo en Libia. Inmediatamente desmonta el argumento con una serie de preguntas, y luego afirmaciones, que testimonia la falta de nevadas en las regiones ubicadas más al sur y que se caracterizan por climas muy calientes. A esto suma otra de sus recurrentes observaciones, pero ahora de carácter etnográfico, donde asevera que los naturales de la región donde nace el Nilo son de piel oscura tostada por el sol, por que el asume que es impensable la existencia de nieves.

Luego de pasearnos por todas las hipótesis existentes, finalmente Heródoto nos hace saber su opinión y conclusión acerca del tema en la sección XXIV. Llegado este punto, es el momento de que Heródoto muestre su propio «pensamiento sobre lo desconocido».

Libro 2 - Sección XXIV. Mas si, desaprobando yo tales opiniones, se me preguntare al fin lo que siento en materia tan oscura, sin hacerme rogar dará la razón por la que entiendo que en verano baja lleno el Nilo hasta rebosar. **Libro 2 - Sección XXV.** Lo explicaremos más clara y difusamente. Al girar el sol sobre la Libia, cuyo cielo se ve en todo tiempo sereno y despejado, y cuyo clima sin soplo de viento refrigerante es siempre caluroso, obra en ella los mismos efectos que en verano, cuando camina por en medio del cielo. Entonces atrae el agua para sí; y atraída, la suspende en la región del aire superior, y suspensa la toman los vientos, y luego la disipan y esparcen; y prueba es el que de allá soplen los

vientos entre todos más lluviosos, el Noto y el Sudoeste [...] El sol, en una palabra, es en mi concepto el autor de tales fenómenos.

Heródoto descarta todas estas explicaciones por razones diversas y, en cierta medida para la época, sensatas. Argumenta, aunque de forma algo complicada y engorrosa, que la temporalidad del Nilo podría deberse a las tormentas estacionales en el curso superior del río. La explicación de Heródoto es correcta, pues hoy sabemos que las inundaciones del Nilo se deben al monzón anual de mayo a agosto, que causa fuertes lluvias en las tierras altas de Etiopía (Libia en su texto).

Aunque Heródoto rechaza de forma bastante despectiva las explicaciones que le comunicaron los sacerdotes egipcios y los eruditos griegos (secciones XIX a la XXIII), podría afirmarse sin embargo que en su razonamiento emplea el análisis de múltiples hipótesis, metodología aplicada hoy en día en el denominado «Método Científico»³⁴. El método también conocido como «hipótesis de trabajo múltiples», fue desarrollado por el geólogo del siglo XIX Thomas Chamberlin (1843-1928) en 1890, e implica considerar varias explicaciones (hipótesis) potencialmente contradictorias, acerca de un fenómeno, antes de centrarse en una sola, lo que promueve una investigación más exhaustiva e imparcial. El método anima a los investigadores a desarrollar y considerar múltiples explicaciones plausibles para un fenómeno, incluso si parecen incoherentes o paradójicas. Este enfoque ayuda a evitar que los investigadores se apeguen demasiado a una sola hipótesis y pasen por alto otras explicaciones plausibles.

La complicada explicación dada de Heródoto es razonable para su época, considerando su modelo astronómico implícito, que asume una Tierra plana con la trayectoria del Sol sobre su superficie como un arco relativamente ajustado e inclinado hacia el Sur. Lo que Heródoto parece decir, pero no lo hace explícitamente. sino entre líneas, es que el sol es más fuerte y absorbe más humedad del curso superior del Nilo durante el invierno que durante el verano.

OTRAS OBSERVACIONES DE CARÁCTER

GEOLÓGICO/GEOGRÁFICO HECHAS POR HERÓDOTO

Libro 2 - Sección LXXV. Otra casta hay de sierpes aladas, sobre las cuales queriéndome informar hice mi viaje a un punto de la Arabia situado no lejos de Butona. Llegado allí (no se crea exageración), vi tal copia de

huesos y de espinas de serpientes cual no alcanzo a ponderar. Veíanse allí vastos montones de osamentas, aquí otros no tan grandes, más allá otros menores, pero muchos y numerosos. Este sitio, osario de tantos esqueletos, es una especie de quebrada estrecha de los montes, y como un puerto que domina una gran llanura confinante con las campiñas del Egipto. Aquella carnicería se explica diciendo que al abrirse la primavera acuden las serpientes aladas desde la Arabia al Egipto, y que las aves que llaman ibis, les salen al encuentro desde luego a la entrada del país, negándoles el paso, y acaban con todas ellas. A este servicio que los ibis prestan a los egipcios, atribuyen los árabes la estima y veneración en que los tienen aquellos naturales, y esta es la razón que dan los egipcios mismos del honor que le tributan.

Según Heródoto también pudo ver en Egipto esqueletos de «serpientes aladas» que, según los lugareños, llegaban volando desde Arabia, donde las aves denominadas ibis, las interceptaban acabando con ellas. Evidentemente Heródoto se refiere a fósiles que observó probablemente en quebradas estrechas entre las montañas. El lugar que describe lleno de numerosos esqueletos no se conoce con precisión ya que alude la cercanía de Butona, la cual se desconoce hoy en día su posición geográfica. Existen muchas posibilidades para esta descripción de Heródoto, pero las que más se acercan a la cantidad de fósiles que describe, podrían estar ubicadas en el desierto occidental de Egipto, donde se han encontrado fósiles de dinosaurios, incluyendo esqueletos de un dinosaurio carnívoro gigante y una nueva especie, el *Mansourasaurus shahinae*, que vivió en el Cretácico.

También en el desierto occidental, especialmente en el área de Wadi Al-Hitan, conocido como el Valle de las Ballenas (Figura 10), se encuentran importantes restos fósiles de ballenas prehistóricas. Se han encontrado fósiles de géneros como *Basilosaurus* y *Dorudon*, dos cetáceos primitivos que habitaron la región hace entre 34 y 56 millones de años atrás, durante el Eoceno (Abel, 2021). Igualmente, en el desierto occidental, cerca del oasis de Bahariya, fueron localizados entre 1910 y 1914 decenas de fósiles, entre ellos fragmentos de un dinosaurio que más adelante se conocerían como *Spinosaurus aegyptiacus*. El *Spinosaurus* vivió durante el periodo Cretácico, hace unos 95-100 millones de años, una época en la que varios grupos de reptiles habían evolucionado para vivir en entornos marinos y costeros. Igualmente, en la misma región del oasis de Bahariya,

han sido hallados restos de un género gigante de dinosaurios denominado *Paralititan stromeri* (Smith, 2020).



Figura 10. Imagen de un esqueleto fósil en el «Valle de las Ballenas». Estos esqueletos se encuentran casi completos por toda la región de Wadi Al-Hitan en el desierto occidental, y los mismos pudieron dar origen al mito de las serpientes voladoras, ya que las aletas pudieron fácilmente ser confundidas con alas. Fuente: National Geographic.

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/valle-ballenas-tesoro-fosiles-pleno-desierto-egipto_17424

Libro 7 (Polimnia) - Sección CXXIX. Corre en efecto una tradición que en lo antiguo era la Tesalia toda una gran laguna cerrada por todas partes con unos muy elevados montes, porque por la parte que mira a Levante la ciñen dos montes, el Pelión y el Osa, cuyas raíces están entre sí pegadas; por la parte del Bóreas la rodea el Olimpo; por la de Poniente el Pindo, y por la de Mediodía y del Noto el Otris: lo que en medio resta circuido por dichos montes, era la Tesalia, comarca, de tierra baja. Concurren, pues, hacia ella, dejando aparte otros ríos, estos cinco muy célebres: el Peneo³⁵, el Apidaño, el Onocono, el Enipeo y el Pamiso, los cuales bajando de los mencionados montes que rodean de todas partes la Tesalia, y juntándose en aquella llanura, dirigen todos al cabo su curso hacia el mismo valle, y éste bien angosto confundiendo sus aguas en una corriente. Desde el lugar en que se juntan álzase el Peneo con el nombre de los demás, haciendo anónimos a los otros. Es fama, pues, que ya en los tiempos antiguos, no existiendo todavía aquel barranco, ni teniendo el agua salida por él, concurrían allá con sus aguas los mismos ríos que ahora, y a más de ellos la laguna Bebeida; de suerte que no teniendo dichos ríos los mismos nombres que al presente tienen, llevaban la misma agua y hacían con ella de la Tesalia toda una gran llanura de mar. Los

tésalos mismos dicen que Neptuno fue quien abrió el canal por donde corre el Peneo; y razón tienen en lo que dicen, pues cualquiera que crea a Neptuno el dios de los terremotos, cuyas obras sean las aberturas que estos producen, no ha menester más que ver aquella quebrada, para decir que es cosa hecha por Neptuno, siendo a mi parecer efecto de algún terremoto, la separación de aquellos montes.

En el libro 7 – secciones CXXVIII, CXXIX y CXXX, Heródoto nos habla de las montañas de Tesalia y del peculiar canal del río Peneo³⁵. Jerjes, fue informado de que este canal era el único paso hacia la costa, así que consideró la posibilidad de bloquear dicho paso, esperando que los tesalios se rindieran ante esta amenaza. Durante la narración de este episodio, Heródoto se detiene a comentar acerca del origen de este extraño paso o canal en el medio de las montañas. Comenta que los nativos tesalios del lugar, afirman que el canal a través del cual fluye el Peneo, fue hecho por el dios Poseidón. Luego refiere que para cualquiera que sepa que Poseidón domina los terremotos y que el canal fue obra de un terremoto, es lógico deducir que Poseidón fue el creador del mismo, pero aquí continúa la reflexión más interesante de su texto, ya que finaliza diciendo *siendo a mi parecer efecto de algún terremoto, la separación de aquellos montes*. De forma muy sutil Heródoto nos hace saber que su conclusión es que el canal del río Peneo fue producto de un terremoto, pero si alguien quiere creer que fue obra de Poseidón, era libre de hacerlo.

Geológicamente, durante la última parte del Cuaternario, la población griega de Tesalia vivió sin duda en un entorno en rápidos cambios y evolución geomorfológica. De hecho, ese fue el período durante el cual el valle de Piniada se rellenó definitivamente mediante un proceso de progradación-agradación fluvial, transformando la zona a condiciones predominantemente lacustres-pantanosas (laguna Bebeida en la narración de Heródoto). Estas condiciones ambientales y deposicionales persistieron hasta el Pleistoceno Tardío, cuando la actividad tectónica a lo largo de una importante falla denominada Larissa con orientación ONO/ESE (Figura 10), desvió el curso inferior del río hacia la llanura de Larissa, lo que provocó el abandono del valle de Piniada. El ascenso del lago, debilitó mecánicamente las rocas carbonatadas superficiales a lo largo de la traza de la mencionada falla, hasta que ocurrió un cambio en el drenaje permanente hacia el este, en ángulo de casi 90° a través

de dicha falla (Figura 11), cortando las montañas. Esta última etapa estuvo asociada a la formación del río Peneo (Pinios), que finalmente transportó las aguas lacustres de Tesalia occidental a la llanura de Larissa y, desde allí, al mar Egeo, formando el actual delta marino (Caputo et al, 2021).

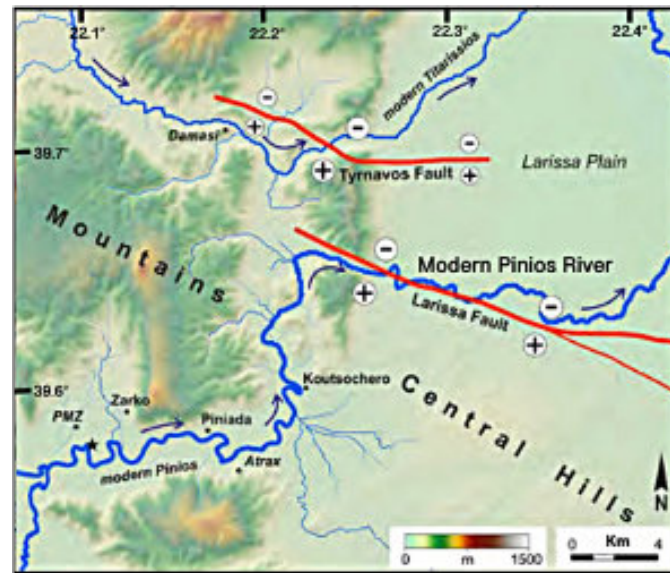


Figura 11. Mapa geomorfológico de la región de Tesalia en Grecia, descrita por Heródoto, mostrando el actual curso del río Pinios (Peneo o Peneus), y como el mismo, cambia violentamente su curso hacia el este, utilizando la traza de la falla denominada Larissa, indicada en la figura. Fuente: CAPUTO et al (2021).

Libro 7 – Sección CCII. *Pero aquella boca del Araxes³⁶ que tiene limpia su corriente, va a desaguar en el río Caspio, que es un mar aparte y no se mezcla con ningún otro; siendo así que el mar en que navegan los griegos y el que está más allá de las columnas de Hércules y llaman Atlántico, como también el Eritreo, vienen todos a ser un mismo mar.*

Heródoto hace gala de su conocimiento geográfico en este pasaje cuando asegura conocer la región del mar Caspio, aseverando además que no se conecta con el mar que navegan los griegos (Mediterráneo), sin embargo, este último a su vez se conecta con el Atlántico, con el golfo Pérsico y con el océano Índico (Eritreo), ya que todos son parte del mismo mar. Tanto en su tiempo, como en el de los geógrafos de la era alejandrina, se consideraba que el Caspio era un brazo del océano norte, por lo que es notable que Heródoto lo catalogara correctamente como un mar interior.

CONCLUSIONES ACERCA DE LAS OBSERVACIONES GEOLÓGICAS DE HERÓDOTO EN EGIPTO

Heródoto realizó algunas de las primeras observaciones geológicas de las que se tenga conocimiento, incluyendo la inferencia de que el mar Mediterráneo en la antigüedad, se extendía mucho más al sur de su posición, basando su conclusión en el hallazgo de conchas fósiles en el interior de Egipto y Libia, y en que la formación del terreno del valle del Nilo se produjo mediante procesos de sedimentación (progradación/agradación). A continuación, se presenta un resumen del análisis de las observaciones de carácter geológico descritas por él en sus libros:

Conchas fósiles y la extensión del mar Mediterráneo:

Heródoto observó restos fósiles marinos (valvas) tierra adentro en lo que hoy forman parte de tierras de Egipto y Libia, llevándolo a concluir acertadamente que el mar Mediterráneo se extendía más al sur en épocas remotas, de lo que ocupaba hoy en día.

Hipótesis de formación de nuevas tierras:

Basado en sus observaciones de fósiles localizados en capas de rocas en zonas de montañas, Heródoto formula la hipótesis de que las nuevas tierras egipcias se formaron a partir de la erosión de las montañas y la deposición del limo mediante el río Nilo. Su argumento fue que los fósiles eran remanentes de organismos que vivieron en el mar y que estos terrenos posteriormente se volvieron tierras emergidas.

Observaciones del río Nilo:

Heródoto fue un hábil observador, reconociendo que los suelos oscuros de Egipto diferían de los suelos desérticos de Siria y Libia, infiriendo correctamente que los de Egipto provenían de las regiones aguas arriba del Nilo, en Etiopía.

Heródoto enfatizó que *Egipto es una especie de terreno postizo, y como un regalo del río mismo*, (Libro 2 – Sección V), repitiendo varias veces que el limo y arcillas transportados por el Nilo, habían dado lugar a la región deltaica, donde florecía la cultura egipcia.

Otras observaciones geológicas:

Heródoto describe haber observado huesos y espinas en Egipto. Diversas regiones del occidente de Egipto presentan zonas con gran cantidad de esqueletos fósiles de diferentes tipos de criaturas tanto del Cretácico como de Paleógeno. Su referencia a serpientes aladas como las denominaban los sacerdotes egipcios, posiblemente tiene que ver con restos de cetáceos muy comunes en dicha región, cuyos cuerpos alargados exhiben aletas que cualquier mortal pudiera interpretar como alas.

Una anécdota interesante de mencionar se refiere a su descripción de que muchos bloques con los que se construyeron las pirámides, estaban compuestos de pequeños granos como lentejas. Heródoto atribuye esto a que las lentejas probablemente eran escupidas por los obreros al comer, y las mismas se convirtieron en posteriormente en piedra. Estos granos, incorrectamente identificados como lentejas, no son más que foraminíferos fósiles, en su mayoría *Nummulites* del Eoceno, que componen las rocas carbonáticas de la Formación Mokattam, usadas como material para la construcción de las pirámides (Casas et al, 2023).

Explicaciones naturales y no intervenciones divinas:

Heródoto atribuyó las inundaciones del Nilo al movimiento anual del sol, controlando la humedad y las tormentas en su cabecera, y no a la intervención divina de los dioses egipcios. Heródoto no menciona en su obra principal la leyenda del diluvio de Deucalión³⁷, la versión griega equivalente al Diluvio Universal narrado en el libro del Génesis (Casas 2024), sin embargo, sí se interesó por las explicaciones de ciertos eventos catastróficos, como la noción de que la tierra había sido inundada en algún momento de la antigüedad. Esta idea la basó en la presencia de fósiles marinos en zonas continentales, que para él eran evidencias de inundaciones antiguas.

Aunque no corresponde a Egipto, el caso de la garganta por donde discurre el río Peneo, desde su nacimiento en el Monte Peneus, Grecia, es un ejemplo digno de mencionar, ya que Heródoto asevera que dicha garganta es el producto de un terremoto, más que de la intervención del dios Neptuno, como afirmaba la tradición del lugar. Hoy día sabemos que la garganta mencionada por Heródoto, y por donde discurre el río hacia el este, es producto de una importante falla tectónica.

Uniformitarismo:

Las observaciones de Heródoto en cuanto al funcionamiento de los ríos, se alinean con el principio del Uniformitarismo³⁸. A pesar de su limitado conocimiento de los fenómenos geológicos, sus conclusiones acerca del pasado se basan en observaciones presentes. Desafortunadamente, Heródoto no separó sus observaciones y conclusiones geológicas del resto del texto, y por esta razón, no sentó implícitamente las bases fundacionales de los estudios geológicos. Todo esto tuvo que ser redescubierto por unos pocos investigadores siglos después, entre los que destaca Harrington (1967).

HERODOTO MAS ALLA DEL TIEMPO

Los romanos rindieron pleitesía a la figura de Heródoto, ya que fue Cicerón quien lo llamó «el padre o precursor de la historia». Muchos historiadores romanos se sirvieron de él como fuente de información a lo largo de los siglos, y abundan las citas y referencias sacadas de las Historias. Con la llegada del helenismo, la obra de Heródoto adquirió una mayor relevancia gracias al carácter un tanto novelesco de algunos relatos, algo aparentemente muy de moda en esa época.

Durante la Edad Media, período en que la lengua griega se convirtió en un verdadero arcano, Heródoto dejó de leerse, aunque gracias a los historiadores latinos, se difundieron algunas de sus anécdotas insertas en sus relatos. Su estrella volvió a brillar gracias a los logros del humanismo³⁹, donde la traducción latina más antigua que se conserva de la obra de Heródoto, fue escrita por Lorenzo Valla⁴⁰ (1406-1457), e impresa en Venecia en 1473. Aparentemente, el único ejemplar original de esta fecha (Figura 12), se encuentra en la Biblioteca Palafoxiana⁴¹ en México (Biblioteca Palafoxiana, 2020).

Ya a comienzos del siglo XVI, salieron publicadas nuevas ediciones de sus Historias, con lo que el texto original de Heródoto entró de nuevo al caudal de la erudición de los siglos posteriores. Es entonces cuando a finales del Renacimiento, se redescubre a Heródoto y su obra, la cual vuelve a leerse con entusiasmo. Su traducción al latín, hace que resurja la historia al estilo inconfundible de Heródoto. En el siglo XVIII se reafirmó su prestigio, a la vez que se comprobó la veracidad de muchos de los pasajes que contaba en sus relatos, y que siempre habían parecido inverosímiles.

Dentro de todos los relatos históricos, etnográficos y geográficos descritos por Heródoto en sus *Nueve libros de la historia*, no solo nos sorprende con las narraciones obtenidas de los habitantes de cada lugar, sino que incorpora sus propias ideas, conceptos y razonamientos. No se conforma con una explicación única de los fenómenos, sino que busca distintos enfoques. Su observación directa y la recopilación de relatos orales lo distingue como un pionero en el estudio de las culturas humanas. Si bien muchas de sus secciones lucen para el lector sumamente fantasiosas, hay que situarse en el momento histórico de Heródoto (Figura 13), donde gran parte del mundo cosmogónico se explicaba a través de la intervención divina de los dioses.

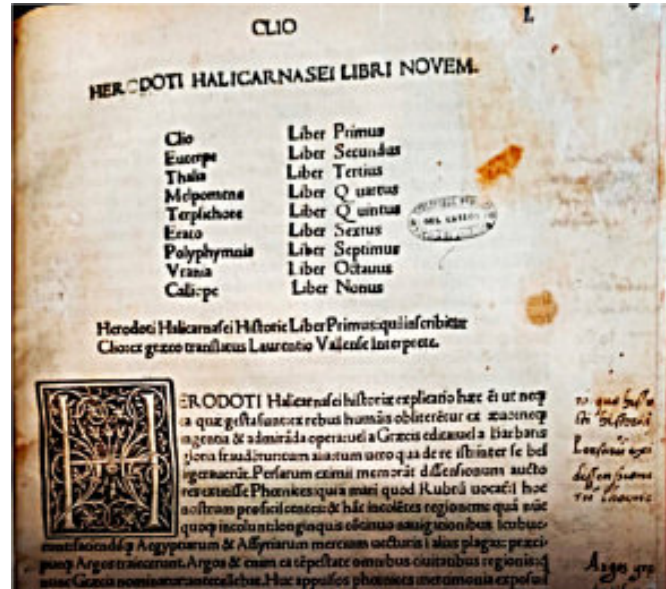


Figura 12. Imagen de la primera página de la traducción al latín más antigua que se conoce (1473), de la obra de Heródoto, impresa en Venecia (imprenta de Nicolaus Rubea). Ejemplar conservado actualmente en la Biblioteca Palafoxiana, México.

Fuente:

<https://adabi.pages.fahho.mx/2023/07/24/herodoto-el-autor-del-libro-mas-antiguo-de-la-palafoxiana/>

A pesar de ello, Heródoto supo en numerosas ocasiones hacer observaciones, recopilar y clasificar datos, y esbozar conclusiones que aún hoy, casi 2.500 años después, nos asombran por su carácter de deducción científica, actuando bajo la premisa de que la naturaleza puede ser analizada y comprendida. Dentro de estas observaciones están las de carácter geológico que se rescatan en este trabajo, y que constituyen prueba fehaciente de que a Heródoto, además de sus dotes de historiador, etnógrafo y geógrafo, también se le pueden endilgar dotes de geólogo.

Los procesos naturales relacionados con la geología del valle del Nilo, forman parte en sí mismos de la narrativa de la historia egipcia y de todos sus acontecimientos en general, dejando ver que el estado actual es el resultado de su historia pasada. Esta es la evidencia más clara de la relevancia de la historia natural de Heródoto, para su proyecto general en las Historias.

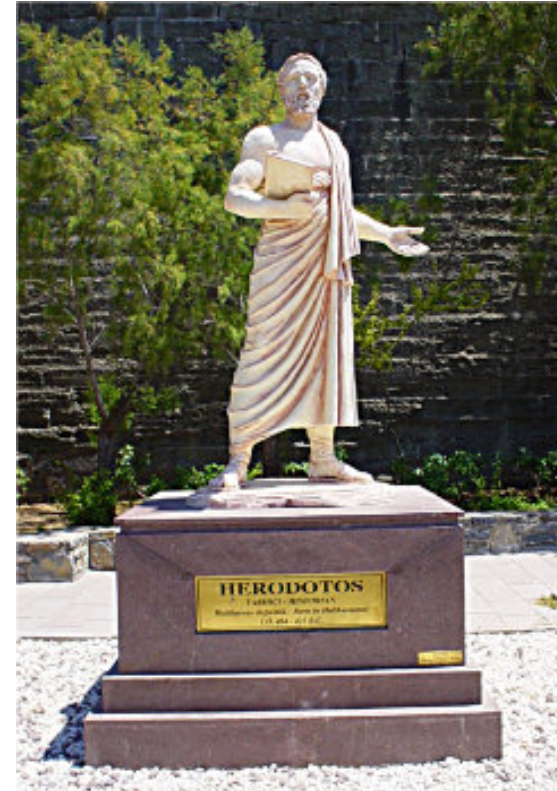


Figura 13. Estatua dedicada al historiador Heródoto en su ciudad natal (hoy Bodrum, Turquía). Fuente: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Herodotusstatue.JPG>

NOTAS ADICIONALES

1 Marco Tulio Cicerón fue un político, filósofo, escritor y orador romano. Se le considera uno de los más grandes retóricos y estilistas de la prosa en latín de la República Romana. Reconocido universalmente como uno de los autores más importantes de la historia romana, es responsable de la introducción de las más célebres escuelas filosóficas helenas en la intelectualidad republicana, así como de la creación de un vocabulario filosófico en latín.

2 Turios llamada también por algunos escritores latinos y por Ptolomeo como Thurium, fue una ciudad de la Magna Grecia, situada en el golfo de Tarento (península italiana), a corta distancia de Síbaris. La idea de una colonia panhelénica fue de Pericles y en su fundación intervinieron Heródoto, Protágoras de Abdera e Hipódamo de Mileto. Turios fue fundada en 444 a. C. y tomó el nombre de un manantial local.

3 Pericles (c. 495-429 a. C.) fue un importante jurista, magistrado, general, político y orador ateniense en los momentos de la edad de oro de la ciudad. Artífice de la victoria helena sobre los persas en la batalla de Micala (479 a. C.). Llamado el Olímpico, por su imponente voz y por sus excepcionales dotes de orador. Pericles fomentó las artes y la literatura, por esta razón, Atenas tiene la reputación de haber sido el centro cultural de la Antigua Grecia.

4 Los Juegos Panatenaicos o Panateneas eran un ciclo de fiestas religiosas y deportivas, que se llevaban a cabo todos los años en Atenas dedicadas a la diosa Atenea (protectora de la ciudad), y que tenían lugar durante algunos días del primer mes en el calendario ático, equivalente a finales del mes de julio actual o principios de agosto. Eran las celebraciones religiosas más antiguas e importantes de Atenas.

5 Los pormenores de la estancia de Heródoto en Atenas, provienen del prólogo de la traducción hecha por Bartolomé Pou (s.f.), de los Nueve Libros de la Historia, de Heródoto. Bartolomé Pou (1727-1802) fue un helenista y erudito español que promovió el estudio de la lengua griega y el gusto por la belleza de su literatura.

6 Los escitas fueron un pueblo nómada de lengua irania y probable origen en las estepas de Asia. Su territorio abarcaba desde Tracia (actual Bulgaria y Rumania) hasta el Cáucaso y parte de Asia Central.

7 Aristarco de Samotracia (217-145 a. C.) fue un gramático y miembro de la escuela filológica alejandrina. Vivió en Alejandría durante el reinado de Tolomeo VI Filometor. Sucedió a su maestro Aristófanes de Bizancio como director de la Biblioteca de Alejandría.

8 Las guerras médicas fueron una serie de conflictos entre el Imperio aqueménide de Persia y las ciudades-estado del mundo helénico que comenzaron en 492 a. C. y se extendieron hasta el año 449 a. C. La colisión entre el fragmentado mundo político de la antigua Grecia y el enorme imperio persa comenzó cuando Ciro II el Grande conquistó Jonia (región de Anatolia, Turquía) en el 547 a. C.

9 Creso, último rey de Lidia (entre el 560 y el 546 a. C.), perteneció a la dinastía Mermnada, con un reinado que estuvo marcado por la guerra y las artes. Creso conquistó, en definitiva, a todas las ciudades griegas de Anatolia. Heródoto le dedica buena parte de su primer libro de Historia.

10 Ciro el Grande (600/575 – 530 a. C.) fue el instaurador de la dinastía aqueménide de Persia (circa 559-530 a. C.) y el fundador del primer Imperio persa, extendiendo su dominio por la meseta central de Irán y gran parte de Mesopotamia. Sus conquistas se extendieron sobre Media, Lidia y Babilonia, desde el mar Mediterráneo hasta la cordillera del Hindu Kush, con lo que creó el mayor imperio conocido hasta ese momento. El mismo duró más de doscientos años hasta su conquista final por Alejandro Magno (332 a. C.).

11 Cambises I, fue un rey persa de Anshan (600–559 a. C.). Padre de Ciro II el Grande, el que posteriormente sería el fundador del Imperio aqueménide. Cambises es un personaje frecuente en los relatos de los historiadores clásicos.

12 La batalla de Maratón fue un enfrentamiento armado que definió el desenlace de la primera guerra médica. Ocurrió el 12 de septiembre del 490 a. C. y tuvo lugar en los campos y la playa de la ciudad de Maratón, situada a pocos kilómetros de Atenas.

13 El paso de las Termópilas se extiende desde Lócrida, en Tesalia, Grecia, entre el monte Eta y el mar (golfo Maliaco). Es un paso ineludible en el trayecto entre el norte y el sur de Grecia, y por sus características geográficas fue elegido como escenario de varias batallas importantes en la historia de Grecia. La contienda más famosa de la antigüedad fue la batalla de las Termópilas, del año 480 a. C., en la que el ejército griego, formado 300 espartanos y 700 tespios al mando de Leónidas (540-480 a. C.), contuvo el avance netamente superior del ejército persa al mando de Jerjes I, rey del Imperio aqueménide.

14 Jerjes I (circa 519-465 a. C.), también conocido como Jerjes el Grande, o Xerxes, fue el cuarto gran rey y rey de reyes del Imperio aqueménide (486-465 a. C.), hijo de Darío I y de Atosa, hija de Ciro II el Grande. En 480 a. C., Jerjes comandó personalmente un gran ejército y cruzó el Helesponto hacia Europa. Logró victorias en las Termópilas y en Artemisio, antes de capturar y arrasas Atenas. Sus ejércitos lograron el control de la Grecia continental, al norte del istmo de Corinto, hasta su derrota en la batalla de Salamina.

15 Hércules o Heracles, uno de los más famosos héroes de la mitología, era hijo de Júpiter, equivalente romano del dios griego Zeus, y la mortal Alcmena. Llevó a cabo doce grandes trabajos, llamados Los Doce Trabajos de Hércules, por lo cual fue deificado. Se caracterizaba por su monstruosa fuerza física sobrenatural y por amar a la humanidad.

16 La palabra ecúmene proviene del griego antiguo *οἰκουμένη*, que significa «tierra habitada». Se refería al mundo conocido por los antiguos griegos y romanos, es decir, la parte de la Tierra que ellos consideraban habitada.

17 El estadio era una unidad de longitud de la antigüedad, principalmente en Grecia y Egipto, cuya medida era variable dependiendo de la época y del lugar. En Grecia un estadio siempre tenía 600 pies, pero la medida del pie no era la misma en todas las ciudades estado.

18 Jufu, Jéops (Kheops en griego), más conocido como Keops, fue el segundo faraón de la cuarta dinastía, perteneciente al Imperio Antiguo de Egipto. Reinó desde el año 2584 hasta el 2558 a. C.

19 Un pletro era una antigua medida griega de longitud y superficie. Como medida de longitud, equivalía a unos 29,6 metros. Como medida de superficie, equivalía al área arada por un par de bueyes en un día, 100 × 100 pies, o 10000 pies cuadrados, unos 874,38 metros cuadrados.

20 El talento (del griego *τάλαντον*, talanton que significa balanza o peso), era una unidad de medida monetaria utilizada en la antigüedad. Tiene su origen en Babilonia, pero se usó ampliamente en todo el mar Mediterráneo durante el período helenístico y la época de las guerras púnicas. En el tiempo de Heródoto, equivalía a cerca de 27 kilogramos de plata.

21 Menes, también llamado Narmer fue un rey del Antiguo Egipto durante el periodo arcaico. Los egiptólogos lo consideran como el probable sucesor del rey predinástico Horus Escorpión II o Horus Ka, siendo considerado por algunos el unificador de Egipto y fundador de la I dinastía.

22 Nomo se denomina a cada una de las subdivisiones territoriales del Antiguo Egipto. Este nombre es de origen griego (*Νομός*, «distrito»); la palabra equivalente egipcia era *hesp* o *sepat*, que designaba la superficie cultivable de los territorios.

23 Meris o Moeris era el nombre dado por los antiguos escritores griegos a un gran lago de la actual región de El Fayún, Egipto, cuyas aguas se regularon en el siglo XIX a. C. bajo el reinado de Amenemhat III, faraón del Imperio Medio. En la actualidad es un lago salado mucho más reducido llamado Birket Qarun.

24 Medida griega de longitud equivalente a 1,77 metros.

25 El río Meandro, hoy Büyük Menderes en Anatolia, era conocido por su curso extremadamente sinuoso, lo que llevó a los griegos a usar su nombre para describir cualquier río o cuerpo de agua con esa característica.

26 El Achelous o Acheloos, es un río en Epiro, Grecia occidental. Es uno de los ríos más largos de esta región.

27 Las islas Equínadas son un grupo de pequeñas islas griegas, parte de las Islas Jónicas, localizadas aguas afuera de la costa de la Acarnania, justo a la entrada occidental del golfo de Corinto. En tiempos de Heródoto, varias de las islas Equínadas quedaron unidas al continente debido a la fuerte progradación de los depósitos deltaicos del actual río Acheloos.

28 En el siglo XVII, el arzobispo James Ussher (1581-1656), un destacado erudito y teólogo irlandés, realizó un cálculo de la antigüedad de la Tierra en 6000 años, basándose en la interpretación de las genealogías bíblicas y otros textos religiosos. La conclusión de Ussher tuvo una gran influencia en la cultura occidental, y su cálculo de la antigüedad de la Tierra fue ampliamente aceptado durante varios siglos.

29 Los griegos, incluido Heródoto, se referían a Amenemhat III como el rey Moeris, siendo este un faraón de la XII Dinastía, que gobernó aproximadamente entre 1860 y 1814 a. C.

30 El codo egipcio media 0,45 metros.

31 Los jonios, o jónicos, eran un grupo de griegos antiguos que habitaban en la región de Jonia, en la costa occidental de Asia Menor (actual Turquía), y se caracterizaban por su dialecto jónico y su influencia cultural en la antigua Grecia.

32 Heródoto, en el Libro 6, nos dice que un esqueno es igual a 60 estadios, equivalentes hoy día a 10,5 kilómetros.

33 Los etesios son fuertes vientos secos del norte del mar Egeo, que soplan desde mediados de mayo hasta mediados

de septiembre. Durante los largos días de verano, este es, con mucho, el viento más habitual, y está considerado como una bendición. Los etesios se deben principalmente a la profunda depresión continental centrada en el suroeste de Asia, y que sopla de una dirección que podría ser cualquier sitio entre el noreste y el noroeste dependiendo de la topografía local.

