

**OCTUBRE
2025**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



OCTUBRE
2025



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 desean 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: Sawyer Glacier - Alaska. Photo by Joshua Rosenfeld.

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
lvalencia@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.

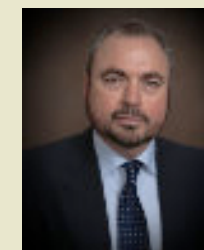
bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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



Ramón López Jiménez 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



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

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

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

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 sísmológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sísmológico 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.

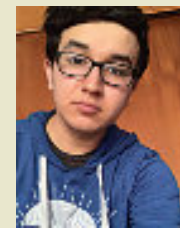
rodriguez.arteaga@gmail.com



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 Tenreiro 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.

tenreiro2015@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, logeo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

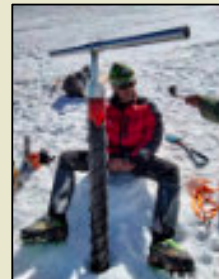
gleon.laura@gmail.com



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 Petroleo 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

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>





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/>



Prince Christian Fjord in Greenland. It shows a recumbent fold in the metamorphic rocks with some puzzling faulting. Photo by Joshua Rosenfeld.

Esteemed colleagues

Now that we have your attention, we take this opportunity to cordially invite your participation in the Revista Maya de Geociencias in the form of short manuscripts touching upon diverse relevant themes of interest. All work is welcome, as the primary function of the magazine is to broadcast geoscientific ideas.

If the manuscripts are relatively long, they will be published in our magazine's Special Editions since the Special Editions do not have size limitations, as do our monthly issues (below).

Basic Instructions for Authors

Authors submitting material to be published in the Revista Maya de Geociencias are asked to adhere to the following editorial guidelines when sending manuscripts to the editing team and/or its collaborators:

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

Notes on pioneers in the geosciences: a maximum of 4 pages

Themes "of interest to the community": a maximum of 4 pages

Geological notes: a maximum of 10 pages

Semblanzas.....	11
Obituarios.....	31
Miscelanea de imágenes.....	33
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	37
Los libros recomendados.....	53
Temas de interés.....	60
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	72
Notas geocientíficas.....	77
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	120
Venezuelan American Petroleum Association.....	121
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	122
Congreso Internacional de Energía 2025.....	124
Congreso Unión Geofísica Mexicana.....	125
Congreso Internacional de Energía – México.....	127
Institutos, Centros y Unidades de Investigación – España.....	128
Notas y noticias sobre descubrimientos en geología.....	129
Biblioteca Cubana de Geociencias y nuevo Geoparque.....	140
Caverna del Arte.....	141
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	146
La casa del Océano Ártico.....	148
Cerros de Mavecuri, Colombia.....	149
Asociaciones geológicas hermanas.....	150

John F. Dewey

“The continents stay on top like a scum.... It stays on top and squashes and scrunches and makes a mountain belt.” Geologists must often think in staggeringly long time spans and jump mentally between spatial scales, both microscopic and macroscopic. So, for fun, some do as geologist **John F. Dewey** has for the past three decades: shrink time and space to a more human scale by building model railways. Dewey has been tooling with an extensive model of a spiraling Swiss Alpine railway, housed now in the garage of his California home. Here, boxcars are about 6 inches long, but for Dewey the focus is on rocks, not rails. “I try to get the scenery to look like the geology of Switzerland,” Dewey says. “You can see the rocks tilting in the correct direction up in the mountainside. The scenery is very serious, actually. The geology is correct.”

Dewey brings the same attention to detail in his research on orogeny, the geological process of mountain building. “The earth generates enormous complexity on a small scale,” he says. “The great trick is taking that complexity, analyzing and synthesizing it, and then pulling it through into the larger scale.” This perspective—seeing the mountain for the rocks, one might say—is one of the hallmarks of Dewey’s research. It led first to his pursuit of a unifying theory for the formation of mountain belts in Ireland and the eastern United States, and then to his groundbreaking proposals in 1968 of how plate tectonics could explain orogeny. Like the mountain belts he studies, Dewey’s career has straddled the Atlantic Ocean, with academic posts in both his native England and the United States, where he is now Distinguished Professor of Geology at the University of California, Davis (Davis, CA).

In his Inaugural Article, published in this issue of PNAS, Dewey presents the results of research underway since his election to the National Academy of Sciences in 1997 (1). In the paper, he reports on processes that can build mountains in surprisingly short geologic times, which he illustrates with detailed evidence from the Irish mountains



that he has been studying since his doctoral work 47 years ago.

Simultaneous Obsessions

As a child in London during World War II and its aftermath, Dewey excelled at sports—boxing, rugby, cricket, gymnastics, even the high jump and javelin. “I was obsessed with sport; I really was,” he says, “but it was clear that I was not good enough to get to the top in any of them. And I was really ambitious. I wanted to be the top of something.” At age 16, he found a field in which he would lead. During a holiday in Devon, England, he learned a bit of field geology with his great uncle, Henry Dewey, a geologist with the British government. Intrigued, the young Dewey considered studying geology for a career and found that his plan met with the approval of his housemaster at Bancroft’s School (Essex, U.K.), an amateur geologist named John Hayward. Immediately, academic studies became a “simultaneous obsession,” along with sports, Dewey says. He attended Queen Mary, University of London, where he graduated with a first-class geology degree in 1958.

Dewey was less interested in the booming fields of mining and petroleum applications and more attracted to academic geology, where he could pursue the sort of teaching he enjoyed during his frequent lectures to schoolchildren. He performed graduate work at Imperial College London, where he studied the Irish Caledonian mountain belt, which would come to dominate his subsequent research career. After earning his doctorate in 1960, Dewey worked as a lecturer at the University of Manchester (Manchester, U.K.) and the University of Cambridge (Cambridge, U.K.).

Linking Oceans and Mountains

The late 1960s marked a turning point both in Dewey's career and in the field of geology. In 1967, Dewey took a 3-month sabbatical to work at the Lamont Geological Observatory (now the Lamont–Doherty Earth Observatory) in New York. He studied the Appalachian/Caledonian belt, which comprised the other tails of the Irish Caledonides that he had investigated during his doctoral work. These mountains are part of a range that curves from the eastern United States around to Greenland, Norway, and Scotland. With the help of a large map and extensive research in the Columbia University (New York) library, Dewey plotted the geologic details of the entire Caledonian system, struggling to make sense of it.

As Dewey worked toward a unifying explanation for orogeny, the then-new theory of plate tectonics was beginning to take hold in the geology world. Researchers had been trying to solve the puzzle of why rocks from the ocean were so young, roughly 160 million years and younger, versus the 4-billion-year-old rocks from the continents. Geologists at Lamont and elsewhere began to realize that deep ridges in the ocean were constantly being pulled apart by strong geological forces, with new oceanic crust forming at the axial crack and carried outward as if on a conveyor belt, a phenomenon called seafloor spreading. The old oceanic crust is then pulled back down into the earth's interior and destroyed at oceanic trenches, or subduction zones.

Gradually, plate tectonics began to explain the puzzling observations from the oceans. Dewey, however, brought the theory ashore and used it to solve the puzzles of mountain belts. Through his research, he began to realize that there existed mountain belts of different rock types that could be explained only by the opening and closing of an ocean between them.

Plate tectonics could address this question directly. Researchers saw that continental plates sat on top of the ocean's rocks because they are much lighter and weaker. "The continents stay on top like a scum. So when one continent collides with another, it won't go down the tubes" and into the earth, as an oceanic plate would, Dewey says. "It stays on top and squashes and scrunches and makes a mountain belt." While at Lamont, Dewey filled in the details of seafloor spreading, colliding continents, and mountain building. "They just exploded," he says of the papers he wrote during this time (2, 3). "That was what got me going in plate tectonics. I was always interested not just in the details of geology but how all the details put together to give you the bigger picture."

From Ink to Computers

Dewey feels lucky to have been at Lamont during that time, when renowned scientists such as Walter C. Pitman III and Lynn R. Sykes were there. Plus, he says, "I got to love America. It was a cultural delight. America was open and lively and a freewheeling place. It was a free and exciting period," he says. In 1970, Dewey took a position at State University of New York at Albany. The next 12 years were fabulous, Dewey says. "I had superb students, great colleagues, and we just did a huge amount of research. We changed the way people thought about the world." Until the early 1970s, he studied old mountain belts, such as the 400-million-year-old Appalachian system. After a while, he began extending his research to younger mountain belts such as the Alps, Himalayas, and Andes, where signs of the ongoing mountain building were still evident (4–6).

When it comes to choosing research topics, Dewey says, "I just follow my nose. If something really interests me much more than what I'm doing now, I just drop what I'm doing now and start on something else." He cites as a major influence in this philosophy the late Sir Edward "Teddy" Bullard, who told him not to follow the advice of "older people" and instead just pursue interests without fear of failure. His thinking has always been quite visual, he says—another bonus in geology. He believes strongly in the value of drawing maps, which necessitates going into the field, looking at the rocks in immense detail, and then being able to see the larger picture. Early in his career, Dewey drew maps by hand, with stencils and inks, but by the late 1990s he was happily using ILLUSTRATOR (Adobe Systems, San Jose, CA) to create his maps on the computer. "I was a bit late coming to computers, really," he says.

The American West

After a decade of research in New York, Dewey began to feel "a bit foot-loose again" and entertained thoughts of moving elsewhere. Courted for years by various English universities, he finally accepted a position as chair of the Department of Geological Sciences at the University of Durham (Durham, U.K.) in 1982. In 1986, he moved again to serve as chair of the Department of Earth Sciences at the University of Oxford. In his first 5–6 years at Oxford, Dewey was happy as he carried out more research on the British and Irish Caledonides (7–9). Yet dissatisfaction with British academic culture caught up with him before long. "I got tired of a closed, class-based society," he says. At the age of 63, he examined the career choices in front of him. "I thought I was going downhill a bit intellectually, and so, come 2001, I thought, 'Well, do I really want to retire and become an old emeritus in Oxford, or do I want to break out again?'" he says. "So I broke out again."

"Just how long does it really take to make a mountain?"

This time, he headed to California, accepting a Professor of Geology position at the University of California, Davis, in 2001. It was "an immense intellectual rejuvenation," he says, as he began new research projects in the Sierra Nevada and Rocky mountain ranges (10). He skied the slopes surrounding Lake Tahoe, but, most importantly, he was back in an academic environment that challenged him.

Quick-Cooking Mountains

Dewey's PNAS Inaugural Article (1), which exemplifies his research style, involves massive data synthesis and springs from his line of detailed work on the Irish Caledonides, which he has studied for 47 years (7–11). The research "is something I'm known for, and, although it sounds immodest, nobody else is really capable of writing this paper," he says. The research concerns the formation and destruction of mountain belts and looks to resolve the question, "Just how long does it really take to make a mountain?" The answer may be surprising, Dewey says. "People think of mountain building as a long, slow process," on the order of 50 million years, he says. Yet when he synthesized the sedimentologic, mineral, and geochronologic data for the Irish Caledonides, the model pointed to something more rapid. "These mountains were made and destroyed in 10–12 million years," Dewey says, "and that's really a new concept." In the case of the Irish Caledonides, this arc of islands on the edge of a dense

oceanic plate began colliding with a continental plate roughly 475 million years ago. The islands essentially climbed on top of the continent, Dewey says, forming the mountain range. The mountain-building process was cut short, however, because the oceanic plate was heavy enough to sink beneath the continent, which formed a new subduction zone and relieved the collision pressures rather quickly. In contrast, two colliding continents have no avenue of escape, and so they build in pressure and continue to form mountains over many more millions of years.

According to Dewey, this work might spur a revisitation of other mountain belts. In particular, one aspect of orogeny may need to be reexamined: the metamorphism and heat transfer in rocks. In traditional models, the rocks in developing mountains heat up gradually by conduction under the forces of collision. "It is now quite clear that all those models are completely wrong," he says. "These rocks heated up very, very quickly. The only way you can do that is shove into them something very hot, or intrude some very hot liquid," like magma. "Basically, I'm now convinced, and I think I can prove it in many orogenic belts of all ages around the world, that metamorphism takes place very, very fast, and all these conductive models cannot be right."

Importance of Sweat

In October of this year, Dewey plans to give a talk at the annual meeting of the Geological Society of America in Salt Lake City on one of his favorite topics: balancing detail and the big picture in geology and geophysics. On the one hand, geologists have always tended to "get rather obsessed with a very small scale, the particular, the minutiae, the details," Dewey says, "and geophysicists tend to think on whole-earth scales, because they can't deal with the immense complexity that we have on a small scale. So there's a terrible spatial and temporal gap, and I think we need to get over that."

Dewey believes the answer lies in more intensely focused field work and in "getting sweaty. The truth resides in the rocks," he says. "The rocks don't lie." He says studies of the rocks "are difficult, and it's hard work if you're really getting at the maps. But if you have intelligent maps about rocks, you can do a lot." He points to another role model in this respect, geologist Robert Shackleton. Abstract models "can run away with us," Dewey says. "They're mathematically great fun to do, but you mustn't ever believe them."

Although Dewey plans to retire in the not-too-distant future, he says he will never be able to leave geology entirely. He and his wife, Molly, plan to split their time among California, Ireland, England, South Africa, and New Zealand. Dewey says he hopes to stay fit through his wide-ranging athletic regimen of fishing, swimming, cycling, playing cricket and tennis, and walking the hills of his beloved mountains. And, even if he does not leave his house, he can still immerse himself in Alpine geology. "I

normally do a tiny bit here and there on the model," he says, "but, when I retire next year, I'll spend a tremendous 6 months and just have a real bash of the railway."

Source: <https://www.pnas.org/content/102/43/15283>



John Dewey of Cambridge University discusses the origins of the Appalachian-Caledonian mountain range at the History of the Earth's Crust Symposium. Credit: Barrett Gallagher.

Researchgate: <https://www.researchgate.net/profile/John-Dewey>

<https://www.geosociety.org/awards/06speeches/sgt.htm>

<https://www.jsu.utexas.edu/news/2017/11/john-dewey-thoughts-from-one-of-the-founding-fathers-of-the-theory-of-plate-tectonics-on-geology-education-and-his-own-illustrious-career/>

GSA Award: <https://www.geosociety.org/awards/06speeches/sgt.htm>

Gloria Alencáster Ybarra: 1926 - 2018



Figura 1. Dra. Alencáster en su oficina del Instituto de Geología de la UNAM en el año 2003.

El presente número de Paleontología Mexicana (Vol. 7, Núm. 2) se lo dedicamos a la memoria de la **Dra. Alencáster** (Figura 1) debido a que, entre sus numerosas contribuciones, ella fue la fundadora de esta revista en el año de 1954. La doctora Gloria Alencáster Ybarra fue una destacada académica de la Universidad Nacional Autónoma de México, con más de 60 años de servicio en nuestra universidad, llevando a cabo su labor académica en el Instituto de Geología (Figura 1). Realizó sus estudios de licenciatura y doctorado en Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM recibiendo Mención Honorífica. En 1997 fue distinguida con el título de Investigadora Emérita por la misma universidad. Posteriormente el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), le otorgó la misma distinción.

La carrera de la Dra. Alencáster inició en la Escuela Nacional Preparatoria Número 1, antiguamente ubicada en San Ildefonso, Centro Histórico de la Ciudad de México, donde desempeñó el puesto de encargada de laboratorio de 1947 a 1951. Consciente de la necesidad de prepararse mejor para llevar a cabo sus labores de investigación en el área de Paleontología, estudió la Maestría en Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Columbia, Nueva York, en Estados Unidos de América de 1953 a 1954. Ahí tuvo como maestros a los distinguidos doctores Norman D. Newell en Paleontología de Invertebrados, Marshall Kay en Estratigrafía y Theodosius Dobzhansky en Genética. Su tesis de maestría versó sobre los moluscos del Cretácico Inferior de San Juan Raya, Puebla, trabajo que fue publicado poco después (1956) en el Número 2 de la revista por ella fundada, Paleontología Mexicana. Durante sus estudios en los Estados Unidos, aprendió técnicas para la preparación y conservación del material fósil, así como fotografía

especializada. El Doctor Opo Hass, Curador de la Colección de Invertebrados Fósiles del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, la concientizó sobre la importancia y cuidado curatorial de las colecciones paleontológicas. Posteriormente, esto le permitió en México iniciar el proceso de registro, catalogación y resguardo de las colecciones de fósiles que diversos geólogos mexicanos y extranjeros depositaron en el antiguo edificio del Instituto de Geología ubicado entonces en la colonia de Santa María la Ribera de la Ciudad de México, y que años más tarde se trasladaría al actual edificio del Instituto de Geología en la Ciudad Universitaria de la UNAM.

Desde sus inicios y durante toda su carrera profesional, la Dra. Alencáster realizó un sinnúmero de campañas de campo, mismas que resultaron ser fundamentales para el desarrollo de su investigación. En 1950 inició su carrera profesional como investigadora de invertebrados fósiles en la Sección de Paleontología de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos (PEMEX), donde conoció de primera mano el alcance estratigráfico de las especies fósiles como indicadores cronológicos que permiten ubicar en el tiempo las unidades litoestratigráficas que las portan.

Los resultados de las investigaciones de la doctora, fueron publicados en numerosos artículos en el Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

Cuando la doctora Alencáster regresó de la Universidad de Columbia ingresó en 1955 al Instituto de Geología de la UNAM, donde fundó el Departamento de Paleontología. Desde sus inicios como investigadora estuvo comprometida con su trabajo y con la trascendencia de la investigación paleontológica a nivel mundial. Siempre estuvo preocupada por la escasez de paleontólogos en México y, dentro de sus logros más destacados está que con su guía, su trabajo y sus enseñanzas, formó una escuela mexicana, pues no se contaba con ningún paleontólogo en ésta ni en ninguna

otra institución, con excepción del personal que realizaba trabajo de micropaleontología aplicada en Petróleos Mexicanos. Consideró la necesidad apremiante de formar un grupo de investigadores en las diversas especialidades de la Paleontología, entre las que destacan: paleobotánica, paleontología de invertebrados y vertebrados, derivado del material fósil proveniente de diversas regiones fosilíferas de nuestro país con excelentes resultados, pues trasmitió a todos sus alumnos, con gran entusiasmo, la importancia de estos estudios. Complementó su labor de investigación con la docencia impartiendo clases de Paleontología General a nivel de licenciatura de 1958 a 1968, en la Facultad de Ciencias de la UNAM y de posgrado a partir de 1969 hasta 1972 las materias sobre Paleontología y el Seminario de Investigación de Paleontología de Invertebrados en la misma entidad. Esta labor docente le permitió dirigir numerosas tesis de licenciatura y posgrado de alumnos que actualmente se destacan como investigadores y profesores, mismos que continúan desempeñando la labor paleontológica en diversas dependencias como el Instituto de Geología, la Facultad de Ciencias, la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en otras instituciones de México, como la Universidad de Sonora (UNISON), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Un aspecto importante y poco conocido del trabajo científico de la Dra. Alencáster, consistió en la organización del acervo paleontológico depositado en el Museo de Geología, ubicado en la Colonia Santa María La Ribera para su exhibición al público. Gestionó la preparación, conservación y catalogación del material tipo ubicado en la antigua sede del Instituto de Geología en el circuito escolar de Ciudad Universitaria para su debido resguardo. En 1974, dicho material se trasladó a la actual ubicación del Instituto de Geología en el circuito escolar de Ciudad Universitaria constituyendo formalmente la Colección Nacional de Paleontología.

Entre las numerosas especialidades de la ciencia, ella eligió la Paleontología, pues quería investigar sobre los orígenes, la evolución, la distribución geográfica y las condiciones ambientales en las que vivieron los invertebrados marinos fósiles, principalmente de México. Dedicó gran parte de sus investigaciones al estudio de los moluscos bivalvos conocidos como rudistas, porque constituyen un grupo importante y dominante de la fauna marina arrecifal del Cretácico de México, cuyos datos abonaron al conocimiento de la edad relativa de las rocas carbonatadas que los contienen, pues son fósiles índice estratigráficos; también aportaron conocimientos sobre la distribución de los mares tropicales del Cretácico en lo que actualmente es territorio mexicano, el Caribe, Europa y norte de África. Siendo parte sustancial en las asociaciones faunísticas que vivieron en mares tropicales, como el Mar del Tethys.

Por la trascendencia de sus numerosas y valiosas publicaciones científicas y de divulgación, la Dra. Alencáster presidió los comités de eventos internacionales como el Tercer Congreso Latinoamericano de Paleontología en 1989, que se llevó a cabo en el estado de Morelos, México, y la Tercera Conferencia Internacional sobre Rudistas llevada a cabo en la Ciudad de México en 1993.

Asimismo, participó en la fundación de la Sociedad Mexicana de Paleontología, de la cual fue presidenta a mediados de la década de los 90's del siglo pasado.

Durante el desarrollo de su carrera participó activamente en la difusión de la ciencia, ofreciendo más de 100 conferencias en foros nacionales e internacionales. Fue miembro de una docena de sociedades científicas, incluyendo la Academia Mexicana de Ciencias, a la que ingresó por méritos en 1986. Actualmente, diversas especies y géneros descritos por diversos investigadores se han erigido en su honor, ejemplo de esto se puede encontrar en publicaciones como López-Caballero y Villaseñor (2012).

Además de su gran trayectoria académica, es importante resaltar su gran calidad humana; todos aquellos que la conocieron como alumnos, colegas, amigos, familiares o aficionados a la paleontología, la recuerdan hoy con mucho afecto y gratitud por la amabilidad y generosidad con la que siempre trató a quienes se acercaron a ella. Su paciencia para escuchar a los demás, ayudarlos en su desarrollo profesional o personal y su sinceridad en todos los aspectos, hicieron de la Dra. Alencáster una persona que deja en la memoria de todos nosotros una huella indeleble y un gran ejemplo a seguir.

La doctora Gloria Alencáster Ybarra cumplió cabalmente con las tres tareas sustantivas de la Universidad Nacional Autónoma de México: Docencia, Investigación y Difusión de la ciencia. Inspirados por semejante personalidad y trayectoria científica, desde Paleontología Mexicana pretendemos seguir honrando su legado, en el caso que nos ocupa, potenciando la revista que la Dra. Alencáster fundó en el año 1954.

***Los editores agradecemos al Dr. Josep Moreno editor de la Revista Paleontología Mexicana, por permitirnos utilizar los datos y foto de la Dra. G. Alencáster.

***In memoriam* Gloria Alencáster Ybarra 1926-2018**

Blanca Estela Buitrón Sánchez,*; Pedro García-Barrera, Lourdes Omaña, Ismael Ferrusquía-Villafranca, Angélica Oviedo, Josep Anton Moreno-Bedmar

Paleontología Mexicana
Volúmen 7, núm. 2, 2018, p. 73 – 79



William W. Hay¹
Eloise Zakevich²

¹Geomar, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany

²Miami, FL, USA

Correspondence to: William W. Hay.
Geomar, Christian-Albrechts-Universität.
Wischhofstrasse 1–3. D-24148 Kiel. Germany.
Tel.: +49-431-6002842.
E-mail: whay@geomar.de /
whay@terra.colorado.edu

Cesare Emiliani (1922–1995): the founder of paleoceanography

INTERNATL MICROBIOL (1999) 2:52–54
© Springer-Verlag Ibérica 1999

Cesare Emiliani was born as a son to Luigi and Maria (Manfredi) Emiliani on December 8, 1922 in Bologna, Italy. He studied geology at the University of Bologna, specializing in micropaleontology. He received the D.Sc. from the University of Bologna in 1945. His earliest publications concerned philately, an interest that continued throughout his life. After graduation he worked as a micropaleontologist with the Società Idrocarburi Nationali in Florence from 1946–48. During this time he published several papers on taxonomy and stratigraphy of foraminifera of the Cretaceous argille scagliose near Bologna, and from Pliocene sections near Faenza.

In 1948 he received the Rollin D. Salisbury Fellowship in the Department of Geology at the University of Chicago and obtained the Ph.D. in 1950. It was in Chicago that he met, and on June 28, 1951, married his wife, Rosita. They had two children, Sandra and Mario. From 1950 to 1956 he was Research Associate in Harold Urey's Geochemistry Laboratory in the Enrico Fermi Institute for Nuclear Studies at the University of Chicago. It was in this laboratory that the pioneering work was being done to establish relationships between stable isotopes and environmental variables. The early work of Urey and his students had involved studies of the relation between oxygen isotopes and temperature in recent molluscs, and the application of this relationship to the determination of paleotemperatures in the Cretaceous. Emiliani initiated use of this technique to the shells of foraminifera in ancient sediments from the ocean floor and concluded that the deep waters of the ocean had been much warmer in the early Tertiary. The discovery that the deep ocean was not the constant unchanging environment that had been assumed marked the beginning of a new field of science: paleoceanography.

Further major discoveries followed rapidly. Using the piston corer developed by Kullenberg, the Swedish Deep Sea Expedition (1947–1949) and the Lamont Geological Observatory had taken long cores in the deep-sea carbonate oozes of the Pacific and Caribbean. Emiliani took on the job of applying the oxygen isotope technique to the tests of

planktonic foraminifera sampled at 10 cm intervals down the length of the cores. He found a systematic periodic variation in the ratio of ¹⁸O:¹⁶O following a characteristic sawtooth pattern. It was known that the changing ratios reflected two major factors, the temperature of the seawater and the volume of glacial ice. Cooler temperatures and greater ice volumes both

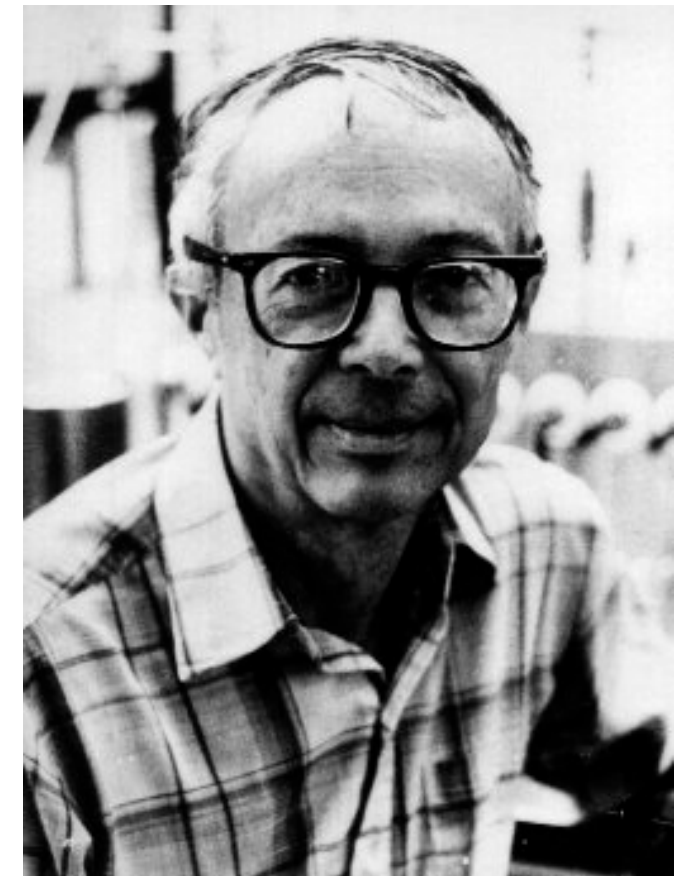


Fig. 1 Cesare Emiliani (1922–1995)

result in more positive $^{18}\text{O}:^{16}\text{O}$ ratios. He supposed that 60% of the signal was due to the temperature effect, 40% to the ice effect. He concluded that equatorial and tropical ocean surface temperatures had been several degrees cooler during times of glaciation. At the time he did this work, it was thought that there had been only four major glaciations during the Pleistocene. Emiliani's analysis indicated that there had been many more cycles of glaciation; he found seven, extending to the base of the Caribbean cores and fifteen in the Pacific cores. He concluded that the cyclic glaciations were related to orogenic uplift, changing insolation (Milankovitch cycles), ice-albedo feedback, and the effect of isostatic adjustments to the loading of continental crust by glacial ice sheets—all topics still being actively discussed today. His discoveries revolutionized ideas about the history of the ocean and of the glaciation.

In 1957 Emiliani moved to the University of Miami's Institute of Marine Science, later to become the Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences. There, he organized the program in marine geology and geophysics, built a major laboratory for isotope geology, and continued to develop the ideas about the nature and cause of the Quaternary glaciations. At this time, a major activity in American science was "Project Mohole", the effort to drill a hole to the Mohorovicic Discontinuity, the surface separating the Earth's crust from mantle. Cesare Emiliani, however, was convinced that much more could be learned from recovering long cores which would record the history of the ocean. As the cost projections for "Project Mohole" escalated and the project collapsed, Emiliani submitted a proposal termed "LOCO" (for Long Cores) to the U.S. National Science Foundation. A suitable ship, the SUBMAREX, was chartered for test drilling of cores on the Nicaragua Rise. The success was such that it was immediately recognized that the recovery of drilled cores from the deep sea would provide evidence of the history of the ocean and also serve to test the hypotheses of sea-floor spreading and plate tectonics. The result was formation of JOIDES (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling) and its three sequential projects, the JOIDES drilling on the Atlantic continental margin off Jacksonville, Florida (1966), the Deep Sea Drilling Project (1967–1983) and the Ocean Drilling Program (1984–2003).

In 1967 he organized the Department of Geological Sciences on the main campus of the University of Miami and remained its Chairman until his retirement in 1993. He was an extraordinary, exciting teacher; he used Earth Sciences as a focus for introducing large numbers of students to the sciences as a whole.

Cesare Emiliani was a renaissance scientist in the truest sense. He was a scholar familiar with classical languages, and extraordinarily well versed in history. His interests were very broad, ranging far beyond the field of stable isotope geology to tectonics, catastrophes, extinction, evolution, human history and human impact on the planet. Among other innovative ideas,

he proposed drilling to the oceanic Mohorovicic Discontinuity from land (Eleuthera Island in the Bahamas), controlling earthquakes by the use of nuclear explosions, that viruses might be responsible for extinctions, and that evolution might be more a process of niche-filling after extinctions rather than direct competition.

He worked to introduce calendar reform, in part to eliminate the BC-AD chronology hiatus caused by the lack of a zero year, but more importantly to eliminate the use of religion-based systems in a multicultural context. He was also very much concerned about the unrestrained growth of the human population and its effect on the environment of the planet.

He was very much concerned that scientists and the public in general were losing touch with the development of knowledge as a whole. To combat this he wrote *The Scientific Companion* (1988) which is a broad review of science that makes entertaining and excellent reading for specialists and laymen alike. Much of his extraordinary character and his broad interests are revealed in *Planet Earth* (1992) which is a fascinating introduction to mathematics, physics, chemistry, and biology, and as well as earth science, all set in the historical context of the development of ideas.

Cesare Emiliani was honored by having the genus *Emiliania* erected as home for the taxon *huxleyi*, which had previously been assigned to *Coccolithus*. He was further honored by receiving the Vega Medal (Sweden) in 1983, and the Agaasiz Medal of the U.S. National Academy of Sciences in 1989. He died unexpectedly of a heart attack on July 20, 1995 at his home in Palm Beach Gardens, Florida.

Outstanding works by Cesare Emiliani

Emiliani C (1954) Depth habitats of some species of pelagic foraminifera as indicated by oxygen isotope ratios. *American Journal of Science* 252:149–158

Emiliani C (1954) Temperature of Pacific bottom waters and polar superficial waters during the Tertiary. *Science* 119:853–855

Emiliani C (1956) Oligocene and Miocene temperature of the equatorial and subtropical Atlantic Ocean. *Journal of Geology* 64:281–288

Emiliani C (1956) On paleotemperatures of Pacific bottom waters. *Science* 123:460–461

Emiliani C (1957) Temperature and age analysis of deep-sea cores. *Science* 125:383–385

Emiliani C (1961) The temperature decrease of surface water in high latitudes and of abyssal-hadal water in open oceanic basins during the past 75 million years. *Deep-Sea Research* 8:144–147

Emiliani C (1965) Precipitous continental slopes and considerations on the transitional crust. *Science* 147:145–148

Emiliani C (1966) Isotopic paleotemperatures. *Science* 154: 851–857

Emiliani C (1966). Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 years. *Journal of Geology* 74:109–124

Emiliani C (1968) The Pleistocene epoch and the evolution of man. *Current Anthropology* 9:27–47

Emiliani C (1969) Interglacials, high sea levels and the control of Greenland ice by the precession of the equinoxes. *Science* 166:1503–1504

Emiliani C (1969) A new paleontology. *Micropaleontology* 15:265–300

Emiliani C (1970) Pleistocene paleotemperatures. *Science* 168:822–825

Emiliani C (1971) The amplitude of Pleistocene climatic cycles at low latitudes and the isotopic composition of glacial ice. In: Turekian KK (ed) *Late Cenozoic Glacial Ages*. New Haven, CO: Yale University Press, pp 183–197

Emiliani C (1971) Depth habitats and growth stages of pelagic foraminifera. *Science* 173:1122–1124

Emiliani C (1971) Paleotemperature variations across the Plio-Pleistocene boundary at the type section. *Science* 171:600–602

Emiliani C (1978) The cause of the ice ages. *Earth and Planetary Science Letters* 37:347–354

Emiliani C (1981) A new global geology. In: Emiliani C (ed) *The Oceanic Lithosphere. The Sea* (8th edn). Vol. 7. New York: Wiley Interscience, pp 1687–738

Emiliani C (1982) Extinctive evolution. *Journal of Theoretical Biology* 97:13–33

Emiliani C (1987) *Dictionary of Physical Sciences*. Oxford: Oxford University Press

Emiliani C (1988) *The Scientific Companion*. New York: Wiley

Emiliani C (1989) The new geology or the old role of the geological sciences in science education. *Journal of Geological Education* 37:327–331

Emiliani C (1991) Avogadro number and mole: a royal confusion. *Journal of Geological Education* 39:31–33

Emiliani C (1991) Planktic et al. *Marine Micropaleontology* 18:3

Emiliani C (1991) Planktic/planktonic, nektic/nektonic, benthic/benthonic. *Journal of Paleontology* 65:329

Emiliani C, Ericson DB (1991) The glacial/interglacial temperature range of the surface water of the ocean at low latitudes. In: Taylor HP, O'Neil JR, Kaplan IR (eds) *Special Publication: Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein*. Pennsylvania: Geochemical Society, University Park, pp 223–228

Emiliani C (1992) The Moon as a piece of Mercury. *Geologische Rundschau* 81:791–794

Emiliani C (1992) *Planet Earth: Cosmology, Geology, and the Evolution of Life and Environment*. New York: Cambridge University Press

Emiliani C (1992) Pleistocene paleotemperatures. *Science* 257:1188–1189

Emiliani C (1993) Milankovitch theory verified; discussion. *Nature* 364:583

Emiliani C (1993) Calendar reform. *Nature* 366:716

Emiliani C (1993) Extinction and viruses. *BioSystems* 31:155–159

Emiliani C (1993) Paleocological implications of Alaskan terrestrial vertebrate fauna in latest Cretaceous time at high paleolatitudes. *Comment. Geology* 21:1151–1152

Emiliani C (1993) Viral extinctions in deep-sea species. *Nature* 366:217–218

Emiliani C (1995) Redefinition of atomic mass unit, Avogadro constant, and mole. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59:1205–1206

Emiliani C (1995) Tropical paleotemperatures: discussion. *Science* 268:1264

Emiliani C, Edwards G (1953) Tertiary ocean bottom temperatures. *Nature* 171:887–888

Emiliani C, Epstein S (1953) Temperature variations in the lower Pleistocene of Southern California. *Journal of Geology* 61:171–181

Emiliani C, Gartner S, Lidz B (1972) Neogene sedimentation on the Blake Plateau and the emergence of the Central American Isthmus. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 11:1–10

Emiliani C, Gartner S, Lidz B, Eldridge K, Elvey DK, Huang PC, Stipp JJ, Swanson M (1975) Paleoclimatological analysis of late Quaternary cores from the northwestern Gulf of Mexico. *Science* 189:1083–1088

Emiliani C, Geiss J (1959) On glaciations and their causes. *Geologische Rundschau* 46:576–601

Emiliani C, Harrison CG, Swanson M (1969) Underground nuclear explosions and the control of earthquakes. *Science* 165:1255–1256

Emiliani C, Mayeda T, Selli R (1961) Paleotemperature analysis of the Plio-Pleistocene section at le Castella, Calabria, southern Italy. *Geological Society of America Bulletin* 72:679–688

Emiliani C, Milliman JD (1966) Deep-sea sediments and their geological record. *Earth Science Reviews* 1:105–132

Emiliani C, Price DA, Seipp J (1991) Is the Postglacial artificial? In: Taylor HP, O'Neil JR, Kaplan IR (eds) *Special Publication: Stable Isotope Geochemistry: A Tribute to Samuel Epstein*. Pennsylvania: Geochemical Society, University Park, pp 229–231

Emiliani C, Shackleton NJ (1974) The Brunhes Epoch: paleotemperature and geochronology. *Science* 183:511–514

Emiliani C, Kraus EB, Shoemaker EM (1981) Sudden death at the end of the Mesozoic. *Earth and Planetary Science Letters* 55:327–334

Joaquín V. Eizaguirre Bailly: 1812-1887

Nació en Santander en 1812, hijo de Manuel Eizaguirre Ibarгойen y María Lorenza Bailly Ruiz. Poco tiempo después, la familia se traslada a Guipúzcoa. Joaquín Eizaguirre inició sus estudios superiores en 1828 en la Real Academia de Minas de Almadén. En 1831 se gradúa y luego fue alumno pensionado en la universidad de minera de Freiberg (Alemania).

Primero trabajó en Almadén, luego en Linares, en Alpujarra y en las minas de carbón en Asturias. Por Real Orden de 14 de julio de 1837, es nombrado ingeniero segundo e inspector general de minas en las Islas de Cuba y Puerto Rico, con sede en Santiago de Cuba, llegando el 18 de septiembre de 1837. En Santiago, donde se casó con la criolla María Luisa Bravo López de Ayala, va a estar la mayor parte de los 16 años de su estancia en Cuba. Los estudios y memorias enviados por Eizaguirre a Madrid dan idea de su trabajo y capacidad, pues su labor no se limitó a la supervisión de la veintena de minas de cobre operativas en Cuba, también llevaba el control de las tasas fiscales y la resolución, en primera instancia, de los conflictos relacionados con la minería.

Cuando Eizaguirre llega a Cuba, la Metrópoli procuraba establecer en la isla la legislación de minas, amparada en el Real Decreto de 4 de julio de 1825 y de la Instrucción provisional de 18 de diciembre del mismo año. A su llegada, Eizaguirre reclama el derecho a inspeccionar las minas, pero el gobierno civil y militar local se lo disputó. Comienza Eizaguirre una larga disputa, que solo vino a resolverse por Real orden de 9 de julio de 1844. Curiosamente, este mismo conflicto también ocurría en España, donde la disputa entre las autoridades administrativas y el cuerpo de ingenieros de minas se mantuvo sin solución hasta los años 1840s.

Además de la disputa sobre la autoridad sobre minera, Eizaguirre tuvo que lidiar con otras trabas burocráticas. A llegar a Santiago, las principales compañías en las minas



de El Cobre eran cuatro. Los empresarios Hardy, Casamayor, Escalante y Arrieta habían gozado de libre exportación de minerales sin beneficio desde 1833. La Junta Superior directiva de Hacienda había declarado libre de todo derecho, por diez años. Sin embargo, una Real Orden de 19 de mayo de 1838 revocó este privilegio. La intención era obligar a los dueños de las minas a establecer dentro de la isla, talleres de beneficio similares a los de Inglaterra, ahorrándose el gravamen del 5% que establecía la R.O. Esto permitiría recuperar lo que se perdía en los acarreos, y los crecidísimos costos del transporte de tanto volumen. Pero, la Intendencia de la isla, lo suspendió y presentó querrela sobre el asunto al gobierno de la metrópoli. Las minas de cobre fueron determinantes para dinamizar la economía de la región de Santiago de Cuba. La extracción de mineral pasó de 7.000 toneladas en 1836 a 40.000 en 1845. A partir de esa fecha, tuvo altibajos y empezó el declive. Llegó a ser el mayor yacimiento de cobre del mundo, con la ventaja de ser a cielo abierto, aportando ocasionalmente hasta un tercio del mineral que necesitaba la fábrica de Swansea, la principal del sector del cobre en Gran Bretaña. La fábrica inglesa ganó durante esos años ocho millones de pesos con el mineral cubano.

Eizaguirre envía un reporte en 1839, donde se argumenta

a favor de continuar con la exención. Explica que se han hecho grandes erogaciones para proveer las minas de máquinas, edificios, animales y operarios instruidos, practicándose en ellas los trabajos con gran perfección y regularidad. A pesar de lo cual, solamente los de la primera y más antigua mina, llamada "Consolidada", habían producido algún beneficio a sus propietarios. Ante las amenazas del gravamen, las demás habían suspendido sus labores o continuado con poca esperanza de mejorar de fortuna. La Consolidada supuso un capital social de 2,4 millones de pesos y sus gastos de explotación solían superar los 400.000 pesos anuales.¹ Todos los argumentos fueron desoídos y se continuó con la obligación de un impuesto del 5% sobre el mineral exportado.

En 1843, Eizaguirre publica un libro sobre geografía² citado por Bachiller y Morales.³ Igualmente, en el Boletín oficial de Minas aparece un resumen del estado de la industria minera en la isla de Cuba, incluyendo las localidades en que radican los establecimientos e importancia relativa de estos. El artículo es el resumen de un informe más amplio. Es probable que sea de 1840 o 1841.⁴ Publica un artículo sobre el oro en Puerto Rico⁵ y en el Boletín Oficial de Minas un informe sobre las consecuencias de un incendio en las minas de El Cobre.⁶ Se dan noticias del estado de las minas en Cuba en un artículo publicado en 1847.⁷

Entre los varios factores entorpecían el desarrollo de la minería en Cuba se encontraba la falta de personal calificado. El 1844, el ministerio de hacienda de Ultramar le solicita a Joaquín Eizaguirre, escoger un joven inteligente, al cual le pueda enseñar sus habilidades. Pero, no fue posible encontrar un candidato adecuado. Finalmente, se destinó a Puerto Rico al ingeniero D. Agustín Martínez Alcibar y se creó, por Real orden de 30 de diciembre de 1845, una Inspección en Puerto Príncipe (Camagüey) y un Ayudante para la de Santiago de Cuba.