34 El método científico es un proceso sistemático para investigar fenómenos, adquirir conocimientos y corregir o integrar conocimientos existentes, basado en la observación, experimentación y análisis de datos.

35 El río Peneo, Pineos o Pineios, en el norte de Grecia, tiene unos 215 kilómetros de largo y es llamado en griego actualmente Salambria. En la antigüedad clásica tenía el nombre de Peneios, aunque también se hizo conocido por la forma latinizada Peneus. Es el principal río de la región de Tesalia, naciendo en el monte Katara de la cordillera del Pindo, discuriendo con curso muy sinuoso por estrechos valles/gargantas y desembocando en el golfo Termaico del mar Egeo.

36 El río Aras, también transcrito como Araxes en griego, es un largo río asiático en las montañas del altiplano armenio, que desagua en el mar Caspio. Discurre en su curso alto por Turquía, luego es frontera entre Turquía, Armenia, Irán y Azerbaiyán, donde finalmente se adentra. Tiene una longitud de 1072 kilómetros.

37 En la mitología griega, Deucalión hijo de Prometeo, fue el superviviente del gran diluvio enviado por Zeus para castigar los vicios de la raza humana. El diluvio de Deucalión y el relato del Diluvio Universal, presentan similitudes generales, ya que ambos relatos hablan de una inundación catastrófica que destruye la humanidad existente como castigo divino, un arca o cofre que salva a los protagonistas y a sus animales; y una nueva generación que comienza después del diluvio.

38 El uniformitarismo, también conocido como la doctrina de la Uniformidad, es la suposición de que las mismas leyes y

REFERENCIAS CONSULTADAS

- ABEL, G. (2021). El Valle de las Ballenas, un tesoro de fósiles en el desierto de Egipto. *National Geographic*. Recuperado el 12 de abril, 2025, de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/valle-ballenastesorofosilespleno-desiertodegipto_17424
- BIBLIOTECA PALAFOXIANA (2020). Recuperado el 11 de marzo, 2025 de <https://palafoxiana.com/acervo/>
- BRITANNICA (2025). *Herodotus, Greek Historian*. Recuperado el 13 de abril, 2025 de <https://www.britannica.com/biography/Herodotus-Greek-historian>
- CAPUTO, R., HELLY, B., RAPTI, D. & VALKANIOTIS, S. (2022). Late Quaternary hydrographic evolution in Thessaly (Central Greece): The crucial role of the Piniada Valley. *Quaternary International*. 635, 3-19. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1040618221000720?via%3Dihub>
- CASAS, J., CAÑIZARES, M. & BARITTO, I. (2023). The Great Step Pyramid of Djoser: History, Geology and Nanoplankton content from its rock casing. *Journal of Geological Resource and Engineering* 11,1-9 <https://www.davidpublisher.com/index.php/Home/Article/index?id=49980.html>
- CASAS, J.E. (2024). Geomitología, ¿Una conexión entre el Diluvio Universal, la desaparición de Doggerland y la Atlántida?. *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*. 65, 75-88 <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/12/GEOMITOLOGIA-%C2%BFUNA-CONEXION-ENTRE-EL-DILUVIO-UNIVERSAL-LA-DESAPARICION-DE-DOGGERLAND-Y-LA-ATLANTIDA.-Jhonny-E.-CASAS.pdf>

procesos naturales que operan en las observaciones científicas actuales, siempre han operado en el pasado. En geología, el uniformismo ha incluido el concepto gradualista de que «el presente es la clave del pasado», y que los eventos geológicos se producen al mismo ritmo que siempre lo han hecho.

39 El humanismo surgió durante el Renacimiento, en Europa, como un movimiento intelectual, filosófico y cultural que enfatiza la dignidad y el potencial de la humanidad, promoviendo la razón, la autonomía y la libertad individual; y que se inspiró en la cultura y filosofía clásicas de Grecia y Roma.

40 Lorenzo Valla fue un humanista, orador, educador y filósofo italiano, considerado el pionero de la crítica histórica y filosófica. El papa Nicolás V contrató a Lorenzo Valla para la traducción (justo antes de la aparición de la imprenta) de documentos griegos, tanto paganos como cristianos, al latín, lo que contribuyó enormemente a la expansión del humanismo.

41 La Biblioteca Palafoxiana fue fundada en el año 1646 por el obispo español Juan de Palafox y Mendoza en Puebla de los Ángeles (México), y es considerada como la primera biblioteca pública de América. El ejemplar de la obra de Heródoto que se conserva, formaba parte de la librería del Colegio de la Compañía de Jesús de Puebla de los Ángeles, según reza una anotación en las primeras páginas.

CASAS, J.E. (2025). Heródoto: Historiador, Etnógrafo, Geógrafo y ¿Geólogo?. Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. LXXXV(2): 7-22. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2025/09/Boletin-LXXXV-n%C2%B02-2025-Jhonny-Edgar-7-22.pdf>

GARCÍA, C. (2021). Herodoto, el historiador viajero. *National Geographic*. Recuperado el 22 de marzo 2025 de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/herodoto-historiador-viajero_11890

HALSALL, P. (2023). *Ancient History Sourcebook*, 11th Britannica: Herodotus. <https://sourcebooks.fordham.edu/ancient/eb11-herodotus.asp>

HARRINGTON, J. (1967). The first, first principles of geology. *American Journal of Science*. 265, 449-461.

POU, B. (1898). *Los nueve libros de la historia de Heródoto de Halicarnaso*. Librería de Hernando y Co., Madrid, 1383 p. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Los nueve libros de la historia de Her%C3%B3doto de Halicarnaso - Tomo II %281898%29.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Los_nueve_libros_de_la_historia_de_Her%C3%B3doto_de_Halicarnaso_-_Tomo_II_%281898%29.pdf)

ROSBY, E. (2017). *Los nueve libros de la historia*. Ed. Textos-Info, Menorca, España. 624 p.

SMITH, J. (2020). The Strange Saga of Spinosaurus, the Semiaquatic Dinosaurian Superpredator. *Carnegie Museum of Natural History*. Recuperado el 12 de abril, 2025 de <https://carnegiemnh.org/the-strange-saga-of-spinosaurus-the-semiaquatic-dinosaurian-superpredator/>

TANADE, R. (2024). *New World Encyclopedia*. Herodotus. Recuperado el 12 de abril, 2025 de <https://www.newworldencyclopedia.org/p/index.php?title=Herodotus&oldid=1149018>

VIATCHESLAVOVA, V. (2009). *Natural History in Herodotus' Histories*. Ph. D. unpublished thesis. Harvard University, 195 p.

REFERENCIAS GENERALES

<http://classics.mit.edu/Herodotus/history.2.ii.html>

<https://personajeshistoricos.com/c-filosofos/herodoto/>

<https://www.worldhistory.org/image/6501/herodotus/>

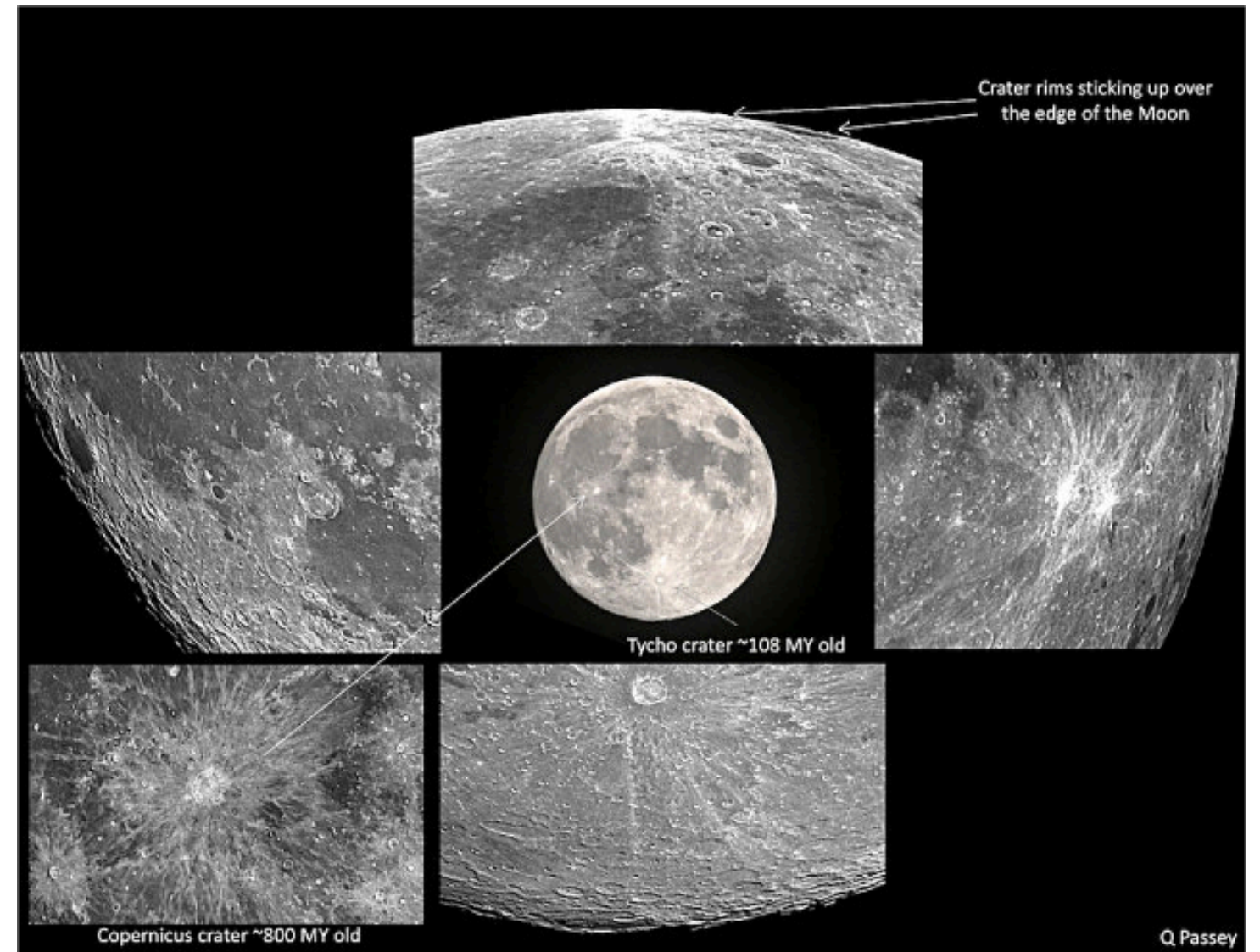


jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 38 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú.

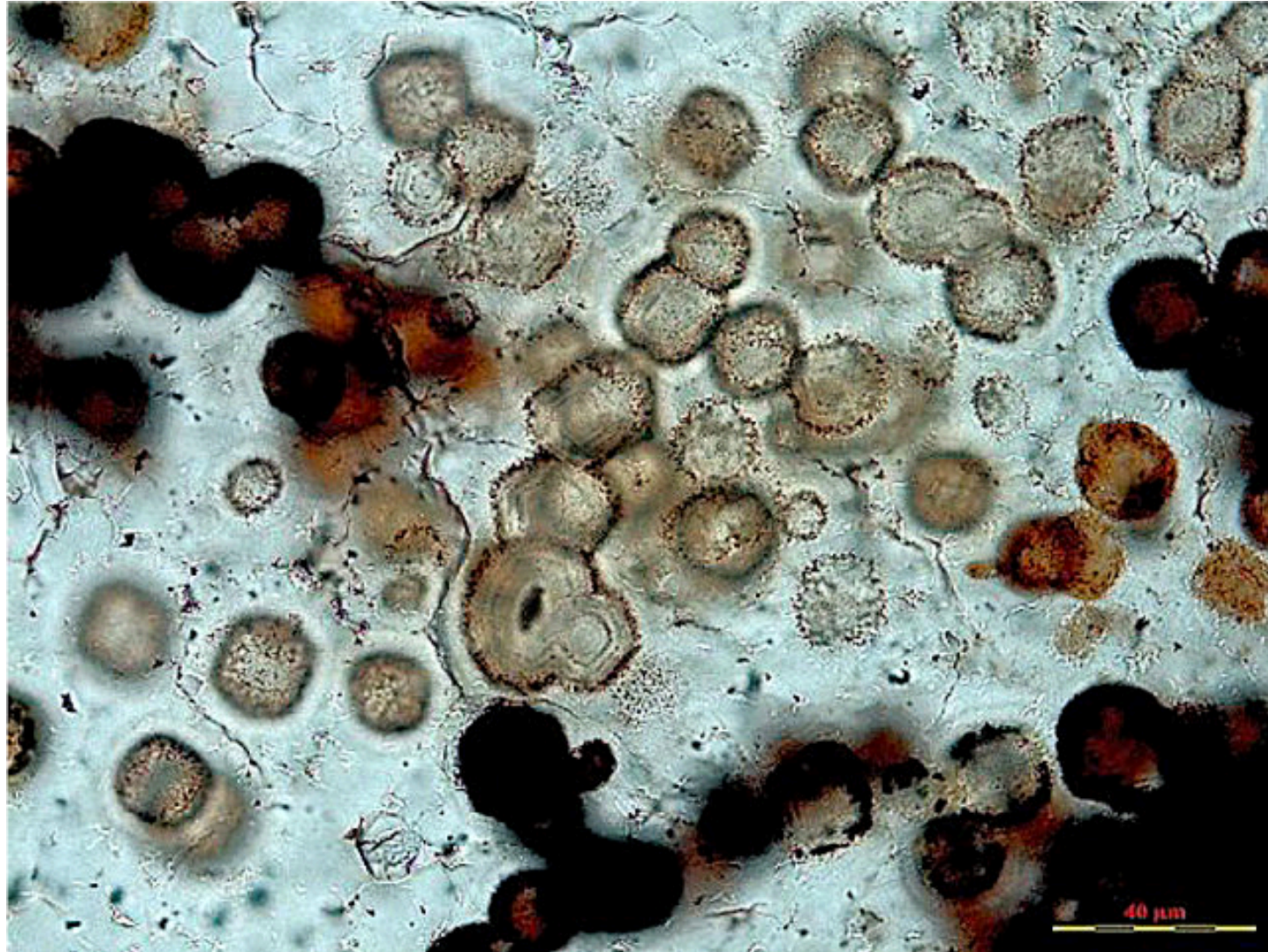
Autor/Co-autor en 64 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer. Autor de más de 60 artículos de divulgación científica.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 14 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).



The full Moon is once again with us (actually at 3pm Mountain time). Since it occurs only when it is exactly 180° away from the Sun, during its exact Full Moon time, it will not be visible whenever the Sun is up. And, once again today's Moon will be called a "Super Moon" because it is at its closest to Earth and apparently slightly larger. (February 1, 2026).

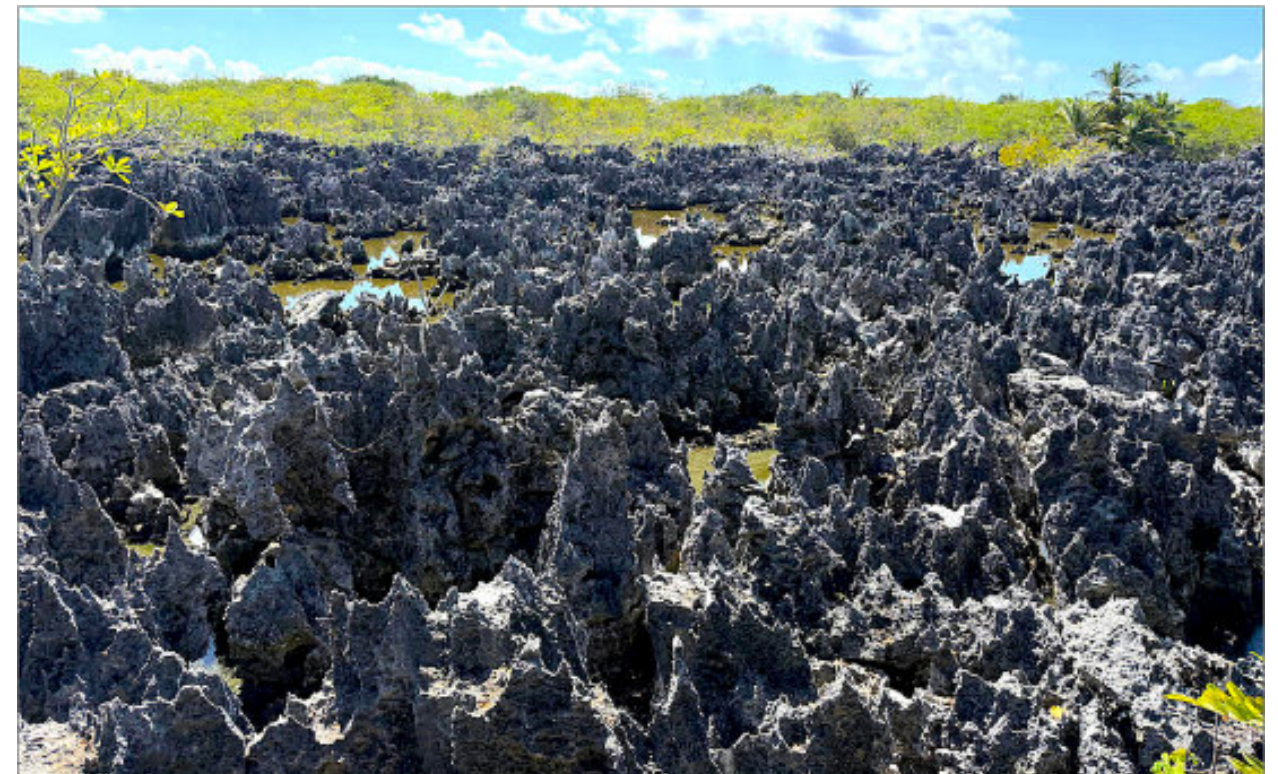
However, the "nearly" Full Moon also displays some surprises along its edge or rim, when it is possible to see craters, basins, and mountains (some actually around the rim). If you were standing on the rim of the Moon, the Sun would be either rising or setting but without the beautiful atmospheric colors we experience on Earth at sunrise and sunset. Photos by **Quinn Passey**.



Fósiles de cianobacterias (posible afiliación a Pleurocapsa) con preservación exquisita gracias a estar encapsulados en sílice de origen límnico. Aptiense del Presal del Atlántico Sur, offshore Brasil. Fotomicrografía de **Jordi Tritlla Cambra**.



Estratovolcán andesítico de la Faja Volcánica Transmexicana. Foto de **Laura Itzel González León**.



Microkarst de carbonatos recientes en la Isla Gran Cayman del Mar Caribe. Microkarst of recent carbonates on Grand Cayman Island in the Caribbean Sea. Photo by **Joshua Rosenfeld**.



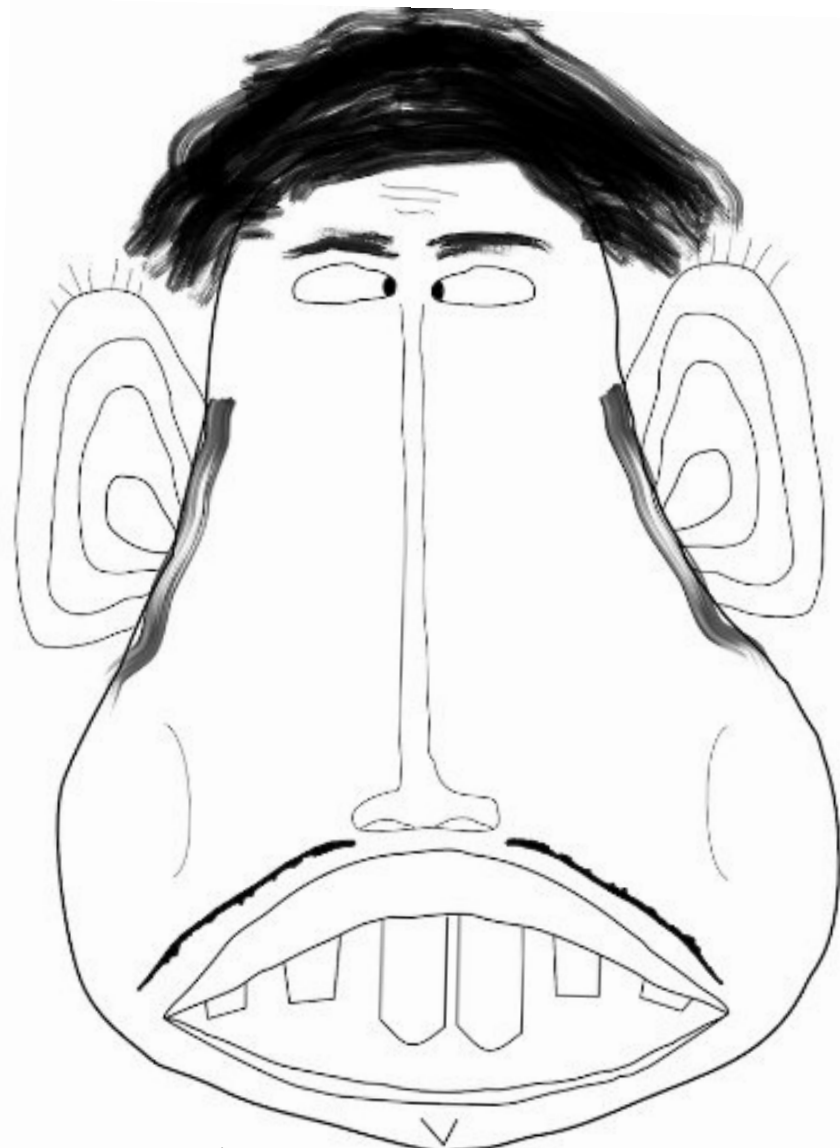
Carlsbad Caverns National Park, New Mexico. Foto de **Gilda Yolid Muñoz**, 2014. Carlsbad Caverns' geology features a 250-million-year-old fossilized reef (Capitan Limestone) uplifted to form the Guadalupe Mountains, with massive, sulfuric acid-dissolved chambers (like the Big Room) created 4–6 million years ago. <https://www.nps.gov/cave/learn/nature/geologicformations.htm>



Fig. 1. Restos de tronco petrificado de la Formación La Matilde (Jurásico Medio–Superior) en el Monumento Natural Bosques Petrificados de Jaramillo, ubicado en la región centro-oriental de la provincia de Santa Cruz, en el ámbito del Macizo del Deseado, Argentina. Al fondo se distingue el cerro Madre e Hija, remanente de un antiguo edificio volcánico. Algunos troncos fósiles de araucarias alcanzan longitudes cercanas a los 30 m y presentan orientación preferencial hacia el este, lo que sugiere que fueron abatidos por vientos intensos, probablemente asociados a eventos volcánicos explosivos provenientes del oeste. Fotografías de **Jesús S. Porras**.



Fig. 2. Afloramientos del Dells of the Wisconsin River, donde el río Wisconsin ha excavado un estrecho cañón con prominentes acantilados en areniscas cuarzosas cámbricas (Potsdam Sandstone), depositadas hace más de 500 millones de años en un antiguo mar. La morfología escarpada y las formas erosivas actuales se originaron hace aproximadamente 14.000 años, tras la ruptura de un lago proglacial al final de la última glaciación, que desencadenó una inundación catastrófica responsable del modelado del paisaje actual.



A nosotros los alumnos de geología nos gusta mucho realizar las prácticas de campo, porque tenemos la oportunidad de tomar muchas fotografías de estructuras geológicas, montañas y de afloramientos.

Eres estudiante o maestro de geología y tienes fotografías de afloramientos de tu área de estudio o de viajes de campo?

Comunícate con

Bernardo García-Amador
bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu

quien está a cargo de organizar esta información.

Una cuestión de tiempo: El problema en la determinación de la longitud

Laura Itzel González León
Colaboradora de la Revista

Imaginemos que un amigo te cita en un café al que nunca has ido y, por ende, no conoces la ubicación exacta, ¿qué haces para llegar ahí? La mayoría de las personas con acceso a un teléfono móvil, buscaríamos en nuestra aplicación con GPS instalada por defecto y listo, podríamos llegar siguiendo las instrucciones: “continúa sobre esta avenida por 2 km”, “en 200 metros, gira a la izquierda...”.

Recordemos que, para localizar puntos en la superficie de nuestro planeta se emplea un sistema de referencia basado en una malla imaginaria que divide a la Tierra en segmentos angulares iguales; las líneas verticales son aquellas a las que denominamos “meridianos” y las horizontales “paralelos”. Estas líneas nos permiten determinar sitios específicos a través de dos datos: respectivamente, longitud (dirección Este-Oeste) y latitud (dirección Norte-Sur), cuya intersección denominamos “coordenada geográfica”.

Lo anterior parece obvio ahora que empleamos tecnología con la que es posible ubicarnos espacialmente; sin embargo, antes del siglo XVIII esto causó grandes dolores de cabeza a más de un navegante. La navegación por las aguas abiertas había comenzado ya hace muchísimo tiempo; existen registros de que en los 700-1000 d.C. los pueblos escandinavos ya surcaban las aguas septentrionales en busca de territorios y recursos llegando hasta Norteamérica. En ese entonces, los viajeros ya podían calcular su latitud a través de los ángulos formados

por los astros (la estrella Polar o el Sol) con respecto al horizonte; pero no sucedía lo mismo con la longitud, puesto que para ello era necesario conocer de manera precisa la diferencia angular entre el punto de partida y su ubicación. Por supuesto, se intentó también la localización con astros (distancias lunares) pero esto requería grandes tablas matemáticas para predicción de movimiento – y la Luna se mueve mucho más rápido – por lo que un error pequeño se convertía en variaciones de longitud considerables.

¿Cómo encontrar entonces un punto de referencia que guiará a los navegantes en dirección Este-Oeste? y, ¿por qué era tan importante conocer la ubicación exacta de una embarcación en el mar?



Frontispicio de “El Espejo del Marinero”, una de las colecciones de cartas náuticas más famosas, publicada en 1588 y usada durante casi 100 años por los navegantes (Fuente: Biblioteca Folger Shakespeare).

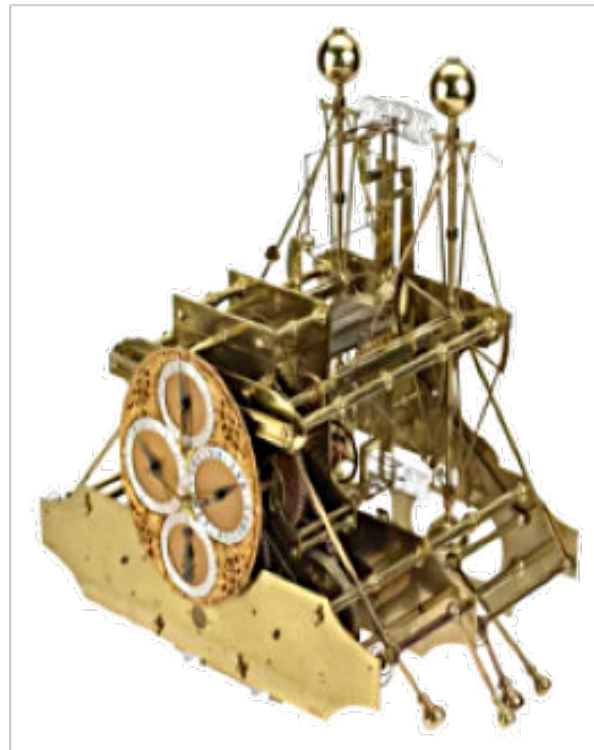
La elaboración de mapas nunca ha sido un asunto banal; para quienes transportaban mercancías por mar, la exactitud en las rutas se traducía en eficiencia y seguridad

(disminución de naufragios, por ejemplo) que a las grandes naciones les permitían alcanzar objetivos económicos y geopolíticos de los que dependía su supremacía con respecto a sus adversarios. Antes de la invención de los sistemas de posicionamiento actuales, la navegación dependía de las condiciones climáticas (vientos y corrientes marinas) y referencias visuales (astros o líneas de costa) por lo que cualquier cambio en estas generaba preocupación y un reto para las rutas trazadas. Perderse en mares u océanos turbulentos, era común.

Sin embargo, no todo estaba perdido, pues cada error en altamar, era un granito aportado al conocimiento empírico de la época. Así, las primeras cartas náuticas eran esquemas que los navegantes con más experiencia dejaban plasmados para complementar la sabiduría colectiva. De esta manera, los barcos podían viajar empleando estos textos junto con brújulas sencillas, la velocidad del barco y el tiempo estimado en cada dirección. Más adelante, comenzaron a anexarse datos matemáticos y astronómicos haciendo mapas más detallados; pero esto no era suficiente, la longitud seguía oponiendo resistencia a ser hallada con precisión.

Como vemos, para este punto, la observación astronómica contaba ya con grandes avances, por lo que era bien sabido que la posición de un astro en el firmamento dependía del horario y ubicación en la que te encontrabas. Entonces, si conocías la hora exacta en la que un astro se encontraba en un punto específico del cielo... ¡Exacto! podías conocer tu ubicación. Profundicemos más en esto; se sabe – y se sabía - que la Tierra daba un giro completo (360°) en 24 horas; es decir, avanzamos 15° cada hora. Fácil, ¿no? Sabiendo la hora del punto de partida y la del medio día del lugar donde te encontrabas, podías determinar la longitud por la diferencia horaria. No obstante, había un “pequeño” problema: los relojes en esa época no eran lo suficientemente exactos en el mar (+15 minutos de diferencia al día), por lo que el mínimo desacierto horario, te devolvía de nuevo a la incertidumbre espacial.

Con múltiples accidentes marítimos (siendo el naufragio de Shovell de 1707 el ejemplo más famoso de la época con la muerte de casi 2,000 marineros) y grandes pérdidas económicas originadas por errores de navegación, la parte gubernamental tuvo que intervenir. Desde mediados del siglo XVI la potencia española ya comenzaba a otorgar incentivos a quien aportara tecnología/información para solventar estos desafíos. Los ingleses, por su parte, aseguraban que para determinar la longitud era necesario mejorar las observaciones celestes (a principios de siglo XVII, Galileo había descrito las Lunas de Júpiter como brújulas celestes), por lo que, en 1675, con el apoyo del entonces rey Carlos I, establecieron lo que sin saberlo se convertiría en la ubicación del Meridiano 0: el observatorio de Greenwich.



Primer prototipo de cronómetro de Harrison. (Fuente: Royal Museums Greenwich).

En 1714, fue publicada por el gobierno inglés la “Ley de Longitud”, ofertando hasta 20,000 libras esterlinas (más de 25,000 dólares, ¡una fortuna para la época!) para aquel que pudiera determinar con precisión la longitud hasta en 0.5°. Fue así, cuando los cartógrafos, relojeros y cientos de inventores se dieron a la tarea de perfeccionar sus relojes de tal manera que cualquiera pudiera encontrar su

ubicación en un mapa. Algunos personajes notables que participaron e influyeron en esta competencia fueron Galileo Galilei, Christiaan Huygens y Johannes van Ceulen. Sus aportaciones nos dieron el reloj de péndulo, pero no fue hasta después de 1720 que el carpintero y relojero – autodidacta como era común - John Harrison presentó 1 prototipo (H1) que revolucionaría la navegación y el tiempo como se conocían hasta entonces.

Su creación consistía en un reloj de 34 kg (“pequeño”, si me permiten aludir) con una precisión de hasta 1/5 de segundo al día que no se veía afectado por los movimientos oscilantes en los barcos, la humedad, ni los cambios de temperatura, pues usaba un mecanismo que reducía notablemente la fricción conocido como “grasshopper” que era el encargado de impulsar los engranes y mantener oscilando el péndulo, por lo que no requería lubricación y, además, poseía compensación térmica. ¡Enhorabuena! Las pruebas en un viaje de altamar hacia Lisboa demostraron que el prototipo funcionaba y esto le brindó a Harrison la oportunidad de obtener recursos para seguir mejorando sus relojes. Para el H4, ya había incluido un oscilador de alta frecuencia en un reloj de bolsillo (bueno, un poco más grande que eso) más estable y de precisión extraordinaria.



John Harrison, alrededor de 1766 (Fuente: Museo de Ciencias, Biblioteca de Imágenes de Ciencia y Sociedad, Londres).

Harrison dedicó 40 años de su vida a este proyecto; en total, presentó 5 prototipos (H1-H5) desde 1732 hasta 1772, solucionando así el tan complejo y prolongado problema de la longitud. La capacidad de determinar la posición exacta permitió a los navegantes viajar con mayor certeza en altamar y facilitó los viajes de exploración ofreciendo ventajas comerciales y estratégicas a quien así la empleara.

Lamentablemente, John Harrison obtuvo la totalidad de su premio poco antes de morir, una vez que se demostró que sus relojes podrían replicarse. Pero esto no es tan triste, pues al menos recibió el debido reconocimiento en vida; y con justa razón, pues lo que hizo Harrison marcó un hito en la historia del posicionamiento global. Vale la pena nombrar también el trabajo en Francia de los relojeros LeRoy y Berthoud (de origen suizo), quienes también contribuyeron con la fabricación de sus propios prototipos que atravesaron los mares durante esa época; además de la réplica de John Kendall (K1) que sirvió para difundir los modelos de Harrison y por supuesto a John Arnold y Thomas Earnshaw que pulieron y facilitaron el sistema para hacerlo comercial. Finalmente, este ensayo sirve también para reconocer el trabajo de Rupert Gould: militar británico, historiador y experto en horología a quien debemos agradecer la restauración de los icónicos relojes de Harrison (los cuales yacían abandonados en el Observatorio de Greenwich) así como la recopilación cronológica de este suceso en su libro publicado en 1923: *The Marine Chronometer: Its History and Development*.

Los trabajos conjuntos de estas grandes mentes sentaron las bases para la creación de múltiples cronómetros marítimos que marcaron un parteaguas en nuestra forma de posicionarnos... "*Quasi nanos gigantum humeris insidentes*".

Referencias:

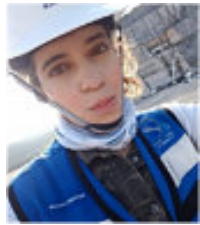
Betts, J. (2006). *John Harrison (1693–1776) and Lt. Cdr Rupert T. Gould R.N. (1890–1948)*. National Maritime Museum / Royal Observatory, Greenwich.
Royal Museums Greenwich. (s.f.). *John Harrison's marine*

timekeepers. Recuperado de <https://www.rmg.co.uk/royal-observatory/attractions/john-harrisons-marine-timekeepers>

Royal Museums Greenwich. (s.f.). *Longitude found: the story of Harrison's clocks*. Recuperado de <https://>

www.rmg.co.uk/stories/time/harrisons-clocks-longitude-problem

Smithsonian Institution. (s.f.). *Time and Navigation: The untold story of getting from here to there*. Recuperado de <https://timeandnavigation.si.edu>

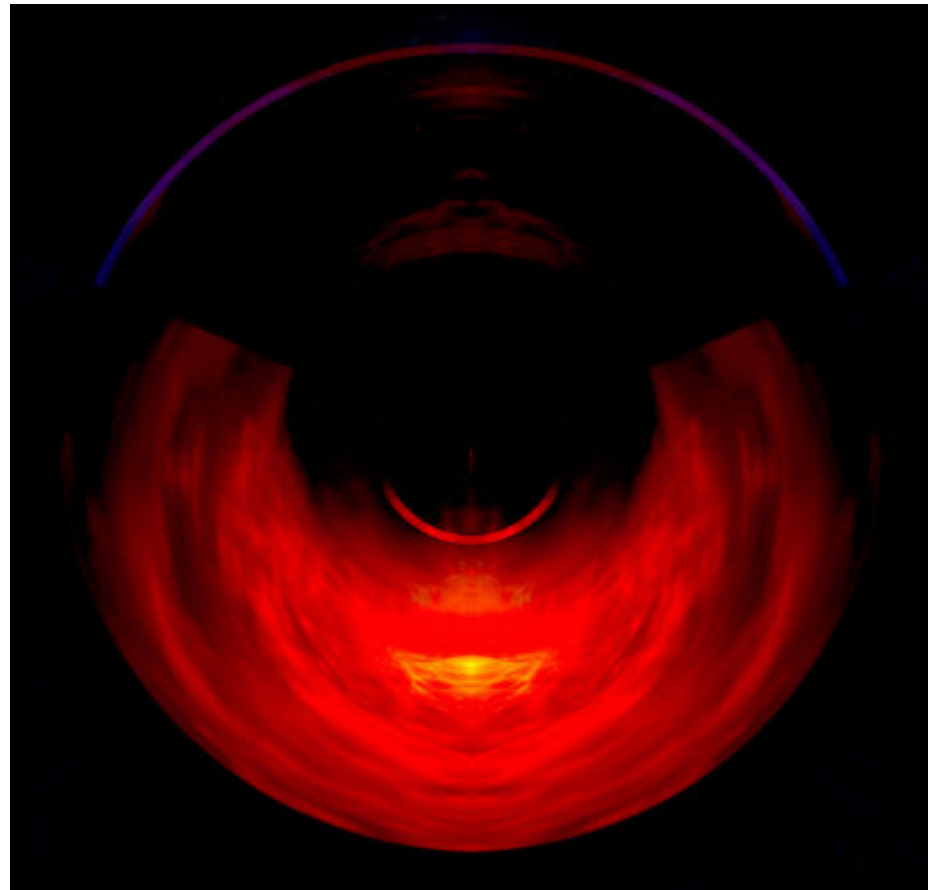


Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

levantamientos geológico-estructurales, logueo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

gleon.laura@gmail.com



Una línea es un punto que salió a pasear.

Paul Klee

De mis memorias: Cartografía geológica tradicional

Manuel A. Iturralde Vinent
Académico de Mérito, ACC



Una de las principales escuelas del geólogo, es la cartografía geológica, donde se ponen en práctica todos los conocimientos teóricos adquiridos y se contrastan con la realidad en la naturaleza. Por eso espero que les sean útiles algunos recuerdos que paso a compartirles. Mi interés por la cartografía comenzó con la lectura de los libros de Levi Marrero y Antonio Núñez Jiménez, durante el primer año de bachillerato, donde disfruté los excelentes mapas de diversas comarcas y los croquis de muchas cavernas. Quizás por eso mi primera publicación fue el croquis de la Cueva del Murciélago (1). Después, como auxiliar de micropaleontólogo en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, participé en la elaboración de mapas hidrogeológicos de las principales cuencas subterráneas de Cuba y un mapa ingeniero geológico de Cuba escala 1:500 000, que me sirvieron de preparación para enfrentar los grandes retos que me esperaban.

Cartografía en la antigua provincia de Las Villas

Como estudiante de geología en la Universidad de Oriente, allá por 1973, como parte de un entrenamiento práctico, me asignaron a la brigada de levantamiento geológico de la antigua provincia de Las Villas, donde laboraban geólogos de las academias de ciencias de Bulgaria y Cuba. Al frente de la brigada estaban el laborioso y excelente geólogo Ilia Kantchev y mi buen amigo Rustin Cabrera.

Con ellos, durante dos meses, aprendí una metodología de excelencia, que hice mía. El primer paso consistía en familiarizarse con la estratigrafía, para lo cual copié en una libreta de campo las columnas estratigráficas y las descripciones de las formaciones que debía cartografiar.

Como segundo paso, Kantchev me llevó a recorrer trayectos con exposiciones de las rocas del Jurásico, Cretácico y Paleógeno, en los alrededores de Sagua la Grande, y me asignó un área para cartografiar en Sitiecito, una zona muy deformada donde las secciones se repetían debido a la superposición tectónica. Para orientación disponía de fotos aéreas escala 1:33 000, impresas en papel fotográfico mate, en tonos de grises, donde se podían dibujar líneas rojas o negras para designar los límites entre las unidades rocosas, y se destacaban con colores los afloramientos de las distintas unidades. De este modo se iba construyendo el mapa, andando día tras día por rutas paralelas, hasta completar el cuadrante designado.

Por la mañana salíamos en un jeep, con una lata de carne y una cantimplora de agua. El vehículo me dejaba en un punto, e iba a esperarme al lugar donde debería llegar, cuatro o cinco horas después. Había días sencillos, con una interesante geología y pocos obstáculos que rebasar, y otros que, entre las garrapatas, el ganado no siempre amistoso, el calor y los ríos, resultaban sumamente complejos. Al final de cada recorrido, a menudo el chofer tenía coordinado con algún campesino el almuerzo "para el técnico que venía caminando muchos kilómetros cargado de piedras", de modo que nos ahorrábamos la lata y el almuerzo era gratis, abundante y sabroso. A fin de mes, cuando regresábamos a La Habana para descansar 5 o 6 días, llevábamos para la casa las latas de carne ahorradas.

Al terminar cada jornada de campo nos dirigíamos a Santa Clara, a una casa-oficina donde se transfería el trabajo del día para un mapa de papel a escala 1:50 000, se calculaban y añadían a la libreta de campo las coordenadas de cada punto de observación, y se registraban las muestras en catálogos separados, de acuerdo a su destino: paleontología, petrografía o colección. Cada punto de documentación de campo se numeraba, en mi caso "MI"-000, y cada muestra MI-000a, MI-000b y así sucesivamente. Tarde en la noche nos retirábamos a descansar en un hotelito cercano.

El segundo mes trasladamos la base a Cienfuegos -primera vez que regresaba a mi ciudad natal después de más de 20 años de ausencia-, pero esa es otra historia. Me correspondió, bajo la dirección de Dimitri Bogdanov, cartografiar un área al sur de Gavilanes, en el macizo metamórfico Guamuhaya, y otra en los alrededores de Cienfuegos, en rocas sedimentarias y volcánicas. En esta ocasión el jefe de grupo asignaba el recorrido diario de cada geólogo. Después de unos diez días de andar a través de tupidos bosques del espinoso marabú, le pedí a Dimitri que me dejara aprender a repartir el trabajo, lo que significa, analizar las fotos aéreas por la tarde y designar un trayecto a cada cartógrafo, de manera que

recorriéramos rutas paralelas. Este método permite controlar la cartografía diaria, pues tenía que haber correspondencia entre las unidades rocosas encontradas en los recorridos cercanos. Las últimas dos semanas anduve por tierras llanas despejadas de marabú, mientras un kilómetro más allá, Dimitri se arrastraba dentro de un bosque espinoso. Una tarde que estábamos refrescando una cerveza, me dijo: - ¡Usted aprendió pronto Manuel! A lo que respondí enseguida: - ¡Realmente necesito un poco más de práctica! Por nada del mundo volvería al marabú.

Cartografía en la Sierra de Cristal

Gracias a este entrenamiento, cuando dos años pude encarar mi tesis de ingeniero, pues me correspondió

levantar un área situada en la sierra de Cristal, donde mi tarea era preparar el mapa geológico a escala 1:50 000 del cuadrante Calabazas-Achotal, de unos 300 km² (2). Una región muy interesante que en su flanco septentrional se caracterizaba por un manto tectónico subhorizontal compuesto por ofiolitas, de manera que en el fondo de los valles afloraban olistostromas y flysch sinorogénicos. Justo al sur de esta faja, la geología era bien distinta, pues una falla Norte-Sur dividía un conjunto de vulcanitas del Cretácico al oeste, de una sección de vulcanitas del Paleoceno-Eoceno al Este. Y el flanco meridional de este terreno, estaba cubierto por rocas sedimentarias del Eoceno Medio al Oligoceno, inclinadas hacia el sur. Un hermoso rompecabezas geológico ilustrado en la figura siguiente, con un cuadro que indica el área de Calabazas-Achotal (Figura 1).

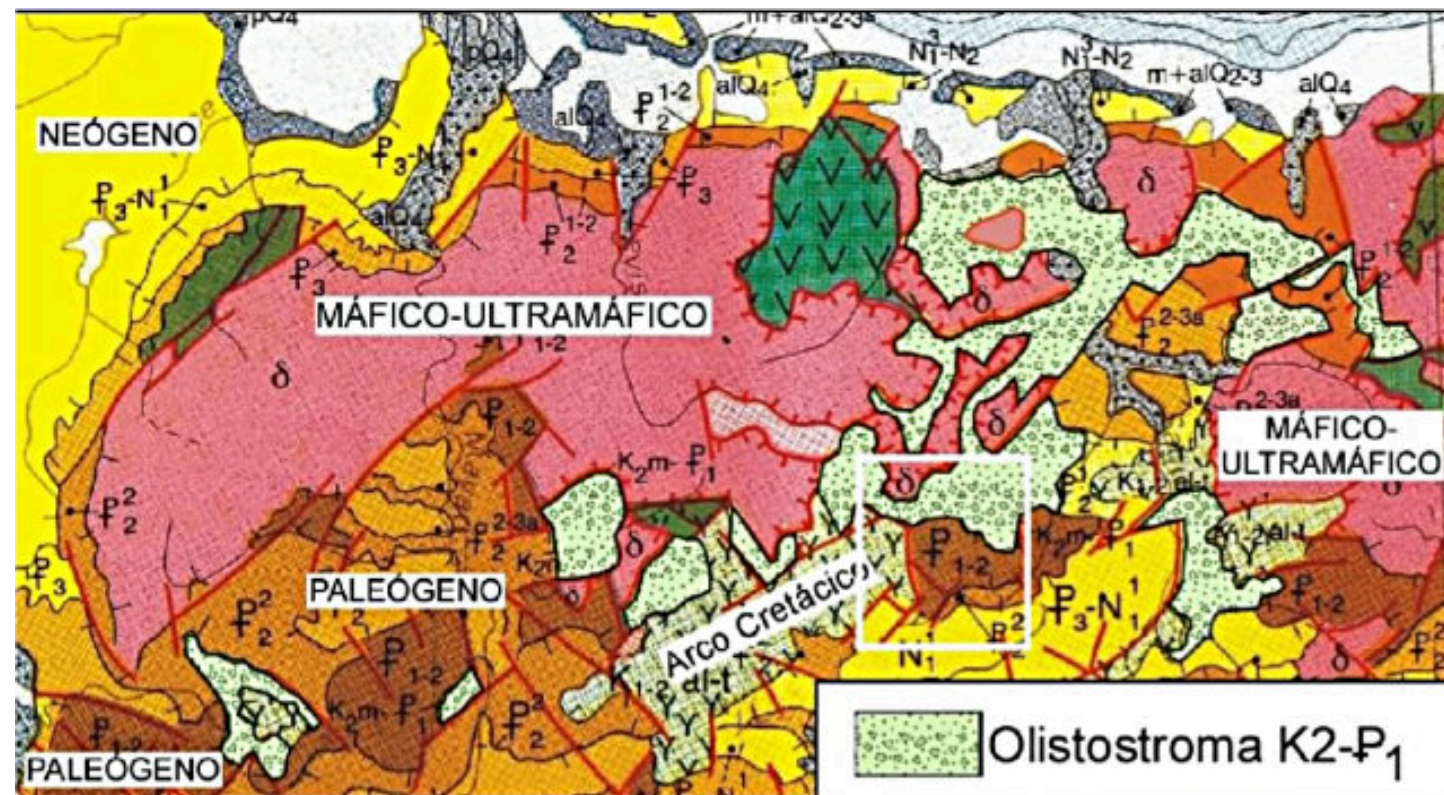


Figura 1. Mapa geológico esquemático de la sierra de Cristal, donde afloran un manto de rocas máfico-ultramáficas, vulcanitas cretácicas, vulcanitas paleogénicas, y rocas sedimentarias del maastrichtiano al Holoceno. Un componente importante de este conjunto son los depósitos olistostrómicos del Maastrichtiano tardío al Daniano, que infrayacen los mantos tectónicos.

Para trasladarme a este territorio, me trajeron desde Santiago de Cuba, de modo que llegamos en plena noche a un albergue en Campo Largo, en el mismísimo centro del área; y cuando amaneció, no tenía la menor idea de mi localización. Tuve que auxiliarme del mapa y las fotos aéreas, y pasar tres días localizando los puntos

fundamentales. En este caso, a diferencia de mis experiencias anteriores, no tenía idea de la geología local ni persona a quién preguntar. Ya familiarizado con el terreno, planifiqué recorridos de este a oeste, perpendiculares a la dirección de los valles y dos crestas montañosas, orientadas de norte a sur. Dormía donde me

cogía la noche, y regresaba al otro día al albergue, cargado de muestras. Así cartografié la mitad "oriental" del área, para después trasladar mi base para Achotal, en el sur, y por fin hacia Santo Domingo, al noroeste. Cada día caminaba de 10 a 15 kilómetros por cañadas y crestas montañosas, hasta que al cabo de dos meses concluí mi labor y regresé a Santiago. Los detalles de esta experiencia los reseñé en mi libro "Aventuras de un geólogo"(3).

Cartografía en las provincias de Ciego de Avila, Camagüey y Las Tunas.

Cuando empecé a trabajar en el Instituto de Geología de la Academia de Ciencias, en La Habana, en 1975, me correspondió como primera tarea colaborar con la terminación del levantamiento geológico escala 1:250 000 de la antigua provincia de La Habana; y a continuación, me designaron la cartografía del territorio de Ciego-Camagüey-Las Tunas, con un grupo de geólogos cubanos y búlgaros.

Mientras se creaban las condiciones de trabajo en el territorio, nos ocupamos de compilar toda la información existente en los archivos de la Oficina Nacional de Recursos Minerales y de la Biblioteca Nacional. Eran cientos de documentos que incluían reportes de estudios paleontológicos y petrográficos, mapas y perfiles geológicos a distintas escalas, mapas geofísicos, puntos de mineralización, así como concesiones mineras y petroleras. En fin, un enorme caudal de información que copiamos y con ellos, se preparó un juego de mapas a escala 1:50 000 de todo el territorio, así como tarjeteros con la información de los puntos antes documentados. Esta sería la base para nuestra cartografía, pero la tarea no era comprobar los mapas anteriores, sino realizar nuestro propio levantamiento, aunque no a ciegas. Las áreas de trabajo se establecieron de acuerdo a la especialidad de los cartógrafos. Los primeros meses cartografiamos solamente cubanos, hasta que llegaron y se incorporaron los búlgaros, junto a mi buen amigo Rustin Cabrera y al Dr. Dimitri Tchounev. Para comenzar realizamos recorridos de familiarización.

En el campo nos orientábamos mediante fotos aéreas impresas en papel mate, donde se podían dibujar fallas, contactos, litologías y puntos de documentación. Las áreas de trabajo, coincidentes con las hojas del mapa topográfico 1:50 000, se repartieron entre dúos de cartógrafos, conformados por dos geólogos, dos técnicos o ayudantes, y un chofer con su todoterreno. Las herramientas consistían en: martillo de geólogo, cincel, brújula, lupa, libreta y lápices de colores. Para mantener cierta uniformidad, antes de empezar una nueva hoja se realizaban recorridos conjuntos. Por ejemplo, en las secciones volcánicas se acordó distinguir los lentes e

intercalaciones de calizas con rudistas, teniendo en cuenta las especies índices como *Titanosarcolites*, o *Durania*, o *Barrettia*, o *Acteonélidos*.

Cada vez que se terminaba una hoja, el resultado se presentaba ante el grupo de cartógrafos, para cuidar que hubiese coordinación con las hojas vecinas, lo que en ocasiones obligaba a volver al campo para llegar a un acuerdo o aclarar dudas. Junto con Fidel Roque abarcamos la Sierra de Cubitas y Camaján, una parte de los afloramientos de las ofiolitas y vulcanitas Cretácicas, y comarcas donde estaban presentes las secciones sedimentarias del Cretácico tardío, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. A mí me correspondió también levantar los mapas de los cayos de las plataformas insulares norte y sur. Las áreas con predominio de vulcanitas e intrusivos las cartografiaron los colegas búlgaros y otros cubanos.

Además de la cartografía geológica se realizaban mapas de geomorfología, tectónica, recursos minerales, e hidrogeología, ejecutados por especialistas en esas ramas o algunos de los dúos de cartógrafos. El trabajo se llevó a cabo entre 1977 y 1980, cada año desde septiembre hasta abril en el campo, mayo y junio de gabinete en La Habana, y disfrutábamos en agosto un mes de vacaciones. Al concluir los trabajos, se elaboró un voluminoso informe con mapas geológicos escala 1: 100 000, unificado 1: 250 000, y temáticos (4).

Durante estas jornadas hubo frecuentes debates relativos a la interpretación de las estructuras geológicas, los que en ocasiones nos obligaron a contratar la perforación de algunas calas para establecer la verdadera superposición de las rocas. En resumen, constatamos una vez más que la cartografía lleva implícito no solo la representación de los conjuntos rocosos, sino también la creación de un modelo de la estructura y evolución geológica de cada territorio.

El levantamiento a escala 1:50 000 a 1: 10 000 del Polígono Camagüey (Cuba-RDA).

A mediados de 1980 me trasladé a trabajar en la Empresa de Geología Camagüey, donde me uní a una brigada de cartografía geológica compleja, a escala 1:50 000–1:10 000, que estaba trabajando desde hacía casi un año, compuesta por geólogos cubanos y alemanes. En lo personal era una oportunidad excelente, pues había estudiado este territorio a una escala más general, y ahora podía esclarecer dudas pendientes. Los dos primeros meses me incorporé, sin pretensiones, a la cartografía de la hoja Camagüey. Para realizar estos trabajos se podían perforar pozos con recuperación de testigos hasta 33, 49 y 450 metros de profundidad. Se disponía también de una brigada de excavación de trincheras y un grupo de trabajo

geofísico, por si era necesario realizar perfiles y sondeos eléctricos. Con antelación se había preparado el mapa aerogamma espectrométrico y en paralelo, se realizaba el mapa gravimétrico a escala 1: 50 000 y más detallado, en las áreas de búsqueda de minerales.

Transcurridos tres meses, el director técnico cubano, Fidel Roque Marrero, gran amigo y muy buen geólogo, me pidió que ocupara su posición, lo que me acarrió cierta satisfacción y algunas dificultades. En mi nueva posición, examiné todas las áreas que habían sido cartografiadas, de lo cual surgió una contradicción conceptual. El problema radicaba en que los campos de rocas máficas y ultramáficas habían sido cartografiado como si se tratara de un gran cuerpo intrusivo, que al emplazarse había

generado contactos calientes con las rocas encajantes. Ante esta situación, me reuní con el jefe de los alemanes, quién me explicó que ese concepto se había desarrollado sobre la base de las orientaciones de Murashkov, un geólogo siberiano, que llevaba años trabajando estas rocas en Cuba. Después de varias sesiones de análisis con los geólogos alemanes y cubanos, y con la dirección de la empresa, nos autorizaron a detener los trabajos de levantamiento, para esclarecer este asunto, de importancia fundamental para enfocar correctamente la búsqueda de cromitas, oro, y otros minerales asociados a estas rocas. De hecho, me volvía a encontrar en una situación semejante a la de Moscú, entre fijismo y movilismo, durante la preparación de la maqueta del mapa tectónico de Cuba (5).

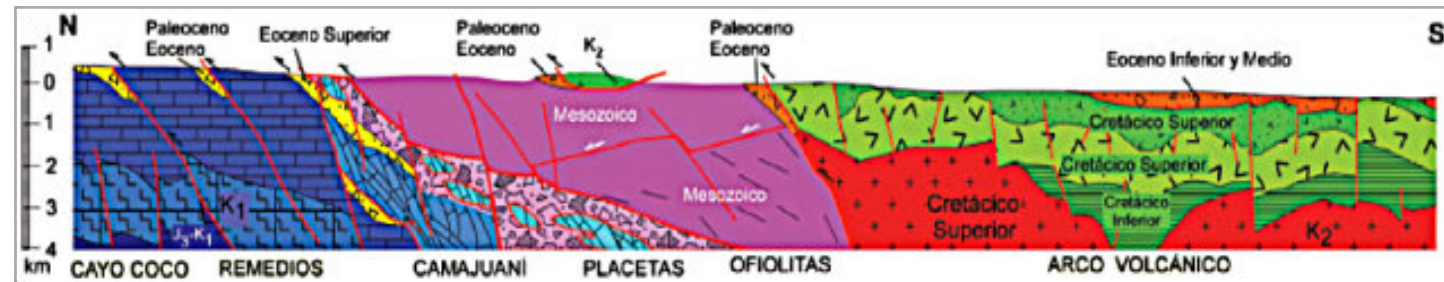


Figura 2. Perfil geológico del territorio de Camagüey, con la concepción de la tectónica de placas.

El primer paso fue la revisión de los contactos de las rocas máficas y ultramáficas con las calizas de la sierra de Cubitas, la sierra de Camaján y las vulcanitas cretácicas, de la mano del colega Murashkov. En todos los casos pudimos constatar que eran tectónicos, asociados a fallas de sobrecorrimento con fajas trituradas, o con olistostromas intercalados de edad Eoceno medio a superior temprano. En defensa de su criterio, Murashko indicó que esas fallas habían sido posteriores a la intrusión, y añadió que en la región de Cuba oriental se podían encontrar mejores ejemplos de lo que sostenía. En breve partimos un grupo de geólogos alemanes y cubanos para visitar los macizos de rocas máficas-ultramáficas de las montañas de Nipe-Cristal-Baracoa, donde, como he referido antes, había realizado mi trabajo de graduado en 1975.

De nuevo visitamos un grupo de contactos, donde nuestro colega buscó las pruebas del carácter intrusivo del macizo, para en definitiva encontrar contactos tectónicos asociados a fajas trituradas, y en la base del conjunto, afloramientos de olistostromas del Maastrichtiano tardío al Daniano (Figura 1). Resuelta esta situación, enfocamos el trabajo futuro sobre la base de la nueva tectónica de placas, donde se distinguieron: el margen continental, las

ofiolitas, el arco volcánico cretácico, las cuencas sinorogénicas y las cuencas superpuestas del Eoceno Superior al reciente (6).

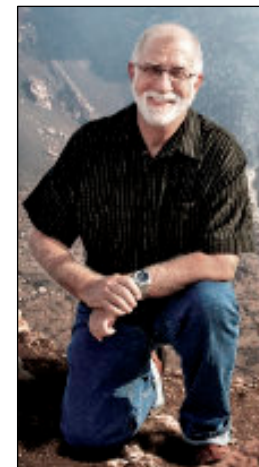
Durante dos meses reelaboramos los mapas geológicos de las ofiolitas y delimitamos los olistostromas, lo cual no fue un trabajo muy complejo, pues los geólogos alemanes, que habían trabajado en estas áreas, documentaron correctamente cada afloramiento, de modo que la preparación de la nueva versión de la cartografía fue una tarea relativamente sencilla. Los cubanos no habían cartografiado esos macizos. Este es un ejemplo de cómo los conceptos teóricos afectan incluso, la tarea, supuestamente sencilla, de cartografiar la posición relativa e historia del emplazamiento de los macizos rocosos. A partir de aquel momento continuamos la cartografía compleja y búsqueda de minerales, hasta concluir el área central del polígono con un enjundioso informe, que incluía mapas geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, tectónicos, de recursos minerales metálicos y no metálicos, e hidrocarburos, así como una serie de anexos especiales sobre las búsquedas preliminares de cromita, hierro, lateritas ferroniquelíferas, cobre, oro, y muchos otros minerales (6).

Epílogo

En estos años había constatado que las técnicas tradicionales de cartografía geológica funcionaron bien, aunque no disponíamos de computadoras personales, ni programas para el procesamiento de imágenes, ni GPS, ni fotos cósmicas, ni muchas de las bondades de las tecnologías modernas. No obstante, ahí está el trabajo de aquellas generaciones de geólogos, cuyo legado ha servido para orientar las búsquedas de minerales sólidos e hidrocarburos, y como fundamento para la reducción de riesgos de desastres.

A mediados de 1987, concluido el informe sobre el área central del Polígono Cuba-RDA, regresé a La Habana para participar en la creación de una gran exposición sobre geología, recursos minerales e hidrocarburos en ExpoCuba. Al final de 1988, me incorporé al Museo Nacional de Historia Natural, donde pude dedicarme por completo a las investigaciones paleontológicas, paleogeográficas y biogeográficas del Caribe.

- (1) Iturralde-Vinent, M., 1966. La Cueva del Murciélago. Boletín del Grupo Espeleológico Martel de Cuba 1 19p. La Habana. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1966_iturralde_Cueva-Murcielago.pdf
- (2) Iturralde Vinent, M.A. 1976, 1977. Estratigrafía del área Calabazas-Achotal. Revista La Minería en Cuba.



Manuel A. Iturralde-Vinent. Academic emeritus and Doctor in Geological Sciences. Has conducted geological and paleontological expeditions to the Greater Antilles, Central and South América. His leading interests are geology, paleontology, paleogeography and risk assessment. Published several contributions to the paleontology, paleogeography and origin of the Antillean biota.

<https://www.academiaciencias.cu/es/membresia/manuel-antonio-iturralde-vinent>

Parte I: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1976_iturralde_calab1.pdf

Parte II: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1977_iturralde_Calab_Achotal_Cuba.pdf

(3) Iturralde-Vinent, M.A. Aventuras de un geólogo. Editorial CITMATEL <https://www.todoenlibros.com/venturas-y-aventuras-de-un-geologo>

(4) Iturralde-Vinent, M., Tchounev, D. y Cabrera, R. (editores), 1981. Geología del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas, Resultados de las investigaciones y levantamiento geológico a escala 1:250 000. Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana.

Parte I: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1981_iturralde%20et%20al_Camaguey%20Part%201.pdf

Parte II: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1981_iturralde%20et%20al_Camaguey%20Part%202.pdf

Parte III: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1981_iturralde%20et%20al_Camaguey%20Part%203.pdf

(5) Iturralde-Vinent, M., 2026. De mis memorias: Moscú, Dushanbe y Samarcanda. Revista Maya de Geociencias, Febrero. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2026_iturralde_Memoria1-Moscu-MayaGeoc.pdf

(6) Iturralde-Vinent, M., Thieke, H.U., y otros, 1987. Informe sobre los resultados del levantamiento geológico y de las búsquedas acompañantes en el Polígono Cuba-RDA. Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2000_iturralde_et_al_camaguey_Cuba.pdf

En este sentido, numerosos estudios iniciales de isótopos estables presentaron la evidencia del dominio de agua meteórica en una variedad de tipos de sistemas hidrotermales, lo que llevó a sugerir en algunos importantes trabajos, que los metales fueron extraídos de las rocas al interactuar con dichos fluidos meteóricos lo que se conoce como “removilización”. Estudios más recientes de los sistemas hidrotermales activos demostraron que, efectivamente, los fluidos de origen magmático están comúnmente presentes, pero que sus firmas pueden ser borradas o enmascaradas por el efecto de la circulación tardía de grandes volúmenes de agua meteórica, que representa más del 95% del agua que circula en la última fase del proceso convectivo, durante el enfriamiento de una intrusión somera. Es muy bien conocida la relación genética entre los magmas y los yacimientos hidrotermales, principalmente de aquellas mineralizaciones indiscutiblemente vinculadas a intrusiones someras (ver figura 2). Los modelos de estos tipos de yacimientos, juntamente con estudios experimentales, demuestran con toda claridad que los metales y los aniones que definen las ligas con ellos, se pudieron movilizar completamente desde los magmas asociados. No obstante, los flujos de metales medidos de algunas erupciones volcánicas evidencian que, dado suficiente tiempo y un mecanismo de concentración, la

desgasificación del magma puede exsolver suficientes metales para generar un yacimiento mineral (Hedenquist and Lowenstern, 1994 y bibliografía del tema). La alteración hidrotermal consiste en un reemplazamiento químico de los minerales originales de una roca por nuevos minerales, provocado por fluidos hidrotermales que aportan los reactantes químicos y al mismo tiempo remueven los productos en la solución acuosa (ver figura 3). Es de gran significado entender el proceso de alteración hidrotermal, porque a partir de este conocimiento, es posible contar con suficientes evidencias acerca de las características químicas y orígenes de los fluidos mineralizantes, así como de las condiciones físico-químicas de formación de la mena. Ciertos datos, como las asociaciones mineralógicas y el comportamiento de las soluciones sólidas, permiten conocer no solamente las condiciones de presión y temperatura de las alteraciones, sino las condiciones de pH y de óxido-reducción del fluido hidrotermal. Es indispensable entonces, lograr la caracterización de los fluidos mineralizantes y asimismo conocer las condiciones de formación de la mena, a través del examen de la compleja interrelación entre paragénesis sucesión y zoneamiento de la alteración hidrotermal (incluyendo minerales opacos), salinidad del fluido, pH y condiciones de óxido-reducción.

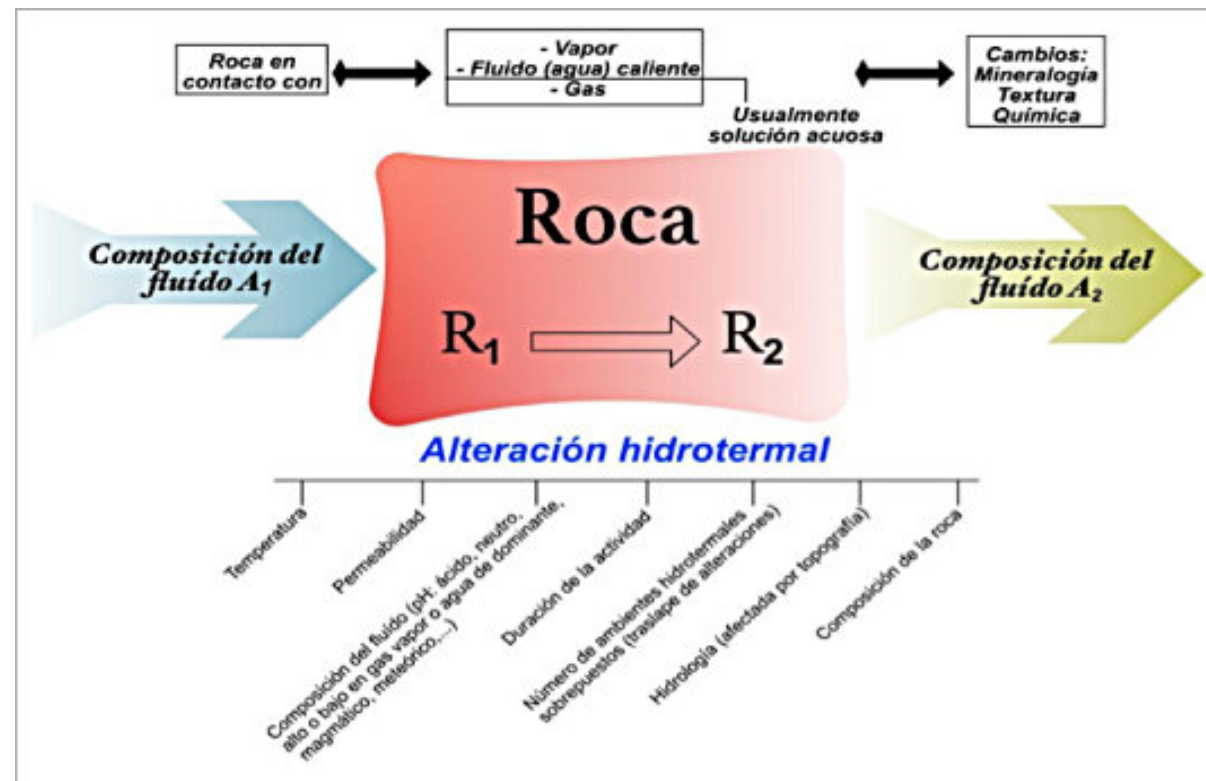


Figura 3.- Elementos que participan en los procesos de interacción agua/roca.

La reacción de los fluidos con las rocas encajonantes, constituye una parte esencial de los procesos de mineralización; esta alteración es comúnmente considerada como consecuencia del ingreso de tales fluidos. A diferencia de este punto de vista, cuando se analizan los sistemas mineralizantes en su totalidad y que incluyen la fuente de los fluidos distales, además de su trayectoria hasta el sitio de depósito, parece ser que las reacciones con las rocas encajonantes es un agente fundamental en controlar la composición del fluido mineralizante. El papel de las reacciones proximales y distales en el modelado de los procesos de mineralización, puede ser cabalmente entendido en el contexto de los procesos de fuente-transporte-depósito, en donde los fluidos originados en una fuente particular, transportaron metales hasta un ambiente físico y/o químico diferente, lo que implicó su precipitación. A efecto de comprender los procesos de alteración hidrotermal, es imprescindible analizar la naturaleza fundamental de los ácido-base y reacciones de óxido-reducción en el ambiente de la alteración, reacciones de alteración que determinan la composición de los fluidos mineralizantes, fluido y rocas características que establecen la paragénesis de la alteración, reacciones de alteración como una causa de la precipitación de mena y las consecuencias de la interdependencia simultánea del equilibrio químico (Reed, 1997).