Para el primer cargo fue nombrado el ingeniero D. Policarpo Cía que había estudiado los procesos de beneficio de los minerales de cobre en Swansea. Cía debería hacer las oportunas aplicaciones al beneficio de

los yacimientos de cobre de Cuba. Se nombró como Ayudante para la inspección de Santiago de Cuba, a D. Juan Diego López Quintana.

En 1847 se nombra a Joaquín Eizaguirre, Caballero de la Orden de Isabel la Católica por los méritos adquiridos en el cumplimiento de su función. Cinco años después solicita su traslado a la península por enfermedad, alegando que sufría "frecuentes oftalmias" y que le convenía un clima más templado. Dejó la isla en julio de 1853, al mismo tiempo que el grueso del grupo asociado a su amigo Antonio López, Primer Marqués de Comillas. Todos ellos tenían relación con las pingües ganancias de unas minas que daban clara muestra de agotamiento, y con los beneficios de los cafetales del oriente cubano que habían caído en barrena desde 1845. Súmale a ello que Santiago de Cuba fue sacudida por el gran terremoto del 20 agosto de 1852 y acto seguido azotada por una grave epidemia de cólera. A Santiago de Cuba le sobrevino la fuerte crisis de 1857, luego la guerra de 1868-1878. Sus clases adineradas nunca más levantaron cabeza.

En 1853, Eizaguirre es nombrado Jefe Negociado de Minas de España donde colabora con el ingeniero de minas y geólogo alemán Guillermo Schulz. Tres años después, pasa a ser jefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento, sustituyendo a Schulz, como inspector general y máximo responsable de la minería. Ese mismo año comienza a trabajar en la Escuela de minas de Madrid en la sección de minas en sustitución de D. Fernando Cútolí.

En 1857, es uno de los cuatro fundadores de la naviera Antonio López y Cía. establecida bajo la fórmula jurídica de una sociedad regular colectiva. Importantes cargos de dirección fueron ocupados por tres parejas de hermanos: los López López (incluyendo al primer Marqués de Comillas), los Satrustegui Bris y los Eizaguirre Bailly. Todos provenían de Santiago de Cuba donde habían compartido el interés por varios negocios. La Antonio López y Cía. se va a convertir con el tiempo en la mayor empresa de la península. Joaquín Vicente Eizaguirre Bailly (1812-1887) falleció en Cádiz, el 2 de agosto de 1887.

¹Eizaguirre Joaquín Contestación dada en la Habana al papel publicado en la Corte por DJJMT sobre los negocios en esta Isla de Cuba con unas ligeras observaciones sobre el decreto de 28 de diciembre último. Madrid 1839. Imprenta Amanta, píamela del Cordón, r.t.

²Eizaguirre Joaquín Elementos de geografía que comprende la geognosia, cosmogeografía, y geografía antigua: primera parte Habana 1839 Imprenta de Oliva En cuarto

³Bachiller y Morales. Apuntes para la Historia de las letras de la Instrucción Pública de la Isla de Cuba, T. III Habana 1861 pág. 233

⁴Eizaguirre Joaquín 1844. Resumen del estado de la industria minera en la isla de Cuba. Boletín oficial de Minas Pag 54 – 58, 1844.; Eizaguirre Joaquín, 1945. Industria Minera. Diario de La Habana en 1845.

⁵Eizaguirre Joaquín Breve noticia sobre las minas de oro de la Sierra de Luquillo en la isla de Puerto Rico: en la Isla de Puerto Rico. Bol. Oficial de Minas 1844, pág. 1844.

⁶Eizaguirre Joaquín, 1845. Informe fiscal suministrado por el ingeniero inspector Joaquín Eizaguirre en las diligencias instruidas con motivo del incendio y muertes causadas en la mina Pensilvania, sita en términos de la Villa del Prado (Santiago de Cuba) Boletín. Oficial de Minas 1845 pág. 322

⁷Eizaguirre Joaquín, 1847. Ultramar Estado actual de la Isla de Cuba. El Amigo del País. T VI pág. 85.



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

EL LEGADO DE JEAN ÉMILE AUGUSTE VOGT 1929-2005

José Antonio Rodríguez Arteaga

rodriguez.arteaga@gmail.com

Colaborador de la Revista

RESUMEN

El presente ensayo muestra la figura y el trabajo profesional de Jean Vogt polifacético profesional de origen galo, considerado el padre de la sismología histórica moderna en Francia. Se destaca su enfoque interdisciplinario al combinar 3 disciplinas aparentemente inconexas: geología, geofísica e historia para reconstruir el historial sísmico de una región. Dedicó su vida profesional a indagar y analizar documentos antiguos en archivos y bibliotecas esencialmente europeos, con el objeto de catalogar terremotos del pasado en el convencimiento que su estudio y comprensión eran cruciales para la evaluación del riesgo sísmico a futuro. Su vasto trabajo intelectual no se limitó a la sismología también incluyó estudios de la "historia rural" particularmente de la región alsaciana a pesar de no ser historiador. No se conocen trabajos dedicados a Venezuela aun cuando fueron presentados en dos importantes eventos en Caracas 1983 y el estado Trujillo en 1997. respectivamente.

Palabras claves: Jean Vogt, sismología histórica moderna francesa, reconstrucción histórico-sísmica de una región, historia rural alsaciana,

INTRODUCCIÓN

Tras 20 años de la desaparición física de Jean Vogt, hemos considerado "obligatorio" dedicar un breve ensayo a su persona y su obra en beneficio de aquellos profesionales y estudiantes universitarios cuyo entusiasmo por los estudios académicos se ha paseado en alguna ocasión por el estudio de los terremotos históricos y sus consecuencias naturales y sociales.

Escasamente conocido fuera del área de la ciencia que estudia los sismos, la obra intelectual de Vogt se destacó en diferentes disciplinas y ello era calificado como

disciplina *atípica* por uno de sus biógrafos, el historiador francés *Jean- Michel Boehler*; (véase a Boehler, 2005a), junto a otros profesionales como *François Ménéillet* en una nota escrita presentada sobre Jean Vogt en la *Asociación Francesa para el Estudio del cuaternario*, lo destaca como un extraordinario investigador que combinó la geografía, la sismología y la historia para dejar una obra invaluable en el estudio de los sismos históricos y la historia rural alsaciana.

Durante el ejercicio de su profesión y luego de egresado de sus estudios universitarios en Geografía e Historia rural por el apego que tenía por su tierra natal, Estrasburgo (véase a Boehler, 2005b). Vogt se ocuparía de muchos y variados temas: geografía, geomorfología, sismología, sismología histórica, neotectónica, alteración de depósitos detríticos, erosión, cartografía y estudio geológico de las formaciones superficiales y de los problemas de erosión agrícola de los suelos, principalmente en Alsacia; era todo un "*ratón de biblioteca*".

Cualquier calificativo que se le diera por sus amplísimos conocimientos bien puede considerarse minúsculo por su rigurosidad científica absoluta y una curiosidad insaciable como *padre de la sismología histórica moderna* en Francia y a quienes hemos tenido la fortuna de conocerlo no solo por sus trabajos sino de "*vista trato y comunicación*".

Sus colegas lo describieron como un investigador incansable que recorría bibliotecas con un "sexto sentido" para encontrar información valiosa, teniendo la capacidad de desenterrar *tesoros escondidos* en archivos mal clasificados.

Su obra es muy vasta e incluye estudios y misiones al extranjero, asistencia a congresos e investigaciones en repositorios de archivos fuera de Francia en las que se entremezclan actividades profesionales e investigaciones a título personal de la región de Toulouse a Bretaña; de los Países Bajos a España; de Milán a Damasco; de Estados Unidos, Guyana, Brasil, Chile, Arabia, Zaire, Madagascar, Malasia, Australia y muy en forma particular a Nueva Caledonia. De aquellos sitios por él visitados, y a título de anécdota, Jean Vogt guardaba entre tantas otras cosas un

mapamundi para sorprender a sus visitantes. En él utilizaba colores con los destinos de sus incesantes viajes de investigación; sus ubicaciones han de considerarse

como no exhaustiva al no añadir otro(s) mapa(s) en cuestión. (Fig. 1).

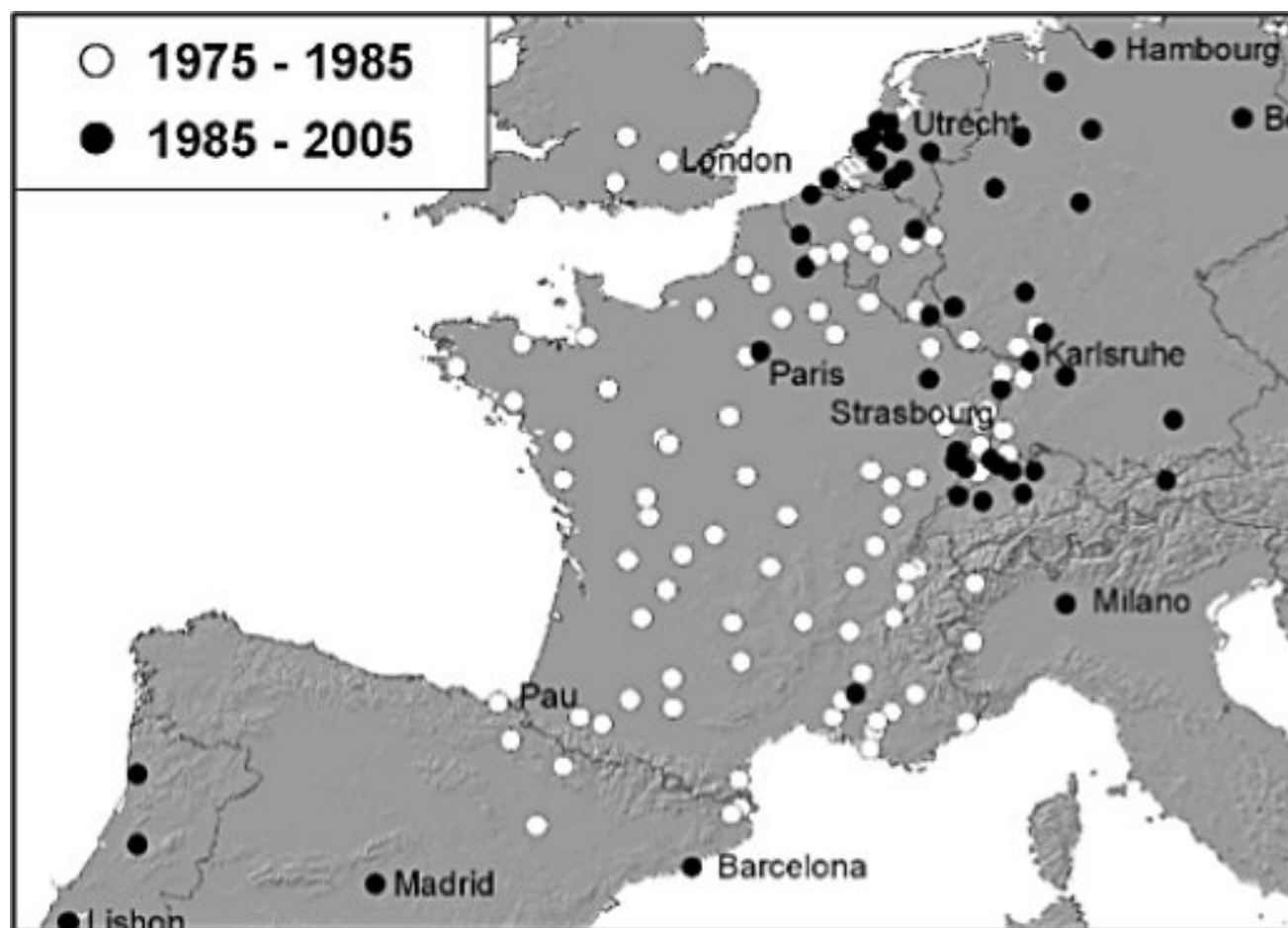


Fig. 1. Ubicación relativa de archivos y bibliotecas visitadas por Vogt en sus investigaciones (Fuente: Modern Approaches in Solid Earth Sciences, 2007, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8222-1>)

JEAN VOGT Y VENEZUELA

Bien podemos darle un apartado a Vogt en nuestra nación al prestar su ayuda en las actividades de la sismicidad histórica vernácula para el *Simposio de Neotectónica, sismicidad y riesgo geológico en Venezuela y el Caribe*, 1983. (André Singer, *com. pers.*, 2025). Ambos, Vogt y Singer, mantenían relaciones epistolares desde los años 70' y así, este último le solicita ese mismo año una conferencia, por su amplio conocimiento de la sismicidad del Caribe (Antillas mayores y menores) conforme a la visión integradora de los fundadores de FUNVISIS. El jefe

directo de Vogt en el BRGM cuando visité aquella institución por primera vez en 1973 era el Dr. J.P. Lajoignie, entonces Director del Departamento Geología.

Singer fue el inspirador y organizador del evento -según sus propias palabras. cuyo objetivo principal fue dar a conocer los primeros resultados inéditos de los trabajos emprendidos en neotectónica y riesgo geológico del Departamento de Ciencias de la Tierra, DCT y en cierto modo, para asegurar la permanencia de éste en la institución científica que ya estaba incluida en el

organigrama inicial del instituto de investigación. Como casi toda actividad que se iniciaba, el DCT no disponía de la tan necesaria partida presupuestaria con la que la institución científica FUNVISIS, pudiese afrontar el compromiso pero contaba con muchos profesionales amigos fuera de la misma (Alicia Moreau en la Dirección de Cartografía Nacional, Roberto Centeno Werner en el Metro de Caracas, Enrique Gajardo en el Instituto de Tecnología Venezolana del Petróleo, INTEVEP, Juan Murria en la empresa petrolera MARAVEN, N. Repetto en la UNESCO-Montevideo y la Embajada de Francia, entre otros).

De este evento de dimensión internacional Vogt dejó un elocuente resumen en *Episodes*, compartido con el sueco Nils-Axel Mörner en el *Boletín de la Comisión de Neotectónica del INQUA*, en su condición de institución auspiciadora del evento junto con la *Comisión Internacional de la Litosfera de la UIGG -UIGS* en la persona de Marcel Arnould, director de la *Escuela Nacional de Minas de París*, realizado a finales de octubre-principios de diciembre de 1983. Igualmente ha de señalarse que en esa misma oportunidad fue invitado Haroun Tazieff *comisario para la investigación de los Riesgos Naturales Mayores de Francia* quién delegó su participación en la persona de Renaud Vié Le Sage. (André Singer *com. pers.*, 2025).

Para 1997 en *las Primeras Jornadas de Sismología Histórica* la presencia de Jean Vogt sirvió para difundir los "activos" de producción nacional en sismología histórica en la misma ruta trazada por el Ingeniero civil José Pablo Grases Galofré. Para ella, André Singer lo invita de nuevo e incluye además al Dr. Armando Espinosa Baquero de Colombia. Ambos gracias a los servicios de cooperación de la Embajada de Francia y en su condición de connotados conocedores de la sismicidad histórica de las extremidades meridional y antillana del límite de placas, como explicase Singer en sus palabras de apertura del evento en cuestión.

Estas jornadas empezaron a convertirse en objeto de investigación sistemática pues dicho evento estaba concebido para un grupo reducido de especialistas e investigadores con inclinaciones al tema que repentinamente se convirtió en un acontecimiento de amplio interés con la asistencia de más de 100 personas (Palme y Altez, 1997).

Desafortunadamente las mismas se mantuvieron hasta su VI edición, año 2012 en donde virtualmente se dieron por cumplidas decayendo considerablemente ante la ausencia de expositores preparados, quizás por la inclusión forzada de temas extra-jornadas fuera del espíritu con que las mismas habían sido originalmente concebidas y efectuadas en los 5 eventos anteriores; es lamentable decirlo, pero así fue.

Hoy por hoy, del equipo original quedan apenas 2 sismo-historiadores en Caracas, que colaboran y ayudan "a distancia" a un desigual número de profesionales en la Universidad de los Andes, Mérida.

El retrato del científico y el hombre

Nace Jean Vogt (Fig. 2), en Estrasburgo el 13 de marzo de 1929 del matrimonio formado por Emile Vogt, inspector de impuestos y Elisabeth Jung, ama de casa. Su único hermano, también geógrafo-geomorfólogo Henri Vogt (1864-1927), fue director del "Instituto de Geografía de la Universidad Pasteur de Estrasburgo" (André Singer, *com. pers.*, 2025).

Luego de su formación universitaria clásica en la que egresa de la Universidad de Estrasburgo como Licenciado en Artes y Geografía, Diplomado en Educación Superior en 1951 y tesis de Doctorado de 3^{er} ciclo en 1963, desarrolló su carrera profesional de manera seria y en forma muy profesional. Entre 1953-1954 ya se había desempeñado como asistente en la Universidad Franco-Saar -2 años- y una breve estancia en el Centro Nacional para la Investigación Científica, CNRS de la cual renuncia en 1955.

Se incorporó al Servicio Geológico de la *Afrique-Occidentale Française*, AOF y, tras la desaparición de esta última, al *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* BRGM, del que se vió en la necesidad de abandonar en el año 1985 motivado a crisis y desacuerdos en seno de la organización.



Fig. 2. Jean Vogt (izq.) y Gottfried Grünthal (der.), 2002. (Fuente: <https://emidius.mi.ingv.it/vogt/photos/tn/index.html>)

Su vocación surgió en la Universidad de Estrasburgo gracias al profesor Jean Tricart (1920, 2003) geógrafo francés especializado en geomorfología, quien supo transmitirle tanto su pasión por los archivos como la intuición que lo llevó a practicar la geomorfología fundamental y aplicada, destacando así la constante interrelación de los aspectos físicos y humanos mediante una interdisciplinariedad esencial.

Desde 1985, continuó su actividad a título personal y voluntario tratando los temas que a continuación se mencionan:

- Como colaborador de geocientíficos, siempre buscó aportar sus propios conocimientos. Un ejemplo de ello lo tenemos en su trabajo sobre la alteración y los depósitos detríticos, así como sobre las formaciones superficiales,

Rechazará *el corporativismo y el conformismo*, según refiere Jean- Michel Boehler renunciando al ejercicio de la función pública ofrecida por el *Ministère des Outre-mer* - Ministerio de Ultramar-, así como a diversas propuestas universitarias en los años 1959, 1966.

las cuales sirvieron para incursionar en la cartografía geológica de los cuales obtuvo informes sobre los problemas de los diamantes australianos y brasileños, además de las bauxitas africanas y el níquel de Nueva Caledonia, entre otros.

- En cuanto a la sismicidad y la neotectónica, coordinó el *Proyecto del Mapa Sismo-Tectónico de Francia* (*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*, CEA, - *Électricité de France*, EDF y el BRGM) en el contexto del programa nuclear francés, lo que lo llevó a distanciarse de la "ciencia afirmativa" valga decir a aquella que se refiere a enfoques y prácticas apartados de métodos y paradigmas tradicionales de la llamada ciencia convencional y a combatir el "catastrofismo tazieviano" (nombre dado por Harún Tazieff, quién propagó en su tiempo una suerte de "*psicosis sísmica*"), emprendiendo la

revisión de la sismicidad histórica a pesar de la oposición del profesor *Jean-Pierre Rothé* (1906-1991), geofísico y sismólogo francés, antiguo director del Instituto de Física del Globo de Estrasburgo y Director durante más de 30 años de la *Oficina Central Internacional de Sismología*, BCIS y de la *Oficina Central Sismológica Francesa*, BCSH; *Rothé* fue pionero de los estudios macrosísmicos franceses y en particular, uno de los primeros sismólogos en insistir en que *el riesgo sísmico fuera considerado por los arquitectos y las administraciones en las grandes obras y la construcción pública*.¹

- El problema de los «riesgos naturales», extendido al estudio de las tormentas, llevó a Vogt, desde la perspectiva geotécnica a interesarse por los movimientos del terreno -a menudo asociados a terremotos-, en colaboración con *Michel Humbert*, geólogo, impulsor de la cartografía geotécnica en Marruecos y Francia en su condición de exdirector del *Departamento de Geología* de las formaciones superficiales del BRGM, al cual aportó una notoria contribución Jean Vogt como geomorfólogo en los primeros años de su desempeño en el referido servicio geológico francés (*André Singer, com. pers.*, 2025). A título personal, Vogt investigó la erosión histórica del suelo en Alsacia, pero también en Périgord y Alemania. Estas actividades marginales han dado lugar a numerosos artículos sin agotar su archivo. Su trabajo implicó frecuentar múltiples bibliotecas y archivos tanto en Francia como en el extranjero -Zúrich, La Haya, Harvard, Fiyi, por nombrar solo algunos, dando lugar a numerosos textos, muchos de los cuales han permanecido inéditos.