Como se sabe, los yacimientos hidrotermales se forman a consecuencia de la precipitación de metales en la zona de depósito. En estos sitios, concurren condiciones adecuadas que producen las reacciones de precipitación, como favorables estados físico-químicos y estructurales, principalmente. Es obvio que el fluido desde su fuente, cambia su composición por las naturales reacciones químicas que experimenta con la roca encajonante durante su trayectoria, por lo que está muy claro que el fluido que llega al sitio de depósito no es el mismo que el de la región fuente. Es práctica común en los estudios de alteración hidrotermal de los cuerpos mineralizados, estudiar la distribución de las alteraciones dentro del depósito y en las zonas adyacentes a él. Pero es importante considerar en la medida de lo posible y en determinadas circunstancias, el estudio de las alteraciones hipogénicas a lo largo de la trayectoria completa del fluido, desde la región fuente hasta el sitio de depósito. Esta consideración suele tener gran significado, ya que el fluido puede también lixiviar metales durante su trayectoria,

desde la fuente hasta la zona de depósito (fenómeno conocido como re-movilización metálica).

Es factible concebir entonces, que al tener en mente el sistema *fuentes-transporte-depósito*, la roca que interactúa con el fluido desde la fuente hasta el sitio de depósito, puede ser también considerada de un interesante potencial metálico. Es preciso establecer que, en la medida en que el fluido se equilibra con la roca, la naturaleza de la misma, ejerce una influencia determinante en las concentraciones de cationes, el pH, el estado de óxido-reducción del fluido y como consecuencia, en las concentraciones de metales disueltos. Así, en determinadas condiciones, algunos metales que han sido extraídos del reservorio (*fuentes*) pueden ser removidos y otros adicionados, como resultado de las diversas reacciones del fluido con las rocas encajonantes, durante su trayectoria desde la zona donde fueron originados.

Podríamos concluir que las alteraciones hidrotermales pueden clasificarse de una manera general y en sentido cualitativo, como una función de la relación “*agua/roca*”. En términos rigurosos, esta variable se define exclusivamente para sistemas cerrados y en la generalidad de la dinámica de los ambientes geológicos, esta relación fluido/roca, pierde precisión, pero puede ser usada en un sentido estrictamente cualitativo, para discutir los efectos relativos del fluido y la roca en algún proceso hidrotermal. Actualmente un grupo de investigadores de la UNAM, con el proyecto CONAHCyT-SECITHI# CBF22023-2024-10068 y UNAM-DEGAPA-PAPIIT # **IN100225**, se está investigando sobre estos temas, para apoyar a la industria productiva del país.

Lecturas Sugeridas

Einaudi M.T., Meinert L.D., and Newberry R.J.: Skarn deposits, 1981, Econ. Geol., 75th anniversary volume, pp. 391-317.
Einaudi, M. T., 1982, Description of Skarns associated with porphyry copper plutons, Advances in geology of the porphyry coppers deposits, Tucson, south western north America, university of Arizona Press. pp. 139-184.
Giggenbach WF. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers.
Geochimica et Cosmochimica Acta 1987; 52: 2749-2765.

Giggenbach, W., 1992. Isotopic shifts in waters from geothermal and volcanic systems along convergent plate boundaries and their origin. *Earth and Planetary Science Letters* 113, 495-510.

González-Partida, E., 2000, Evidencias de evolución de un fluido básico a ácido a partir del análisis de la alteración hidrotermal del campo geotérmico de Los Azufres, Michoacán: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 17, 76-82.

Arribas A. Jr Reynolds T. J. 1998 Evolution of an intrusion-centred hidrothermal system: Far southeast- Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. *Econ. Geol.*, V.93, p. 373-404.

Hedenquist J. W. Y Richards J.P. (1998). The influence of geochemical techniques on the development of genetic models for porphyry copper deposits. En Richards J.P. y Larson P. B., eds, *Techniques in hydrothermal ore deposits geology. Reviews in Economic Geology*, v.10, p 235-256.

Hedenquist, J.W., Lowenstern, J.B., 1994, The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits: *Nature*, 370, 519-527.

Hedenquist, J.W., Matsuhisa, Y., Izawa, E., White, N.C., Giggenbach, W.F., Aoki, M., 1994, *Geology, geochemistry, and origin of high- sulfidation Cu-Au mineralization in the Nansatsu District, Japan: Economic Geology*, 89, 1-30.

Hedenquist JW, Browne PRL (1998) The evolution of the Waiotapu geothermal system, New Zealand, based on the chemical and isotopic composition of its fluids, minerals and rocks. *Geochim Cosmochim Acta* 53:2235–2257

Meinert, L.D., Dipple, G.M., and Nicolescu S., 1983, *World Skarn Deposits: Economic Geology 100th Anniversary Volume*, pp. 299-336.

Pirajno Franco, 2009, *Hidrothermal processes and mineral systems: Australia*, ed. Springer, pp. 538-545.

Buchana L. J. 1981 Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest: *Arizona Geological Society Digest*, v XIV, P. 237-262.

Price, N. J., & Thompson, A. B., 1978,. *Fluids in the Earth's Crust. Developments in Geochemistry*, Oxford, 383 p.

Reed M.H (1997) Hydrothermal alteration and its relationship to ore fluid composition. En Barnes H.L. (Ed), *Geochemistry Of Hydrothermal Ore Deposits*, Wiley, New York, p. 303-365.

Shinohara H. y Hedenquist J.W. 1997. Constraints on magma degassing beneath the far southeast porphyry Cu-Au deposit, Philippines. *Journal of petrology* v.39, 1741-1752.

Sillitoe, R.H., 1993, Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. (eds.), *Mineral Deposit Modeling: Toronto, Geological Association of Canada, Special Paper*, 40, 403- 417.

Sillitoe, R.H., 1995, The influence of magmatic-hydrothermal models on exploration strategies for volcano-plutonic arcs, in Thompson, J.F.H. (ed.), *Magmas, Fluids and Ore Deposits: Ontario, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series*, 23, 511- 525.

White, D. E., 1957. Magmatic, connate, and metamorphic waters. *Geological Society of America Bulletin*, 68(12), 1659-1682.

Yardley, B. W., & Bodnar, R. J. 2014. Fluids in the continental crust. *Geochemical Perspectives*, 3(1), 1-123.

Yardley, B.W.D. 2009. The role of water in crustal evolution. *Journal of the Geological Society of London* 166, 585-600.

IMPORTANCIA GEOQUÍMICA DEL MAGNESIO Y LA DOLOMÍA EN LA GÉNESIS DE HIDROCARBUROS: UN ENFOQUE TERMOCATALÍTICO

M. en C. Luis Ángel Valencia Flores
Editor de la Revista

Resumen

La generación de hidrocarburos en cuencas sedimentarias es un proceso gobernado no solo por la madurez térmica de la materia orgánica, sino por su interacción crítica con la matriz mineral. Este manuscrito analiza el papel fundamental del **magnesio (Mg)** y la **dolomía (MgCa(CO₃)₂)** en estos sistemas. Se describe cómo el catión *Mg*²⁺ actúa como el agente más eficaz en la polarización del agua interlaminar de las arcillas, facilitando la donación de protones para el craqueo catalítico. Asimismo, se evalúa la descomposición de la dolomía en **óxido de magnesio (MgO)**, el cual funciona como un catalizador alcalino que optimiza la formación de metano (*CH₄*) y *H₂*. Los hallazgos sugieren que la presencia de Mg en ambientes calcáreos favorece tanto la calidad del reservorio como la eficiencia de la "cocina" de hidrógeno.

Introducción

El estudio de los sistemas petroleros ha evolucionado desde modelos puramente biogénicos hacia la comprensión de procesos termocatalíticos complejos. Tradicionalmente, la matriz mineral se consideraba un componente pasivo; sin embargo, la evidencia actual demuestra que minerales como las arcillas y los carbonatos alteran significativamente las energías de activación de la pirólisis del querógeno. En este contexto, el **magnesio** y la **dolomía** emergen como factores determinantes. La dolomitización no solo impacta la porosidad secundaria, sino que los productos de su descomposición térmica a altas temperaturas actúan como catalizadores esenciales.

Estado del Arte

La literatura destaca que el magnesio desempeña un rol dual: estructural y catalítico.

- **En arcillas:** El Mg es un componente central en arcillas tipo **saponita**, comunes en ambientes sedimentarios calcáreos y ofiolíticos. Durante la illitización, el intercambio catiónico reduce el contenido de Mg, liberando fluidos de poro ricos en este metal que pueden inducir dolomitización local y porosidad secundaria.
- **Acidez de Brønsted:** La capacidad de los minerales arcillosos para catalizar el craqueo depende de la polarización del agua por cationes interlaminares. El poder de polarización aumenta en el orden $K^+ < Na^+ < Ca^{2+} < Mg^{2+}$, posicionando al magnesio como el donante de protones (*H*⁺) más eficiente.
- **Descomposición Térmica:** La dolomía se descompone por encima de los 600-750 °C en óxidos metálicos (CaO y **MgO**) y CO₂. Este proceso es fundamental para la generación de gases en lutitas ricas en carbonatos como la Formación Pimienta.

Metodologías realizadas en otras partes del mundo

Para evaluar estas interacciones, la comunidad científica global utiliza diversas técnicas:

- **Análisis Termogravimétrico (TGA/DTA):** Utilizado para identificar las etapas de pérdida de masa asociadas a la deshidratación de arcillas y descomposición de carbonatos.
- **Pirólisis en Sistema Cerrado (Tubos de Oro):** Empleada por investigadores en Francia (IFP) para simular la generación de metano tardío.
- **BIB-SEM:** Microscopía electrónica de barrido de haz de iones para observar la porosidad alojada en materia orgánica y la distribución de minerales de magnesio a escala nanométrica.

Principales investigadores y países líderes

- **Investigadores:** Alain Prinzhofer (Mali, Brasil), Isabelle Moretti (Namibia, Colombia, Bolivia), B. Horsfield y N. Mahlstedt (Alemania, China) y M.D. Lewan (EE. UU.).

- **Países:** Estados Unidos (225 documentos), China (200), Reino Unido (100) y Canadá (80) encabezan la producción científica. En Latinoamérica, **Brasil y Colombia** muestran la mayor dinámica de colaboración.

Resultados y Discusión

A. Rol catalítico del Mg en el craqueo

Los resultados experimentales indican que el magnesio potencia la reactividad de la matriz mineral. La transformación de arcillas en presencia de Mg y Fe libera hasta **14 protones** por cada reacción de cloritación (según la ecuación: $3Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 3.5Fe^{2+} + 3.5Mg^{2+} + 9H_2O = Fe_3.5Mg_3.5Al_6Si_6O_{20}(OH)_{16} + 14H^+$). Estos protones inician el mecanismo de **ión carbonio**, permitiendo el craqueo de cadenas largas de hidrocarburos en aceites más ligeros y gases.

Dolomía como cocina de hidrógeno y metano

Durante la pirólisis a alta temperatura, la dolomía libera CO_2 que interactúa con radicales libres para promover la formación de **metano**. Los óxidos resultantes, particularmente el **MgO**, actúan como catalizadores alcalinos que neutralizan ambientes ácidos y optimizan la selectividad hacia gases ligeros. Además, la dolomitización secundaria en reservorios carbonatados es responsable de la creación de porosidad intercrystalina vital para el almacenamiento de estos recursos.

Conclusiones

El magnesio no es un espectador en la evolución térmica de las cuencas sedimentarias; es un **potenciador catalítico**. Su presencia en las arcillas facilita el craqueo temprano mediante la polarización hídrica, mientras que la dolomía actúa como un precursor de óxidos catalíticos (MgO) que dominan la química de los gases en la ventana de metagénesis.

Perspectivas

La investigación futura debe centrarse en:

Cinética de alta temperatura: Modelar el papel del MgO en la deshidrogenación del coque orgánico a temperaturas de 450-900 °C.

Análisis in situ: Utilizar registros geofísicos de neutrones y densidad para detectar anomalías de hidrógeno en zonas de alta arcillosidad y contenido de magnesio.

Referencias

- Hanchate, N., Ramani, S., & Mathpati, C. S. (2021). Current status of the pyrolysis and gasification mechanism of biomass. *Journal of Cleaner Production*, 280, 123148.
- Hanson, J., & Hanson, H. (2024). Hydrogen's organic genesis. *Unconventional Resources*, 4(100057).
- Ikoro, D. O., Okeke, O. C., Abubakar, M. T., Ogbonna, T. L., & Ezebunwa, A. (2022). The role of clay minerals in hydrocarbon generation, migration and accumulation. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 13(9), 1–24.
- Li, S., Guo, S., & Tan, X. (1998). Characteristics and kinetics of catalytic degradation of immature kerogen in the presence of mineral and salt. *Organic Geochemistry*, 29(5–7), 1431–1439.
- Mahlstedt, N., Horsfield, B., & Weniger, P. (2022). Molecular hydrogen from organic sources in geological systems. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 105, 104704.
- Moretti, I., Bouton, N., Ammouial, J., & Carrillo Ramirez, A. (2024). The H₂ potential of the Colombian coals in natural conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 77, 1443–1456.
- Zhao, F., Yang, Z., Zhang, L., & Zhang, H. (2025). The effect of temperature on pyrolysis products during oil shale thermal decomposition. *Scientific Reports*, 15, 11050.

“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracen

ramosrogelio51@gmail.com



De mis libretas de Campo en la S.M.O.

Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos lcnofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesía marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



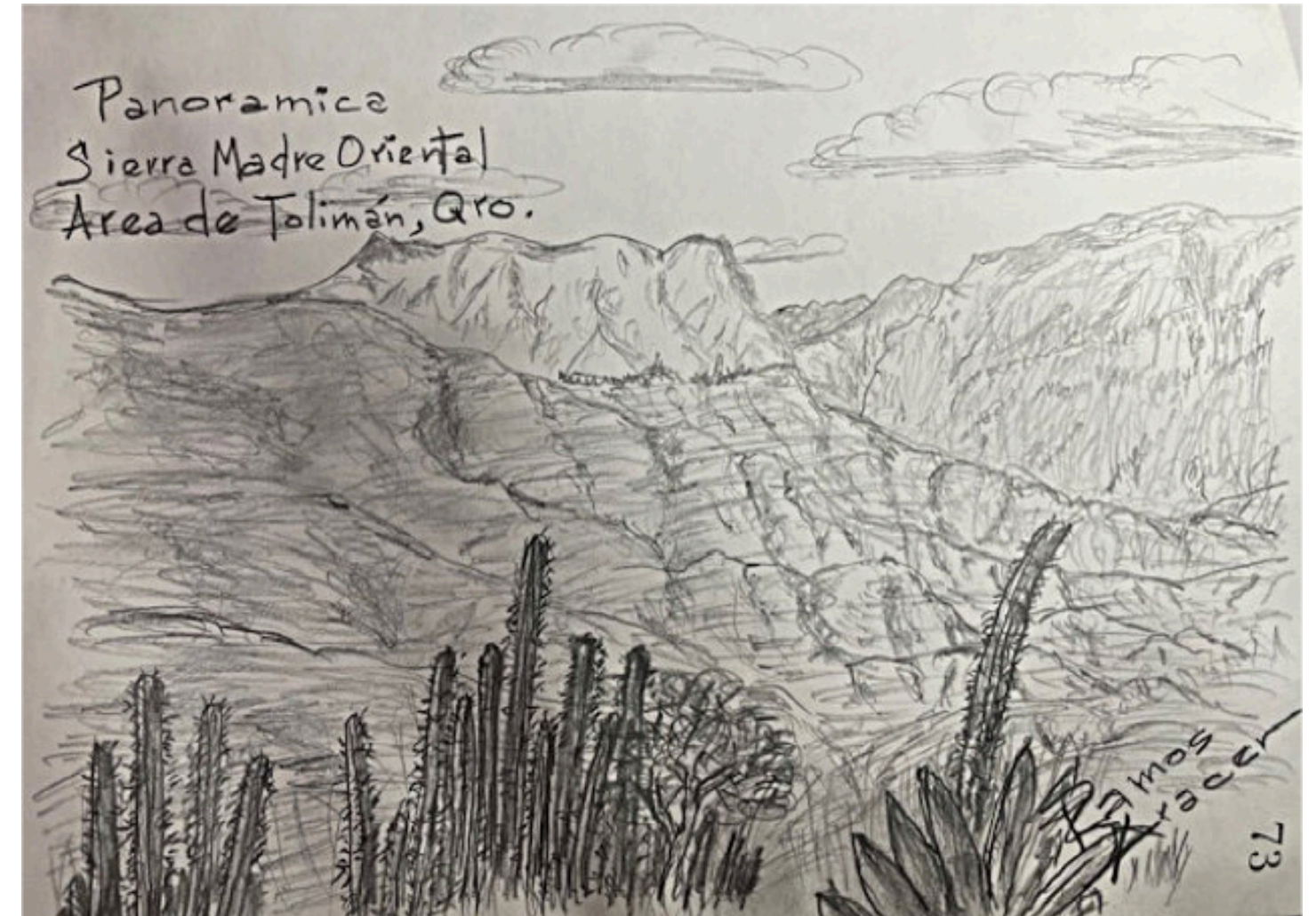
Area de Tolimán, Querétaro, México.

Localidad, Cerca del poblado de Maconí, Querétaro.

Título, Cascadas en la región de Maconí, Qro.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos a los afloramientos en la región de San Joaquín, Qro, en este afloramiento observamos una espectacular cascada de unos 50 m. aproximados de caída de agua.

Descripción del Dibujo. En las cercanías al área de la región de Maconí, en el estado de Querétaro, se tienen en esta cascada capas gruesas de calizas de plataforma de la Formación el Doctor de edad Cretácico Medio.



Panorámica en la Sierra Madre Oriental

Localidad, Area de Tolimán en el estado de Querétaro, México.

Título, Panorámica en la Sierra Madre Oriental en el área de Tolimán, Qro.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos la supervisión de Geología Superficial, en la región dentro de la Sierra Madre Oriental, en la porción correspondiente al estado de Querétaro, cuando hicimos el estudio de Geología de superficie en el área de San Joaquín, Querétaro se observaron espectaculares paisajes como en este caso en el área de Tolimán Qro.

Descripción del Dibujo. En este dibujo se presenta en esta panorámica al fondo las características de la Geomorfología con drenaje rectangular de las calizas gruesas de plataforma de la Formación El Doctor de edad Cretácico Medio y al frente las características morfológicas típicas de drenaje de tipo dendrítico de las de calizas arcillosas delgadas con lutitas de cuenca de las formaciones Soyatal de edad Turoniano y Mezcala de edad Coniaciano-Campaniano las dos correspondientes al Cretácico Superior respectivamente.



Rogelio Ramos Aracen, es geólogo petrolero egresado del IPN, con experiencia en geología de campo en superficie en la SMO y como geólogo de pozos de exploración y explotación.

En su primer proyecto en 1981 denominado El Limón, del área de Ciudad Mante Tamaulipas. Cambio drásticamente las interpretaciones estructurales de pliegues en abanico, modificándolos por fallas de Cabalgamientos y de desgarre o laterales, trabajo muy polémico en ese entonces, pero años después y ahora ya son conceptos triviales.

Efectuó trabajos de Geología Regional tanto de la Plataforma Valles, como de las regiones de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.

Una Invitación inesperada primeramente del Dr. Eduardo Aguayo, me involucra con geólogos internacionales de la SGA y de la AAPG, para excursiones en la región frontal de la SMO, en las sierras de El Abra, Xilitla, Ahuacatlan, Qro., y paso de invitado a protagonista y guía colaborador con los Drs. Paul Enos y Charles Minero con los cuales se convirtió en coautor del Libro *Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*

Participó en el Simposium sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados en Tampico al lado del Dr. Ronald Nelson. y en recorrido de campo a la SMO y curso de sedimentología de siliciclastos con el Dr. Paul Edwin Potter y en secciones regionales de la Cuenca Tampico Misantla con el Dr. A. W. Bally.

Ha impartido conferencias en congresos nacionales y fue invitado y embajador mexicano en el Pabellón Internacional celebrado en el congreso de la AAPG en Dallas Txs. en 1997

Fue Premio Nacional en el 3er Simposium de Exploración de Plays y Habitats de Hidrocarburos en Tampico Tam. en 2007.

Fue presidente de las delegaciones de Tampico y CDMX de la AMGP, en los bienios 1998-1999 y 2018-2020 respectivamente, y recientemente ex candidato a la presidencia nacional de la AMGP

Laboro en Pemex exploración, en el IMP como asesor y consultor con Ingeniería de Perforación de Pozos en las regiones del SE y N., y como analista sedimentológico del Jurásico Superior, recientemente ha efectuado trabajos como asesor con algunas empresas del sector energético en algunos de sus proyectos o adjudicaciones.

Co Autor del Libro

Paul Enos, Charles Minero, Rogelio Ramos Aracen. *“Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico”*, AAPG GUIDE BOOK FIELD TRIP AAPG DALLAS ANUAL CONVENTION 1997

Principales Conferencias Impartidas.

EN CONVENCIONES NACIONALES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, en los años:

1984 “LOS CABALGAMIENTOS EN LA REGIÓN DE CD. MANTE TAM.”
VI CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL HOTEL MA. ISABEL SHERATON EN MÉXICO, D.F.

1986 “EL ORIGEN DE LAS CONCRECIONES EN LA FM. LA CASITA”
VII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

1988 “LOS OLISTOLITOS DE LA FM. EL DOCTOR EN EL ÁREA DE ZIMAPAN, HGO.”
VIII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN LA CFE EN MÉXICO, DF.

1990 “DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTE DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP.”
IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN EL AUDITORIO BRUNO MASCANZONI DEL IMP EN MÉXICO, DF.

1992 “EXPLORACION DE PETROLEO ASOCIADO A EL FRACTURAMIENTO REGIONAL EN LA PLANICIE COSTERA” X CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL CENTRO DE CONVENCIONES “EXPOVER” EN EL PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

2021 “LA INVASIÓN MARINA SOBRE LOS BORDES CONTINENTALES DESDE EL CALLOVIANO AL KIMMERIDGIANO EN EL ORIENTE Y SURESTE DE MÉXICO. CDMX VIA ZOOM.

2021 “PRINCIPALES OROGENIAS EN MÉXICO CON CATACTERISTICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS”. CDMX. VIA ZOOM

ANÁLISIS INTEGRADO DE GEOMETRÍA, REDES DE FRACTURAS Y POROSIDAD EN INTRUSIVOS ÍGNEOS AFLORANTES: IMPLICANCIAS PARA LA INTERPRETACIÓN SÍSMICA DE ESTE PLAY NO CONVENCIONAL EN LA CUENCA AUSTRAL, ARGENTINA

Jesús S. PORRAS M.¹ & Maximiliano E. AGÜERA²

¹ Consultor Independiente, ² Pampa Energía

1. INTRODUCCION

La producción de hidrocarburos a partir de intrusivos ígneos no es un fenómeno reciente en la industria. En diversas cuencas del mundo se han documentado casos de cuerpos intrusivos productivos. En Argentina, los reservorios ígneos de la cuenca Neuquina llegaron a ocupar un lugar destacado por sus altas tasas de producción y volúmenes de reservas asociadas. En la cuenca Austral, si bien se han identificado intrusivos con evidencias de hidrocarburos, hasta el momento no se registra producción comercial.

La comprensión del papel de los intrusivos en los sistemas petroleros requiere un conocimiento detallado de su morfología y de sus propiedades petrofísicas, en particular la porosidad y permeabilidad, ya que estas controlan la conectividad, la migración y la capacidad de almacenamiento del reservorio. No obstante, la caracterización en subsuelo está condicionada por la resolución y naturaleza indirecta de los datos disponibles. En este marco, el empleo de análogos de afloramientos constituye una herramienta fundamental para reconstruir la morfología y las propiedades físicas de los intrusivos, fortaleciendo la interpretación sísmica para avanzar en la comprensión de su interacción con la dinámica del sistema petrolero.

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización de los intrusivos aflorantes en la cuenca, al noroeste de la Provincia de Santa Cruz, y se establecen algunas comparaciones geométricas con los intrusivos identificados en la interpretación en pozos y sísmica 3D.

2. ANTECEDENTES DE INTRUSIVOS EN LOS SISTEMAS PETROLEROS

Los intrusivos ígneos constituyen componentes significativos de los sistemas petroleros de las grandes provincias ígneas. Su influencia se manifiesta en distintos niveles: en la generación y maduración de hidrocarburos mediante la conversión térmica del querógeno; en la

creación de porosidad primaria y secundaria, con impacto en la migración y almacenamiento de fluidos; y en el desarrollo de trampas tanto estratigráficas como estructurales. De igual modo, pueden comportarse como sellos o barreras de flujo, al disminuir la porosidad y la permeabilidad, deteriorar propiedades petrofísicas e incluso compartimentalizar reservorios (Planke et al., 2000; Gu et al., 2002; Wu et al., 2006; Rodríguez et al., 2007; Senger et al., 2017; Galland et al. 2022a, Galland et al. 2025 in press).

En sistemas petroleros convencionales, donde la madurez depende principalmente del soterramiento, la temperatura y la calidad de la roca madre, el intrusivo puede atravesar tanto la roca generadora como reservorios preexistentes, alterando sus propiedades. En sistemas atípicos, donde la madurez no está directamente ligada a la subsidencia y los intrusivos no penetran la roca madre, la magnitud del impacto depende de la distancia entre la base del cuerpo ígneo y el tope de la roca generadora. En ambos casos, el efecto puede ser positivo, favoreciendo la generación, mejorando la calidad del reservorio o promoviendo nuevas trampas, o negativo, al comportarse como barrera a la migración, degradar las propiedades petrofísicas de la roca caja o del reservorio, o incluso modificar la composición de los fluidos, como se ha reportado para la Cuenca Neuquina con la pérdida de volátiles y la formación de venas asfálticas (Spacapan et al., 2016; Galland et al., 2025 in press).

En diversas cuencas del mundo se han documentado casos de intrusivos productivos (Gu et al., 2002; Svensen et al., 2004; Planke et al., 2005; Wu et al., 2006; Jackson, 2013; Galland et al., 2025 in press). En Argentina, estos cuerpos llegaron a constituir algunos de los reservorios más importantes de la Cuenca Neuquina, con altas tasas de producción y significativas reservas asociadas (Comerón et al., 2002; González et al., 2005; Delpino et al., 2006; Rodríguez et al., 2007; Astesiano et al., 2008; Bermúdez y Delpino, 2008; Delpino y Bermúdez, 2009; Witte et al., 2012). En la Cuenca Austral, aunque se han identificado

intrusivos en diferentes niveles de la columna estratigráfica y se han detectado evidencias de hidrocarburos, no se ha comprobado producción asociada (Chelotti y Trinchero, 1990 y 1991; Corbella et al., 1991; Corbella, 2002; Porras et al., 2011).

Desde la perspectiva del sistema petrolero, los intrusivos ígneos pueden actuar como reservorios no convencionales. Su potencial depende en gran medida del grado de fracturamiento que generen, ya sea: a) en el propio cuerpo intrusivo, b) en las rocas encajantes y c) en las trampas que inducen o modifican.

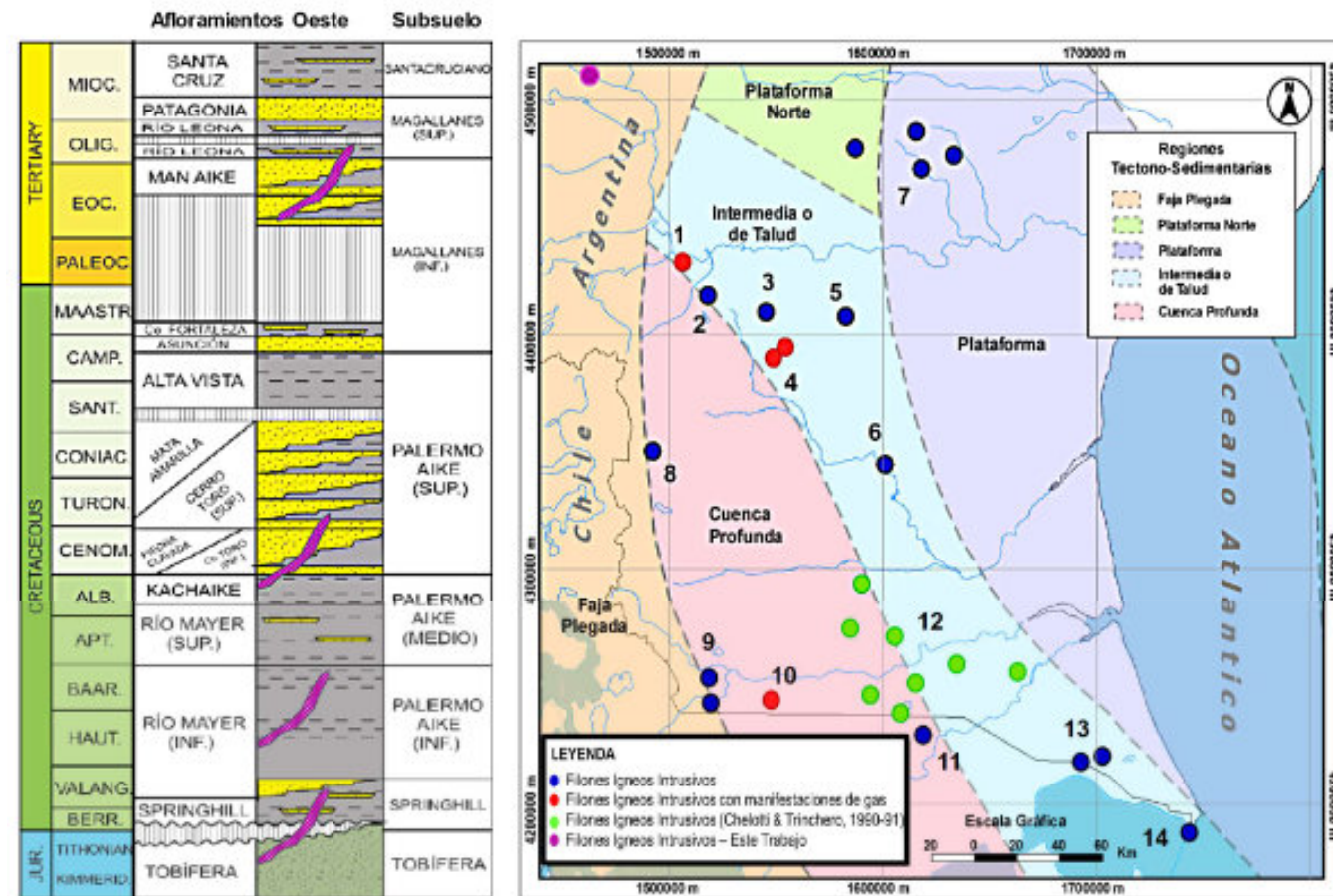


Figura 1. Columna estratigráfica generalizada (izq.) y mapa de la Cuenca Austral (der.) donde se indica la posición estratigráfica y ubicación aproximada de emplazamiento de los cuerpos ígneos intrusivos. Adaptado de Ambrosio (2003) after Arbe (1989) y Porras (2011).

3. TRAMPA: Límites y Extensión

El entrapamiento en intrusivos ígneos suele ser de tipo estratigráfico, donde la roca encajante funciona como sello, sin depender necesariamente de la tectónica regional (González et al., 2005). La extensión del reservorio está limitada por las dimensiones del cuerpo ígneo y de la aureola o zona metamorfizada circundante, mientras que el acuífero del intrusivo condiciona, lateral y verticalmente, las variables de petrofísicas controlando la distribución de la porosidad y conectividad.

Las intrusiones ígneas también pueden generar trampas estructurales, localizadas, independientes de la tectónica regional, efectivas para la acumulación de hidrocarburos,

al inducir deformaciones en los sedimentos suprayacentes (magmatectonism). Un mecanismo clave en este proceso es la formación de pliegues forzados (forced folds), estructuras anticlinales, con cierre 4D, generadas por el levantamiento de la capa superior debido a la intrusión de magmas a niveles someros. La deformación asociada también produce redes de fracturas que incrementan la conectividad del reservorio y facilitan la migración de fluidos.

Se han reportado en cuencas de China, Australia, Noruega y Brasil (Gu et al., 2002; Schutter, 2003; Wu et al., 2006; Jackson et al., 2013; Holford et al., 2013; Avellar et al., 2019; Smith et al., 2022).

4. RESERVORIO

Los intrusivos ígneos pueden funcionar como reservorios de hidrocarburos de manera análoga a las rocas sedimentarias, aunque se consideran dentro de la categoría de no convencionales. Su valor y potencial está fuertemente condicionado por el grado de fracturamiento, que controla tanto la porosidad como la conectividad del sistema. Las redes de fracturas funcionan por lo tanto como espacios de almacenamiento y conductos de migración.

El reservorio se encuentra representado por:

- Cavidades (vesículas, vugs y amígdalas)
- Fracturas primarias, mecánicas originadas durante el emplazamiento del cuerpo ígneo (porosidad primaria).
- Fracturas secundarias derivadas de la fracturación tectónica y el metamorfismo de contacto (porosidad secundaria).

5. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

La capacidad de los intrusivos como reservorios depende del desarrollo de porosidad primaria y secundaria, que controla la permeabilidad efectiva del sistema (Bermúdez & Delpino 2008; Delpino & Bermúdez, 2009; Wu et al. 2006; Palma et al., 2022).

La porosidad primaria incluye cavidades y fracturas generadas durante el emplazamiento, el enfriamiento y los procesos petrológicos propios de la consolidación del cuerpo ígneo. Las fracturas primarias en intrusivos ígneos se generan durante la consolidación del magma y su enfriamiento subsecuente, siendo las diaclasas la manifestación más común. Por su parte, la porosidad secundaria se desarrolla en etapas posteriores al enfriamiento, vinculada a procesos tectónicos, de alteración hidrotermal y de metamorfismo de contacto, que producen disolución, recristalización, fallamiento y microbrechas. Estos procesos son cruciales para la conectividad entre poros primarios y, en muchos casos, definen la permeabilidad efectiva del reservorio. En otros casos, reducen la permeabilidad al sellar los poros y fracturas por mineralización.

Gu et al. (2002) mencionan que además de redes de fracturas, grietas de alto ángulo, microfracturas dilatacionales y brechas criptoexplosivas, generadas durante la solidificación del cuerpo intrusivo, también se

desarrolla porosidad de reservorio asociada a procesos posteriores a la solidificación. Entre estos destacan las fracturas tectónicas y las cavidades de disolución, que constituyen las variedades más representativas de porosidad secundaria.

5.1. Porosidad primaria

Incluye las cavidades y fracturas formadas durante el emplazamiento y enfriamiento del intrusivo. La porosidad primaria refleja la evolución magmática y comprende los mecanismos físicos asociados a la pérdida de volumen por contracción térmica, así como la desgasificación que da origen a cavidades.

Cavidades (vesículas y vugs)

Vesículas: son cavidades por formadas por desgasificación del magma. Son abundantes en los extremos superiores e inferiores de los flujos lávicos (Wu et al., 2006). Aisladas son poco efectivas pero conectadas por fracturas posteriores, sirven como canales de migración y reservorios o almacenamiento de hidrocarburos. En el subsuelo, rocas ígneas de composición basáltica, de los campos Glencross-Morro Chico, se han identificado vesículas, amígdalas y cavidades, en muchas ocasiones rellenas de minerales máficos o glauconita (Porras et al., 2011)

Vugs: difieren de las vesículas porque su forma no es esférica posiblemente afectadas en su formación por fallamiento, plegamiento o colapso de la roca.

Tanto las vesículas como las vugs cuando se presentan total o parcialmente rellenas por minerales secundarios se las denomina amígdalas.

Fracturas primarias

La porosidad primaria se refleja en los sistemas de diaclasas de enfriamiento (cooling joints), típicos en rocas ígneas y originados debido a la contracción, por enfriamiento y solidificación, del fluido magmático (fracturación térmica) (Figura 2b). Esta contracción genera tensiones internas que superan la resistencia de la roca, provocando fracturas sistemáticas. Llegan a representar la porosidad primaria más significativa de los intrusivos (Bermúdez & Delpino, 2008).

La geometría típica puede ser columnar, prismática, de sección hexagonal o pentagonal como las formadas en rocas básicas si el enfriamiento es relativamente rápido y

homogéneo, o tabular y plana, más comunes en intrusivos graníticos-dioríticos. En los sistemas columnares, las fracturas se desarrollan perpendicularmente a la superficie de enfriamiento, mientras que, en los sistemas de diaclasas tabulares, las fracturas se disponen de manera paralela a dicha superficie. La disposición en columnas pentagonales o hexagonales, aumenta la permeabilidad multidireccional.

Los sistemas de fracturas funcionan como espacios de almacenamiento y conductos de migración. Si las fracturas permanecen abiertas, permiten la circulación de fluidos (agua, hidrocarburos, CO₂). Los sistemas columnares presentan muy buena permeabilidad vertical y horizontal, mejor que los sistemas tabulares. No obstante, las fracturas pueden llegar a estar rellenas de calcita, bitumen o residuos orgánicos (Palma et al., 2022).

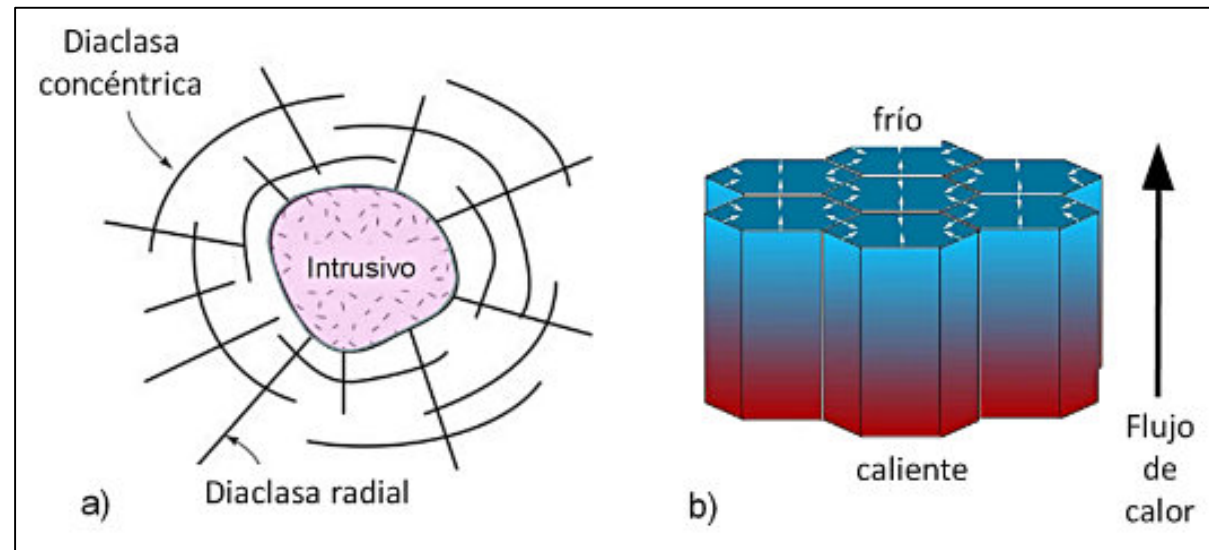


Figura 2. a) vista en planta de modelos de distribución de fracturas concéntricas y radiales (modificado de Waldron & Snyder, 2020), b) modelo de generación de fracturas columnares por enfriamiento (modificado de Steven Veatch, 2011)

Fuera del cuerpo ígneo intrusivo, son comunes fracturas radiales y concéntricas, originadas durante la intrusión del magma (Figura 2a). Palma et al. (2022) las interpretan como originadas durante la etapa de enfriamiento del intrusivo, mientras que Bermúdez y Delpino (2008) sugieren que resultan del desarrollo de flujos convectivos naturales o de procesos de enfriamiento complejos, influenciados por los planos de discontinuidad delimitados por las juntas columnares.

Las diaclasas, principalmente radiales y concéntricas, son comunes fuera de los intrusivos ígneos, cerca del contacto con la roca encajante y originadas por extensión durante la intrusión forzada del magma o por el enfriamiento diferencial posterior.

Fracturación sin-intrusiva en la roca encajante

Durante el emplazamiento de lacolitos y sills, la presión magmática genera fallamiento en la roca suprayacente. Predominan microfracturas y microbrechas en la zona de contacto superior, a menudo asociadas a permeabilidad

secundaria significativa. Esta red de fracturas ha sido observada en estructuras dómicas (forced-folds) desarrolladas por el emplazamiento de sills o lacolitos que afectan el campo de esfuerzos local (Galland, 2009 en Avellar, 2019).

Diversos casos de estudio evidencian su importancia en sistemas petroleros. Gu et al. (2002) y Wu et al. (2006) reconocen fracturas tensionales en estructuras dómicas, inducidas por el emplazamiento de intrusivos tanto en estratos sedimentarios como volcánicos. Los mismos autores documentaron grietas de fuerte buzamiento y microfracturas dilatacionales como rasgos primarios. Las grietas verticales fueron interpretadas como resultado de un incremento de presión bajo la corteza solidificada, asociado a la acumulación de volátiles o a pulsos magmáticos, mientras que las microfracturas dilatacionales la atribuyen a la contracción volumétrica durante el enfriamiento.

5.2. Porosidad Secundaria

Al igual que la porosidad primaria, la porosidad secundaria también incluye la porosidad de fracturas y cavidades. La porosidad secundaria, sin embargo, se desarrolla en la fase final de emplazamiento o en procesos posteriores al enfriamiento, principalmente tectónicos (fallamiento, microfracturación, reactivación de diaclasas) y de alteración hidrotermal o metamorfismo de contacto, que generan disolución, recristalización y apertura de microbrechas. Estos procesos incrementan la conectividad entre poros primarios y, en muchos casos, definen la permeabilidad efectiva del reservorio (Bermúdez & Delpino, 2008). Es crucial en el desarrollo de porosidad y permeabilidad adicionales. Gu et al. (2002) indican que además de las estructuras generadas durante la solidificación, los intrusivos desarrollan porosidad secundaria asociada a procesos post-solidificación, principalmente fracturas tectónicas y cavidades de disolución.

La creación de porosidad secundaria está asociada a varios procesos:

Tectónica post-emplazamiento: generada por esfuerzos regionales compresivos o extensivos y manifestada en microfracturas y sistemas de fallas que afectan tanto al intrusivo como a la roca encajante. Este proceso puede reabrir o conectar fracturas primarias, mejorando la conectividad del reservorio.

Fracturación térmica: se produce como resultado de las diferencias de temperatura entre el cuerpo intrusivo y la roca encajante durante el enfriamiento. Este proceso genera microfracturas de disposición radial y concéntrica, especialmente desarrolladas en las proximidades de los contactos. Dichas fracturas se originan por la contracción térmica del magma y por los gradientes térmicos impuestos a la roca hospedante, lo que concentra los esfuerzos tensionales en los márgenes del cuerpo intrusivo (Gudmundsson, 2011).

Alteración hidrotermal y metamorfismo de contacto: estos procesos generan disolución, recristalización y fracturamiento que favorecen la conectividad porosa. Originan microbrechas en sectores próximos al contacto intrusivo, cavidades de disolución y amígdalas mineralizadas por la circulación de fluidos post-emplazamiento, contribuyendo al desarrollo de porosidad y permeabilidad en los intrusivos ígneos y mejorando la interconexión del sistema poroso.

Palma et al. (2022) reconocen otros tipos de fracturas: venas de inyección de bitumen e hidrotermales. Son microfracturas formadas dentro de la aureola térmica, resultantes de la sobrepresión alcanzada durante la generación de hidrocarburos o ingreso de fluidos hidrotermales al sistema. Wu et al. (2006) señalan que la exsolución de volátiles (liberación de volátiles disueltos como H₂O y CO₂) durante la cristalización del magma puede inducir sobrepresión en la corteza solidificada del intrusivo. Al liberarse mediante criptoexplosiones, se generan brechas y redes de fracturas que constituyen un aporte significativo de porosidad secundaria. Estos procesos aumentan la permeabilidad local y pueden transformar la aureola de enfriamiento en un reservorio efectivo.

La importancia del fracturamiento secundario radica en que incrementan la conectividad y permeabilidad efectiva, actúan como conductos de migración y espacios de acumulación de hidrocarburos, aunque también pueden sellarse localmente por mineralización, reduciendo la permeabilidad en sectores localizados.

6. OBSERVACIONES DE CAMPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS INTRUSIVOS

6.1. Ubicación

Al sureste del Lago San Martín y Lago Brazo Chacabuco/Bahía de La Lancha, en las adyacencias de Estancia La Lila (Figura 3), Noroeste de la Provincia de Santa Cruz, Argentina (coordenadas referenciales: 49°S; 72°O)

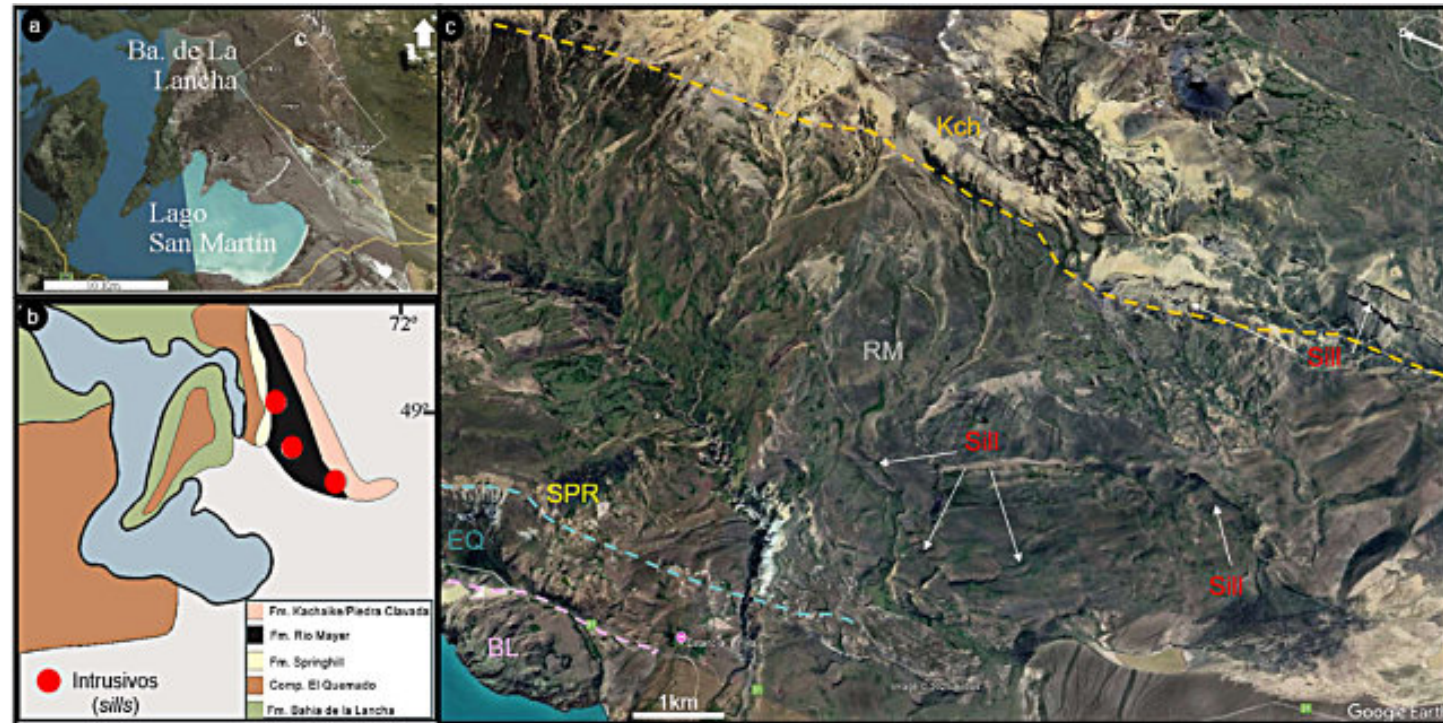


Figura 3. a) Ubicación del área de trabajo b) Mapa geológico del área de trabajo (adaptado de Richiano, 2012) c) Ubicación de los intrusivos (sills) cortando distintas formaciones geológicas (Google map). Abreviaturas: SPR (Springhill); EQ (El Quemado), BL (Bahía La Lancha), RM (Río Mayer), KCh (Kachaike/Piedra Clavada)

6.2. Observaciones y descripción de los cuerpos intrusivos a escala regional y de detalle

Características Generales

Estos cuerpos intrusivos presentan una geometría irregular, con formas generalmente alargadas. Según Corbella (2002), en planta muestran un eje mayor que coincide con los principales sistemas de fracturación en la cuenca.

Se disponen como filones-capa de contactos netos y abruptos, bien definidos, que pueden ser concordantes con la estratificación o bien cortar discordantemente la secuencia sedimentaria (Figuras 4, 5 y 6).

Riccardi (1971) menciona que los filones capas se disponen, al igual que los diques, entre las formaciones sedimentarias cretácicas, constituyendo mayormente cuerpos sobresalientes, por su resistencia a la erosión, lo que, unido al color oscuro, los hace fácilmente identificables. Indica que los diques y filones capas observados en la zona de la Bahía de la Lancha, son de color gris oscuro, en general de grano muy fino con aspecto

afanítico, aunque también se observan de grano más grueso.

Su extensión es variable, desde unos pocos metros hasta centenas de metros, algunos llegan a superar los 5 km. Su espesor oscila entre centímetros y varios metros.

Pueden ser continuos o segmentados, y aparecen tanto como cuerpos homogéneos y masivos, como en asociaciones compuestas y estructuradas, integradas por filones apilados, apófisis o digitaciones (fingering shape) (Figura 5); los que los hace unos excelentes análogos de afloramiento frente a las interpretaciones de la geometría de los intrusivos en sísmica (Figura 9).



Figura 4. Vista en afloramientos de intrusivos (sills) intruyendo las Fms Río Mayer (RM) y Kachaike/Piedra Clavada (Kch/PC).

Están afectados por múltiples sistemas de fracturas, tanto abiertas como selladas, y presentan cavidades de diversos diámetros. Además, generan aureolas de metamorfismo de contacto muy alteradas en los sedimentos adyacentes.

Los diques y filones-capas aflorantes en la zona están compuestos por diferentes tipos de rocas que abarcan

desde essexitas-monzodioritas foídicas y teschenitas, hasta basaltos olivínicos. Escosteguy et al. (2017) los incluyen dentro del denominado Basalto Posadas, una colada basáltica intercalada entre las sedimentitas cretácicas y cenozoicas de amplia distribución regional.

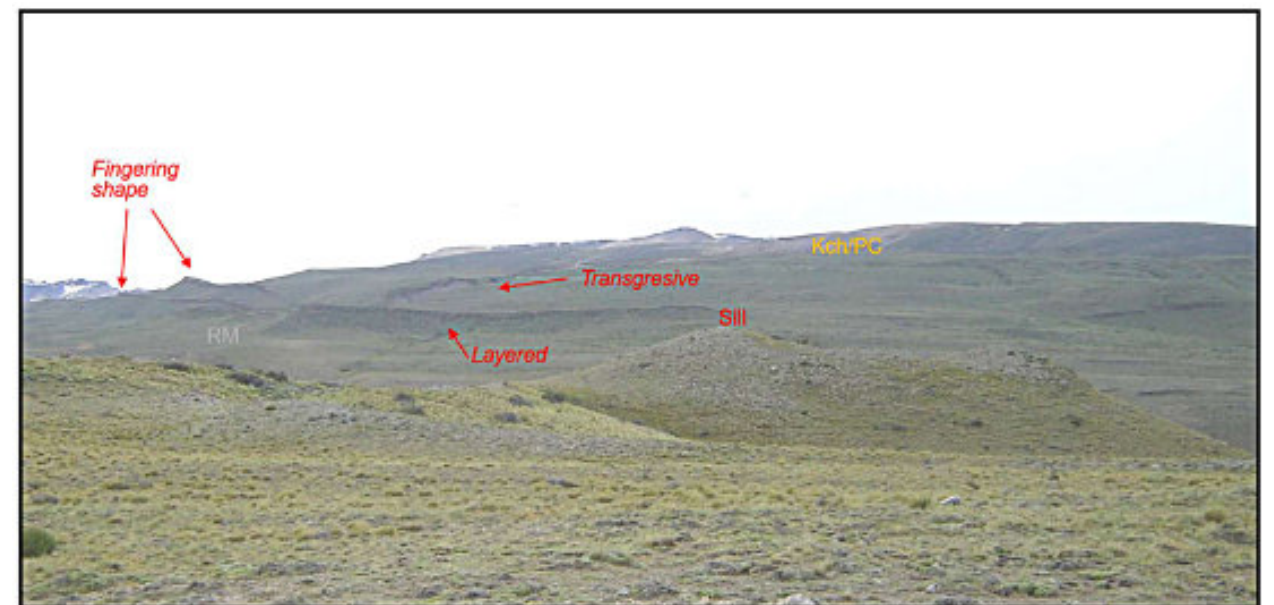


Figura 5. Vista de afloramiento que ilustra la diversidad de geometrías y estilos de emplazamiento de cuerpos ígneos intrusivos en la secuencia sedimentaria conformada por las formaciones Río Mayer (RM) y Kachaike/Piedra Clavada (Kch/PC). Se reconocen intrusivos concordantes con la estratificación (layered), intrusivos transgresivos que cortan los estratos con distintos ángulos, desarrollos segmentados tipo fingering y cuerpos tipo sill.

Intruyen unidades mesozoicas en el afloramiento y equivalentes en subsuelo (*): Complejo El Quemado

(*Serie Tobífera) y formaciones Springhill, Río Mayer (*Palermo Aike) y Kachaike/Piedra Clavada de edad

cretácica (Figura 1), cuya dirección predominante es noroeste (Figura 3). Porras et al. (2011) reportan que los intrusivos cortan la secuencia cretácica, principalmente en los niveles limo-arcillosos de la Formación Palermo Aike.

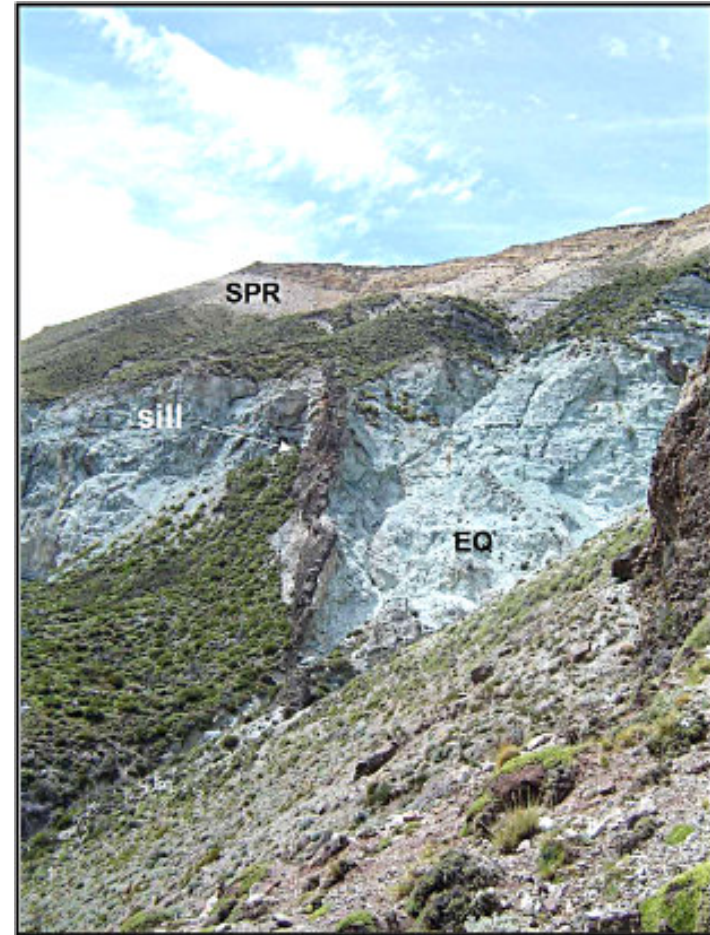


Figura 6. Vista en afloramientos de intrusivo ígneo (sill) intruyendo el Complejo El Quemado (EQ). Por encima se dispone la Formación Springhill (SPR)

Descripción General (escala de afloramiento)

Tamaño y forma de intrusión

Se identifican cuerpos intrusivos que cortan la estratigrafía del Complejo El Quemado y de las formaciones Springhill, Río Mayer y Kachaike/Piedra Clavada, todas de edad cretácica.

Se reconocen filones de dimensiones variables; sin embargo, los más relevantes presentan, en términos generales, longitudes cercanas a 2 km y espesores de entre 1,5 y 2 m (Figura 3).

En conjunto, estos cuerpos intrusivos exhiben las siguientes geometrías principales (Figuras 4, 5 y 6):

- Concordantes con la estratificación (layered).

No obstante, también se ha comprobado la presencia de diques y filones más someros que penetran en la Formación Magallanes.

- Discordantes respecto a la estratificación, con distintos ángulos de intersección (transgressive).
- Segmentados en múltiples ramificaciones o lóbulos (fingering).
- De geometría cóncava hacia arriba (saucer-shaped).

Zona metamórfica MZ

Se desarrollan perpendicular al cuerpo intrusivo, a ambos lados de este, y generalmente tienen un espesor de ~1 m (aproximadamente la mitad del tamaño del intrusivo adyacente), se la identifica con un cambio de coloración, muy alterada y fracturada (Figuras 7 a, c y f).

Aunque la MZ fue identificada de manera consistente, no se efectuaron análisis geoquímicos de roca, debido a limitaciones de alcance, tiempo y recursos.

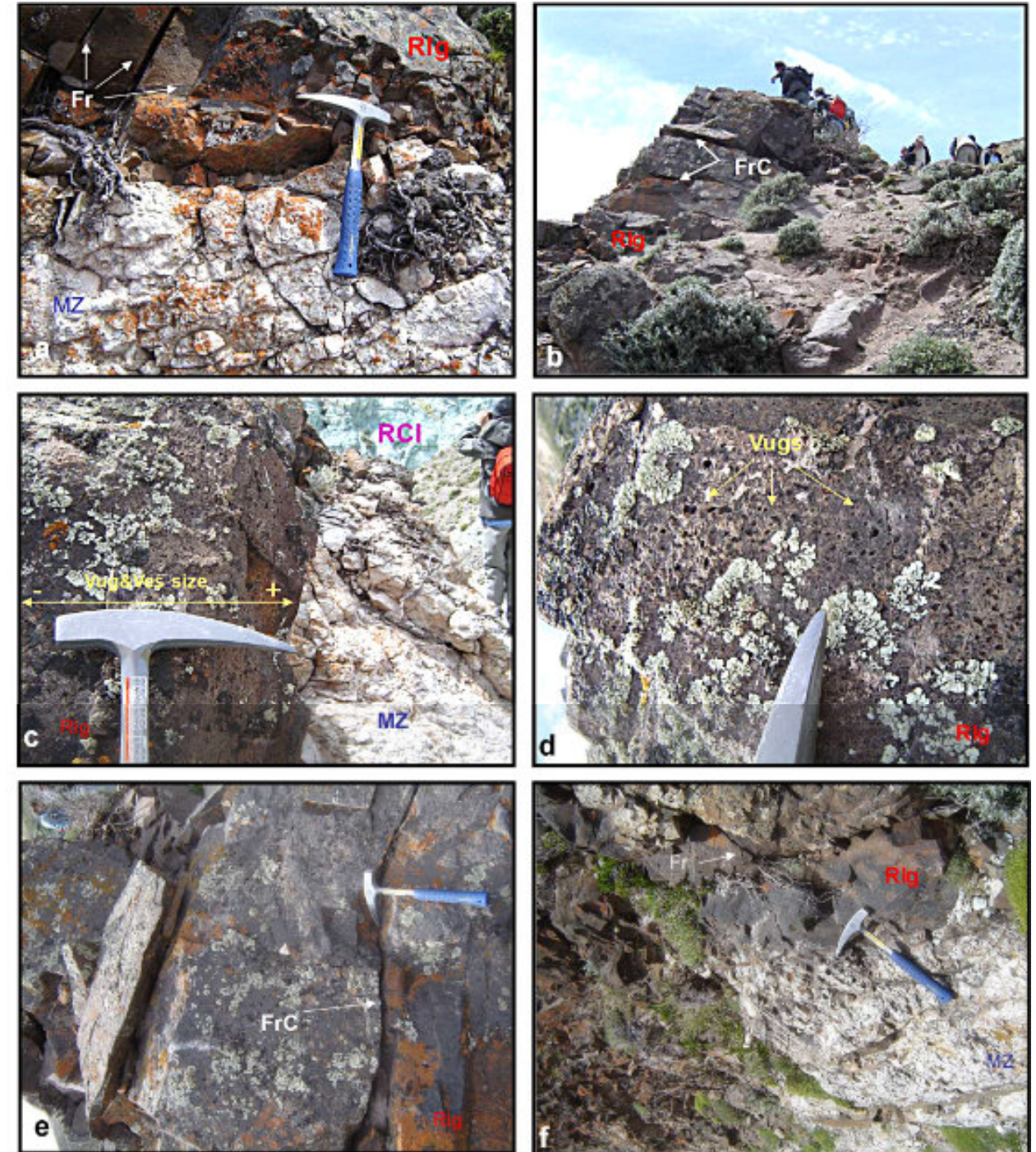


Figura 7. Vista en detalle del afloramiento de intrusivo ígneo. Palabras claves: Rig, (Roca ígnea), MZ (Zona metamórfica), Fr (Fractura) FrC (fractura por enfriamiento), Vug & Ves (Vesículas y Vugs), RCI (Roca caja inalterada).

Análisis de detalle

El análisis detallado de las unidades intrusivas en el área de estudio, más allá de la caracterización mineralógica y petrográfica, se centró en la identificación de porosidad primaria y secundaria, evaluando su interconectividad, la delimitación de zonas con alteración o metamorfismo, y la caracterización de variaciones texturales.

Cavidades (vesículas y vugs)

- Forma: redondeada a levemente alargada (Figura 7 d, Figuras 8 a y b).
- Tamaño: 1 mm a 0,5 cm, excepcionalmente hasta 10 mm.
- Distribución: más abundantes y desarrolladas hacia los laterales del intrusivo, disminuyendo hacia el interior.

- Orientación: paralela al eje mayor del cuerpo intrusivo (Figuras 7 c,d).
- Las vesículas y vugs, cuando están rellenas total o parcialmente se las denomina amígdalas (Figuras 8 b,d) y son producto de relleno de minerales arcillosos por fluidos posteriores al emplazamiento.

Su presencia indica baja presión de confinamiento, sugiriendo un emplazamiento somero y facilitando la desgasificación del magma (Dougal Jerram & Nick Petford, 2011, Teresa Ubide et al., 2009).

Fracturas

Se describen las fracturas en relación con la porosidad que puede ser: primaria (térmicas) o secundaria (post-enfriamiento)

Fracturas primarias térmicas (cooling fractures FrC)

- Formas: caras planas concéntricas.
- Tamaño: presentan el espesor del cuerpo intrusivo ~1 a 2 m, apertura ~0,5mm a 1 cm y frecuencia cada ~60cm (Figuras 7b y e).

- Orientación: se desarrollan perpendiculares al contacto con la roca de caja (Figuras 7 b,e y Figura 8d).

Fracturas secundarias generadas por la tectónica post-emplazamiento

- Formas: se presentan con formas conjugadas, en rasgos en echelon (Figura 8b) y con conjugadas/irregulares con alta frecuencia de fracturas (Figura 8c). Estas últimas se las ve afectando al intrusivo como a la MZ (Figura 7a).
- Apertura: en general de milímetros y frecuencia variable dependiendo la familia, siendo la más interesantes desde el punto de vista de reservorios, las conjugadas/irregulares con alta frecuencia de fractura.
- Orientación: se desarrollan en múltiples direcciones generalmente cortando a las fracturas primarias por enfriamiento FrC.

Cabe aclarar que las zonas con alta frecuencia de fracturas se distribuyen en clústers puntuales y que podrían ser excelentes concentradores de flujo en reservorios fracturados.



Figura 8: Vista en detalle del intrusivo ígneo. Palabras clave: roca ígnea (Rig), fractura (Fr), fractura por enfriamiento (FrC), cavidades (Cav), amígdalas (Amig), vesículas y vugs (Vug & Ves).

7. SUBSUELO: CRITERIOS SISMICOS

En la Cuenca Austral han sido documentados intrusivos tanto en pozos como en sísmica (Chelotti y Trincherro, 1990, 1991; Corbella et al., 1991, Corbella, 2002; Ghiglione et al., 2009; Porras et al., 2011). Se concentran en los niveles limo-arcillosos medio-superiores del Cretácico (Palermo Aike), siendo más frecuentes en la Formación Magallanes Inferior por la menor presión de sobrecarga frente a los fluidos magmáticos.

La identificación e interpretación de intrusivos ígneos en sísmica se basa principalmente en sus altas amplitudes, los marcados contrastes de impedancia, su carácter discordante respecto a la estratificación, las geometrías particulares que adoptan y sus terminaciones abruptas. Suelen detectarse por las velocidades sísmicas, mayores en el cuerpo intrusivo o como segmentos de reflectores de gran amplitud, en general concordantes con los estratos. Sin embargo, en intrusivos reconocidos en sectores de cuenca profunda e intermedia, pueden observarse

disposiciones desde concordantes (layered shape) hasta levemente discordantes, con un aumento del ángulo en las terminaciones. Este rasgo podría estar asociado tanto a contrastes litológicos como a la presencia de fallas, que habrían facilitado el ascenso de los cuerpos durante la intrusión.

Estos cuerpos suelen exhibir facies sísmicas distintivas, tales como elongaciones suaves o una morfología tipo “platillo”, generalmente cóncava hacia arriba. Los reflectores asociados pueden aparecer discontinuos, segmentados, quebrados o apilados, e incluso con geometrías caóticas por debajo del intrusivo, mientras que por encima es frecuente reconocer evidencias de deformación o arqueamiento de las capas suprayacentes. Porras et al. (2011) mencionan que pueden adoptar configuraciones diversas: tabulares, cónicas o de platos (saucer shaped), escalonadas, planares transgresivas o discordantes, paralelas, o la combinación de éstas (Figura 9).

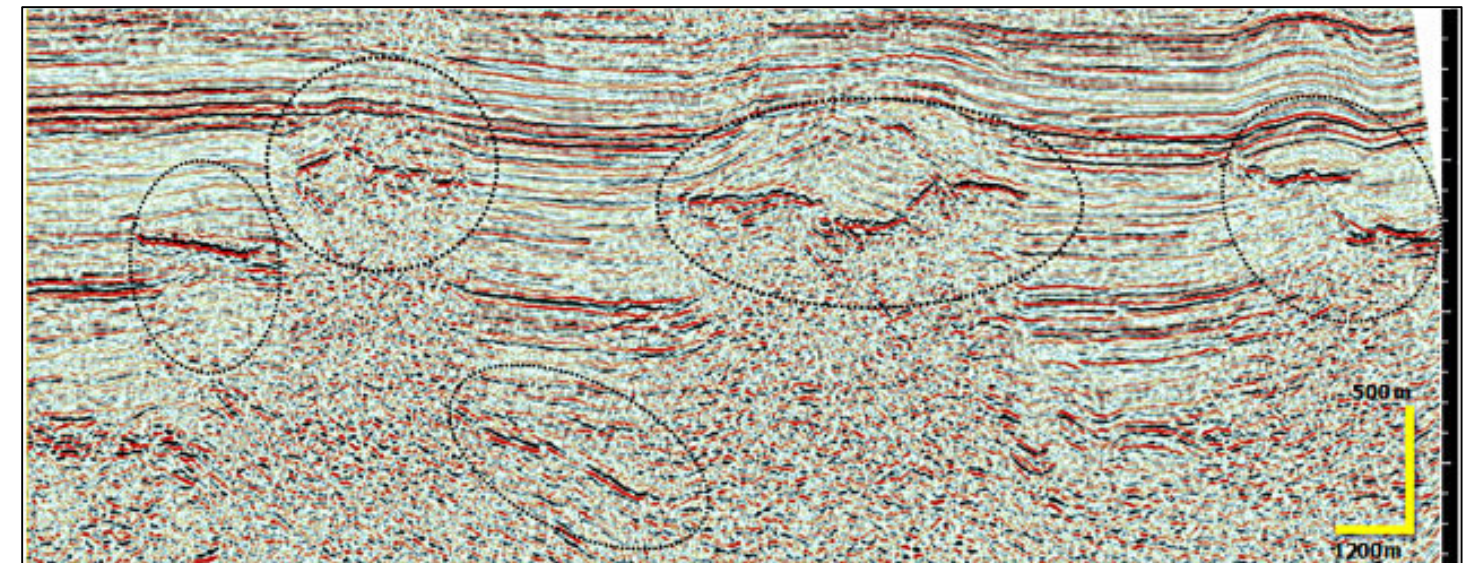


Figura 9. Línea sísmica que muestra anomalías de amplitud asociadas a cuerpos ígneos intrusivos emplazados dentro de una secuencia sedimentaria Terciaria-Cretácica de la Cuenca Austral. Los intrusivos presentan geometrías tanto subconcordantes como discordantes respecto de la estratificación regional, con disposiciones complejas que incluyen cuerpos compuestos, segmentados y escalonados, así como uniones entre segmentos. Por encima de estos cuerpos se reconocen pliegues forzados inducidos por el emplazamiento intrusivo (tomado de Porras et al., 2011).