No fue un historiador profesional, pero realizó una contribución esencial en la historia de Alsacia. Así Jean Vogt fue considerado uno de los mejores ruralistas de la región del Rin, con numerosas obras sobre la evolución de los cultivos y las rotaciones de cultivos desde la Edad Media hasta la actualidad, la ganadería y el comercio, la tenencia de la tierra y la propiedad, y los conflictos sociales, revelando procesos técnicos, cuestiones económicas y reflejos mentales, basado en diferentes

fuentes, interpretaciones y caminos, que se centró en un *desacuerdo histórico* con *Étienne Juillard* (1914-2006) geógrafo francés de fama internacional. Dicho desacuerdo se centró esencialmente en la antigüedad de la rotación bienal de cultivos y la naturaleza de la «revolución agrícola», así como en el papel de la propiedad burguesa en el campo alsaciano. Demostrando una completa independencia de criterio respecto a instituciones, escuelas, rituales y clichés, Jean Vogt apoyó sus demostraciones con el análisis profundo de fuentes de archivo, a menudo poco conocidas o inexploradas, de una riqueza prodigiosa. Su obra, inmensa, aunque muy dispersa, subrayó la necesidad de nuevos conocimientos sobre la historia rural en un contexto más amplio más allá del microcosmos alsaciano.

Jean Vogt: el sismólogo

Vogt (1923-2005) fue conocido por sus importantes contribuciones al estudio de la sismicidad histórica francesa y prácticamente de toda Europa. Será en América probablemente en que su producción es menor, totalizándose unos 13 artículos los cuales llevaron y son transcritos con un título muy elocuente: *Los sismos en América*.

Desempeñó un papel crucial en la creación de las bases de la investigación sismológica moderna al recopilar y analizar registros históricos de terremotos, pues estaba convencido de que el estudio de los sismos pasados era fundamental para poder evaluar los riesgos sísmicos futuros. Su trabajo ayudó a crear un catálogo de terremotos históricos muy completo, que sigue siendo una herramienta valiosa para los investigadores en la actualidad. La investigación de Vogt era profundamente interdisciplinaria, ya que combinaba la geología y la geofísica con métodos históricos, sumergido en viejos documentos, archivos y bibliotecas, analizando relatos de primera mano sobre eventos sísmicos para determinar su magnitud y ubicación haciendo de este enfoque un método único.

Los sismos de América

Vogt, Jean, 2004. *Una mirada a la sismología histórica de las Indias Occidentales.* En: Investigando los registros de terremotos pasados, 21º curso de la Escuela Internacional de Geofísica, P. Albini, V. Garcia-Acosta, R. Musson y M. Stucchi (eds.), Anales de Geofísica, v.47, n°2-3, p.465-476.

Vogt, Jean, 2002. *Efectos en la naturaleza de los terremotos de las grandes y pequeñas Antillas.* 6as Reuniones del Grupo APS, Arqueo-sismicidad y vulnerabilidad - medio ambiente, construcción antigua y sociedad, 4-5 de octubre de 2002, Perpiñán.

Vogt, Jean, 2001. *Sismicidad histórica de las pequeñas Antillas - Una prueba para algunos años a mediados del siglo XIX.* En: *El Uso de Datos Históricos en Evaluaciones de Riesgos Naturales*, T. Glade et al. (eds.), Avances en Investigación de Riesgos Naturales y Tecnológicos, v.17, p.29-33.

Vogt, Jean, 2005. *Dos terremotos importantes de Santo Domingo en el siglo XVIII - 2.* El terremoto del 3 de junio de 1770. Genealogía e Historia del Caribe, n°178, febrero de 2005, p.4424-4434.

Vogt, Jean, 2005. *El terremoto caribeño del 24 de marzo de 1767.* Genealogía e Historia del Caribe, n°182, junio de 2005, p.4562. Vogt, Jean, 2005. Algunas precisiones sobre la actividad sísmica antillana de 1727-1728. Genealogía e Historia del Caribe, n°183.

Vogt, Jean, 2004. *Dos terremotos importantes de Santo Domingo en el siglo XVIII - 1.* 1751 (2 por seguir). Genealogía e Historia del Caribe, n°174, octubre de 2004, p.4298-4302.

Vogt, Jean, 2004. *Reseña de Pierre Gouin - Terremotos "históricos" en Quebec (de 1534 a marzo de 1925) identificados e interpretados a partir de textos originales contemporáneos.* En: Investigando los registros de terremotos pasados, 21º curso de la Escuela Internacional

de Geofísica, P. Albini, V. Garcia-Acosta, R. Musson & M. Stucchi (eds.), Anales de Geofísica, v.47, n°2-3, p.907-908.

Vogt, Jean, 1997. *Dos terremotos mayores de Santo Domingo en el siglo XVIII (1751 y 1770).* Primeras Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela, Trujillo (Venezuela), 15-16/5/1997 (comunicación oral).

Vogt, Jean, 1995. *Efectos sobre la naturaleza del sismo antillano del 8 de febrero de 1843.* Los cuadernos de Ultramar, n°191, p.421-425.

Vogt, Jean, 1994. *Revisión de dos sismos de las Pequeñas Antillas: 1839 y 1851.* Revista de geomorfología dinámica, t.43, n°4, p.135-143.

Vogt, Jean, 1993. *Una mirada a la sismicidad histórica de las tres Guayanas - Ensayo de sismología histórica y de historia de las ciencias.* Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela, v.48, 8/1993, p.1-6.

Vogt, Jean, 1993. *Efectos naturales de los sismos: el ejemplo del sismo antillano de 1690.* Revista de geomorfología dinámica, t.42, n°1, p.11-14.

Vogt, Jean, 1983. *Un terremoto importante en el Caribe: el temblor de tierra del 7 de mayo de 1842 (Hispaniola).* Comunicación en el Simposio de Neotectónica, sismicidad y riesgo geológico en Venezuela y el Caribe, XXXIII Conv. ASOVAC, Caracas, Acta Científica Venezolana, v.34, supl. n°1, p.519.

EL ESTILO JEAN VOGT

Su producción, su método y estilo (Boehler, 2005b) nos dejan una enorme producción intelectual imposible de enumerar en este trabajo; apenas nos atrevemos a presentar una visión parcial del volumen total de temas escritos. Se han calculado cerca de 1.067 artículos, eso sin mencionar los trabajos e informes de BRGM (aún no encontrados y descritos) los cuales se cuentan superiores a 700 contribuciones de las cuales casi el 75% se refieren a la historia y más particularmente a la de la campaña del

Rin, desde el siglo XVI hasta el XIX, de la que fue sin duda uno de los mejores especialistas (Boehler, 2005b). No se incluyen en este punto 3 trabajos póstumos cuyos títulos aparecen en un libro dedicado a su memoria.²

Bien podemos enumerar sobre qué escribió:

En la medida en que el material acumulado por su persona fue depositado, según sus deseos previos a su fallecimiento en los archivos departamentales del Bajo Rin, se contarían con "abundantes" metros lineales de notas de archivo, clasificadas por temas y sobre todo "utilizables en un futuro". Pero allí radica el quid, la esencia, el punto clave porque gran parte del patrimonio francés se basaba en la palabra escrita. Así Jean Vogt a menudo deploraba la competencia generalizada de la

imagen y la falta de resistencia para descifrar textos escritos en caracteres góticos.

En cualquier caso, sus artículos, ya sean publicados o en fase de gestación, eran de una dispersión extraordinaria en el mejor sentido, porque Vogt tenía una mente analítica y concisa a la vez desconfiaba de las grandes síntesis, aproximaciones carentes de fundamento dando lugar a reproducciones sin fundamento y generalizaciones apresuradas (Boehler, 2005b); su basamento fue la cuantificación y las estadísticas en las que ciertamente no era un experto.

Así, Vogt prefería multiplicar los *estudios de caso*, dejando para otros investigadores las síntesis a partir de la impresionante base de datos que dejó.

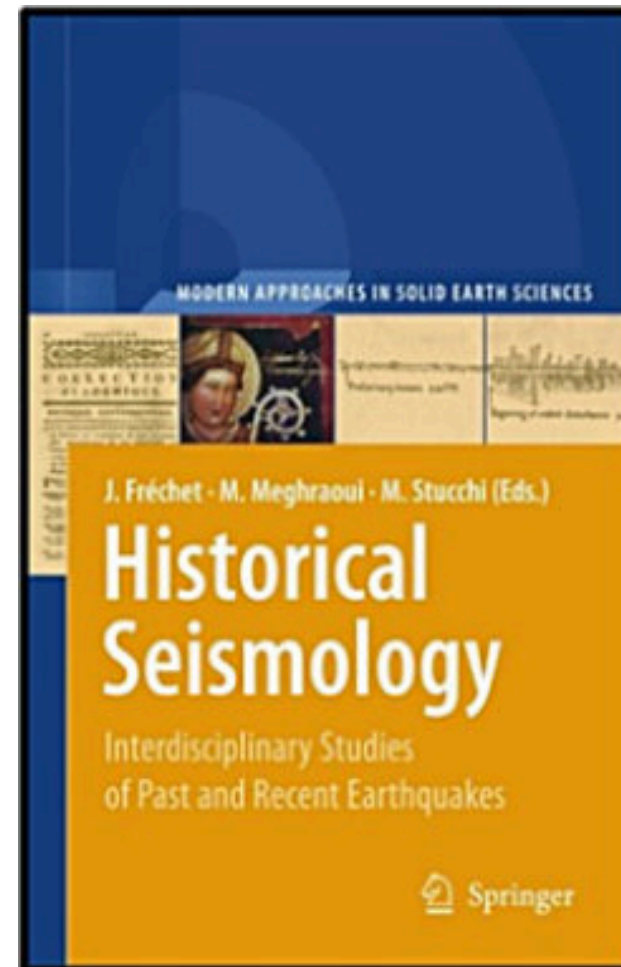


Fig. 3. Portada del texto *Sismología Histórica* (izq.) e invitación al Seminario Internacional en memoria de Jean Vogt.

Luego de su deceso, 3 especialistas en estos temas: Julien Fréchet, Mustapha Meghraoui y Massimiliano Stucchi se dieron a la tarea de publicar un texto bajo el título: *Historical Seismology. Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes* (**Fig. 3**) dedicado a la memoria de Jean Émile Auguste Vogt, cuya aproximación se puede conseguir en RRSS.

La idea surgió luego del coloquio sobre “*La sismología histórica, del archivo a la forma de onda*”, en septiembre de 2005, teniendo como escenario el Instituto de Física del Globo de Estrasburgo con la participación de 40 investigadores y 13 contribuciones provenientes de aquellos involucrados en el campo de investigación en la sismología histórica; hecho que generó una animada discusión sobre los avances principales recientes y el futuro de sus investigaciones.

SU LEGADO

Lo estudiado y escrito por este geógrafo y especialista en sismología histórica bien puede resumirse y tratar en forma intensiva más no exhaustiva. Quizás sí, en un apretado grupo de ejemplos: sismos, sismos franceses, sismos alsacianos y del Rin, sismos europeos, sismos del mediterráneo y del África, sismos americanos, movimientos de tierra, geografía, geología y geomorfología, temas sobre la erosión, erosión Alsacia-Vosges [sic], enciclopedias, historia, resúmenes de BRGM, notas y reportes de BRGM. Sin duda alguna reunió la suficiente cantidad de material para destinarle más allá de un volumen de trabajos.

Quizás nos toparemos en algún momento con archivos más allá de los que se conocen y en cualquier lugar del planeta.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. André Singer P. por su paciencia al revisar y corregir el material suministrado por el autor para la redacción de este ensayo. Largas horas de lectura e intercambio epistolar vía correo electrónico, han permitido que “ajustásemos el texto” y sobre todo la presencia de aquellos profesionales que en éste aparecen mencionados. En todo caso, cualquier falta o exceso, es de la exclusiva responsabilidad de quién suscribe.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

PALME, C. y ALTEZ, R. 1998. *La Sismología histórica de Venezuela*. Rev. Investigación, pp. 40-42, Mérida, <https://studylib.es/doc/6503799/la-sismolog%C3%ADa-hist%C3%B3rica-de-venezuela?p=3>.

MENILLET, F. 2005. *Jean VOGT, Strasbourg, 1929 - Strasbourg, juin 2005*, l'Association française pour l'étude du quaternaire (AFEQ), <http://eost.u-strasbg.fr/jv/vogt/FMenillet.htm>.

FRÉCHET, J., MEGHRAOUI M. and STUCCHI, M. 2007. *Historical Seismology Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes* (SPRINGER edit.), 431 pp. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8222-1>.

FRÉCHET, J. 2012. *Bibliographie Jean Vogt. Université de Strasbourg*, http://eost.u-strasbg.fr/jv/vogt/Vogt_Biblio.htm.

BOEHLER, J-M. 2005a. *Vogt Jean Emile Auguste*, Notice biographique parue en 2002 dans le Nouveau dictionnaire de biographie alsacienne, (38):4024-4025. <http://eost.u-strasbg.fr/jv/vogt/JMBoehler1.htm>.

BOEHLER, J-M. 2005b. *L'autre facette d'une personnalité complexe: Jean Vogt, historien des campagnes rhénanes*, <http://eost.u-strasbg.fr/jv/vogt/JMBoehler.htm>.

¹El subrayado es nuestro (N/A).

²J. Vogt. 2007. *Comprendre et compléter un catalogue de séismes: le cas de Trinidad*, 9 pp.

J. Vogt. *Earthquake Effects on Nature and Macroseismic Intensity Scales*, 13 pp.,

P. Albini and J. Vogt. 2007 *A Glimpse into the Seismicity of the Ionian Islands Between 1658 and 1664*, 50 pp.

OBITUARIOS

Gustavo Echevarría Rodríguez: 1934 - 2025

El 24 de agosto de 2025 falleció en la Habana el destacado geólogo petrolero cubano **Gustavo Echevarría Rodríguez**¹. Nació en Manajanabo, Santa Clara, el 27 de octubre de 1934. Se graduó en 1959 en la Universidad Estatal de Luisiana, Estados Unidos. Ese mismo año comienza a trabajar en la Comisión de Fomento Nacional, es fundador del Instituto Cubano del Petróleo, siendo el único geólogo petrolero cubano de esa institución. En 1961 pasa a trabajar al Instituto Cubano de Recursos Minerales ocupando el cargo de jefe del Departamento de Exploración de Petróleo. A partir de entonces, todos los proyectos de exploración en Cuba pasaron por sus manos.

En 1962, Echevarría estuvo al frente de la tarea de fundar la escuela para la formación de licenciados en geología en la Universidad de La Habana. Fue su primer director, dictando, además, varias disciplinas. Estuvo ligado a la docencia toda la vida: impartiendo conferencias en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, la Universidad Pinar del Río, el Instituto Minero Metalúrgico de Moa, el Instituto Pedagógico Superior Enrique José Varona, la Escuela Superior de Cuadros del Ministerio de Industria Básica y en el Politécnico de Petróleo de Cupet.

Entre 1963 y 1965 se descubren varios pequeños campos en La Habana y en Cuenca Central. Está al frente de los primeros proyectos conjuntos cubanos soviéticos para la exploración petrolera en los cayos de norte Cuba. El día 8 de enero de 1968 el pozo Guanabo 2 entró en surgencia con una producción era por encima de las 200 toneladas al día. La dirección del país y el Ministerio de Minería, tomando en consideración este resultado, solicitan acelerar el desarrollo del descubrimiento. Echevarría confecciona un plan de desarrollo del campo, al que se adicionan pozos exploratorios en Mariel, Vía Blanca, Boca de Jaruco, Puerto Escondido, Yumurí, Boca de Camarioca, Varadero, Chapelín, Colorados y Martí. Los resultados de los pozos exploratorios fueron sorprendentes de diez pozos 7 fueron descubridores de grandes yacimientos. En 1970, Echevarría fue parte del grupo soviético-cubano que



durante tres años realizaron un enorme trabajo científico de generalización de toda la información geológica existente, la ejecución de trabajos geofísicos regionales y la perforación de pozos paramétricos.

A partir de 1974 pasa a la Empresa de Perforación y Extracción del Petróleo, una etapa de transformación para convertir las unidades geológicas en empresas de producción de petróleo. Desde 1979 trabaja en el Centro de Investigaciones Geológicas. Participo en los dos grupos multidisciplinarios para la confección de los programas de desarrollo de los yacimientos Boca de Jaruco y Varadero, en cooperación con institutos de investigaciones de la Unión Soviética. Estuvo al frente de otros proyectos de investigación que llevan al descubrimiento del yacimiento Pina en 1990.

Desde 1989 Echevarría formo parte del grupo que enfrentó las negociaciones con empresas extranjeras para contratos de producción compartida, lo que llevó a la firma del primero en diciembre de 1990. A partir de

entonces, los científicos petroleros cubanos se vieron involucrados en la confección de una serie de informes de evaluación de las diferentes áreas y bloques. Autor del primer informe de evaluación del potencial de hidrocarburos de la República de Cuba que se conoció como "El libro blanco". Fue asesor de exploración y geólogo de las compañías canadienses MacDonald Mines, Mac Donald Oil y Alturas Resources Inc.

Echevarría es autor o coautor de decenas de informes técnicos y científicos y ha publicado más de dos centenares de artículos sobre la historia de la industria petrolera en Cuba. Es autor de libros de texto para Técnicos de Nivel Medio y Superior en Cuba. Miembro de

varias instituciones científicas como la Asociación Americana de Geólogos Petroleros y la Asociación Canadiense de Geólogos de Petróleo. Miembro Fundador de la Sociedad Cubana de Geología, miembro de su comité gestor. Años más tarde fue reconocido como Miembro Emérito de la SCG.

Fue merecedor de numerosas órdenes y reconocimientos, recibiendo entre otras las ordenes René Ramos Latour y Carlos J. Finlay, por su labor científica. En el año 2006 le fue entregado el título de Profesor Honoris Causa del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la distinción, "Por la Obra de Toda la Vida", otorgada por la dirección de Cupet en octubre del año 2009.

¹García Sánchez R. 2022. Ing. Gustavo Echevarría Rodríguez. Revista Maya de Geociencias. Mayo 2022. Pag 14-16



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

Miscelanea de Imágenes

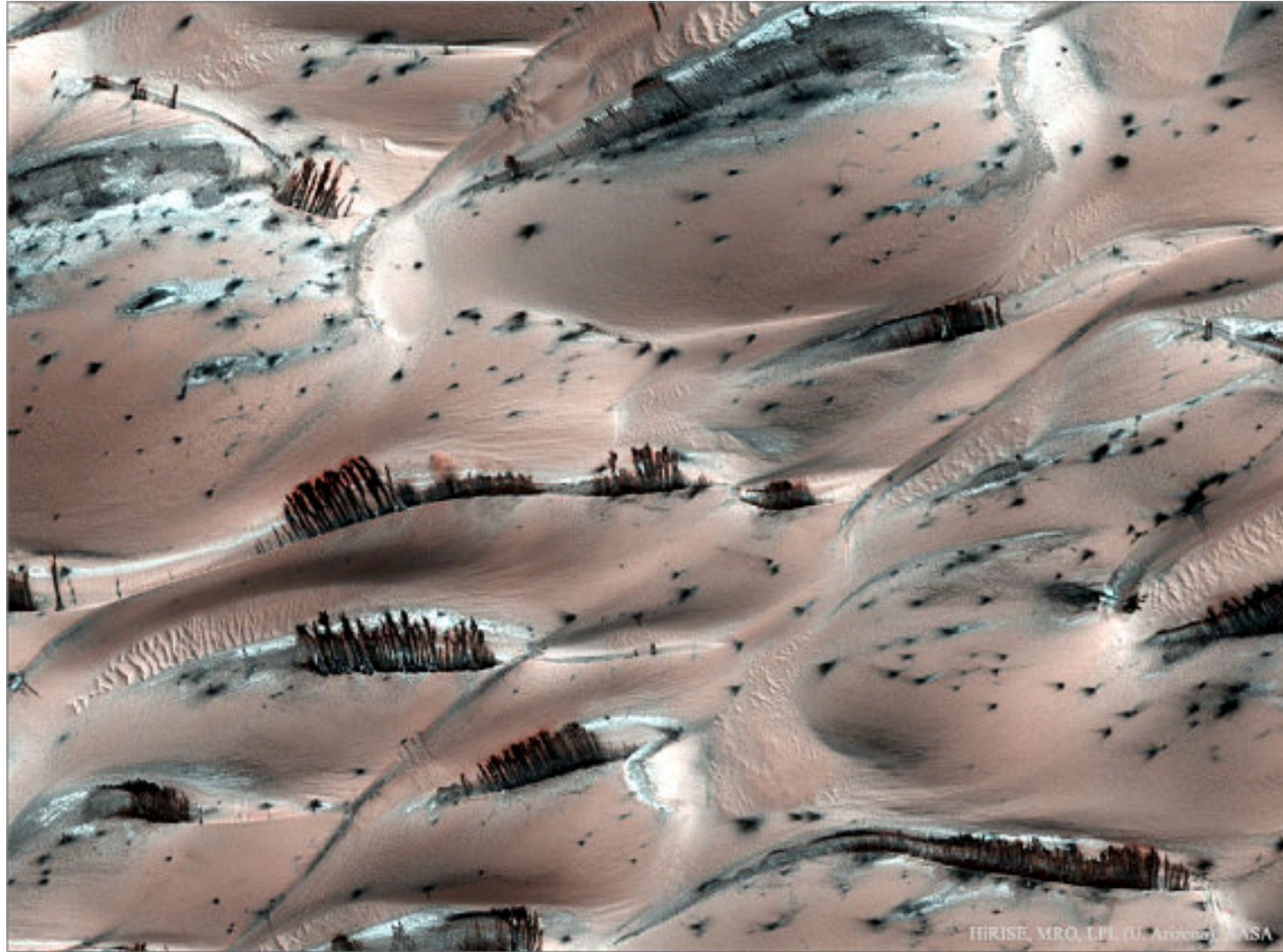


El radiotelescopio ALMA, el más grande del mundo y situado a 5,000 metros de altitud en el Desierto de Atacama (Chile), cumple diez años de vida, un tiempo en el que ha desvelado numerosos secretos del cielo, como la primera fotografía de un agujero negro.