8. POTENCIAL PETROLIFERO

En la Cuenca Austral no se han identificado intrusivos con producción comercial, aunque los filones profundos han mostrado indicios de hidrocarburos, particularmente gas en el pozo Paso Fuhr es-1 y en pozos de los campos El Puma y Morro Chico. Numerosos cuerpos intrusivos atravesados

por pozos han permitido, a partir de datos geológicos y de perfiles, reconocer el filón principal y su zona metamórfica asociada. Su potencial como reservorio está condicionado por procesos de alteración, reemplazo y disolución mineral, así como por el grado de fracturamiento que

genera bloques de matriz separados por diaclasas (Chelotti y Trincherro, 1991; Porras et al., 2011).

9. REFERENCIAS

Astesiano D., C. Whitty, E. Chiapello, M. D' Angiola y R. López, 2008, Petrophysic characterization of a deep sill by data integration in Río Chico, VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos IAGP, Mar del Plata, Memorias del Congreso, p. 265-278.

Avellar, G.O., Pereira, E., 2019. Unraveling magmatic activity in sedimentary basins: sills and related brittle structures affecting Campos Basin petroleum system (SE Brazil). *Journal of Sedimentary Environments*, 4 (4): 471-479.

Bermúdez, A. & Delpino, D.H. 2008. Concentric and radial joint systems within basic sills and their associated porosity enhancement, Neuquén Basin, Argentina. In: Thomson, K. & Petford, N. (eds) *Structure and Emplacement of High-Level Magmatic Systems*. Geological Society, London, Special Publications, 302, 185–198, <https://doi.org/10.1144/SP302.13>

Chelotti L. A. y Trincherro E. J., 1990, Cuerpos Intrusivos Subvolcánicos en la Cuenca Austral, BIP N° 23, Septiembre 1990, pp. 2-13.

Chelotti L. A. y Trincherro E. J., 1991, Cuerpos Intrusivos en Cuenca Austral: Nuevos Estudios, BIP N° 25, Marzo 1991, pp. 39-51.

Comerón R., J. M. González y M. Schiuma, 2002, Los reservorios de las rocas ígneas intrusivas, in: Schiuma, M., Hinterwimmer, G. & Vergani, G. (eds), *Rocas Reservorios de las Cuencas Productivas de la Argentina*, V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata. Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG), Buenos Aires, p. 559-584.

Corbella, H., C. Pomposiello, L. Chelotti, E. Trincherro y S. Alonso, 1991, Cuerpos hipoabisales asociados al volcanismo efusivo cuaternario de la Patagonia Extrandina Austral, Santa Cruz, Argentina, VI Congreso Geológico Chileno, Resúmenes expandidos, pp. 510-514.

Corbella H., 2002, El campo volcano-tectónico de Pali Aike, en: M.J. Haller (edit): *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*, Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate, 1-18: 285-301, Buenos Aires.

Delpino D. H., A. Bermúdez, N. Vitulli y F. Rodríguez, 2006, Conceptual geologic model of petroleum systems related to intrusive igneous rocks, III Workshop de ESMOG, Buenos Aires, Argentina

Delpino D. H., A. M. Bermúdez, 2008, Concentric and radial joint systems within basic sills and their associated porosity enhancement, Neuquén Basin, Argentina. Geological Society, London, Special Publications

Delpino D. H., A. M. Bermúdez, 2009, Petroleum systems including unconventional reservoirs in intrusive igneous rocks (sills and laccoliths), *The Leading Edge*, V. 28, Issue 7, July 2009.

Dougal Jerram & Nick Petford 2011. *The Field Description of Igneous Rocks*. First edition.

Escosteguy, L., Geuna, S., Wilson, C., Franchi, M., 2017. Relación estratigráfica entre la Formación Río Lista y el basalto Posadas en el río Lista, Santa Cruz, Patagonia argentina. XX Congr. Geológico Argentino 52–57.

Galland, O., et al. (2009). Experimental modelling of ground deformation associated with shallow magma intrusions. *Earth and Planetary Science Letters*, 279, 149–161.

Galland O., de la Cal H., Mescua J., Rabbel O., Guldstrand F., Jerram D., 2022, Multi-Scale Structures Associated with Igneous Intrusions and Implications for Fluid Migrations – A Review of Recent Research, 11º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos-Simposio de Magmatismo y Sistemas Petroleros.

Galland O., Chiacchiera S., de la Cal H., Jerram D.A., Lombardo E. J., Palma O., Peri G., Rabbel O., Spacapan J.B., Vallejo M.D., Yagupsky D. and Zanella A. 2025. The impacts of volcanism on hydrocarbon-bearing sedimentary basins - Examples from the world-class Neuquén Basin case study, Argentina. This paper is a non-peer reviewed preprint submitted to EarthArXiv. This preprint was 25 submitted to peer-review journal *Global and Planetary Change*.

Ghiglione M. C., F. Suarez, A. Ambrosio, G. Da Poian, E.O. Cristallini, M. F. Pizzio and R.M. Reinoso, 2009, Structure and Evolution of the Austral Basin Fold-Thrust Belt, Southern Patagonian Andes, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (1), p. 215 – 226.

González R., Achilli F., Chiappero A., 2005, Entrampamiento en Rocas Ígneas en el Centro de la Cuenca

Neuquina, VI VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos Conexpro

Gu L., Ren Z., Wu Ch., Zhao M., and Qiu J., 2002. Hydrocarbon reservoirs in a trachyte porphyry intrusion in the Eastern depression of the Liaohe basin, northeast China, *AAPG Bulletin*, v. 86, no. 10 (October 2002), pp. 1821–1832

Gudmundsson, A. (2011). *Rock Fractures in Geological Processes*. Cambridge University Press.

Holford S.P., Schofield N., Jackson C. A., Magee C., Green P.F. & Duddy I.R., 2013. Impacts of Igneous Intrusions on Source and Reservoir Potential in Prospective Sedimentary Basins Along the Western Australian Continental Margin, *West Australian Basins Symposium 2013*

Jackson C., 2013. The Impact of Igneous Intrusions and Extrusions on Hydrocarbon Prospectivity in Extensional Settings: A 3D Seismic Perspective, *AAPG Search and Discovery Article #41168* (2013)

Palma J.O., Rabbel O., Olivier Galland O., Spacapan J.B., Ruiz R., 2022. Outcrop Evidences of the Effects of Magmatic Intrusions in Petroleum Systems: Maturation of Source Rock, Sills Reservoirs and Hydrocarbon Migration. 11º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos Simposio de Magmatismo y Sistemas Petroleros “Dr. Eduardo Llambías”

Planke S., Malthe-Sorensen A. and Jamveit B. 2000, *Petroleum Implications of Sills Intrusions-An Integrated Study*.

Planke S., Rasmussen T., Myklebust R. 2005. Seismic characteristics and distribution of volcanic intrusions and hydrothermal vent complexes in the Vøring and Møre basins. In: Dor ,A.G. & Vining, B. A. (eds) *Petroleum Geology: North-West Europe and Global Perspectives- Proceedings of the 6th Petroleum Geology Conference*, 833–844. Petroleum Geology Conferences Ltd. Published by the Geological Society, London.

Porras J., Agüera M., Pérez A.M., Pagán F. y Belotti H., 2011, Caracterización Geológica y Potencial Petrolífero de los Cuerpos Ígneos Intrusivos de la Cuenca Austral, Argentina. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, p 519-548.

Riccardi A.C., 1971, Estratigrafía en el Oriente de la Bahía de La Lancha, Lago San Martín, Santa Cruz, Argentina,

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. *Revista del Museo de La Plata*, Tomo VII, Geología N°61, p 245-318 + 5 anexos.

Richiano S., Varela A., Cereceda A y POIRÉ D., 2012. Evolución paleoambiental de la Formación Río Mayer, Cretácico Inferior, Cuenca Austral, Provincia de Santa Cruz, Argentina. *LATIN AMERICAN JOURNAL OF SEDIMENTOLOGY AND BASIN ANALYSIS* | VOL. 19 (1) 2012, 3-26

Rodríguez F., Villar H. y Baudino R., 2007. Hydrocarbon Generation, Migration and Accumulation Related to Igneous Intrusions: An Atypical Petroleum System From The Neuquén Basin of Argentina, 2007 LAPEC, SPE paper #107926

Senger K., Millett J.M., Planke S. Ogata, K, Eide C. H., Festoy M., Galland O., Jerram D., 2017. Effects of igneous intrusions on the petroleum system: a review. June 2017, *First Break* 35(6):47-56. DOI: [10.3997/1365-2397.2017011](https://doi.org/10.3997/1365-2397.2017011)

Steven Veatch 2011. Personal Blog Colorado Earth Science. March 2011.

Shutter S.R. 2003, Hydrocarbon occurrence and exploration in and around igneous rocks in: Petford N. and McCaffrey, K.J.W., Editors, *Hydrocarbons in Crystalline Rocks: an introduction*, Geological Society of London, Special Publications, 214, 7-33.

Spacapan J.B., Galland O.2, Leanza H. & Planke S., 2016. Igneous sill and finger emplacement mechanism in shaledominated formations: a field study at Cuesta del Chihuido, Neuquén Basin, Argentina, *Journal of the Geological Society GSA*

Smith J.M., Ripley E. M., Chusi Li., 2022. Cu and Ni Isotope Variations of Country Rock-Hosted Massive Sulfides Located Near Midcontinent Rift Intrusion. *Economic Geology* (2022) 117 (1): 195–211.

Svensen et al., 2004. Release of methane from a volcanic basin as a mechanism for initial Eocene global warming. *Nature* 429, pages 542–545.

Teresa Ubide et al., 2009. Variación Vertical de la Composición de un Sill de Lamprófido: Influencia de Fases Xenocristalinas. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, N°11.

Waldron J. and Snyder M., 2020. *Geological Structures: A Practical Introduction*. University of Alberta. Open

Education Alberta. 213 p.
(<https://pressbooks.openeducationalberta.ca/introductorystructuralgeology/front-matter/geologic-structures-a-practical-introduction/>)

Witte J., Bonora M., Carbone C, and Oncken O., 2012. Fracture evolution in oil-producing sills of the Rio Grande Valley, northern Neuquén Basin, Argentina, AAPG Bulletin, v. 96, no. 7 (July 2012), pp. 1253–1277

Wu Ch., Gu L., Zhang Z., Ren Z., Chen Z., and Li W., 2006. Formation mechanisms of hydrocarbon reservoirs associated with volcanic and subvolcanic intrusive rocks: Examples in Mesozoic–Cenozoic basins of eastern China. AAPG Bulletin, v. 90, no. 1 (January 2006), pp. 137–147

SOBRE LOS AUTORES:



Jesús S. PORRAS M. es Ingeniero Geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela.

Posee amplia experiencia profesional en la industria petrolera donde ha desempeñado diversos cargos en proyectos tanto de exploración como de desarrollo de reservorios convencionales y no convencionales.

Actualmente se desempeña como Geólogo Consultor Senior liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales.

Tiene particular interés en temas de patrimonio geológico, geodiversidad y geoconservación, comunicación en geociencias, geología urbana y geoturismo.

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 70 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales, simposios y revistas técnicas.



Maximiliano Emanuel AGÜERA, es Licenciado en Ciencias Geológicas de la Universidad de San Luis Argentina, egresado en el año 2005.

Geólogo de Exploración Senior con más de 20 años de experiencia en la industria petrolera. Ha trabajado en empresas como Geoservices,

Silex Argentina, Petrobras y, actualmente, Pampa Energía, participando principalmente en estudios exploratorios en las cuencas del Noroeste, Neuquina y Austral de Argentina.

Su labor se ha centrado en la aplicación integrada de conocimientos geológicos y geofísicos, con énfasis en la incorporación de reservas de petróleo y gas.

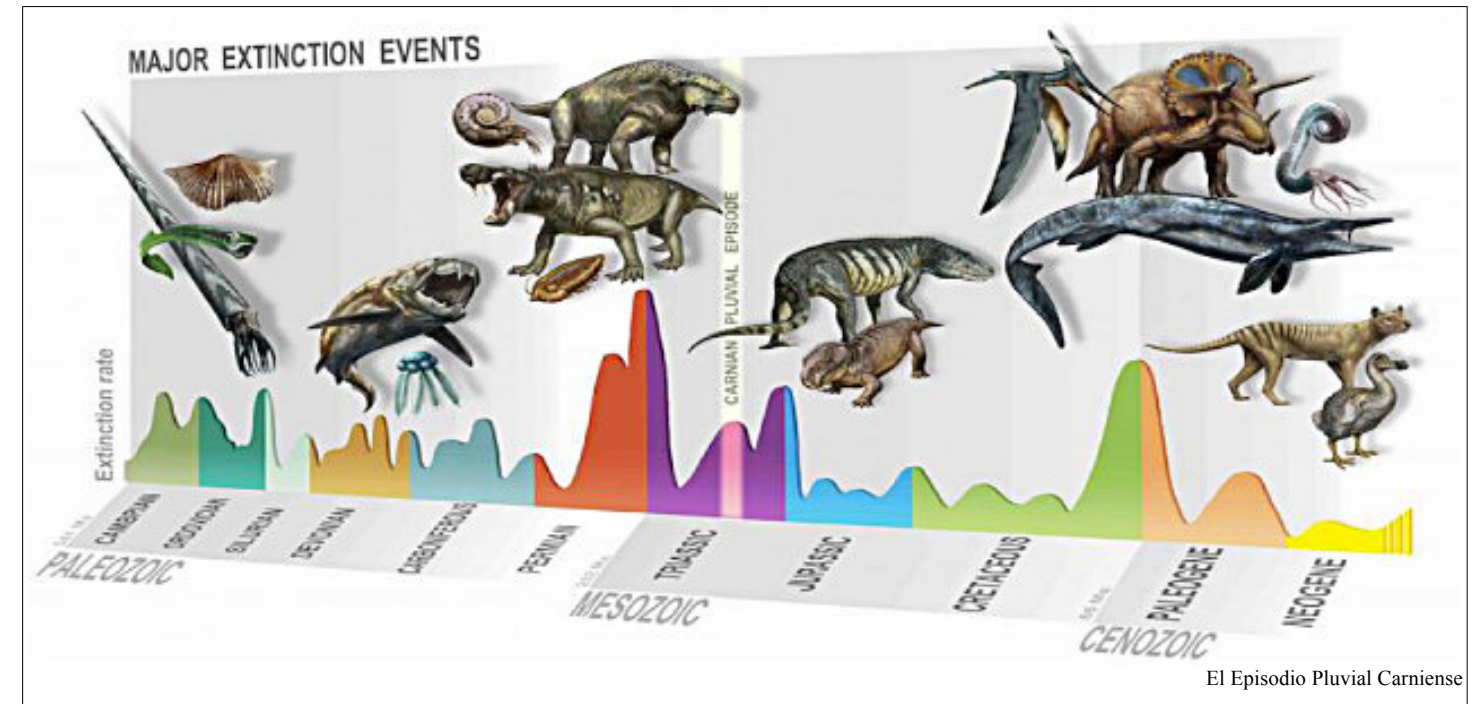
Sus principales áreas de interés incluyen la geología estructural, la estratigrafía y la interpretación sísmica, con foco en proyectos exploratorios convencionales, de reservorios naturalmente fracturados (NFR) y no convencionales.

Es autor y coautor de 12 trabajos presentados en congresos geológicos nacionales e internacionales.

LA POCO CONOCIDA EXTINCIÓN DEL CARNIANO (TRIÁSICO SUPERIOR)

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



El Episodio Pluvial Carniense

INTRODUCCIÓN

Las erupciones volcánicas en lo que hoy es el oeste de Canadá podrían haber desencadenado un millón de años de lluvia y una extinción masiva que dio inicio al reinado de los dinosaurios.

Erupciones volcánicas masivas seguidas de cambio climático, extinción generalizada y, finalmente, el surgimiento de nuevas formas de vida. Parece la historia de una de las cinco grandes extinciones masivas de la Tierra. Nuevas investigaciones afirman que la misma descripción se aplica a un evento menos conocido, pero de gran importancia, conocido como el Episodio Pluvial Carniense (EPC), hace unos 233 millones de años.

El Carniense (comienzos del Triásico Superior), marca una época de profundos cambios en la vida, tanto en el océano como en la tierra. Durante esta etapa, se produjo un importante cambio climático: el Episodio Pluvial Carniense (EPC). El EPC tuvo lugar hace unos 234 a 232 millones de años (Figuras 1 y 2). Su característica más destacada fue una notable intensificación del ciclo hidrológico, marcada por cuatro episodios de aumento de las precipitaciones, como lo indican diversos datos sedimentarios y paleontológicos.

A diferencia de algunas de las extinciones masivas más dramáticas, la huella del EPC es difícil de rastrear. Sin embargo, en una publicación reciente, un equipo de científicos ha logrado reconstruir una visión general que demuestra que fue un período de rápida renovación biológica a escala global (Dal Corso et al, 2020).

La evidencia acumulada por los mencionados autores, incluyendo los resultados de un nuevo análisis paleontológico, muestra que el EPC fue un importante evento de extinción. Sin embargo, más que eso, la evidencia indica que fue un período de nuevos comienzos. En particular, el EPC marcó el inicio del ascenso de los dinosaurios al dominio ecológico. Ecológicamente, según los investigadores, la extinción del Carniense marcó el "amanecer del mundo moderno".

EXTINCIÓN Y RECUPERACIÓN

El EPC recibe su nombre de la etapa del Triásico Superior en la que ocurrió el Carniense y de su característica distintiva: la lluvia. Una gran cantidad de lluvia, en cuatro pulsos principales que se estima duraron más de un millón de años, cayendo sobre gran parte del supercontinente Pangea.

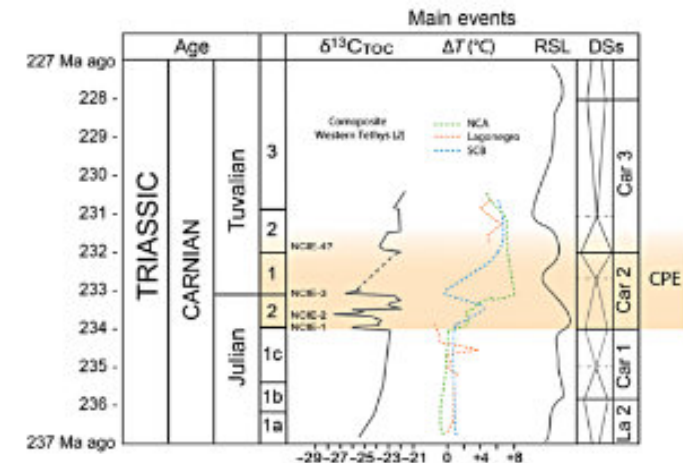


Figura 1. Edad del EPC, curva compuesta de isótopos de carbono orgánico a lo largo del Carniense, cambios de temperatura reconstruidos a partir de datos de isótopos de oxígeno de apatitos y conodontos, cambios relativos del nivel del mar (RSL) y secuencias de deposición (DSs). Fuente: Dal Corso et al, (2020).

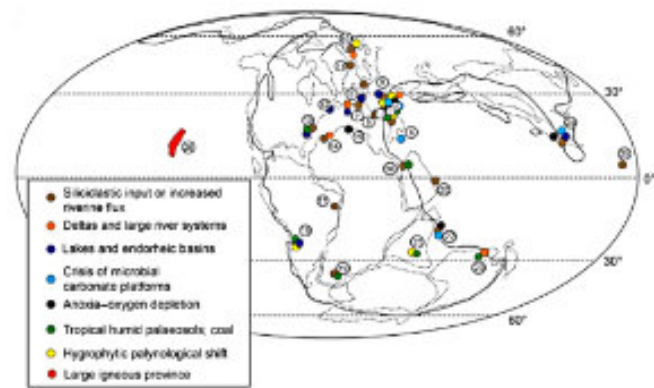


Figura 2. Paleogeografía durante el Carniense y ubicación de los datos que indican cambios ambientales durante el EPC. Fuente: Dal Corso et al, (2020).

Las lluvias estuvieron acompañadas por el calentamiento global y, probablemente, una anoxia y acidificación generalizadas de los océanos, según los investigadores. En resumen, su análisis muestra que estos factores provocaron la extinción de un tercio de todas las especies marinas. Los ecosistemas terrestres también sufrieron transformaciones masivas durante y después de la EPC, incluida la pérdida de especies dominantes de plantas y herbívoros en nuestro planeta.

La extinción fue un desastre inoportuno para un planeta que aún se recuperaba muy lentamente de la mayor extinción masiva de todas, ocurrida al final del período Pérmico, apenas 20 millones de años antes. La extinción del final del Pérmico exterminó al 95 % de todas las especies marinas, y el Triásico Inferior y Medio fue un

período de recuperación. Una característica clave del EPC es que la extinción fue seguida muy rápidamente por una gran radiación, donde varios grupos que tienen un papel central en los ecosistemas actuales aparecieron o se diversificaron por primera vez.

Este período presencié el auge de los arrecifes y el plancton modernos en los océanos, así como el surgimiento de los grupos de tetrápodos modernos, como ranas, lagartos, tortugas, cocodrilos, dinosaurios y mamíferos, junto con algunos grupos vegetales importantes como las coníferas y algunos nuevos grupos de insectos. Toda esta gran radiación constituyó gran parte de la base de los ecosistemas modernos.

CAMBIOS BIOLÓGICOS DEL CARNIENSE

Los datos de biodiversidad muestran una importante renovación de los invertebrados marinos, y muchos de ellos sufrieron tasas de extinción elevadas durante el Carniense. Los datos muestran la extinción de aproximadamente el 33 % de diversos géneros marinos (invertebrados, vertebrados y protistas).

Se produjo un importante recambio en el límite Juliano-Tuvaliano, coincidiendo con la tercera excursión del isótopo C que marca el EPC, con altas tasas de extinción de ammonoides en el Juliano 2 (parte inicial del EPC) y altas tasas de origen en el Tuvaliano 1 (parte final del EPC). Las faunas de *Austrotrachyceras* fueron reemplazadas repentinamente por nuevos grupos de ammonoides, principalmente tropitidos y juvavítidos, que se expandieron rápidamente durante el Carniense tardío (Tuvaliano) y produjeron diversas morfologías (Figura 3).

Muchos grupos de crinoideos, como *Encrinidae* e *Isocrinina*, se extinguieron o experimentaron un grave declive durante el EPC. En general, los animales bentónicos suspensívoros disminuyeron durante el Carniense, como lo demuestra el análisis de la diversidad funcional del Triásico Superior. En contraste, las comunidades arrecifales experimentaron un renacimiento en el Carniense y, en algunos aspectos, este fue el primer paso en la recuperación de las comunidades arrecifales de metazoos tras su desaparición a finales del Pérmico.

El EPC también marca el surgimiento de nanofósiles calcáreos con posible afinidad por los dinoflagelados (grupo *Pithonella*). Los dinoflagelados probablemente se originaron en el Triásico Medio, pero solo se

generalizaron en el Carniense. Estas calciesferas están formadas por cristales submicrométricos de calcita, se encuentran abundantemente en las sucesiones de aguas profundas del Carniense tardío (Tuvaliano) y son extremadamente raras en sedimentos más antiguos.

Los osteíctios marinos (peces óseos) sufrieron una importante crisis durante la EPC, cuando todos los grupos experimentaron una disminución de la diversidad del 51 al 62 %.

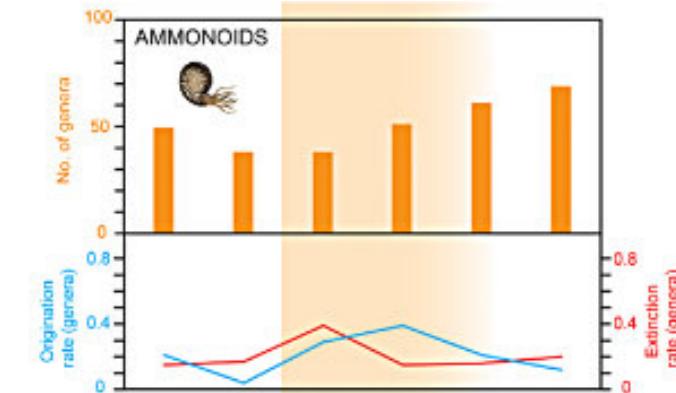


Figura 3. A Los ammonoides y los conodontos sufrieron un importante evento de extinción al inicio del EPC, seguido de altas tasas de origen en el Tuvaliano. Fuente: Dal Corso et al, (2020).

El Carniense fue una época de altas tasas de extinción para varios clados de tetrápodos, incluidos los rincosaurios y los dicinodontes, que eran los principales herbívoros de la época. La historia de los mamíferos también comenzó en el Carniense, con ejemplos de la India [Cuenca de Rewa, Formación Tiki y Texas. Los mamíferos se diversificaron posteriormente (aunque permanecieron pequeños y escasos) en el Noriano, con la aparición de morganucodontes, haramíidos y simetrodontes en el Reino Unido, Alemania, Groenlandia y Luxemburgo.

Benton et al, (2018) presentan evidencia estadística de que el Episodio Pluvial Carniano (EPC) marcó un importante cambio macroecológico en las faunas, centrándose en el reconocido y prolongado estallido de la diversidad de dinosaurios, el evento de diversificación de dinosaurios, cuya edad corresponde al EPC. La diversidad y abundancia de tetrápodos a lo largo del Triásico indicó una importante disyunción exactamente en el EPC. Esto se demostró mediante datos de fósiles y de huellas, y puede detectarse mediante el uso de nuevos métodos computacionales que buscaron identificar rupturas estadísticamente significativas en las

líneas de mejor ajuste. Se confirmó que se trató de un evento rápido, y que podría haber sido uno de los más importantes en la historia de la vida, en términos de su papel en permitir no solo la "era de los dinosaurios", sino también el origen de la mayoría de los clados clave que conforman la fauna moderna de tetrápodos terrestres, a saber, los anfibios, las tortugas, los cocodrilos, los lagartos y los mamíferos.

El Carniense fue un período importante de radiación y diversificación de varios grupos de plantas que se convertirían en componentes importantes de la flora mesozoica más reciente y la flora moderna. Esto incluye a las *Bennettitales* y varias familias de coníferas modernas. El Carniense marca la recuperación completa de la llamada brecha de carbón, el intervalo sin formación de depósitos de carbón productivos que comenzó con el colapso de los ecosistemas terrestres en la extinción masiva del Pérmico-Triásico.

Un aspecto inusual del EPC en entornos terrestres es que marca el primer hallazgo importante de ámbar en el registro fósil. Esto sugiere un estrés generalizado en las plantas y los ecosistemas terrestres, ya que un conjunto de daños físicos y químicos (p. ej., tormentas e incendios forestales), plagas de insectos y el cambio climático hacia condiciones húmedas pueden desencadenar un aumento en la producción de resina por parte de las coníferas. La mayor parte del ámbar del Carniense se encuentra entre los 5°N y los 30°N de latitud, en muchas localidades de todo el mundo.

El registro fósil del Carniense muestra el primer paso en la evolución de los insectos herbívoros modernos y fue parte de un importante evento de diversificación (Figura 4), que incluyó insectos acuáticos, hidrófagos (escarabajos acuáticos) y estafilínidos (escarabajos vagabundos). La expansión de los insectos herbívoros en el Carniense está representada por la rica fauna de la Formación Molteno en la Cuenca del Karoo (Sudáfrica). Esta formación data del Tuvaliano y se correlaciona con la Formación Ishigualasto, donde también se encuentran los primeros fósiles de dinosaurios. Muchos modos de alimentación de los artrópodos modernos, como la perforación y succión, la minería de hojas y la depredación de semillas, parecen haberse extendido en el Carniense.

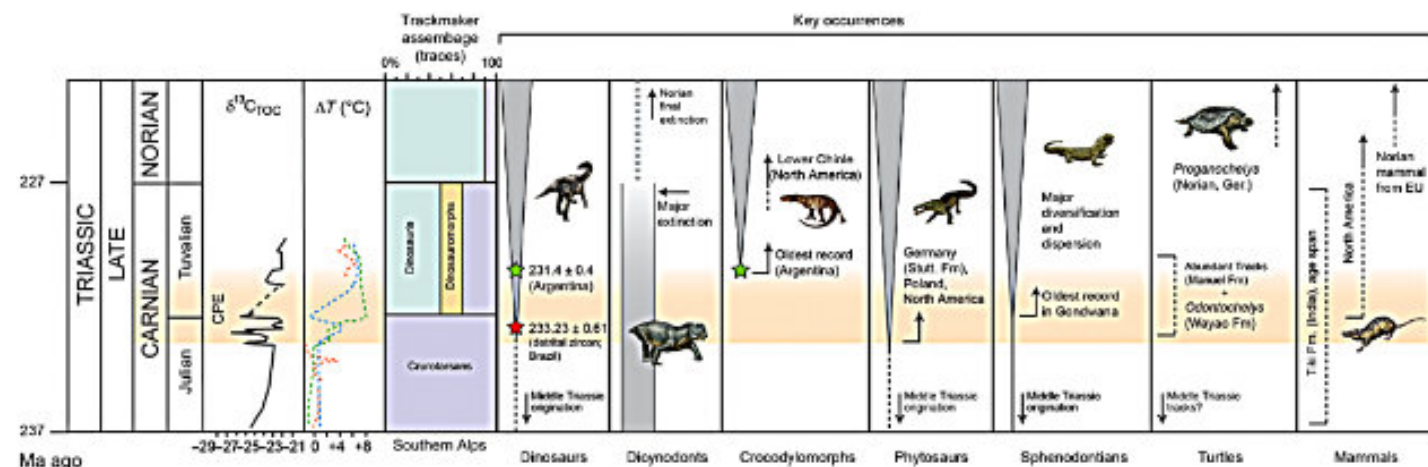


Figure 4. Los principales cambios biológicos entre vertebrados, se relacionan con las variaciones de isótopos C y T registradas durante el Carniense. El patrón más notable que se observa es un importante evento de diversificación que afectó a muchos grupos a finales del Carniense (Tuvalliano), es decir, justo después de las principales excursiones negativas de isótopos C que marcan el EPC. Fuente: Dal Corso et al, (2020).

LAS ERUPCIONES DE WRANGELLIA

Se sabe que otras extinciones masivas fueron causadas por el cambio climático iniciado con vulcanismo, y Ruffell et al, (2016) y Dal Corso et al, (2020), afirman que probablemente esto también sea cierto en el Carniense. Los investigadores estiman que el vulcanismo de Wrangellia produjo más de un millón de kilómetros cúbicos de basaltos, pero esta cifra podría ser una subestimación, ya que gran parte de la roca volcánica ha sido subducida desde entonces. Los investigadores creen que esta liberación fue el detonante de los cambios climáticos y biológicos del EPC.

Durante este período, se produjeron una serie de enormes erupciones en Wrangellia, entonces una región insular ecuatorial frente a la costa de Pangea. Las acumulaciones basálticas de Wrangellia se extienden desde el centro-sur de Alaska hasta la costa de Columbia Británica in Canadá.

El estudio de dal Corso et al, (2020), constituye la primera revisión exhaustiva de la cronología y el impacto global de las erupciones de Wrangellia y su probable vínculo con el episodio climático y la extinción masiva. El trabajo se basa en estudios de la literatura geológica, paleontológica y climatológica pre-existentes en Europa, China y Sudamérica. A esto, los investigadores agregaron un nuevo análisis de dos grandes bases de datos de fósiles que representan miles de colecciones para demostrar la magnitud de la extinción y el origen asociados con el EPC.

Dal Corso et al, (2020) con su estudio, tratan de demostrar con alta resolución la sincronía entre los cambios biológicos y ambientales que observamos en las rocas de hace 233 millones de años. Los sutores afirman que aún queda mucho trabajo por hacer para desvelar con mayor precisión el alcance de la extinción del Carniense, su vínculo con las erupciones de Wrangellia y posiblemente otros eventos volcánicos del Tetis ocurridos durante el EPC (Serie Huglu-Pindos, basaltos de Kare-Dere y Complejo Taimyr Sur) que también podrían haber influido en el desencadenamiento de los cambios observados, pero es necesario determinar sus volúmenes y su edad exacta para evaluar su contribución.

CONCLUSIONES

En resumen, la EPC puede verse como el comienzo de una revolución marina y terrestre mesozoica que, mediante el surgimiento de importantes innovaciones evolutivas y profundos cambios en los ciclos biogeoquímicos globales, dio lugar a la configuración de los ecosistemas modernos.

Los datos paleontológicos sugieren que el EPC fue un período importante (aunque previamente ignorado) de extinción y podría estar vinculado a la diversificación explosiva del Carniense de muchos grupos clave de plantas y animales modernos.

La evidencia indica una posible cascada de eventos similar a otras extinciones masivas, con erupciones como

desencadenante, liberación de gases volcánicos, cambios rápidos en la temperatura y 13 °C, anoxia oceánica y una importante remodelación del ecosistema caracterizada tanto por extinciones como por diversificaciones, junto con cambios importantes en los sistemas carbonatados, con la aparición de arrecifes de coral tipo escleractinia y el auge de las calciesferas como componentes formadores de rocas en aguas profundas.

La integración de datos estratigráficos, geoquímicos y radioisótopos detallados aclarará en el futuro, la secuencia de eventos y las posibles relaciones de causa y

efecto, lo que ayudará a comprender este intervalo único en la historia de la Tierra y las causas íntimas de la extinción y, quizás lo más crucial, el singular evento de diversificación que condujo a la formación de los ecosistemas modernos.

La comprensión de las complejas interacciones entre el vulcanismo, los cambios ambientales y biológicos durante el EPC podría revelar información crucial sobre los mecanismos que inicialmente controlaron la transición mesozoica hacia el sistema terrestre moderno.

BIBLIOGRAFIA

- Benton, M., Bernardi, M. & Kinsella, C. (2018). The Carnian Pluvial Episode and the origin of dinosaurs. *Journal of the Geological Society*, 175: 1019-1026 <https://doi.org/10.1144/jgs2018-049>
- Dal Corso, J., Bernardi, M., Yadong Sun, Y., Song, H., et al., (2020). Extinction and dawn of the modern world in the Carnian (Late Triassic). *Sci. Adv.*, 6: 1-12, eaba0099 <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aba0099>
- Ruffell, A., Simms, M. & Wignall, P. (2016). The Carnian Humid Episode of the late Triassic: a review. *Geol. Mag.* 153 (2): 271–284. <https://www.cambridge.org/core/journals/geological-magazine/article/abs/carnian-humid-episode-of-the-late-triassic-a-review/E21380E08FC78343F83FB091AE7F39A0>



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 38 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú.

Autor/Co-autor en 64 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en el boletín AAPG Explorer. Autor de mas de 60 artículos de divulgación científica.

Profesor de Geología del Petróleo (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2025), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

**THE ORIGIN OF MEXICAN GULF-AMERICAN GULF AND
THE THIRD PART OF THE GULF OF MEXICO THAT BELONGS TO COLOMBIA. (Resume Art 5,6)**

**IMPORTANT CONTRIBUTIONS IN GEOSCIENCES
PROMISE TO REVOLUTIONIZE O&G&M EXPLORATION. No. 7/12.**

EDINSON D. ALVAREZ S. 1,2

1 Exploration Geologist, O&G&M Specialist,

Researcher of tectonic and structurally complex areas.

2 Expert in geoscientific solutions through integrated O&G&M studies.
with strong positive economic implications.



Complex Source Theory (Edinson Alvarez 2025): A mechanism used by interdisciplinary groups of specialists in any field of science, where new concepts, new methodologies, new technology, and new knowledge are employed, obtaining new results, in order to resolve complex issues.. (Image Courtesy of Pixabay).

EAST-P Method-Tool (Processing and Seismic Treatment Edinson Alvarez 2025): It requires specialized personnel, computer equipment and advanced software.

Edinson Geochemical Hydrocarbon Family Classification Maps -Tool (Edinson Alvarez 2025): New classification of hydrocarbon families based on geochemical-isotopic-molecular signatures, migration pattern from source rock, their close relationship with geology, geochemical modeling of generation, expulsion, and hydrocarbon migration routes in a regional context.

Integrated O&G&M studies - Onshore-Offshore-Tool: It involves the participation of more than 20 geoscience disciplines, in order to find answers to complex industry problems, with strong positive economic implications.

Citation: Alvarez Serrato Edinson Dario, 2026 The Origin Of Mexican Gulf-American Gulf And The Third Part Of The Gulf Of Mexico That Belongs To Colombia. (Resume). Important Contributions In Geosciences Promise To Revolutionize O&G&M Exploration. No 7/12. Revista Maya March 2026. 9 p.
Citation Articles 1,2,3,4,5,6, at the page2.

**THE FIVE GIGANUCLEAR GEOLOGICAL AND TECTONIC FORCES
THAT GAVE RISE TO THE GULF OF MEXICO. (The Third Part Of The Gulf Of Mexico That Belongs To Colombia.)**

By Edinson Alvarez Geocientífico Especialista. (Nota De Prensa)

Artículo 5 Part 1/2: <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/12/Revista-Maya-Geociencias-EDICION-ESPECIALXXVII-2025.pdf>

Art 5 and 6 Parr22: <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2026/02/Revista-Maya-Geociencias-EDICION-ESPECIAL-XXVIII-2026.pdf>

This research paper answers 18 questions of the renowned Geoscientist: **James Pindell, Diego Villagómez, Roberto Molina-Garza, Rod Graham and Bodo Weber 2020-2021; Mildred Del Carmen Zepeda Martínez - Tesis Doctoral UNAM. 2021; Alarcón CM, Clavijo-Torres J, Mantilla-Figueroa LC, Rodríguez JG.2020; Irina Filina, James Austin, Tony Dor'é, Elizabeth Johnson, Daniel Minguez, Ian Norton, John Snedden, Robert J. Stern. 2022, Spikings, R. & Paul, A. 2019, Camilo Bustamante Londoño 2020. (Grupo de Investigación Tectónica-estratigráfica Egeo-Universidad Unal, Grupo Tectónica-Universidad Eafit), entre otros.** Related to the Origin and Tectonic Evolution of the Gulf of Mexico-Gulf of America, Including USA-México-Colombia y Venezuela; With its strong and valuable Oil, Gas and Mining World Industry implications. Valuable for the interpretation, analysis and understanding of the Petroleum and Mining Systems of related sedimentary basins and adjacent regions. (See the Articles 5 and 6 of this series, Figures 1,2,3).

To corroborate the model presented, there are a robust arsenal of tests, technical and scientific evidence that ratify and strengthen the validity of the model, including:

1. Evidence with Paleogeographic Tie-Down
2. Geomorphological Tie-Down
3. Structural Tie-Down
4. Paleontological Tie-Down
5. Sedimentological-Mineralogical and Facial Tie-Down
6. Stratigraphic Tie-Down
7. Tectonic Tie-Down
8. Geochemical Tie-Down
9. Geophysical Tie-Down
10. Geological Tie-Down
11. Volcanical Arc Tie-Down
12. Magmatic Arc Tie-Down
13. Geochronological Tie-Down (Radiometric Dating in Granitoids)
14. Geochronological Tie-Down (Radiometric Dating on Detrital Zircons)
15. Roll Back Tie-Down Plate Farallones in Mexico-USA (Laurentia), Colombia-Venezuela (Gondwana)

Fig 1. Mexican Gulf Tectonic Evolution - 210-200 m.a. Late triassic-Early Jurassic
Edinson Alvarez-Geoscientist 2025, edinson.alvarez@gmail.com . Modified from Pindell et al 2021.

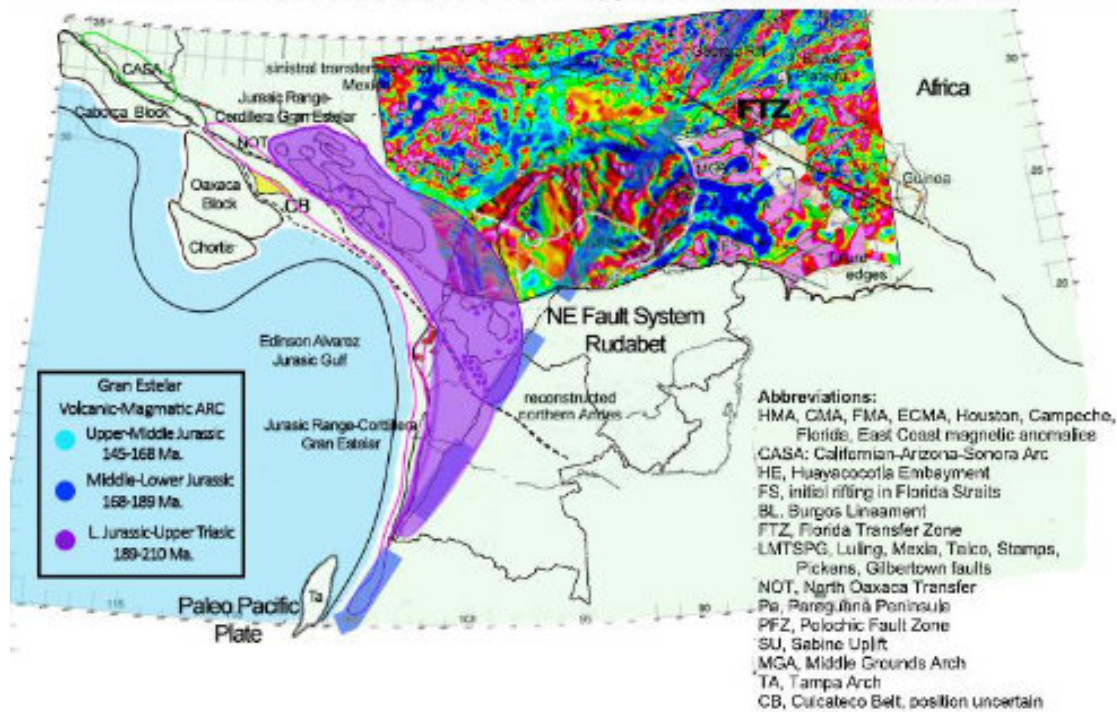


Figure 1. Main Geological, Morphological and Tectonic-Structural Features for Laurentia-Gondwana during the Late Triassic Early Jurassic Period. 200-210 Ma. Close to 10 Structural Lineaments Control Yucatan's Position.

Fig 2. Mexican Gulf Tectonic Evolution - 154 m.a. Late Jurassic
Edinson Alvarez-Geoscientist 2025, edinson.alvarez@gmail.com . Modified from Pindell et al 2021.

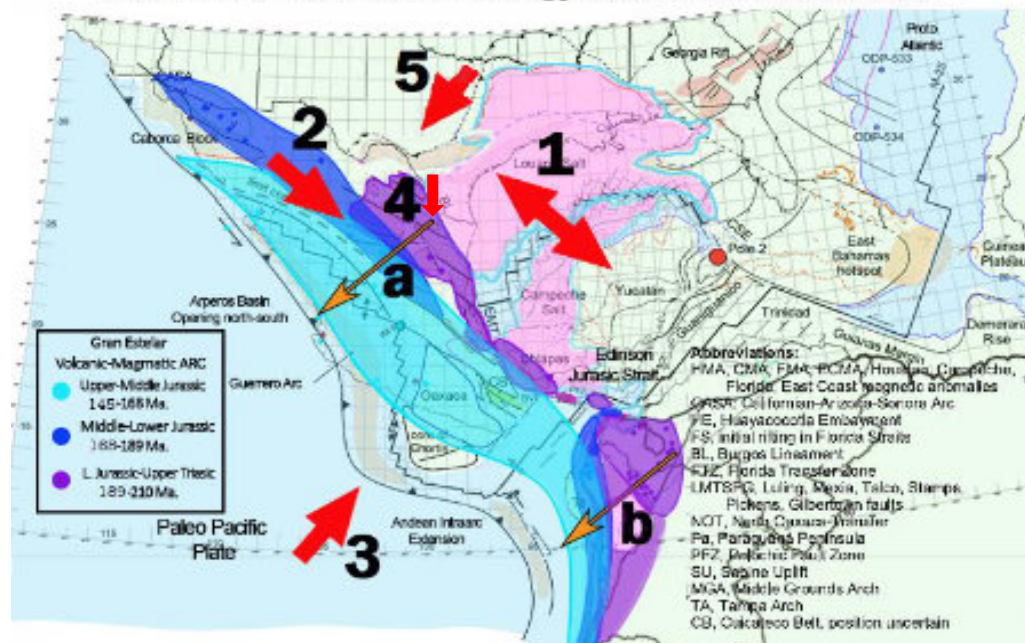


Figure 2. Distribution and Location of the East-Central-West Gran Estelar Magmatic-Volcanic Arcs, a.b. E-W Roll Back Direction Paleo Pacific Plate-Farallones Plate, Laurentia-Godwana. 1, Pluma Mantelar 2, Fallas Transformantes 3, Subducción 4, Colapso Gravitacional 5. Deriva Continental Placa Norteamericana, Giganucleares Forces that Gave Origin to the Gulf of Mexico. Described in Item 4-5 of this study.

THE THIRD PART OF THE GULF OF MEXICO THAT BELONGS TO COLOMBIA

EDINSON ALVAREZ-GEOSCIENTIST 2025 - edinson.alvarez@gmail.com

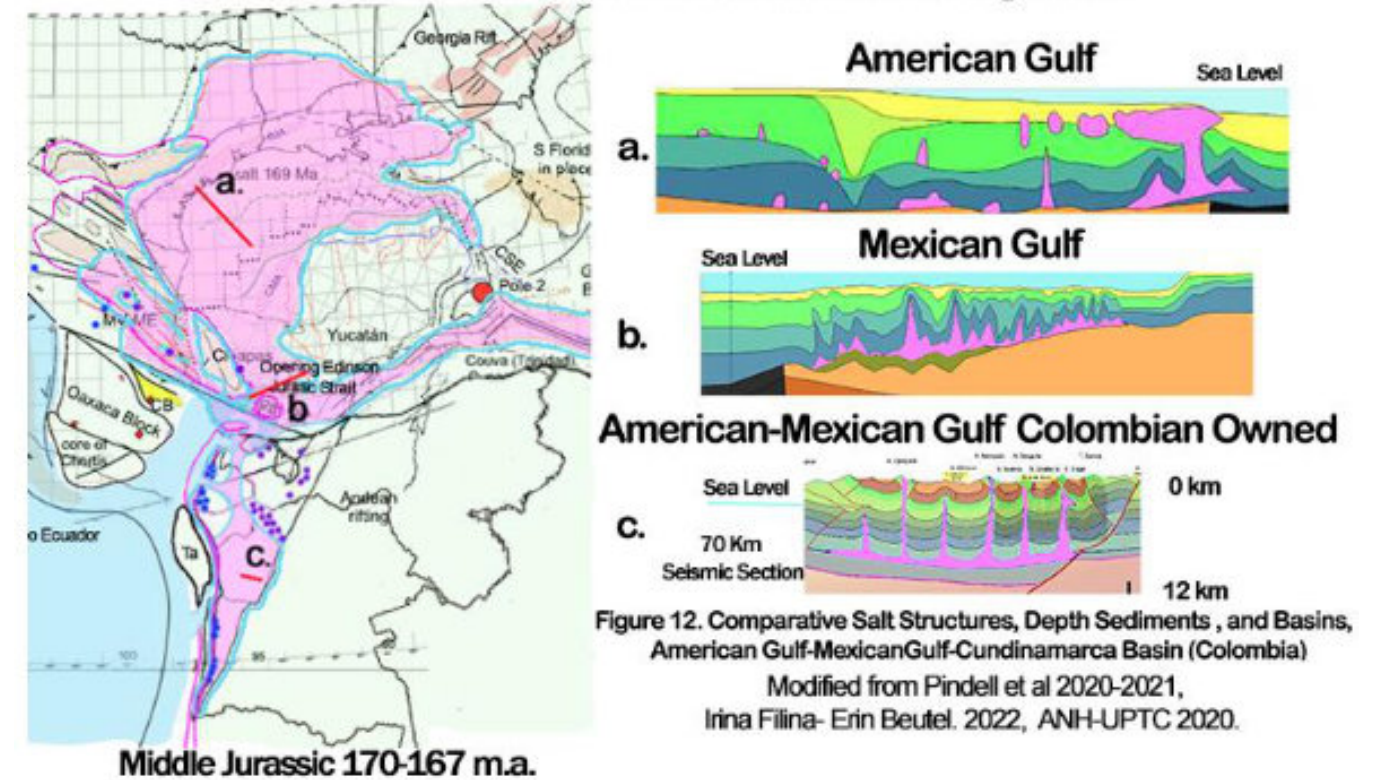


Figura 3. Correlación Formación de Sal Golfo de México con la Sal de Colombia, Formación Sal de Zipaquirá, Elevada a Rango de Formación por Edinson Alvarez 2025.

According to the report **HISTORY OF OIL EXPLORATION IN MEXICO**, <https://www.facebook.com/groups/tampicoantiguo/posts/2373490346009997/> : The beginning of the global oil industry took place with the success of the Drake well, in Oil Creek, Pennsylvania, in the year 1859. approximately 170 years ago).

And according to Google.com, the first mobile offshore drilling rig (MODU) to drill in the Gulf of Mexico was the Mr. Charlie in 1954, near Louisiana, USA, a global pioneer of offshore drilling. (Approximately 70 years ago).

In the important contributions of Dr. Josh Rosenfeld. 2002. He states:

Muchos geocientíficos y empresas han gastado energía y recursos para proveer los datos e interpretaciones que apoyan el entendimiento actual del Bloque de Yucatán.

The above indicates that despite having made important contributions to the knowledge of the Basin, **by more than Ten Thousand (10.000) Geoscientists from around the world, in more than 100 years of History (Public-Private-Independent-Academic);** uncertainties still persist about the Origin and Tectonostratigraphic Evolution of the Gulf of Mexico (Related as Giants in Articles 5 and 6 of this Series):

This is a topic that I have happily resolved through the Advanced Tools of Complex Source Theory (SCT- Edinson Alvarez 2025), with important implications for the global oil, gas and mining production exploration cycle. (Figures 1,2,3,4,5,6,7,8,13,14,15).

A question with nearly 500 years of history has been successfully answered, along with 24 other questions, most of them over 100 years old, through a series of articles 1 through 6. These articles respond to questions posed by the world's leading contemporary geoscientists. This valuable and important work, a significant contribution to the global geosciences, allows us to humbly put forward for consideration the nomination and awarding of the Nobel Prize in Science, Based on the discoveries made in this study...

Figures 13, 14, and 15 below show a comparison with the geological and tectonic evolution models for the Gulf of Mexico-Gulf of America, proposed by renowned Geoscientists and Universities from around the world, Mexico, the United States of America-USA and Colombia (9 models proposed in the last decade, out of many more).

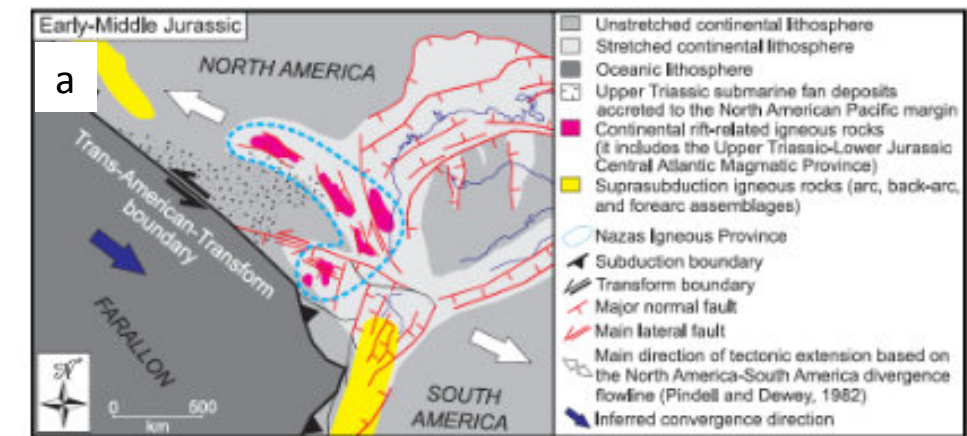


Fig. 13. (Colour online) Geotectonic reconstruction of the North America-South America divergent boundary during Early-Middle Jurassic time (~190-170 Ma; after Boschma et al. 2014; Rayona et al. 2020; Erlich & Pindell, 2021 and Pindell et al. 2021). The reconstruction shows the novel interpretation of the Nazas province as a magmatic province related to the continental rift between North and South America. In this new scenario, we propose that the Mexican segment of the North American margin was a transform boundary.

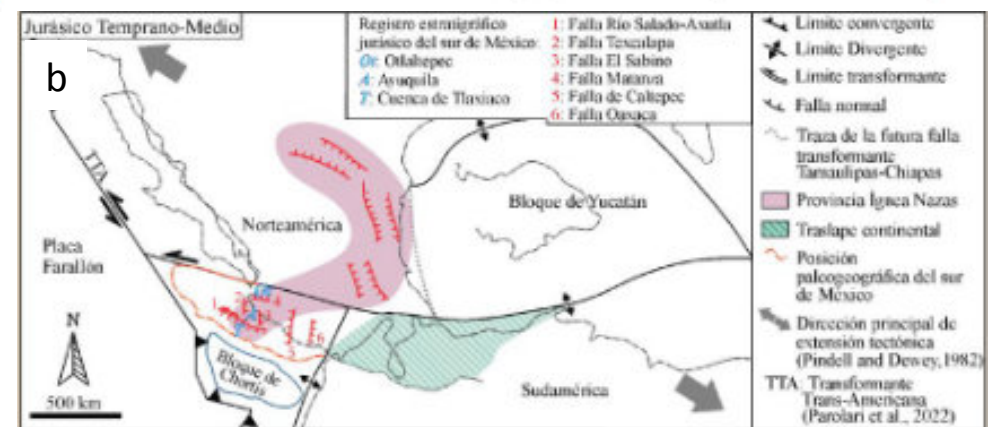


Figura 2. Reconstrucción paleogeográfica del margen oeste ecuatorial de Pangea durante el Jurásico Temprano-Medio, mostrando la posición paleogeográfica del sur de México en una posición más noroccidental y la localización de las fallas mayores que delimitaron las cuencas desarrolladas durante el desarrollo del rift de Pangea. Adaptado de Parolari et al. (2022) y Zepeda-Martínez et al. (2021).

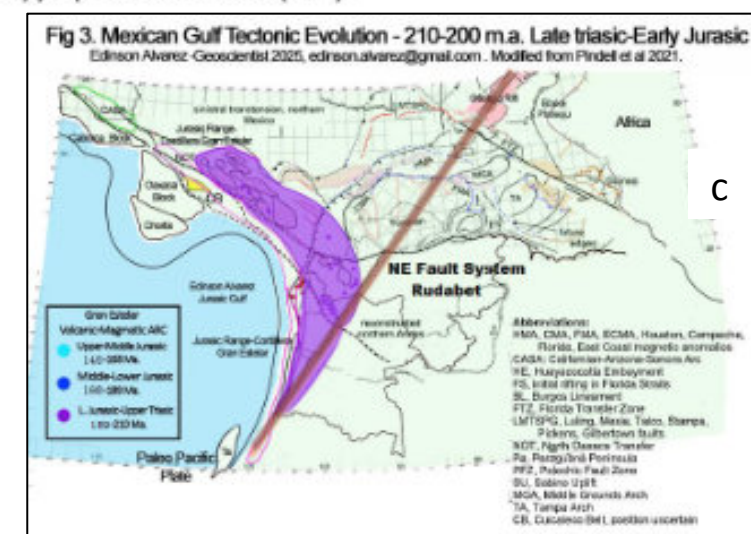


Figure 13. Comparison of the model presented in this work Edinson Alvarez 2025-26, with tie down structural, tectonic, geochronological, geochemical, stratigraphic, sedimentological, petrographic, paleontological, volcanological, among others, with respect to recent models published in a. Parolari M, Martini M. et al 2022. b. María Patricia Velasco de León 2024. c. Edinson Alvarez 2025-2026.

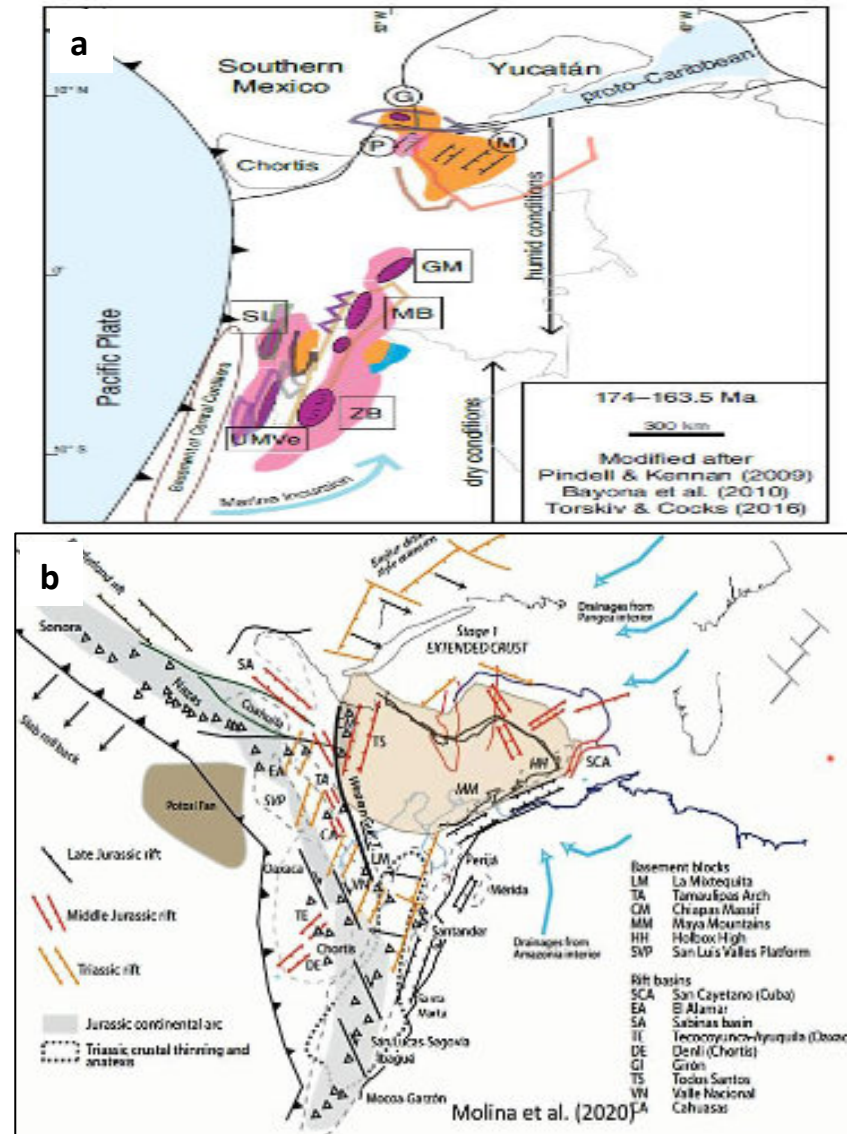


Figure 14. Comparison of the model presented in this work Edinson Alvarez 2025-26, with tie down structural, tectonic, geochronological, geochemical, stratigraphic, sedimentological, petrographic, paleontological, volcanological, among others, with respect to recent models published in **a.** Modified from Bayona et al 2019-20. **b.** Molina et al 2020, taken from Bayona 2021. **c.** Edinson Alvarez 2025-2026.

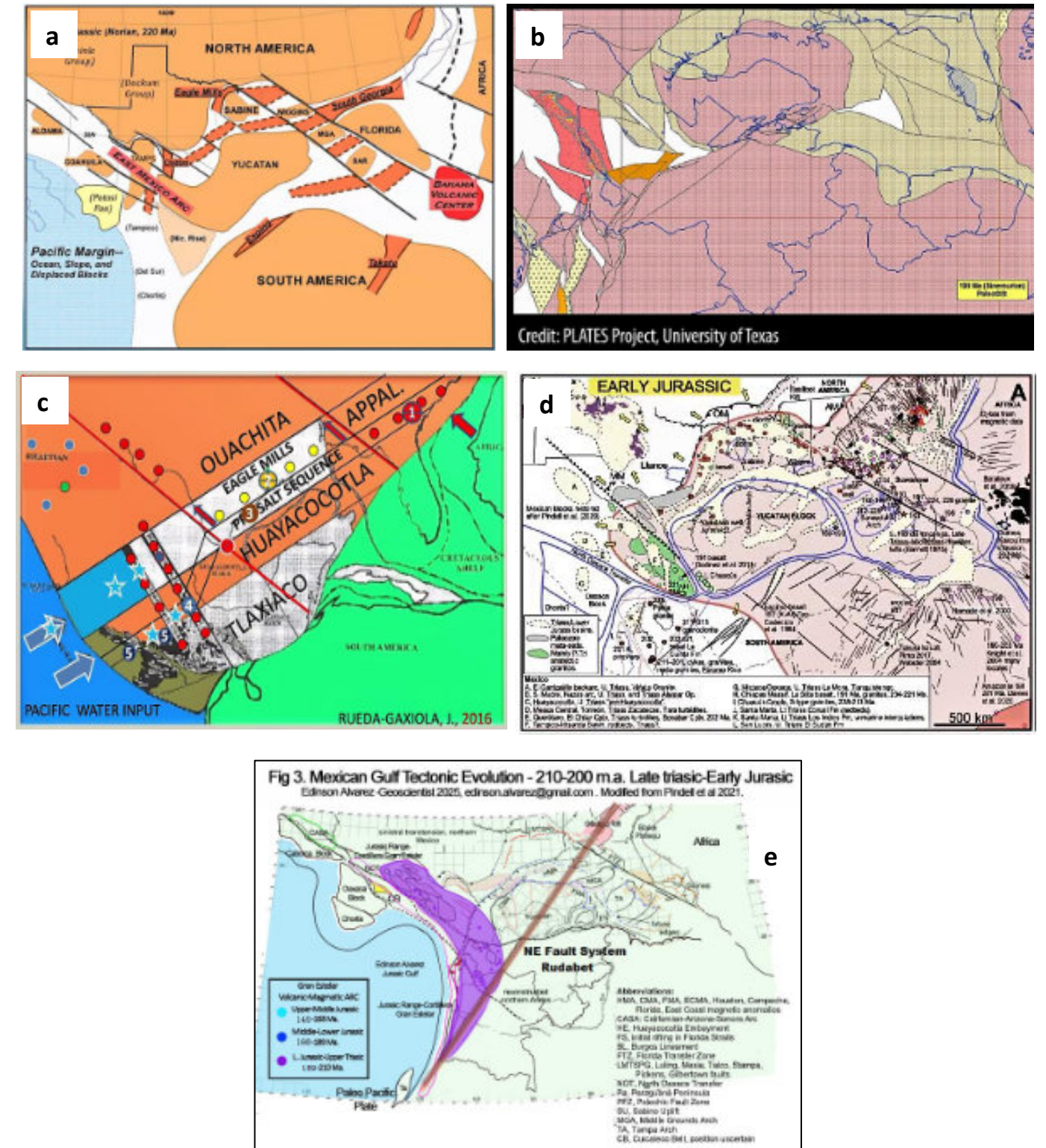


Figure 15. Comparison of the model presented in this work Edinson Alvarez 2025-26, with tie down structural, tectonic, geochronological, geochemical, stratigraphic, sedimentological, petrographic, paleontological, volcanological, among others, with respect to recent models published in **a.** Tom Ewing- 2016. **b.** Plates Project Texas University, taken from Robert J. Stern and Randy Keller 2018. **c.** Rueda-Gaxiola J. 2016-2019 **d.** Pindell and Heyn 2022 **e.** Edinson Alvarez 2025-2026, Upper Triassic-Lower Jurassic.



EDINSON DARIO
ALVAREZ SERRATO

edinson.alvarez@gmail.com, yahoo.com, +57-3134966709-3017733656-Linkedin

GEOLOGIST- GEOPHYSICIST- GEOSCIENTIST SPECIALIST

Exploration Geologist, Geophysicist, Geoscientist. Expert in integrated oil-gas and mining studies with significant economic implications. Working for various multinational companies in Mexico, Peru, and Colombia.

The God Grace allow us to Develop The "Complex Source Theory", a new technique help us increasing traditional Oil, Gas and Mining discoveries – production - reserves. Providing answers to more than 100 questions of the world's most renowned Geoscientists. Twenty five (25) of them published in six articles. Uncertainties have been unresolved for more than 100 Years. **Key to finding the Giants Oil, Gas and Mining Fields for Energetic Transition.** Seeking investors and large multinational corporations for the current technological development.

Geologist – Caldas University. (Manizales-Col.1998)

International Petroleum Industry Multimedia System (IPIMS-2011-2012)- Schlumberger Co (2013-2014). Gedco Canadian – (Texas-USA, Bogotá Col). Acquisition and processing of 2D-3D seismic data, Advanced geophysical interpretation, Petroleum Systems, Reservoir Characterization, Oil and Gas Reservoir Engineering.

Autonomous University of Bucaramanga (Mar-Dec,2022)
Software development Labor technician.

IBM – Distrital University of Colombia (Sep23-Nov2024)
Data science, Big Data, Data Analytic, Artificial Intelligence-AI, Deep Learning, Machine Learning, Python.

Diplomaed HSEQ-Certified Auditor. Colombian School of Safety - Bogotá,08.

Foro de discusión Discussion Forum

A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de ahora, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.

Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.

Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geosciencias.

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

Natural History and Historical Expositions of the National Museum - Praga

Haz click en la imagen





A silhouette of an oil worker wearing a hard hat and holding a phone to his ear, standing in front of a large oil pumpjack. The scene is set against a sunset sky with orange and blue hues. In the background, several high-voltage power lines are visible.

Provide technical support, education, and training for the sustainable development of the Venezuelan Energy Industry.

<https://svhgc.blogspot.com/>

<https://share.google/GpSn4qVCP6Scav65g>



La Junta Directiva de la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias los invita a visitar el Blog de la Sociedad donde encontraran información actualizada de nuestras actividades. Nuestra misión es preservar y difundir el legado de la Historia de las Geociencias en Venezuela.

¡Te invitamos al 1er ciclo 2026 de los Seminarios Institucionales del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGF-UNAM)!

Recuerda que los seminarios son tanto presenciales y online, y también puedes seguirlos por las redes sociales del IGF-UNAM: <https://www.geofisica.unam.mx/>

SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026
INSTITUTO DE GEOFÍSICA

Fortalecimiento de la Red Sísmica Mexicana

DR. ARTURO IGLESIAS MENDOZA
Jefe del Servicio Sismológico Nacional, IGf

11 de marzo de 2026 | 12:00 H.

Auditorio Tlayotl-Dr. Ismael Herrera Revilla

Visita guiada al Servicio Sismológico Nacional a las 13:00 H.

Se entregará constancia
Registrarte AQUÍ
<https://luma.com/onfdtw0w>

TRANSMISIÓN EN VIVO
@GeofisicaUNAM

¡Te invitamos al 1er ciclo 2026 de los Seminarios Institucionales del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGF-UNAM)!

Recuerda que los seminarios son tanto presenciales y online, y también puedes seguirlos por las redes sociales del IGF-UNAM: <https://www.geofisica.unam.mx/>

SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026

INSTITUTO DE GEOFÍSICA

10 de febrero de 2026 MTRO. OCTAVIO GÓMEZ RAMOS Jefe del Servicio Mareográfico Nacional, IGF Colaboración Internacional en el proyecto SATREPS para la modelación numérica de tsunamis en El Salvador	6 de mayo de 2026 DR. ENRIQUE CABRAL CANO Jefe del Servicio de Geodesia Satelital, IGF Contribuciones del Servicio de Geodesia Satelital al estudio de peligros geológicos
11 de marzo de 2026 DR. ARTURO IGLESIAS MENDOZA Jefe del Servicio Sismológico Nacional, IGF Fortalecimiento de la Red Sísmica Mexicana	9 de junio de 2026 MTRO. HÉCTOR R. ESTÉVEZ PÉREZ Colaborador del Servicio Sismológico Mexicano, IGF Climatología de la capa de ozono estratosférico sobre la República Mexicana
7 de abril de 2026 DR. LUIS X. GONZÁLEZ MÉNDEZ Jefe del Servicio de Clima Especial México, IGF Servicio de Clima Especial México (SCIESMEX)	12 de agosto de 2026 DR. GERARDO CIFUENTES NAVA Jefe del Servicio Magnético, IGF Objetivo y operación del Observatorio Geomagnético

12:00 H | Auditorio Tlayolotl
Dr. Ismael Herrera Revilla

TRANSMISIÓN EN VIVO
@GeofisicaUNAM

SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026

INSTITUTO DE GEOFÍSICA

10 de febrero de 2026 MTRO. OCTAVIO GÓMEZ RAMOS Jefe del Servicio Mareográfico Nacional, IGF Colaboración Internacional en el proyecto SATREPS para la modelación numérica de tsunamis en El Salvador	6 de mayo de 2026 DR. ENRIQUE CABRAL CANO Jefe del Servicio de Geodesia Satelital, IGF Contribuciones del Servicio de Geodesia Satelital al estudio de peligros geológicos
11 de marzo de 2026 DR. ARTURO IGLESIAS MENDOZA Jefe del Servicio Sismológico Nacional, IGF Fortalecimiento de la Red Sísmica Mexicana	9 de junio de 2026 MTRO. HÉCTOR R. ESTÉVEZ PÉREZ Colaborador del Servicio Sismológico Mexicano, IGF Climatología de la capa de ozono estratosférico sobre la República Mexicana
7 de abril de 2026 DR. LUIS X. GONZÁLEZ MÉNDEZ Jefe del Servicio de Clima Especial México, IGF Servicio de Clima Especial México (SCIESMEX)	12 de agosto de 2026 DR. GERARDO CIFUENTES NAVA Jefe del Servicio Magnético, IGF Objetivo y operación del Observatorio Geomagnético

12:00 H | Auditorio Tlayolotl
Dr. Ismael Herrera Revilla

TRANSMISIÓN EN VIVO
@GeofisicaUNAM

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO

EXPO POSGRADO 2026

marzo 5 y 6 | 9:00 - 16:00 h
DSETT-Edificio Adolfo Ruiz Cortines

EXPO POSGRADO
acortar.link/hYnAbi

UBICACIÓN
acortar.link/02wHD5

OFERTA EDUCATIVA
acortar.link/1y234y

Educación
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Estimada comunidad del Instituto Nacional de Geoquímica

El Instituto Nacional de Geoquímica se renueva con compromiso y visión de vanguardia por la Geoquímica y las Ciencias de la Tierra. El 26 de enero de 2026 firmamos el documento en un día memorable, porque nos transformamos en INAGEQ A.C. para el crecimiento y consolidación de nuestra Institución Científica. Seguimos siendo ese lazo que agrupa a Investigadoras(es), Científicas(os), Profesionistas, Estudiantes y especialistas en el área de la geoquímica.