En un altiplano árido de colores marrones, rodeados de picos rocosos, decenas de gigantes metálicos blancos rompen el paisaje y mueven sus enormes cabezas circulares hacia distintas direcciones en el cielo: son las 66 antenas del Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) que conforman el telescopio más ancho del mundo.

En su primera década de observaciones, ALMA ha avanzado, por ejemplo, en el conocimiento sobre la creación de nuevos planetas, el origen de la vida en otros puntos del universo o los agujeros negros supermasivos.

Las señales de las antenas que componen ALMA se juntan a través de un supercomputador, que aplica modelos matemáticos para obtener una única imagen combinada de todas ellas.

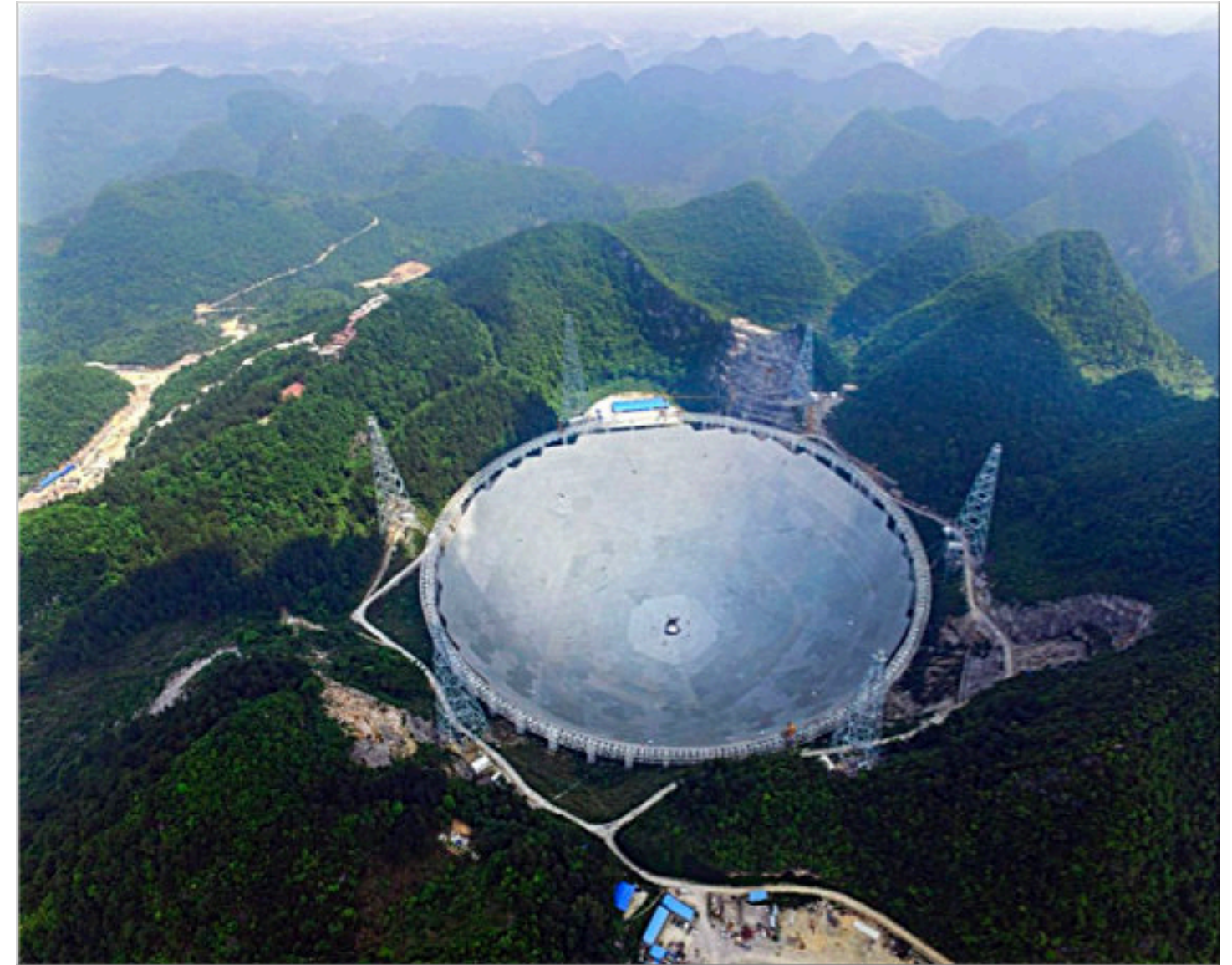


Dark Sand Cascades on Mars

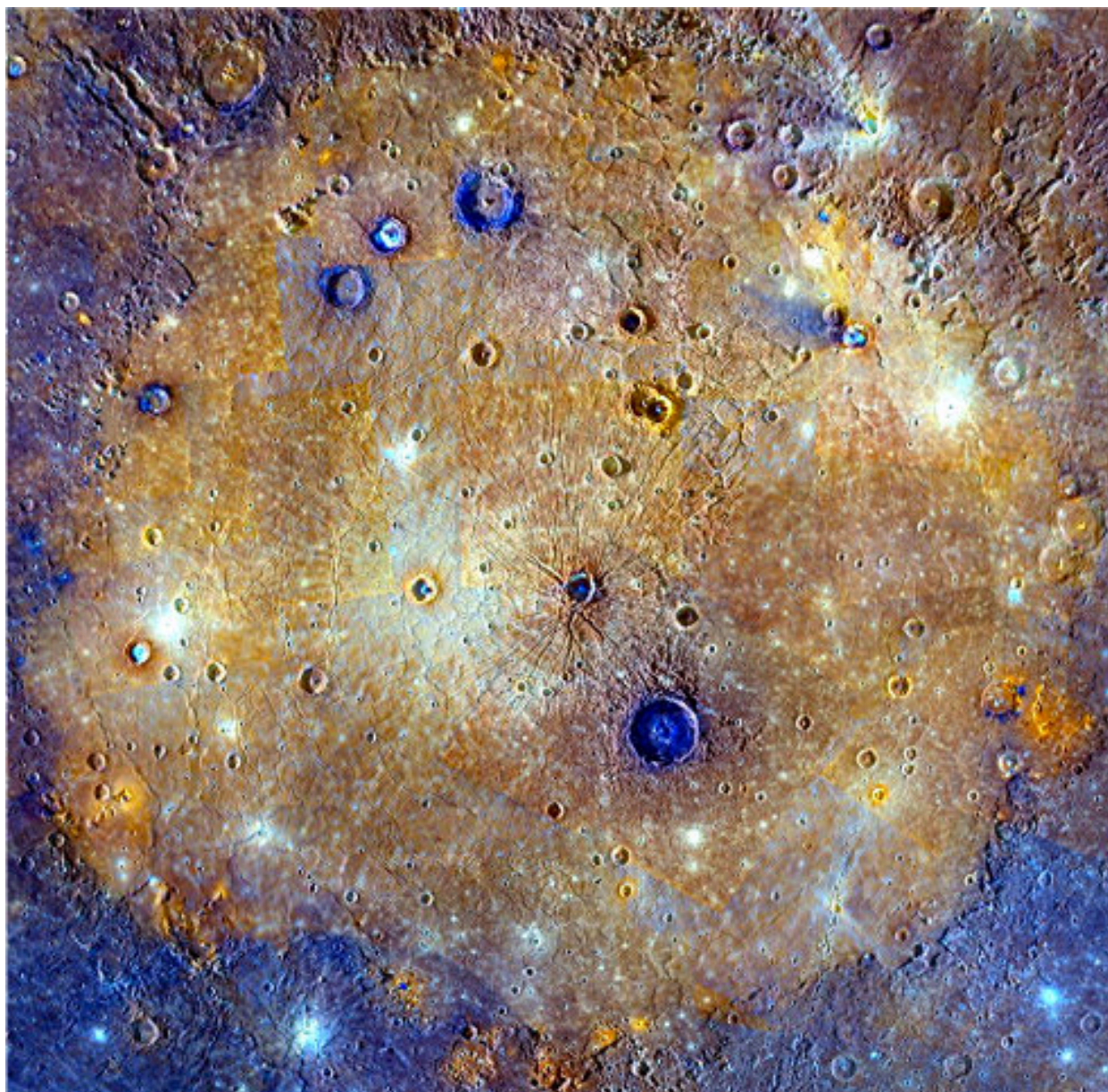
June 29, 2025

Image Credit: NASA, HiRISE, MRO, LPL (U. Arizona),

Explanation: Are these trees growing on Mars? No. Groups of dark brown streaks have been photographed by the Mars Reconnaissance Orbiter on melting pinkish sand dunes covered with light frost. The featured image was taken in 2008 April near the North Pole of Mars. At that time, dark sand on the interior of Martian sand dunes became more and more visible as the spring Sun melted the lighter carbon dioxide ice. When occurring near the top of a dune, dark sand may cascade down the dune leaving dark surface streaks -- streaks that might appear at first to be trees standing in front of the lighter regions but cast no shadows. Objects about 25 centimeters across are resolved on this image spanning about one kilometer. Close ups of some parts of this image show billowing plumes indicating that the sand slides were occurring even while the image was being taken.



El radiotelescopio más grande del mundo, situado en la provincia suroriental china de Guizhou, ha comenzado a operar oficialmente después de tres años de pruebas y tiene como objetivo realizar "varios grandes descubrimientos científicos" y encontrar vida en otros planetas, según el gobierno chino. Conocido oficialmente como Radiotelescopio de Apertura Esférica de Quinientos Metros (FAST), es uno de los principales orgullos tecnológicos del programa científico chino. Cuenta con un perímetro de 1,6 km, un diámetro de medio kilómetro y su disco parabólico es tan grande como 30 campos de fútbol. Denominado también como "Ojo del Cielo", está situado sobre una montaña en la provincia suroriental china de Guizhou y su construcción finalizó en 2016.



Enhanced Color Caloris

March 5, 2015.

Image Credit: NASA, Johns Hopkins Univ. APL, Arizona State U., CIW

Explanation: The sprawling Caloris basin on Mercury is one of the solar system's largest impact basins, created during the early history of the solar system by the impact of a large asteroid-sized body. The multi-featured, fractured basin spans about 1,500 kilometers in this enhanced color mosaic based on image data from the Mercury-orbiting MESSENGER spacecraft. Mercury's youngest large impact basin, Caloris was subsequently filled in by lavas that appear orange in the mosaic. Craters made after the flooding have excavated material from beneath the surface lavas. Seen as contrasting blue hues, they likely offer a glimpse of the original basin floor material. Analysis of these craters suggests the thickness of the covering volcanic lava to be 2.5-3.5 kilometers. Orange splotches around the basin's perimeter are thought to be volcanic vents.

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Shirley Méndez Cordonero

APLICACIÓN DEL ALGORITMO BFAST COMO MÉTODO DE ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIO TEMPORAL DE LA COBERTURA TERRESTRE. CASO DE ESTUDIO: REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE PEÑAS BLANCAS, PERIODO 2009-2019.

Universidad Nacional Costa Rica.

Trabajo final de graduación, en modalidad Tesis, sometido a consideración del Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento del Territorio. Agosto 2024.

Sustentante: **Shirley Méndez Cordonero.**

Directora de Tesis: M.Sc. Bepsey Cedeño Montoya.

Resumen

En Costa Rica, los cambios en la cobertura de la tierra son causados en gran medida por actividades humanas que transforman el espacio geográfico, lo que genera consecuencias permanentes sobre el territorio. Estas transformaciones pueden provocar la pérdida de biodiversidad, la erosión del suelo y la expansión de la frontera agrícola, entre otros efectos. Por lo tanto, el estudio y monitoreo de la cobertura de la tierra resultan fundamentales para una gestión adecuada del territorio.

No obstante, este proceso de detección y caracterización de cambios en la cobertura de la tierra es complejo y arduo, por lo que, se han desarrollado nuevos algoritmos de detección, como el BFAST (Breaks For Additive Season and Trend), el cual permite analizar series temporales de un conjunto de datos satelitales para identificar patrones de cambio en la cobertura terrestre. En la presente investigación, se implementa el algoritmo BFAST para la identificación de cambios en la cobertura de la tierra en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Peñas Blancas (RNVS-PB) durante el período 2009-2019.

La aplicación del algoritmo BFAST mostró una precisión general del 87.26% en la detección de pérdida de cobertura de la tierra, utilizando valores de NDVI. Asimismo, se evidencia que la dinámica de cambio en el RNVS-PB no es homogénea ni aleatoria, sino que está influenciada por actividades económicas, donde la actividad ganadera se destacó como el factor de cambio más significativo, representando el 73% de los puntos de cambio detectados. Además, aunque el cambio de cobertura en términos de superficie para toda el área de estudio fue relativamente bajo (1.4%, equivalente a 343 hectáreas), la pérdida de cobertura forestal tiene impactos significativos en procesos ecológicos como la fijación de carbono, la filtración y calidad del agua, la erosión del suelo y la pérdida de hábitat para la fauna local.

Por tanto, es esencial implementar un monitoreo continuo de estas áreas y desarrollar acuerdos para capacitar a la población en prácticas de ganadería regenerativa y en servicios de pagos ambientales. Asimismo, se debe considerar un enfoque dinámico y adaptativo para la zonificación y gestión del RNVS-PB, integrando activamente a la comunidad local y a las instituciones gubernamentales relevantes para abordar los desafíos identificados en este estudio.

Pszczółkowski, A., and R. Myczyński, 2003, Stratigraphic constraints on the Late Jurassic–Cretaceous paleotectonic interpretations of the Placetas belt in Cuba, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*: AAPG Memoir 79, p. 545–581.

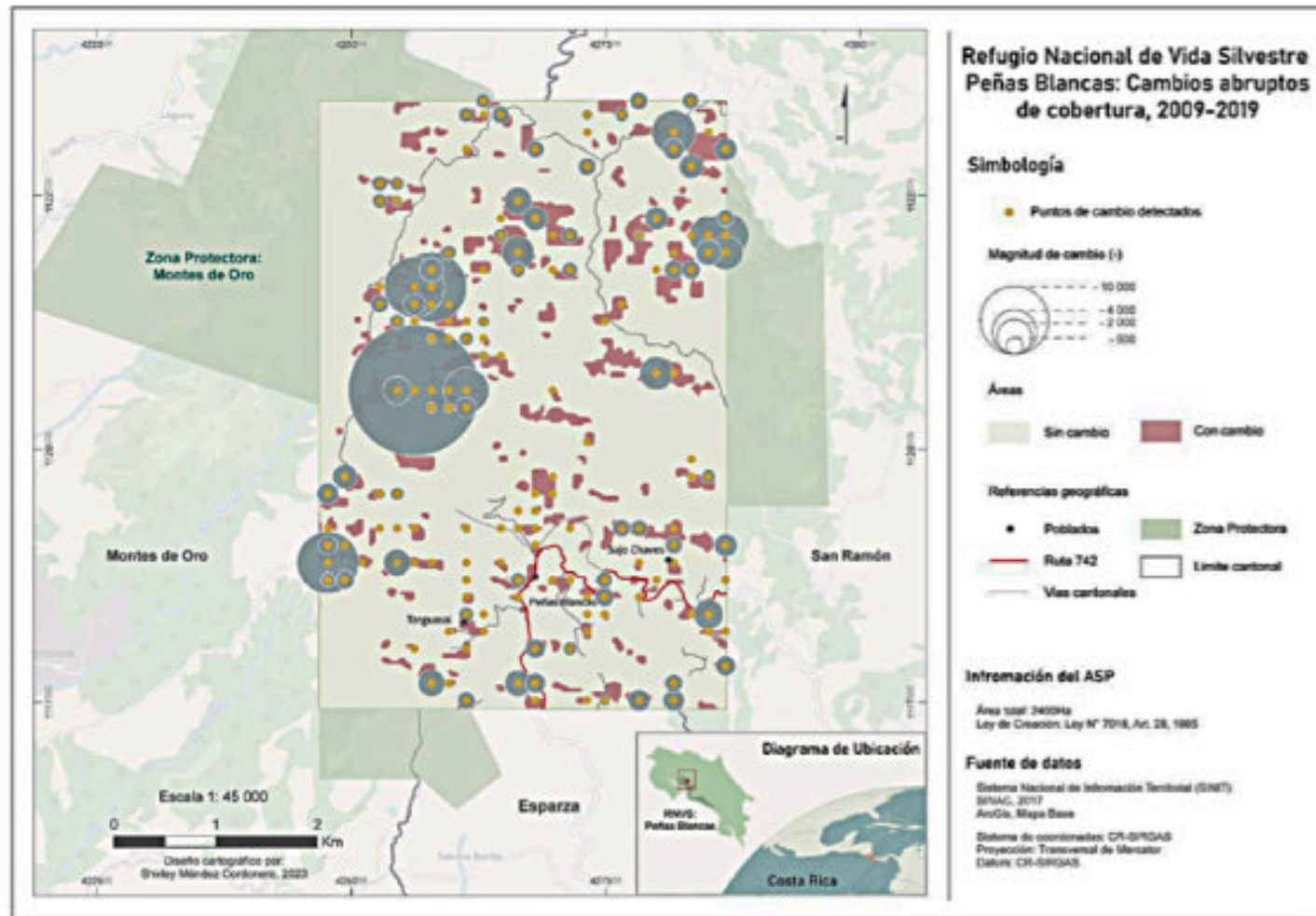


Figura 1.1. Cambios abruptos principales de 2009 a 2019.

Stratigraphic Constraints on the Late Jurassic–Cretaceous Paleotectonic Interpretations of the Placetas Belt in Cuba

Andrzej Pszczółkowski

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland

Ryszard Myczyński

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland

ABSTRACT

The Placetas belt in north-central Cuba consists of Late Jurassic–Cretaceous rocks that were highly deformed during the Paleocene to middle Eocene arc-continent collision. The Late Proterozoic marble and Middle Jurassic granite are covered by the shallow-marine arkosic clastic rocks of late Middle Jurassic(?) or earliest Late Jurassic(?) ages. These arkosic rocks may be older than the transgressive arkosic deposits of the Late Jurassic–earliest Cretaceous Constančia Formation. The Berriasian age of the upper part of the Constančia Formation in some outcrops at Sierra Morena and in the Jarahueca area does not confirm the Late Jurassic (pre-Tithonian) age of all deposits of this unit in the Placetas belt. The Tithonian and Berriasian ammonite assemblages are similar in the Placetas belt of north-central Cuba and the Guaniguanico successions in western Cuba. We conclude that in all paleotectonic interpretations, the Placetas, Camajuaní, and Guaniguanico stratigraphic successions should be considered as biogeographically and paleogeographically coupled during the Tithonian and the entire Cretaceous. These successions could not have been separated by any large continental block and/or wide oceanic basin.

The Tithonian-Berriasian ammonite assemblages reported from the Placetas belt and coeval assemblages known in Mexico are different; in particular, *Suarites*, *Acevedites*, and *Kossmatia* (characteristic Mexican genera) are unknown from the Tithonian sections of the Placetas belt. Moreover, the Early Cretaceous and Cenomanian deep-water formations of the Placetas belt do not contain deposits symptomatic of a presence of a nearby large landmass (Chortis Terrane?) to the south. Dissimilarities existing between the Huayacocotla remnant and the Guaniguanico (and Placetas) successions in Cuba are not consistent with the conclusion of some authors that the Jurassic and Early Cretaceous successions in western Cuba are nearly identical to those of San Pedro del Gallo Terrane remnants in east-central

Compilación mensual de publicaciones y tesis por **Diego G. Miguel Vázquez**, Colaborador de la Revista.



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

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2023GC010933>

Late Cretaceous-Recent Tectonostratigraphic Evolution of the Yucatan Back-Arc Basin, Northern Caribbean Sea

Juan Pablo Ramos and Paul Mann

Abstract

The 110,000 km² Yucatan Basin in the northern Caribbean Sea is critical for understanding the Late Cretaceous to Recent tectonic evolution of the Caribbean-North American plate boundary. This study integrates gravity, magnetic, and a 5,500 km grid of 2D seismic data to carry out a tectonostratigraphic analysis of the Yucatan Basin. These data provide the first recognition of 38–102 km-long spreading ridges that constrain a SW-NE opening direction in the western Yucatan Basin. The age of this oceanic crust is constrained to be late Paleocene-middle Eocene (57–42 Ma) based on heat flow measurements, depth-to-seafloor, and three sedimentary sequences inferred to be Eocene–Recent in age based on stratigraphic correlations to distant wells. We interpret the Yucatan Basin as a back-arc basin formed during the northeastward movement of the Caribbean volcanic arc that is now exposed in Cuba, evolved during the early Cretaceous to middle Eocene, and was terminated by collision with the Bahama carbonate platform during the late Paleocene to middle Eocene. We identify regional, left-lateral strike-slip faults that extend into the Cuban volcanic arc, as observed in other active back-arc basins. We propose that the Yucatan back-arc basin once formed the northwestern extension of age-equivalent back-arc basins in Hispaniola, where the basin is inverted, topographically elevated, and strongly shortened, and in the Lesser Antilles where the Paleogene back-arc basin has remained undeformed and submarine. This once-continuous back-arc basin was disrupted and left-laterally offset by ~500 km during the Late Eocene–Recent formation of the Cayman trough strike-slip system.

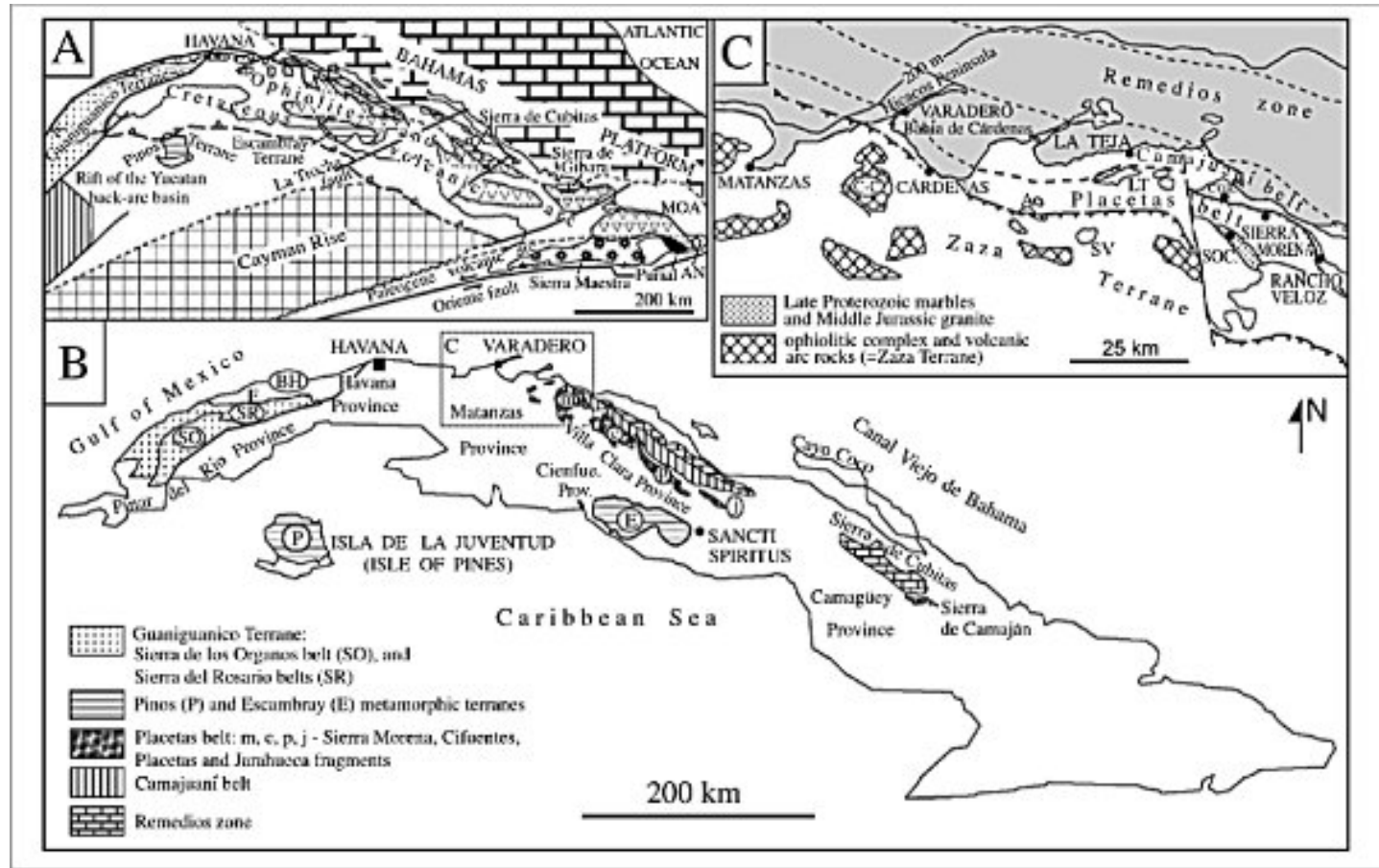


Figure 1. (A) Tectonic scheme of Cuba and adjacent areas (partly after Iturralde-Vinent, 1998, and Rosencrantz, 1996): bricks = Bahamas Platform (Remedios and Cayo Coco zones in northern Cuba); diagonal lines (shaded) = Camajuaní and Placetas belts; horizontal lines = metamorphic terranes (Pinos, Escambray and Asunción — AN); inverted triangles = ophiolitic complex and Cretaceous volcanic arc rocks (=Zaza Terrane); asterisks = Paleogene volcanic arc in southeastern Cuba (Sierra Maestra); Purial = metamorphic (mainly amphibolitic) massif in southeastern Cuba; Cayman Rise (cross-hatched area) = volcanic arc (?); vertical lines = oceanic rift of the Yucatan back-arc basin; dashed line (with barbs) = southern tectonic boundary of the Cretaceous volcanic arc. (B) Location map of selected structures in central and western Cuba (compiled from Piotrowska, 1986; Pszczólkowski, 1983, 1986; Puscharovskiy et al., 1989): Cienfue. Prov. = Cienfuegos Province in south-central Cuba; F = Felicidad successions; BH = Bahía Honda area (westernmost part of the Zaza Terrane). (C) Enlarged fragment of the northern part of the Matanzas Province and northwestern Villa Clara Province (marked by rectangle in B): C-C = Cantel-Camarioca structural high; A = Amistad structural high; SV = El Sordo Viejo outcrop of the Early Cretaceous (Barremian) limestones of the Placetas succession; COR. = Corralillo; SOC. = Socorro.

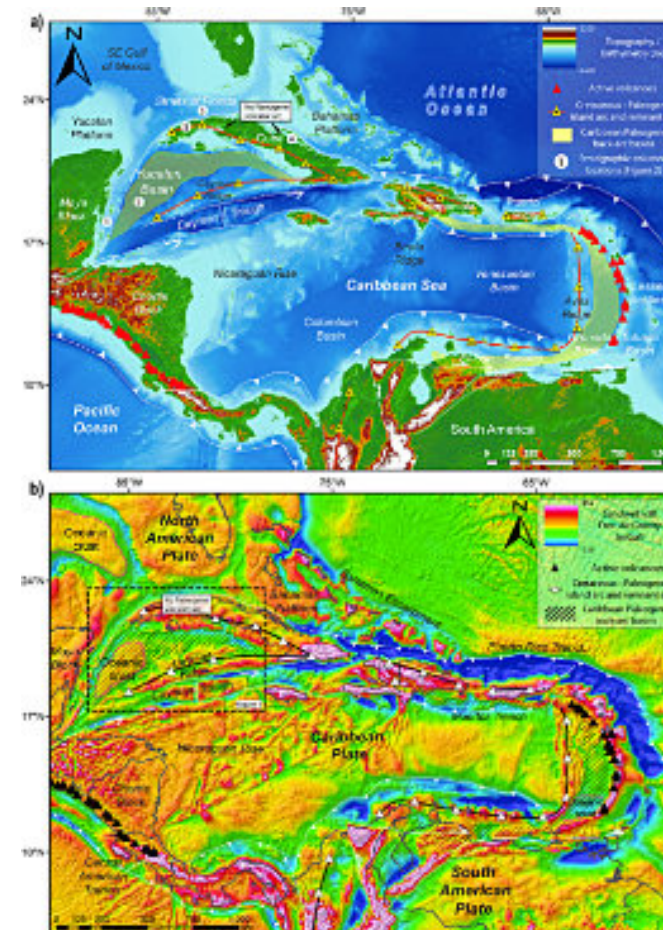


Figure 1. (a) Bathymetric-topographic map of the Caribbean region compiled from Tozer et al. (2019) and GEBCO Compilation Group (2020) showing the location of the study area of the Yucatan back-arc basin in the northern Caribbean Sea and the extent of the extinct, Cretaceous-Paleogene Great Arc of the Caribbean (GAC) and the still-active Lesser Antilles arc in the eastern Caribbean. Numbers 1–5 are keyed to the stratigraphic columns from the Belize margin, the Yucatan back-arc basin, and the Cuban segment of the GAC that are shown in Figure 2. The proposed continuation of the Yucatan back-arc basin into Hispaniola and the Lesser Antilles is shown by the yellow-shaded areas. The continuity of the back-arc basin has been disrupted by 500 km of Eocene–Recent eastward displacement of the Caribbean Plate relative to the area of the Yucatan back-arc basin and Cuban arc segment that has remained sutured to the North American Plate. (b) Free-air gravity from Sandwell et al. (2014) showing the distinctive high gravity anomaly related to the elongated basement high of the GAC. The area of the more detailed map of the Yucatan back-arc basin is boxed and shown in Figure 3.

PREDICCIÓN GEOESTADÍSTICA MULTIVARIADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROPIEDADES DE YACIMIENTO EN UN CAMPO EN LA CUENCA DE VERACRUZ

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis que para optar por el grado de: Maestro en ingeniería. Mayo 2018.

Sustentante: **Maria Del Consuelo Mariles Alonso.**

Director de Tesis: *M. en C. Juan Marcos Brandi Purata Iimas.*

Resumen

Se realizó una inversión geoestadística para la estimación de propiedades de yacimiento en las arenas productoras de edad Eoceno, compuestas de conglomerado redepositados, rocas siliciclásticas asociadas a abanicos de pie de talud provenientes de la Plataforma carbonatada de Córdoba de edad Cretácica, ubicándose dentro de la provincia petrolera de la cuenca de Veracruz.

Para realizar la predicción se hizo un análisis de factibilidad de los datos para demostrar que la sísmica responde a propiedades elásticas del medio debido a la presencia de hidrocarburos o de agua, esto a través de aplicar la metodología del análisis de la variación de la amplitud con respecto al ángulo. De este análisis se pudo inferir que los registros de Porosidad, Rayos Gamma, sónicos de la onda P y onda S son discriminadores de propiedades de yacimiento. De igual forma, se determinó la firma sísmica producto de la presencia del yacimiento en la información pre-apilada (gather) alrededor de pozos productores que responde típicamente a una arena de clase tipo 1 (alta impedancia).

Para poder establecer tendencias locales de las propiedades de roca, se realizó una Inversión geoestadística que involucra dos variables, los registros de pozo y la información sísmica a través de atributos geofísicos. Esta variable secundaria sirve para guiar la interpolación del dato del registro de pozo. El estudio se realizó con la técnica geoestadística de Cokriging modificado la cual permite el uso de varios atributos simultáneamente (análisis de multiatributos), lo que da un mayor soporte a la predicción.

Se generaron tres mapas de predicción de propiedades: Porosidad, Rayos gamma (donde se infiera la distribución de arena limpia) y por último la relación Vp/Vs la cual está íntimamente ligada a la presencia de hidrocarburos.

Los resultados que arroja la inversión geoestadística son muy apegados a la realidad geológica de la zona, lo que permite proponer un pozo de extensión en un área prometedora que se confirmó con los tres mapas estimados.



Figura 1.1. Mapa de Ubicación de la Provincia Petrolera de Veracruz tomado de (PEMEX, 2013).

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/Deville-et-al.-2003.pdf>

Deville, E., A. Mascle, S.-H. Guerlais, C. Decalf, and B. Colletta, 2003, Lateral changes of frontal accretion and mud volcanism processes in the Barbados accretionary prism and some implications, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 656–674.

Lateral Changes of Frontal Accretion and Mud Volcanism Processes in the Barbados Accretionary Prism and Some Implications

E. Deville

Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France

A. Mascle

Institut Français du Pétrole School, Rueil-Malmaison, France

S.-H. Guerlais

Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France

C. Decalf

Institut Français du Pétrole School, Rueil-Malmaison, France

B. Colletta

Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France

ABSTRACT

This paper focuses on tectonic, sedimentary, and hydrogeologic processes presently occurring at the eastern leading edge of the Barbados accretionary prism. Thrusts and folds develop over a décollement hosted at the deformation front in weak and probably undercompacted sedimentary layers of Miocene age. The volume of the anticlinal potential traps is changing from north to south and is related to the thickness of accreted sediments, i.e., of the Neogene-Quaternary section. This thickness is increasing drastically from north to south as it approaches the South American continent and the Orinoco deep-sea fan. The middle and distal parts of this fan are now being incorporated into the prism, supplying the piggyback basins developing between the growing folds and the immediate foreland in front of the prism with deep-water clastic sediments. These potential reservoirs in the Neogene-Quaternary section are possible targets for future exploration, subject to their geophysical identification, in such areas where the seismic resolution may be altered seriously by the complexity of

Estudio de los procesos de mezcla en la capa planetaria del Golfo de California asociados a la fase inicial del Monzón de América del Norte

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias. 2023.

Sustentante: **Mariam Fonseca Hernandez.**

Director de Tesis: *Dr. Cuauhtémoc Turrent Thompson.*

Resumen

Este trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de analizar los mecanismos de mezcla responsables de las variaciones temporales y espaciales de la capa límite del Golfo de California (GC) en el contexto del inicio del Monzón de América del Norte (MAN). Se utilizaron datos de radiosondeos y globos piloto del Experimento del Monzón de América del Norte (NAME) realizado en 2004, así como productos satelitales, conjuntos de datos de reanálisis y salidas numéricas del modelo WRF para el periodo comprendido entre 1982 y hasta 2018. Se encontró que el ciclo diurno regional está fuertemente afectado por la convergencia y divergencia en niveles bajos, los que a su vez se asocian al sistema de brisas terrestres y marinas locales y a la presencia de una inversión térmica sobre el golfo. Los monzones que comienzan más temprano tienen menor humedad disponible para la precipitación que los que comienzan más tarde en el año calendario. Por lo tanto, los monzones de inicio temprano tienen menor lluvia media diaria durante su primer mes, lo que contrasta con estudios anteriores. La altura de la capa límite del GC, en el momento del inicio del monzón, se encuentra controlada por la temperatura de la superficie del golfo y tiene un impacto significativo en la precipitación sobre Sonora, Sinaloa y el sur de Arizona. Después de la erosión de la inversión térmica sobre el GC, que coincide con el inicio del MAN, tanto la flotabilidad como la cizalladura del viento contribuyen como fuentes de turbulencia para la mezcla de la capa límite del golfo. Estos resultados sugieren que un modelo numérico que sea utilizado para pronosticar o analizar la precipitación del MAN debe tener suficiente resolución espacial para reproducir adecuadamente los efectos que tienen las características del GC en su complejo sistema de circulación diurna.

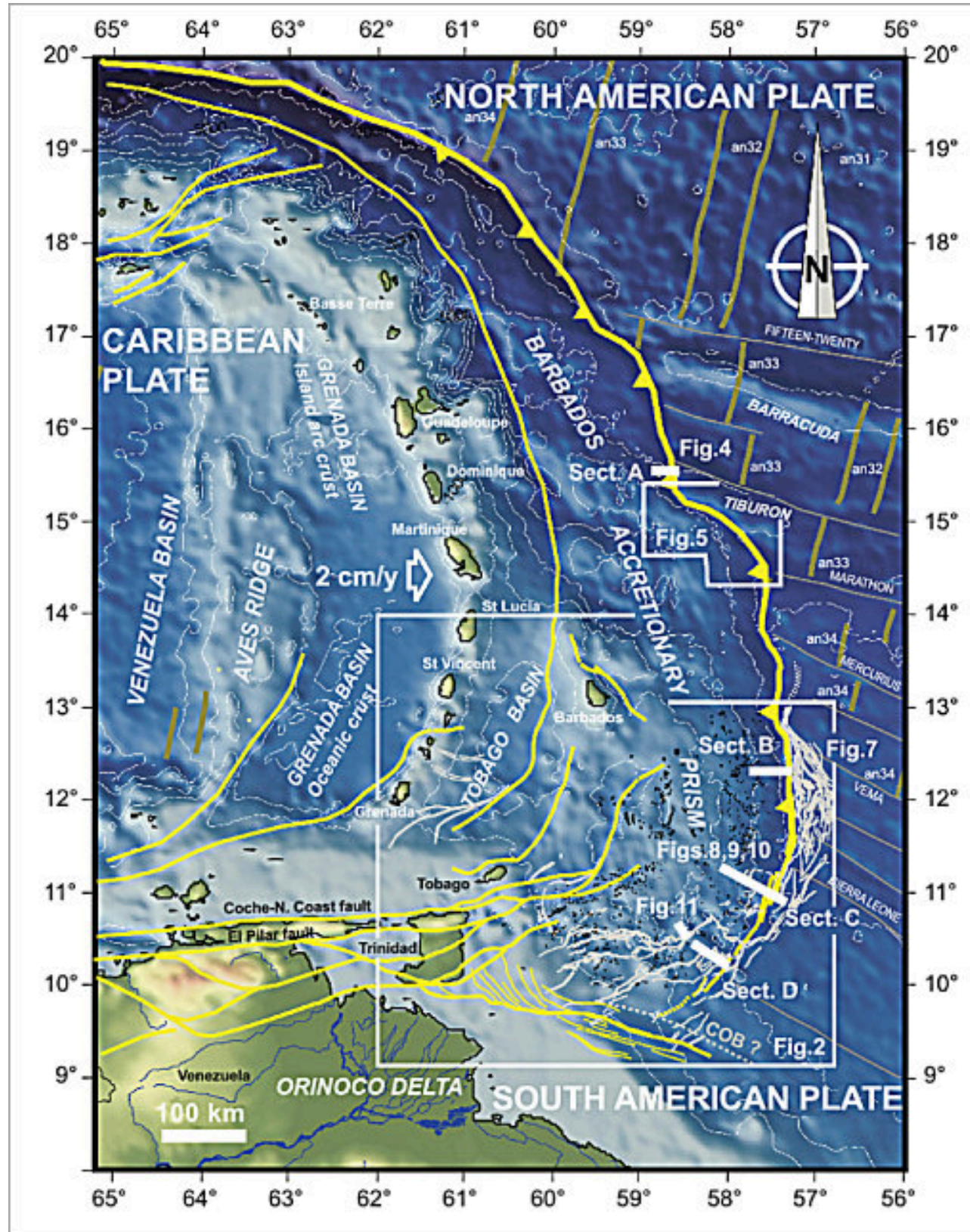


Figure 1. Simplified sketch map of the Barbados prism and location of figures. an = magnetic anomalies; COB = continent- ocean boundary.

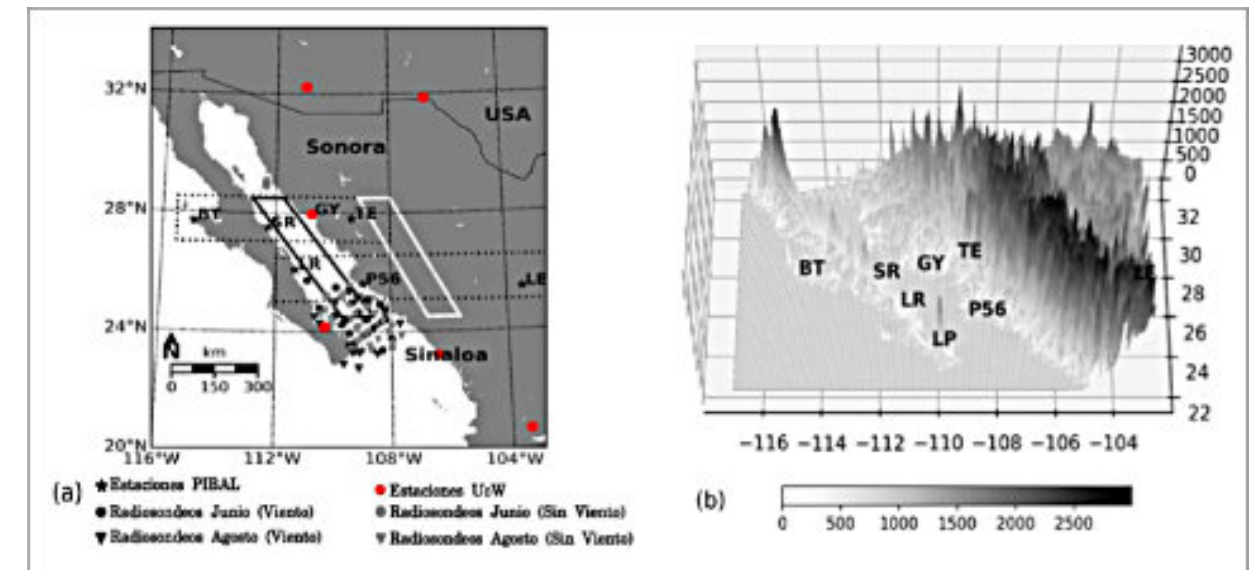


Figura 1.1. a) Área de estudio. b) Topografía regional según datos del Shuttle Radar Topographic Mission 3 arc second (SRTM-3). Las estrellas negras en (a) son las localizaciones de las mediciones de los globos pilotos (PIBAL) lanzados durante el NAME: Bahía de Tortugas (BT), Santa Rosalía (SR), Empalme (GY), Tesopaco (TE), Loreto (LR), Topolobampo (P56), y Lerdo (LE); los marcadores grises indican las ubicaciones de los sondeos sobre el GC que no incluyeron datos de viento, mientras que los marcadores negros muestran la ubicación de los sondeos que sí incluyeron mediciones del viento. Los círculos muestran los sondeos de junio de 2004 (pre-inicio) mientras que los triángulos marcan los sondeos de agosto de 2004 (post-inicio). El polígono blanco se utiliza para analizar la precipitación del MAN y el polígono negro (polígono de control) para el análisis de diferentes variables sobre el GC. Los marcadores rojos indican las estaciones con sondeos terrestres pertenecientes a la Universidad de Wyoming.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/Mickus-K.-2003.pdf>

Mickus, K., 2003, Gravity constraints on the crustal structure of Central America, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*: AAPG Memoir 79, p. 638–655.

Gravity Constraints on the Crustal Structure of Central America

Kevin Mickus

Department of Geosciences, Southwest Missouri State University, Springfield, Missouri, U.S.A.

ABSTRACT

Gravity data from Central America and the adjacent offshore regions were analyzed in conjunction with seismic reflection/refraction models, seismicity studies, geologic mapping, and well data to determine a gravity-based crustal structure for the region. Analysis of the gravity data included the construction of a Bouguer and three isostatic residual gravity-anomaly maps, and 2-D gravity models across Guatemala/Belize, Nicaragua/Honduras, and Panama, respectively. The isostatic residual-gravity anomaly map that emphasizes anomalies caused by crustal and upper mantle sources was used to correlate gravity anomalies with known geologic/tectonic features and to emphasize possible previously unknown geologic features in the upper crust. These include granitic rocks in central Guatemala that are related to the Chiapas Massif in southeastern Mexico, basement uplifts under the carbonate platform sediments in northern Guatemala, and thin or dense sediments in the El Salvador depression. In Nicaragua and Honduras, the Nicaragua depression thickens toward the Costa Rican border, and the Mosquitia Basin is seen to consist of a series of depositional centers, possibly pull-apart basins. In Panama, Quaternary volcanic rocks are shown to occur close to the Choco Block boundary in the Gulf of Mexico. However, based on isostatic residual-gravity maxima over mafic igneous material in northern Panama, the boundary between the Chorotega and Choco Blocks may extend 150 km west of its present position.

The 2-D gravity models indicate that the crustal thickness of the Maya and Chortis Blocks is approximately 36–38 km and approximately 22 km under Panama. However, the density of the upper mantle is higher under Panama than it is under Guatemala and Nicaragua. To model a large-amplitude gravity maximum along the Middle America subduction zone, a combination of an ophiolitic complex and a steeply dipping Cocos Plate was required. Isostatic residual-gravity anomalies indicate that the ophiolitic complex is not continuous along the Middle America trench but occurs in discontinuous steps. To explain a regional gravity maximum over the Nicaraguan volcanic belt, a deep (>5 km) mafic (?) body was required; however, its exact position cannot be determined from gravity modeling alone. Gravity modeling indicates that subduction does not occur between the Nazca and Caribbean Plates; however, this solution is not unique. If the boundary between the two plates is a transform boundary, this boundary must be dipping at a steep angle. To model a large amplitude gravity maximum and minimum along the northern coast of Panama, a subducting plate (Caribbean) was required, with the Caribbean upper mantle being denser than that beneath Panama.

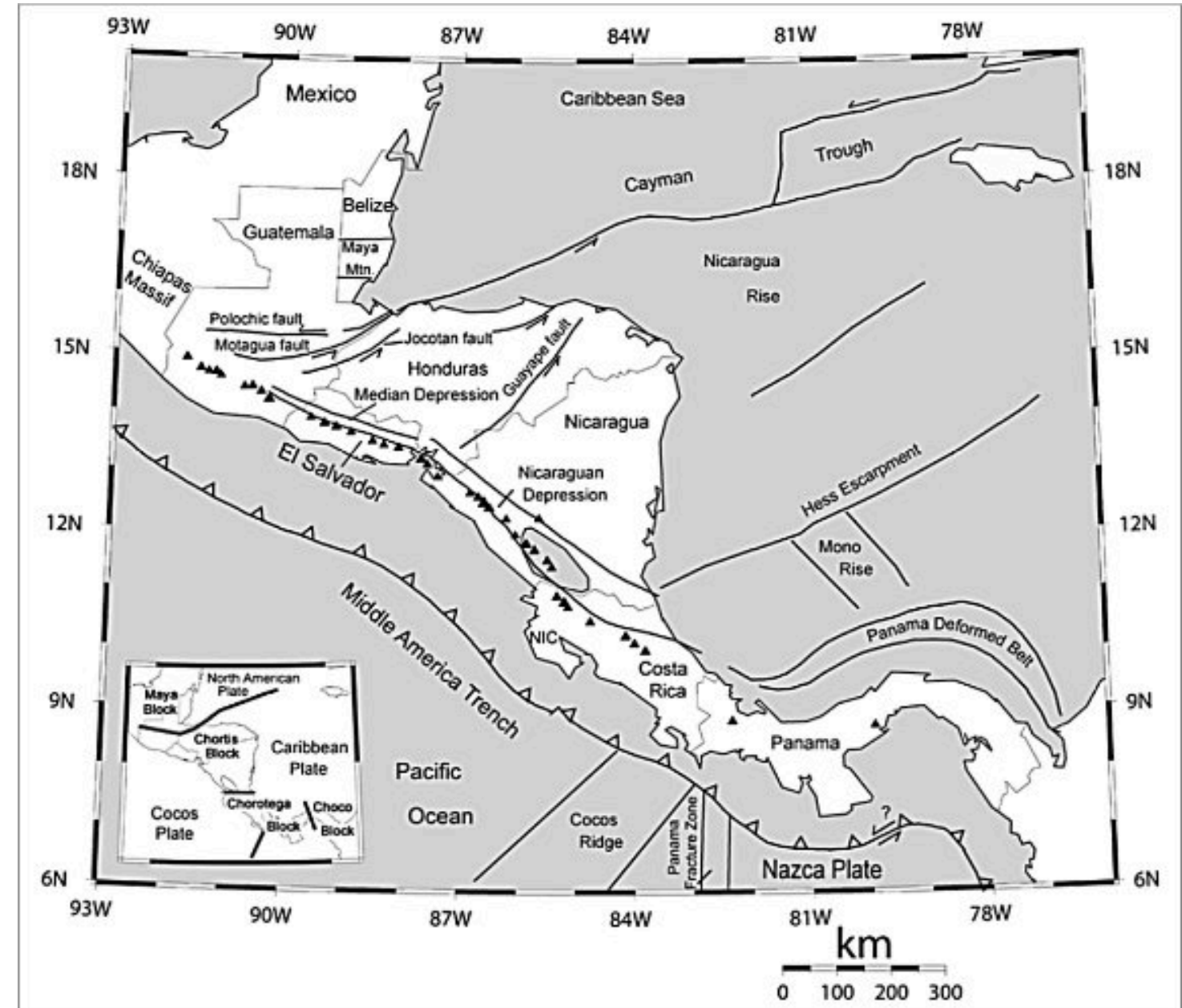


Figure 1. Location of the study area and general tectonic features of Central America and surrounding areas. NIC = Nicoya Complex. Triangles represent volcanoes in the Central American volcanic belt. The inset shows the location of the four blocks that comprise Central America. Bolded lines represent faults. Strike-slip faults are represented with arrows showing displacement direction. The Middle America trench is represented by a solid line with triangles. Shaded regions represent water.

Caracterización del acuífero profundo de la subcuenca del Río Salinas, Nuevo León, mediante la aplicación del método magnetoteléxico

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. 2025.

Sustentante: **Luis Gerardo Alvarado Izarraras.**

Director de Tesis: *Dr. Diego Ruiz Aguilar.*

Resumen

La exploración y evaluación de acuíferos profundos representa un reto, esto se debe a la complejidad geológica a mayores profundidades y a la necesidad de contar con fuentes de agua dulce en regiones donde el recurso hídrico puede estar comprometido. En este contexto, los métodos geofísicos, como los Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs), Transitorios electromagnéticos (TEM) y, el método magnetoteléxico (MT), han demostrado ser técnicas geofísicas efectivas para exploración hidrogeológica, siendo el MT especialmente útil para la caracterización de estructuras geológicas profundas. Este trabajo de tesis consiste en caracterizar la distribución de resistividades del subsuelo en la porción central de la Subcuenca del Río Salinas, ubicada en el estado de Nuevo León, México, una región compuesta por rocas sedimentarias marinas plegadas. Para ello, se aplicaron sondeos magnetoteléxicos distribuidos por la zona de estudio con la finalidad de identificar zonas geoelectricas de interés asociadas al acuífero. Se adquirieron 25 sondeos magnetoteléxicos, estos fueron procesados utilizando dos algoritmos para estimar las funciones de transferencia magnetoteléxicas. Posteriormente, se aplicaron técnicas de inversión 1D y 3D para generar modelos de la variación de resistividad eléctrica del subsuelo. Además, se realizó un análisis de dimensionalidad mediante el tensor de fase, con el objetivo de evaluar la complejidad estructural de la zona. Para validar la confiabilidad de las interpretaciones, se realizó un análisis de sensibilidad considerando el modelo inverso que se obtuvo. Los modelos inversos presentan zonas geoelectricas de interés que se asociaron con el acuífero profundo confinado, alojado en rocas carbonatadas del Cretácico inferior.

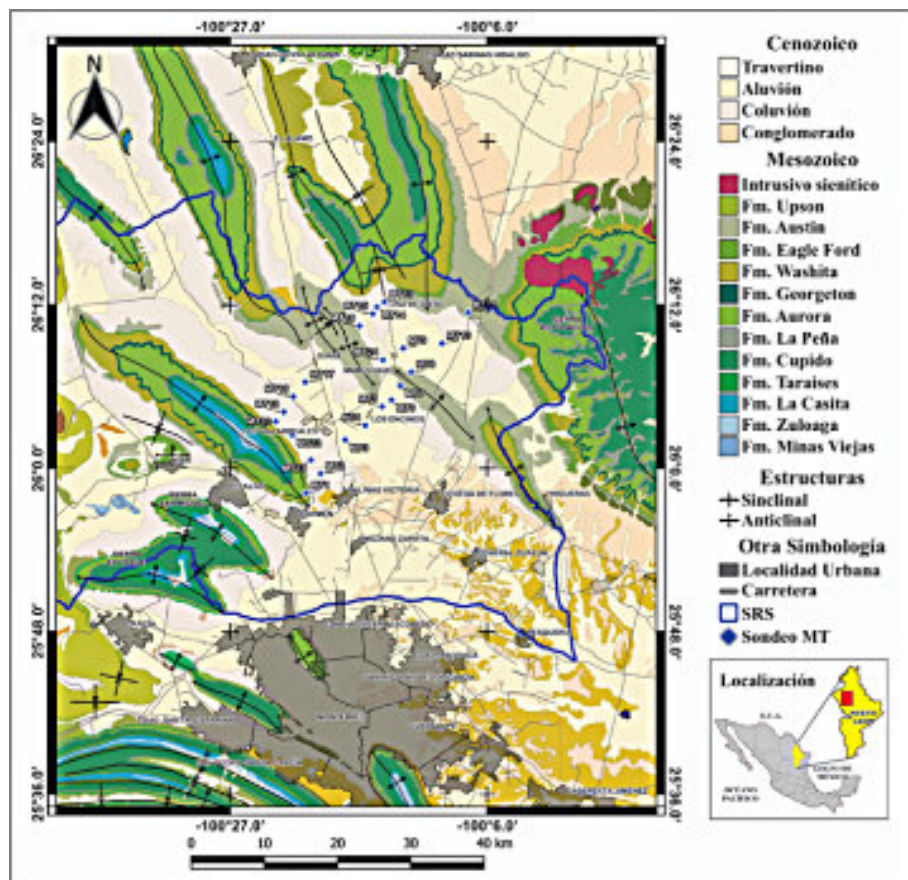


Figura 1.1. Mapa de la geología superficial de la zona de estudio y distribución de los sitios de medición MT en puntos de color azul con claves MT1 a MT23 (Servicio Geológico Mexicano (SGM), 2008, 2017).

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/Tada-R.-et-al.-2003.pdf>

Tada, R., M. A. Iturralde-Vinent, T. Matsui, E. Tajika, T. Oji, K. Goto, Y. Nakano, H. Takayama, S. Yamamoto, S. Kiyokawa, K. Toyoda, D. García-Delgado, C. Díaz-Otero, and R. Rojas-Consuegra, 2003, K/T boundary deposits in the Paleo-western Caribbean basin, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*: AAPG Memoir 79, p. 582–604.

K/T Boundary Deposits in the Paleo-western Caribbean Basin

Ryuji Tada

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Manuel A. Iturralde-Vinent

Museo Nacional de Historia Natural, Havana, Cuba

Takafumi Matsui

Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Science, University of Tokyo, Japan

Eiichi Tajika

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Tatsuo Oji

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Kazuhisa Goto

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Yoichiro Nakano

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Hideo Takayama

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Shinji Yamamoto

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan

Shoichi Kiyokawa

Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, Fukuoka, Japan

Kazuhiro Toyoda

Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan

Dora García-Delgado

Instituto de Geología y Paleontología, Havana, Cuba

Consuelo Díaz-Otero

Instituto de Geología y Paleontología, Havana, Cuba

Reinaldo Rojas-Consuegra

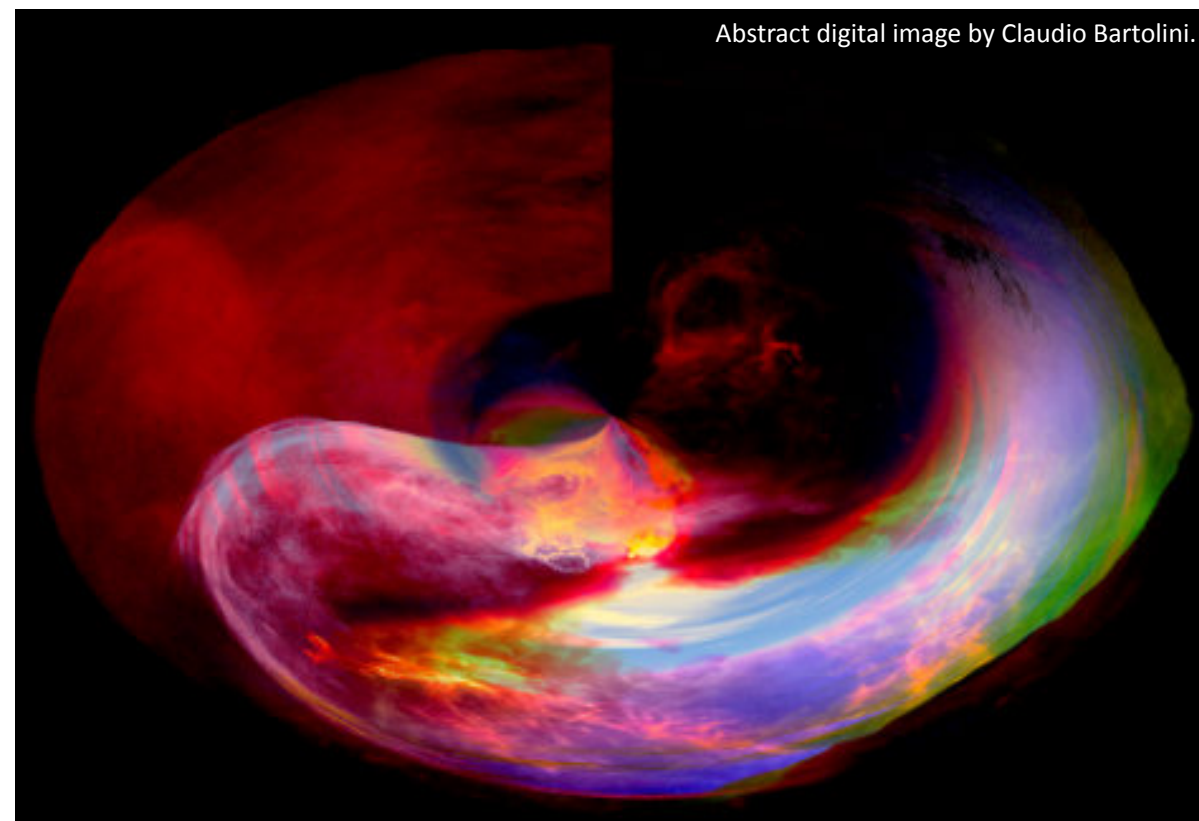
Museo Nacional de Historia Natural, Havana, Cuba

ABSTRACT

A thick, calcareous, clastic megabed of late Maastrichtian age has been known for sometime in western and central Cuba. This megabed was formed in association with the bolide impact at Chicxulub, Yucatán, at the K/T boundary, and is composed of a lower gravity-flow unit and an upper homogenite unit. The lower gravity-flow unit is dominantly composed of calcirudite that was



Figure 1. A map showing locations of Chicxulub crater and K/T boundary sites in areas surrounding the Gulf of Mexico.



Abstract digital image by Claudio Bartolini.

Los que pueden imaginar cualquier cosa, pueden crear lo imposible.

Alan Turing

EVALUACIÓN AL DAÑO POTENCIAL AL AMBIENTE POR LA PRODUCCIÓN DE JALES EN EL ESTADO DE HIDALGO, MEDIANTE EL USO DE SIG

Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis que para Optar por el Grado de: Especialista en Ingeniería Sanitaria. Junio de 2019.

Sustentante: Ing. **Jorge Alberto Vázquez Méndez.**

Director de Tesina: *M.en I. Alba Beatriz Vázquez González.*

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo identificar las zonas vulnerables a la contaminación de agua por actividad minera en el estado de Hidalgo, con el propósito de localizar las posibles fuentes de contaminación de origen minero haciendo uso de sistemas de información geográfica y el apoyo de software con el programa QGIS.

El trabajo está basado en las normas oficiales mexicanas, en específico la NOM-141-SEMARNAT-2003 la cual establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales; y la NOM-052-SEMARNAT-2005 la que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Los jales mineros son residuos que resultan del beneficio de un mineral de interés, siendo peligrosos cuando sus características son tóxicas (pudiendo ser no tóxicos), su manejo común es la disposición en presas, llamadas presas de jales. Con el trabajo realizado se identificaron las zonas más vulnerables a la contaminación del agua por residuos mineros (jales), a lo largo del estado de Hidalgo.

Finalmente se obtuvieron con la metodología y el análisis del trabajo en cuestión, los medios para tener los elementos y concluir que si la actividad minera metálica propia del estado de Hidalgo podría influir en la contaminación de los puntos de muestreo de agua reportados en el geo portal CONABIO de la zona.

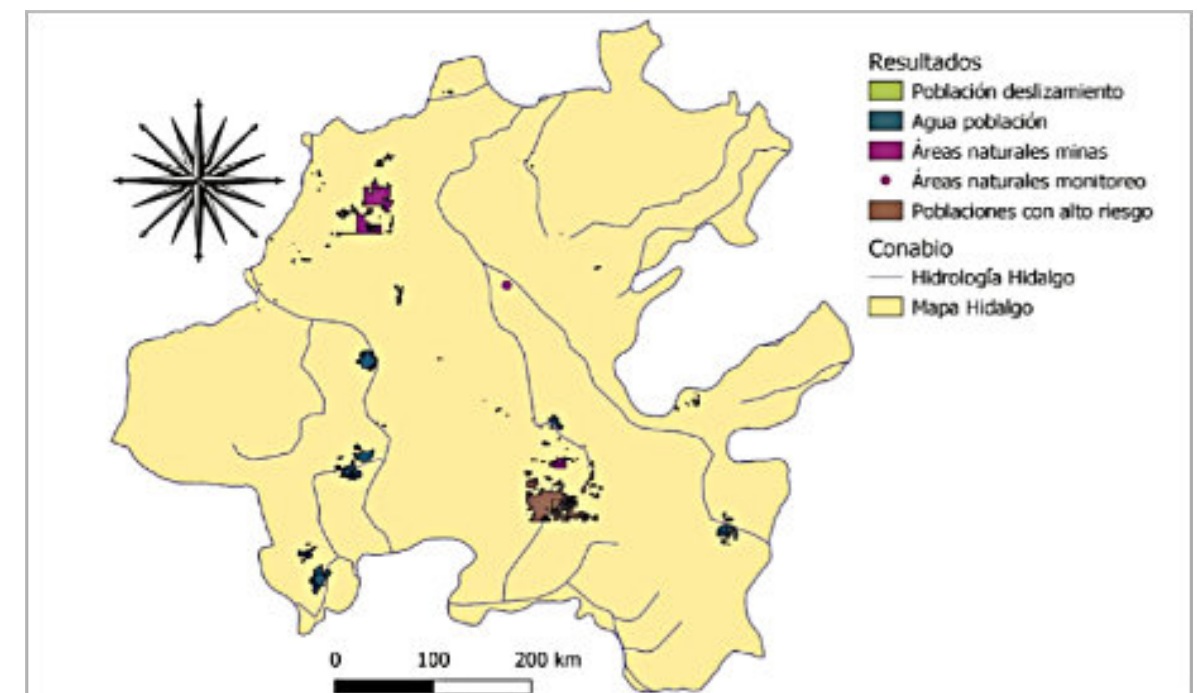


Figura 1.1. Mapa de Hidalgo con probabilidad de contaminación por agua por la actividad minera.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/LIBRO-DE-RESUMENES-6%C2%B0-CIE-2025-FINAL.pdf>



CONGRESO INTERNACIONAL DE ENERGÍA DE LA AMÉRICA A.C. 2025 (CIE 2025)
INTERNATIONAL ENERGY CONFERENCE OF THE AMEREN C.A. 2025 (IEC 2025) CIE 2025

HIDRÓGENO BLANCO, ENERGÍA LIMPIA Y RENOVABLE QUE EMERGE DE LA TIERRA

L.A. Valencia Flores*^{1,2}, S.M. García Solares*^{3,4}, M.A. Guzmán Figueroa⁵, L. Rodríguez Flores*

¹ Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional,

² Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán,

³ Laboratorio Nacional de Desarrollo y Aseguramiento de la Calidad de Biocombustibles (LaNDACBio),

⁴ Instituto Colombiano del Petróleo y Energías de la Transición,

⁵ Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad

*valencia@ipn.mx; sgarcias@ipn.mx

ID: 206

Palabras clave: Hidrógeno, Blanco, Energía, Rocas, Subsuelo.

Resumen

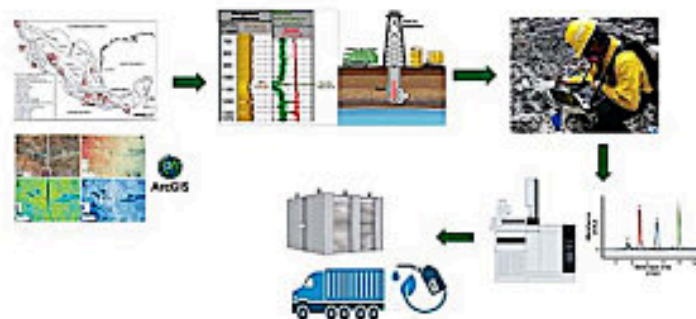
El hidrógeno es un vector energético versátil, además de una fuente de energía primaria que comúnmente se obtiene por procesos fisicoquímicos y biológicos, se conoce como hidrógeno "verde," "azul," o "gris". Por otro lado, el hidrógeno generado a través de procesos geológicos, como son reacciones químicas en el subsuelo entre minerales ricos en hierro y agua, o derivado de cambios moleculares en la materia orgánica en cuencas petroleras es conocido como hidrógeno "blanco, natural o geológico". Este gas se encuentra atrapado en ciertas formaciones geológicas de campos petroleros o puede filtrarse hacia la superficie a través de fracturas presentes en el subsuelo en ciertos lugares del planeta.

El hidrógeno blanco puede generarse en asociación con rocas ultramáficas serpentinizadas llamadas ofiolitas, que de emisiones de hidrógeno blanco, para su posible incorporación al sector energético nacional. La metodología propuesta consiste en la exploración de hidrógeno blanco en cuencas sedimentarias con sistemas petroleros activos, a través del análisis de registros geofísicos de pozos,

presentan una secuencia o conjunto litológico de origen ígneo, pasando por procesos metamórficos y cambiando su estructura mineralógica original. Las ofiolitas se han localizado en diversas partes del mundo, tanto en la superficie como en el subsuelo. Estas rocas, al estar enterradas y sometidas a determinadas temperaturas, podrían ser la clave para la generación de hidrógeno de forma natural. El hidrógeno blanco, al ser producido de manera natural, no genera emisiones de gases de efecto invernadero durante su generación y, aunque se encuentra en etapas tempranas de exploración comercial, podría ser una fuente importante para la transición energética, complementando otras formas de hidrógeno más industrializadas.

El presente trabajo tiene como objetivo identificar áreas con potencial evidencia así como análisis exploratorios llevados a cabo mediante imágenes aéreas y/o satelitales para la identificación de rasgos geomorfológicos de interés en la superficie terrestre, sugiriendo manifestaciones de hidrógeno filtrado desde el subsuelo.

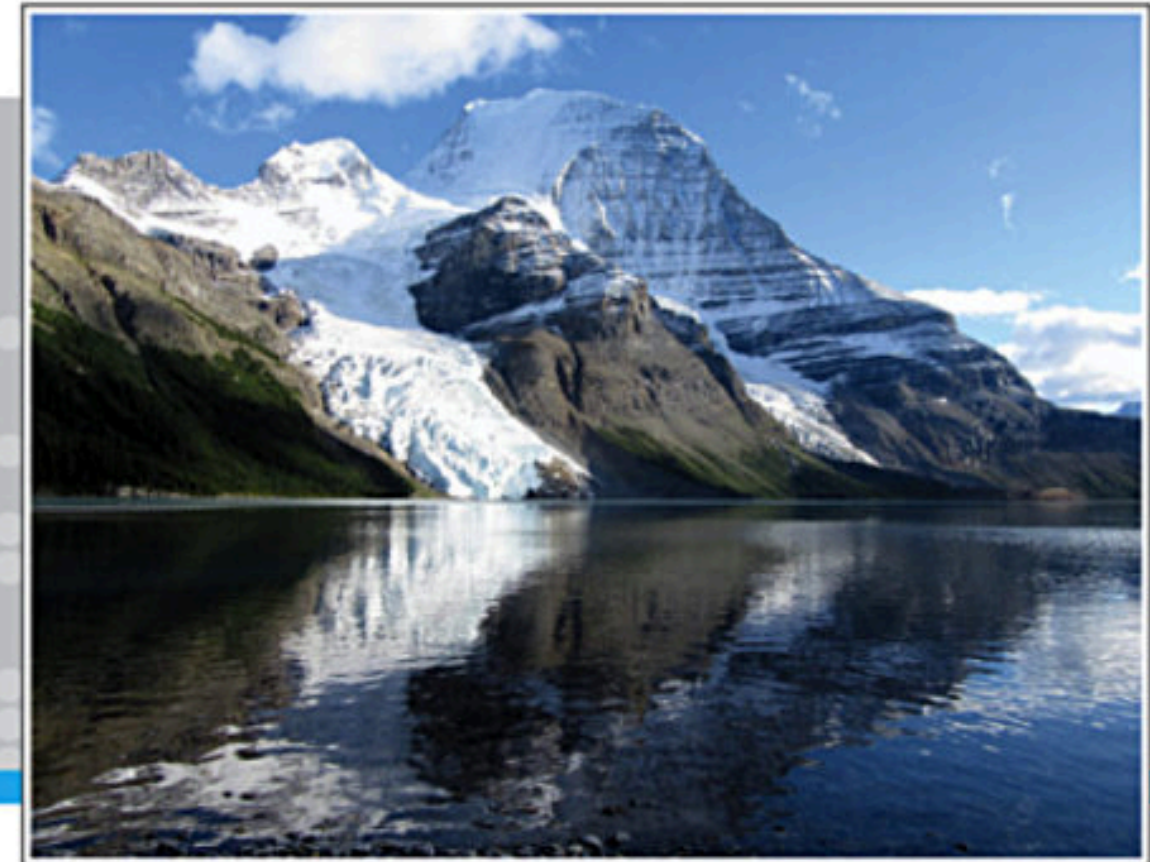
Resumen gráfico



El libro recomendado

<https://opentextbc.ca/geology/>

Physical Geology



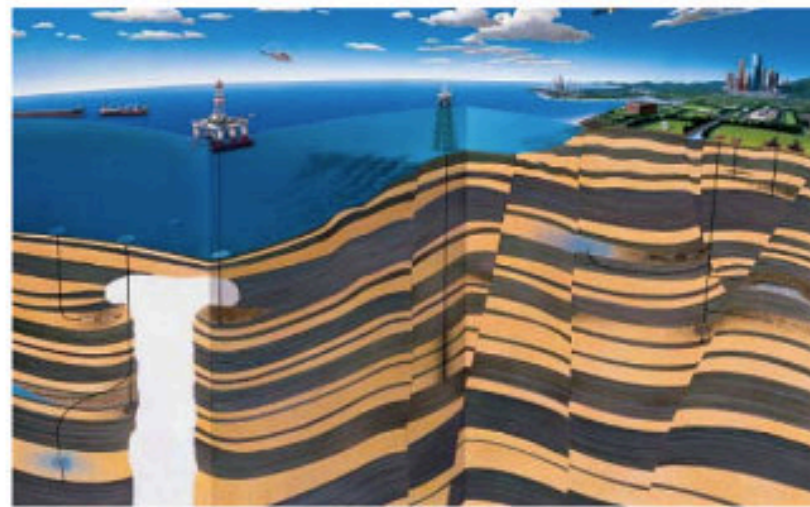
open.bccampus.ca

BCcampus OpenEd

El libro recomendado

<https://lya.fciencias.unam.mx/gfgf/cubamex2012/lemagne/fiyacimientos.pdf>

FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE YACIMIENTOS



Autor:

FREDDY HUMBERTO ESCOBAR MACUALO, Ph.D.

Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos - Freddy H. Escobar, Ph.D.

Mapas geológicos: explicación e interpretación de J.A. Martínez Álvarez

<https://pdfcoffee.com/mapas-geologicos-martinez-alvarezpdf-4-pdf-free.html>

El libro recomendado

<https://opengeology.org/textbook/>

Salt Lake
Community
College

An Introduction to Geology

Free Textbook for College-Level Introductory Geology Courses

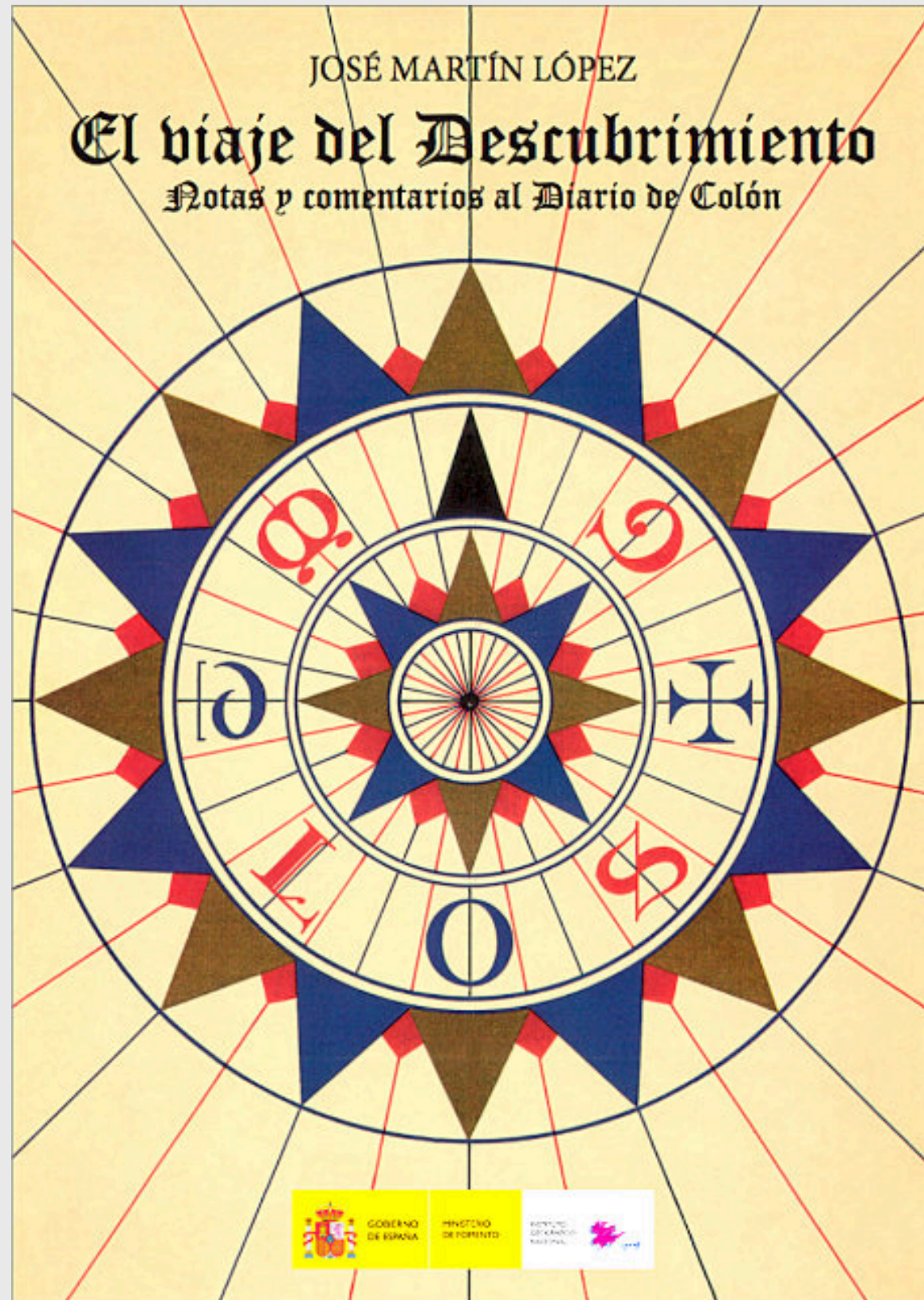
Cover



Delicate Arch, Arches National Park, Utah

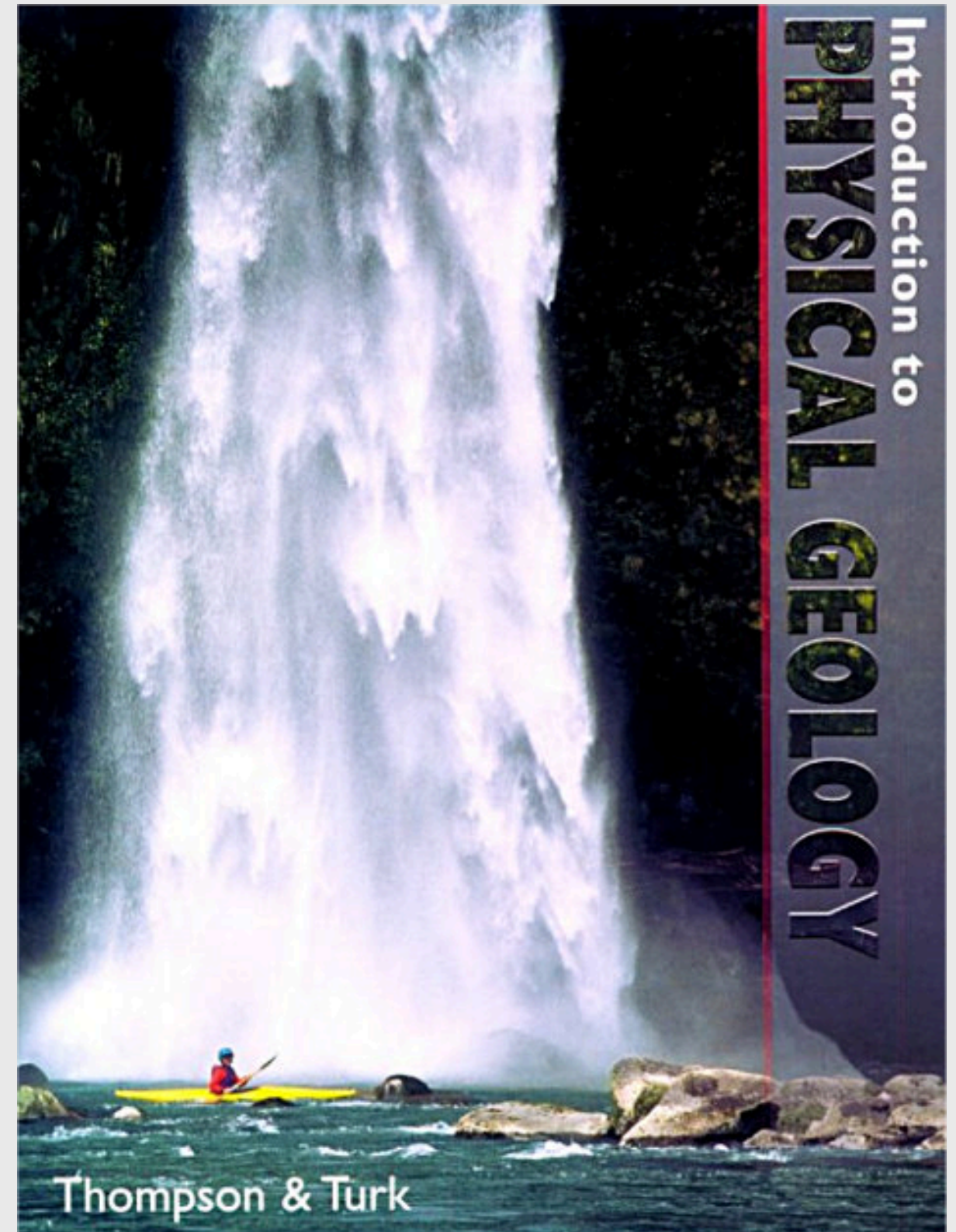
El libro recomendado

https://www.ign.es/resources/acercaDe/libDigPub/Viaje_descubrimiento.pdf

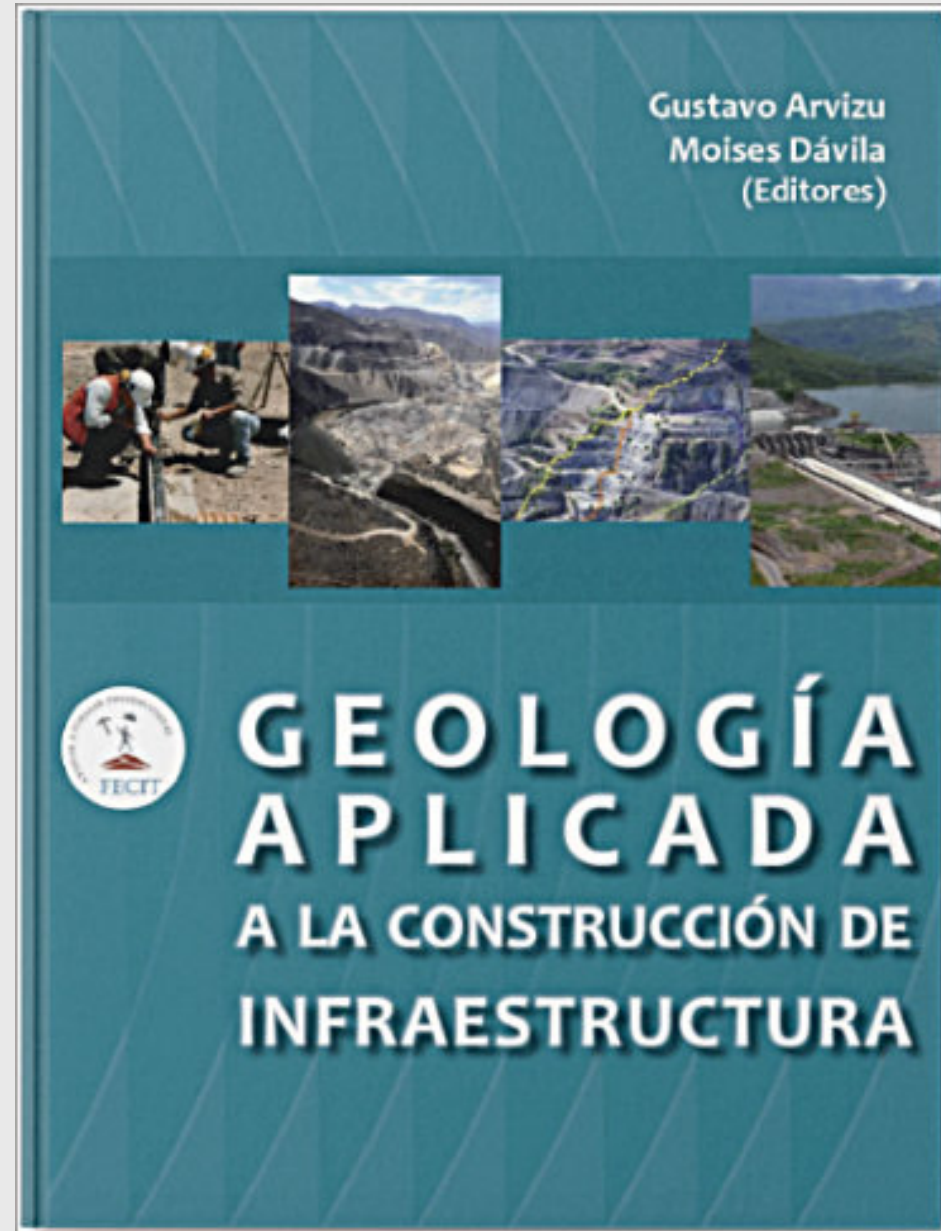


El libro recomendado

<https://hostnezt.com/cssfiles/geology/Introduction%20to%20Physical%20Geology%20-%20Thompson-Turk.pdf>



<https://www.moisesdavila.com/>