<https://www.facebook.com/photo?fbid=1398692648936320&set=a.495695909236003>



Geóloga de Sernageomin es la primera mujer del estado en alcanzar los 7,770 metros de profundidad en la Fosa de Atacama

En un hito sin precedentes para la ciencia nacional, el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin) ha marcado presencia en una de las fronteras más inexploradas del planeta. La geóloga Paola Peña, especialista de la institución, descendió el pasado domingo 1 de febrero hasta los 7.770 metros de profundidad en la Fosa de Atacama convirtiéndose en la primera representante del Estado de Chile y la segunda mujer en la historia del país en explorar la zona hadal, el punto de contacto donde se gestan los grandes procesos sísmicos de nuestro país.

<https://www.sernageomin.cl/geologa-de-sernageomin-es-la-primera-mujer-del-estado-en-alcanzar-los-7-770-metros-de-profundidad-en-la-fosa-de-atacama/>



<https://proactivo.com.pe/call-for-papers-xxiii-congreso-peruano-de-geologia-2026/>

Mayor información: papers.congreso@sgp.org.pe | +51 953 292 473

Call for Papers – XXIII Congreso Peruano de Geología 2026

PA Redacción ProActivo 16/02/2026



La Sociedad Geológica del Perú se complace en invitarlos a participar en la convocatoria de resúmenes (*Call for Papers*) del XXIII Congreso Peruano de Geología 2026, que se desarrollará bajo el lema "Geología para el Desarrollo del País y la Región".

Este Congreso constituye un espacio de intercambio técnico y científico de alto nivel, donde la investigación y la experiencia profesional contribuyen activamente al fortalecimiento del conocimiento geológico y su aplicación en el desarrollo sostenible del país.

Fecha límite para el envío de abstract: 1 de mayo de 2026

<https://worldresearchsociety.com/Conference/73699/ACSWC/>



Welcome to ACSWC - 2026

Annual Congress on Soil and Water Conservation (ACSWC-2026) will be held in Kingston, Jamaica during 09th - 10th Mar 2026.

About conference: Welcome to the official website Annual Congress on Soil and Water Conservation (ACSWC) which will be held Kingston, Jamaica during 09th, Mar - 10th, Mar. ACSWC will be organized by World Research Society conference series held in regular interval to provide an interactive forum for presentation and discussion on Soil and Water Conservation. The Organizing Committee welcomes participants from all over the world who are interested in developing professional ties to and/or exploring career opportunities in the region. The conference should serve as an ideal forum to establish relationships. The conference provides a platform for professionals involved in Soil and Water Conservation to exchange knowledge and gain an insight into the state of the art in the current technology, techniques and solutions in Soil and Water Conservation as they have been developed and applied in different countries. Participants include a wide variety of stakeholders from research and academia, to industrial sectors as well as government organizations.

<https://ssagi2026.org/>

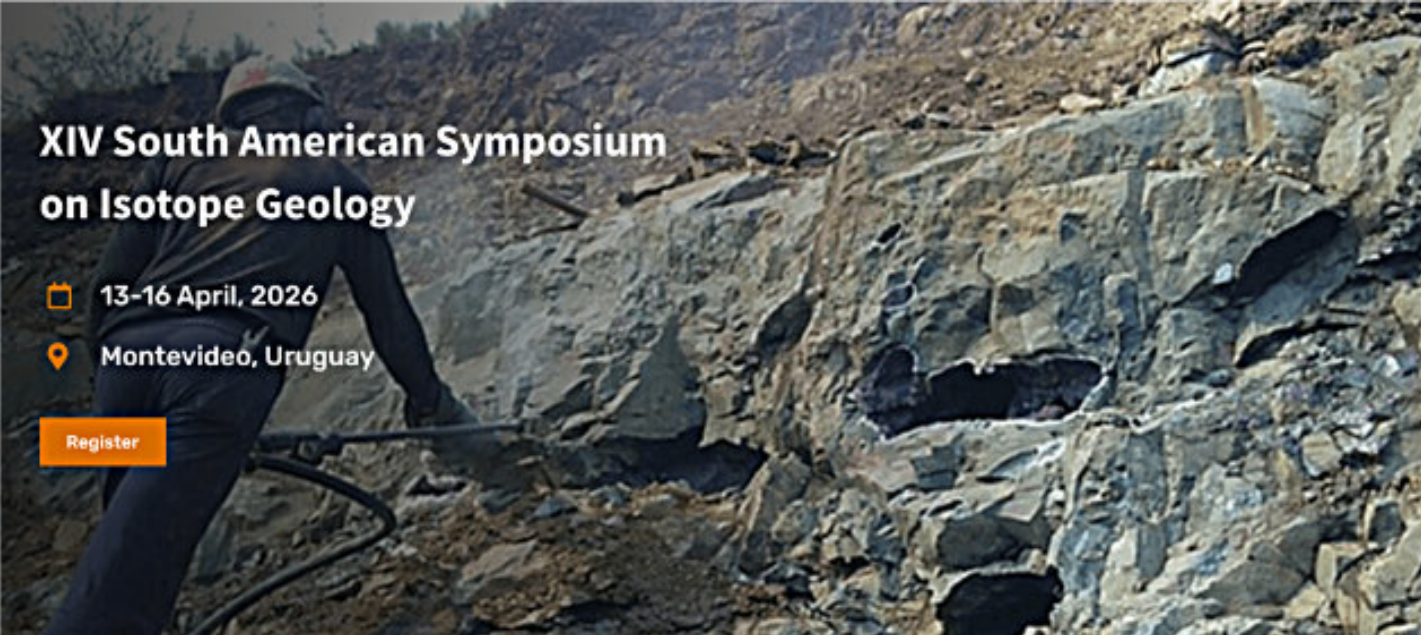


Previous Events Committees Program Abstract Submission Registration Key Dates About Uruguay Sponsors

XIV South American Symposium on Isotope Geology

13-16 April, 2026
Montevideo, Uruguay

Register

XIV South American Symposium on Isotope Geology

13-16 April, 2026
Montevideo, Uruguay

Register

<https://internationalconferencealerts.com/eventdetails.php?id=100666192>



Home Add Event Subscribe Journal Publication Blog Search by Topic

Home > Costa Rica > Earth Sciences > International Conference On Tectonics And Structural Geology

International Conference On Tectonics And Structural Geology (ICTSG)

13th May 2026 | San Jose, Costa Rica

Attend

83 Days

Objective of the Conference

International Conference on Tectonics and Structural Geology is an internationally recognized multidisciplinary research and development association. It aims to connect researchers and academicians in various fields of science and technology to discuss and come up with ideas that can revolutionize the world. The organization brings together associations from developed and developing countries to address challenges and provide sustainable solutions. It aims to instill scientific fever among the young generation and use Science in a responsible manner.

Organiser Details

Akash Shinde
Science Cite
team@sciencec
Visit Website

Advisory Committee



Dr. Ali Saberi Mehr
Assistant Professor
University College Dublin, Ireland



Gordon Moffat
Assistant Professor
School of Medicine, Queen's University, Canada



Omar Alananzeh
Yarmouk University, Jordan

<https://www.congresogeologicochileno.cl/>



XVII Congreso Geológico Chileno
"El futuro bajo nuestros pies"
Celebrando los 50 años del primer Congreso Geológico Chileno
Valdivia, Chile 13-18 de Diciembre, 2026

Formulario para proponer una sesión Formulario para postular como mentor

Organizado por

Sociedad Geológica de Chile, Universidad Austral de Chile, SERNAGEOMIN, Colegio de Geólogos Chile

Bienvenidos
El XVII Congreso Geológico Chileno reunirá a investigadores, profesionales y estudiantes de las geociencias para compartir conocimiento y avances científicos. Este evento trienal es el encuentro más importante de la comunidad geológica chilena.

<https://www.instagram.com/p/DFtd1xjNgvc/>



CCG 2025

XX CONGRESO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA

13 al 15 de agosto
Cali, Colombia

Primera circular informativa
Enero 2025

Sociedad Colombiana de Geología

<https://congresoiaacard2026.org/>

CONGRESO IACA 2026

INICIO REGISTRO IACA INSCRIPCIONES PONENCIAS PROGRAMA SANTO DOMINGO

XXXI Congreso Internacional de Arqueología del Caribe







IACA / AIAC
13 - 17 de Julio de 2026



Ciudad Colonial de Santo Domingo ♦ República Dominicana



XXXI Congreso Internacional de Arqueología del Caribe

Ciudad Colonial de Santo Domingo

República Dominicana

AIAC / IACA



ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

Ponencias

Las ponencias del congreso se presentarán en el auditorio del Centro Cultural INDOTEL situado en plena Ciudad Colonial de Santo Domingo. Contamos con un cómodo auditorio de excelente calidad, con capacidad para 140 personas, provisto de los más modernos equipos audiovisuales. Igualmente utilizaremos las instalaciones de la Academia de Ciencias situadas también en la Ciudad Colonial a pocos metros del auditorio de INDOTEL.

<https://argentinarocks.com.ar/>

Argentina Rocks

Start Committee Rapporteurs Workshops Sponsors Media Partner Plan Your Trip Tickets

Days until event

ARGENTINA ROCKS 2026

May 27-28, 2026

In its first edition, this congress seeks to celebrate geology and bring together the main players in the mining ecosystem — geologists, executives, investors and suppliers in the sector— to explore the new discoveries, opportunities and challenges that will define the future of exploration in Argentina.

During two days at the Sheraton Mendoza Hotel, attendees will be able to participate in technical conferences, panel discussions, poster sessions and networking spaces, along with an exhibition of leading companies that drive innovation and development in mining exploration in the region.

In addition, we will have technical courses in Mendoza and San Juan, an exclusive opportunity for practical learning and connection with top-level specialists.

Argentina Rocks will be a unique meeting point where knowledge, collaboration, and new business opportunities converge. We invite your company to be part of this first edition, positioning your brand at the heart of Argentine mining exploration.

DON'T MISS IT!

97 Days 05 Hours 48 Minutes 24 Seconds

Form > WhatsApp >

Rapporteurs

International experts and specialists in mineral exploration will share their experience, success stories and vision on geology.



Dr. Victor Ramos
Consultant
Independent



Dr. Jeffrey Hedenquist
Consultant
Independent



Santiago Gigola
Consultant
Independent

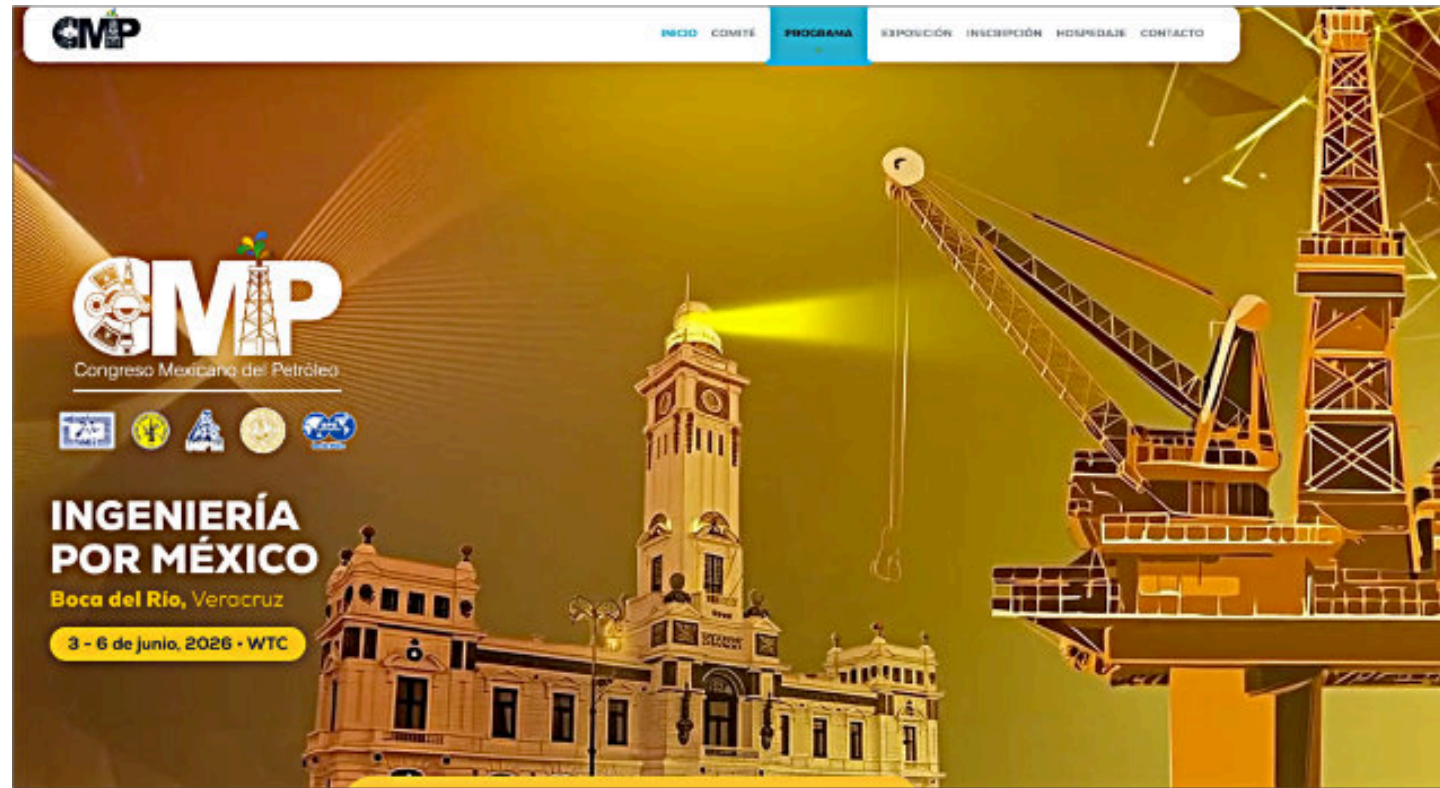


José Perelló
Consultant
Independent



Dr. Keiko Hattori
Teacher
University of Ottawa

<https://congresomexicanodelpetroleo.com/>

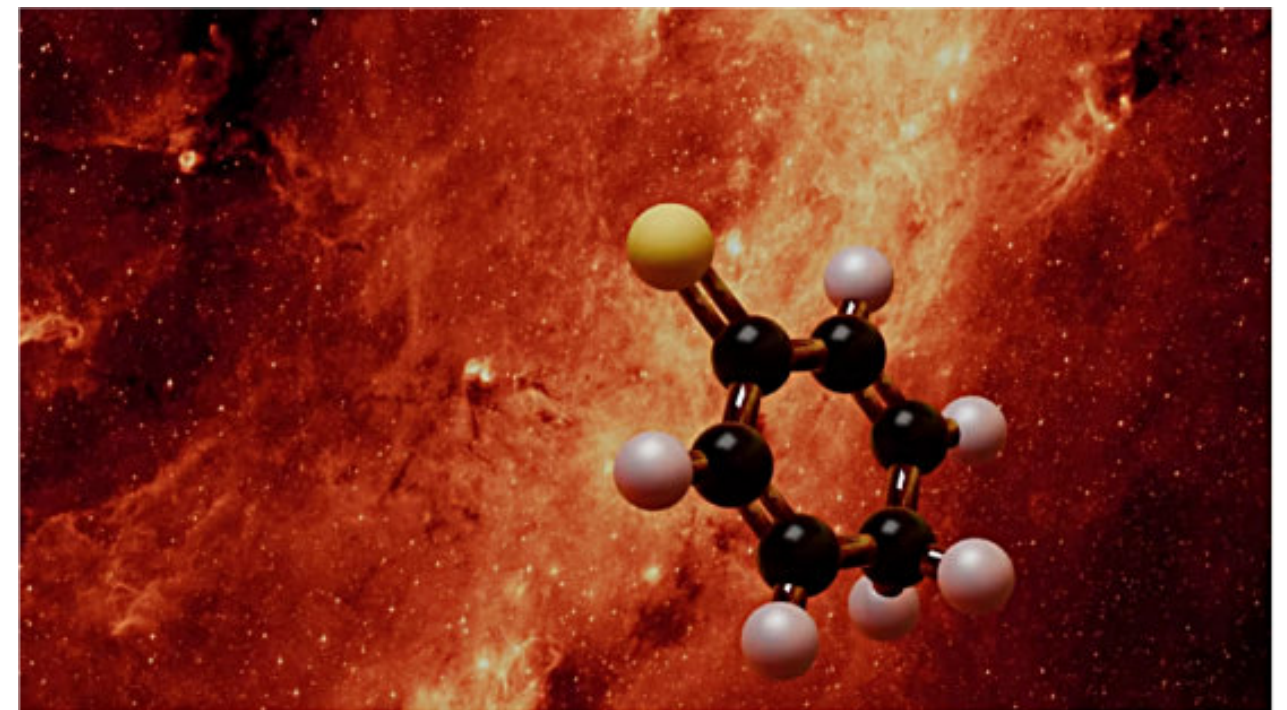


Científicos descubren una molécula en el espacio que da pistas sobre el origen de la vida

Por Jacopo Prisco, CNN

Científicos descubrieron la molécula orgánica más grande que contiene azufre —un ingrediente clave para la vida— jamás identificada en el espacio interestelar. Los investigadores llaman a este hallazgo un “eslabón perdido” en la comprensión científica del origen cósmico de la química de la vida. El azufre es el décimo elemento más abundante en el universo y un componente fundamental de los aminoácidos, proteínas y enzimas en la Tierra. Sin embargo, aunque los investigadores habían encontrado anteriormente moléculas que contenían azufre similares a la recién descubierta en cometas y meteoritos, existía una desconcertante ausencia de moléculas grandes con azufre en el espacio interestelar, una vasta región entre las estrellas salpicada de nubes de polvo y gas. “El azufre llegó a la Tierra desde el espacio hace mucho, mucho tiempo”, dijo Mitsunori Araki, científico del Instituto Max Planck de Física Extraterrestre en Alemania y autor principal de un estudio sobre el descubrimiento, publicado la semana pasada en la revista Nature Astronomy.

<https://cnnespanol.cnn.com/2026/01/30/ciencia/descubren-molecula-espacio-origen-vida-trax>



Por primera vez se ha descubierto en el espacio interestelar una molécula de 13 átomos que contiene azufre (como se ve en esta ilustración). MPE/NASA/JPL-Caltech

Hallado en el desierto del Sáhara un “maravilloso” dinosaurio de 13 metros con cresta de colores

Es la segunda especie de espinosaurio descubierta en más de un siglo.

“No puedo creerlo”, exclama el reconocido paleontólogo estadounidense, Paul Sereno, ante el español Daniel Vidal, cuando este le muestra *in situ* el mayor descubrimiento de la campaña. “Es la primera vez que se encuentra material del cráneo de un *Spinosaurus* en más de un siglo. Es lo más frágil e imposible de hallar. Es el premio gordo”, concluye.

La escena figura en un vídeo difundido a la prensa como parte de un *dossier* que anuncia el descubrimiento de una nueva especie: *Spinosaurus mirabilis*. Es la segunda tras el hallazgo, en 1915, en Egipto, del holotipo que definió al grupo, la única hasta ayer. Este nuevo dinosaurio de espinas “maravilloso” —lo que significa *mirabilis* en latín— fue descubierto en 2022 en el desierto de Sahara, en Níger, y que se publica este jueves en la revista *Science* con un artículo firmado por 29 científicos de cinco países.

POR MARIA VICTORIA ENNIS

<https://elpais.com/ciencia/2026-02-19/hallado-en-el-desierto-del-sahara-un-maravilloso-dinosaurio-de-13-metros-con-cresta-de-colores.html>



The Chase(s) of a Lifetime

In 1937, woodcutter Rosa Mai, likely with a machete in hand, slashed his way through the thick jungle forest that covered the Vaca Plateau in Caracol, Belize, cutting vegetation and underbrush in search of mahogany and tree sap, known as chicle, that was used to make chewing gum. While history makes no note of Mai’s success in the tree and gum business on the northeastern coast of Central America, it does record — with great importance — that he found carved stones and enormous mounds, cloaked in thick vegetation and years of overgrowth, that he suspected to be hiding archaeological secrets.

It would take about 50 more years for young archaeologists Diane and Arlen Chase to begin major excavation at the site, using hand tools to manually clear and carefully remove layer after layer of soil and debris. Finally, the structures beneath the mounds began to spill their secrets. One revealed itself to be the most impressive structure at Caracol — a royal palace, ceremonial center and seat of power, originally built between 600-700 AD, in the Late Classic period of the Maya civilization.

Its scale and massive size — soaring 141 feet in the sky — prompted the Chases to name the structure Caana, which means “Sky Place” in the Maya language. Based on their findings in the palaces and temples found throughout the site, after dating relics and reading hieroglyphs, the Chases proved Caracol to be a major political player in Maya history, dominating the southern part of the Yucatan Peninsula from 560 through 680 AD before its abandonment by 900 AD.

<https://stories.uh.edu/2025-caracol-chase/index.html>



Advances in hominin evolution

For decades, most of the news concerning our deep ancestry emerged from discoveries in sub-Saharan Africa at sites in Zambia, Tanzania, Kenya, South Africa, Ethiopia. The first week of 2026 decisively shifted that focus northwards to Chad and Morocco in two separate publications. In 2002 ago the world of palaeoanthropology was in turmoil following the first discovery of fragments of what was then thought to be a hominid, or great-ape, cranium in Chad dated at around 7 Ma ago (Brunet, M. and 37 others 2002. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, central Africa. *Nature*, v. 4418, p. 145-151; DOI:10.1038/nature00879). When pieced together the cranium looked like a cross between that of a chimpanzee and an australopithecine. Some suggested that the creature may have been a 'missing link' between the hominids and hominins; perhaps the ultimate ancestor of humans. *Sahelanthropus tchadensis* (nicknamed Toumaï or 'hope of life' in the local Goran language) was undoubtedly enigmatic. The 'molecular-clock' age estimate for the branching of hominins from a common ancestor with chimpanzees was, in 2002, judged to be two million years later the dating of *Sahelanthropus*, so controversy was inevitable. Another point of contention was the size of *Sahelanthropus*'s canine teeth: too large for australopithecines and humans, but more appropriate for a gorilla or chimp. Moreover, Toumaï showed no indisputable evidence for having been bipedal. The Chadian site subsequently yielded three lower jaw bones and a collection of teeth, a partial femur (leg bone) and three fragmentary ulnae (forearm bones). The finds suggested that as many as five individuals had been fossilised. The femur gave an unresolved hint of an upright gait, yet the ulnas suggested Toumaï might equally have been arboreal; as could also be said for the australopithecines.

<https://earthlogs.org/2026/01/11/advances-in-hominin-evolution/>



These 773,000-year-old fossils may reveal our shared human ancestor

Exceptionally well-dated fossils from Morocco capture a moment nearly 800,000 years ago, right at a major turning point in Earth's magnetic history.

Source: Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology

These 773,000-year-old fossils may reveal our shared human ancestor Exceptionally well-dated fossils from Morocco capture a moment nearly 800,000 years ago, right at a major turning point in Earth's magnetic history. Source: Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology Summary: Fossils from a Moroccan cave have been dated with remarkable accuracy to about 773,000 years ago, thanks to a magnetic signature locked into the surrounding sediments. The hominin remains show a blend of ancient and more modern features, placing them near a pivotal branching point in human evolution. These individuals likely represent an African population close to the last common ancestor of Homo sapiens, Neandertals, and Denisovans.

<https://www.sciencedaily.com/releases/2026/02/260206012221.htm>



Caverna del arte

Atardecer en San Xavier Del Bac Mission, Tucson, Arizona. Foto de Gilda Yolid Muñoz - 2026.



OWL AT KATY HOME

Luis C. Restrepo, Ingeniero Petrolero jubilado, Houston, Texas.



Cuento: Ocuili

Llevo con gran orgullo el nombre de Ocuili (gusano en lengua Náhuatl), herencia de mis antepasados, el gran imperio Azteca. Soy una lombriz realizada, en la plenitud de la vida y muy feliz. Vivo en el Panteón de Dolores de la Ciudad de México, lugar donde nací y siempre he permanecido. La vida en el subsuelo es completamente normal, aunque supongo que existe una diferencia enorme con la actividad en la superficie, pero aun así, aquí no nos hace falta nada, amigos, los tenemos por cientos, y nunca nos abandonan. Tal vez el mayor sobresalto en este lugar es la vibración de la tierra ocasionada por el metro y los terremotos de la Ciudad de México, pero en general la vida es muy tranquila.

Mis amigos del panteón me preguntan si me gustaría vivir en la superficie de la tierra, con los seres vivos, pero yo les contesto que no existe diferencia alguna entre vivir en la superficie y debajo de la tierra cuando tienes tanta gente a la que estimas y quienes también te quieren. Además, aquí no existe la exclusividad ni las clases sociales, todos somos uno y uno somos todos. En este panteón tengo el privilegio de convivir únicamente con seres ilustres e importantes. Cada noche escojo al personaje con quien quiero platicar, y al compás de muchos tragos de tequila, me cuentan sobre su vida, a que se dedicaron, sus familias, y como murieron varios. Me gusta aprender de los seres humanos a través de sus historias, nunca imaginé que la vida fuera tan increíblemente fascinante. El valor que tienen las vivencias y experiencias de estos seres fantásticos que hoy en día viven debajo de la tierra es incalculable, de hecho, ya existen iniciativas para crear un museo de historia de los muertos en este precioso panteón.

La semana pasada me sentía un poco solo, así que visité a Tina Modotti, la famosa fotógrafa italiana, quien es una buena amiga, desde el siglo pasado. Utilizando un hueso como bastón y con botella de mezcal en mano, escuché extasiado las historias de Tina. En cierta forma envidiaba la vida tan liberal que llevó la fotógrafa, tantos amantes, la *dolce vita*. Ella fue la mujer de Julio Antonio Mella, el patriota cubano asesinado en México, y de Edward Weston el gran fotógrafo estadounidense del siglo veinte. Durante su estancia en México, Tina se desarrolló como fotógrafa habiendo ocupado un lugar importante en la historia de la fotografía mexicana. Modotti fue una gran luchadora social, miembro del Partido Comunista Mexicano, durante un tiempo vivió exiliada en Rusia, y años después participó en la Guerra Civil Española.

La vida de Tina sigue siendo intensa y llena de aventuras amorosas, pero su amor eterno es Julio Antonio Mella, quien sueña todavía con implementar un sistema comunista en Cuba. Los rumores apuntan a que antes sostuvo relaciones románticas con Gerardo Murillo (Dr. Atl) y el muralista Diego Rivera. Tina es muy apasionada y demanda mucho tiempo y atenciones de sus parejas, por lo que sus relaciones no son duraderas. Estamos muy compenetrados, y es por eso que nunca me toma fotografías, supuestamente porque no quiere hacerme daño, ya que dice que sus fotografías no le permiten al fotografiado tener relaciones amorosas con otras mujeres, o seres. La última vez que estuve con ella, ambos nos dimos cuenta de que nos atraemos sexualmente. Sin embargo, una relación amorosa entre nosotros es imposible, porque ella pertenece al mundo etéreo y yo si

existo, soy un gusano Azteca. Nos despedimos con un largo beso, con la promesa de que seguiríamos nuestra buena amistad.

Recientemente pasé a platicar con otro de mis buenos amigos, León Trotsky, uno de los líderes, quien conjuntamente con los bolcheviques, derrocaron a los Zares y establecieron el sistema comunista en su país. El famoso intelectual y enemigo de Stalin vivió exiliado en Coyoacán, antes de ser asesinado por el pro-Estalinista Ramón Mercader, que vivió exiliado y protegido por el gobierno Cubano hasta su muerte en 1978. Durante varias horas, mientras tomábamos tequila Cuervo, discutí con Trotsky sobre política internacional, la situación de las economías mundiales, la sociedad, el capitalismo, y la Perestroika. Él, es realmente un verdadero tesoro de historia y conocimientos, y lo admiro profundamente. Ya en la madrugada y completamente borracho, Trotsky me confesó que se vestía de mujer para soportar el estrés que le causaba la persecución mortal de Stalin. Por las noches visitaba los bares de Coyoacán para hacer amigos y conversar sobre política y arte. Una de tantas ocasiones conoció al pintor mexicano Manuel Rodríguez Lozano, de quien se hizo muy amigo, incluso después de un tiempo se enamoraron profundamente y vivieron una candente relación amorosa. Manuel ya se había divorciado de María del Carmen Mondragón (Nahui Ollin), así que no existían impedimentos para vivir su pasión. La relación fue estable, eran felices. Sin embargo, después de dos años tuvieron que terminar su relación amorosa por las escandalosas noticias en los diarios de México.

A quien visito más seguido es a mi entrañable amiga Frida Kahlo, la gran pintora de México. Aun en el panteón, sufre graves problemas médicos, pero ella sigue siendo feliz y se reúne diariamente con amigos, y ocasionalmente sale de juerga con Diego Rivera. Ella nunca ha dejado de pintar, tal vez por eso se mantiene joven. En varias ocasiones me ha pedido que pose para ella, pero siempre me he rehusado, ya que no me interesa llegar a ser un modelo famoso. En este privilegiado lugar llamado Panteón de Dolores, Frida no necesita su cama, puesto que puede pintar mientras está flotando y sus órganos tienen una relación muy íntima con sus sentimientos. En este submundo se le puede considerar una pintora surrealista, porque aquí nada es real, excepto yo, Ocuili el gusano de descendencia Azteca, a mucho orgullo. En una de mis recientes aventuras nocturnas con Frida, nos la pasamos borrachos durante tres días, tomando tequila con gusano de maguey. Confundida por tanto alcohol, un día de esos intentó comerme, pensando que era yo el gusano de la botella de mezcal, tremendo susto, por poco y me manda al otro mundo.

Mi amistad con todos estos seres maravillosos será perdurable, y aunque tengo que aceptar que me hago viejo, no consigo derrotar al tiempo. Cualquier día de estos me reincorporaré a la madre tierra al igual que mis apreciados vecinos, seré un espíritu. Todos los organismos somos partículas cósmicas recicladas en el universo a través de un tiempo infinito. Yo mismo he evolucionado a partir de otros organismos muertos, soy con gran orgullo, una lombriz reciclada.

Loco a veces

Visual perspective: Pyramid of the Sun, Teotihuacan, Mexico. Photo by Claudio Bartolini - 2018.





M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

La casa de *Homo sapiens*

https://www.nationalgeographic.org/topics/resource-library-human-origins/?q=&page=1&per_page=25

<https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/homo-sapiens>

<https://www.nhm.ac.uk/discover/who-were-the-neanderthals.html>

<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/essential-timeline-understanding-evolution-homo-sapiens-180976807/>

<https://www.yourgenome.org/stories/evolution-of-modern-humans>

<https://www.history.com/news/humans-evolution-neanderthals-denisovans>

https://curiositystream.com/search/Homo%20Sapiens?utm_campaign=D-PerformanceMax-US&utm_medium=display&utm_source=google&utm_placement=&utm_content=&gclid=CjwKCAjwgb6lBhAREiwAgMYKRs7gV-WuEXSf1NKMo7n053GSjUS5dJXuiQkU2hgJ-C2VgEALMVuaDxoC4TsQAvD_BwE

https://en.wikipedia.org/wiki/Human_evolution



Bolivia's Altiplano

Nestled between two ranges of the rugged Andes Mountains, the Altiplano is a vast, windswept plateau that stretches more than 900 kilometers from southern Peru to northern Argentina. Most of this arid upland, which averages about 3,750 meters in elevation, sits in western Bolivia, where its surface is dotted with a series of stunning natural attractions. From the snow-white crystals of the world's largest salt flats and flocks of pink flamingos in a brick-red lake to the startlingly azure waters of Lake Titicaca, the planet's highest navigable lake, the Altiplano offers spectacular, vividly colored vistas for intrepid travelers.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Altiplano>

<https://www.britannica.com/place/Altiplano>

<https://theradavist.com/andean-altiplano>

<https://thecuriousreport.com/bolivian-altiplano/>

<https://www.youtube.com/watch?v=6hn-pu3TqNQ>

<https://travelstotheedge.com/episode/bolivia-altiplano-season-1-episode-1/>

<https://geoexpro.com/the-bolivian-altiplano-the-high-plateau-in-the-mountains/>

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEpubs/19941103/text/weather-altiplano-andes.html>

<https://www.nationalgeographic.com/travel/article/how-to-see-salar-de-uyuni-salt-flats-bolivia>

<https://www.chimuadventures.com/en-us/blog/things-do-bolivian-altiplano-all-you-need-know>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



Como parte de las actividades de difusión de nuestra revista de geociencias, tenemos una relación de buena fe y amistad con las escuelas, sociedades y asociaciones geológicas en otros países del mundo.

Instituto Nacional de Geoquímica
(México). <https://www.inageq.com/>



Geología Médica

<http://www.medgeomx.com/>



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



<http://cbth.uh.edu/>

Sociedad Venezolana de Historia
de las Geociencias.

SVHGc@yahoo.com



Universidad Tecnológica de la Habana,
- <https://cujae.edu.cu/>

Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>



Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



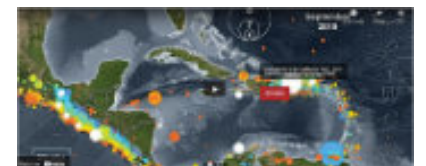
Sociedad Cubana de Geología

<http://www.scg.cu/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

<https://uteco.edu.do/>





Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA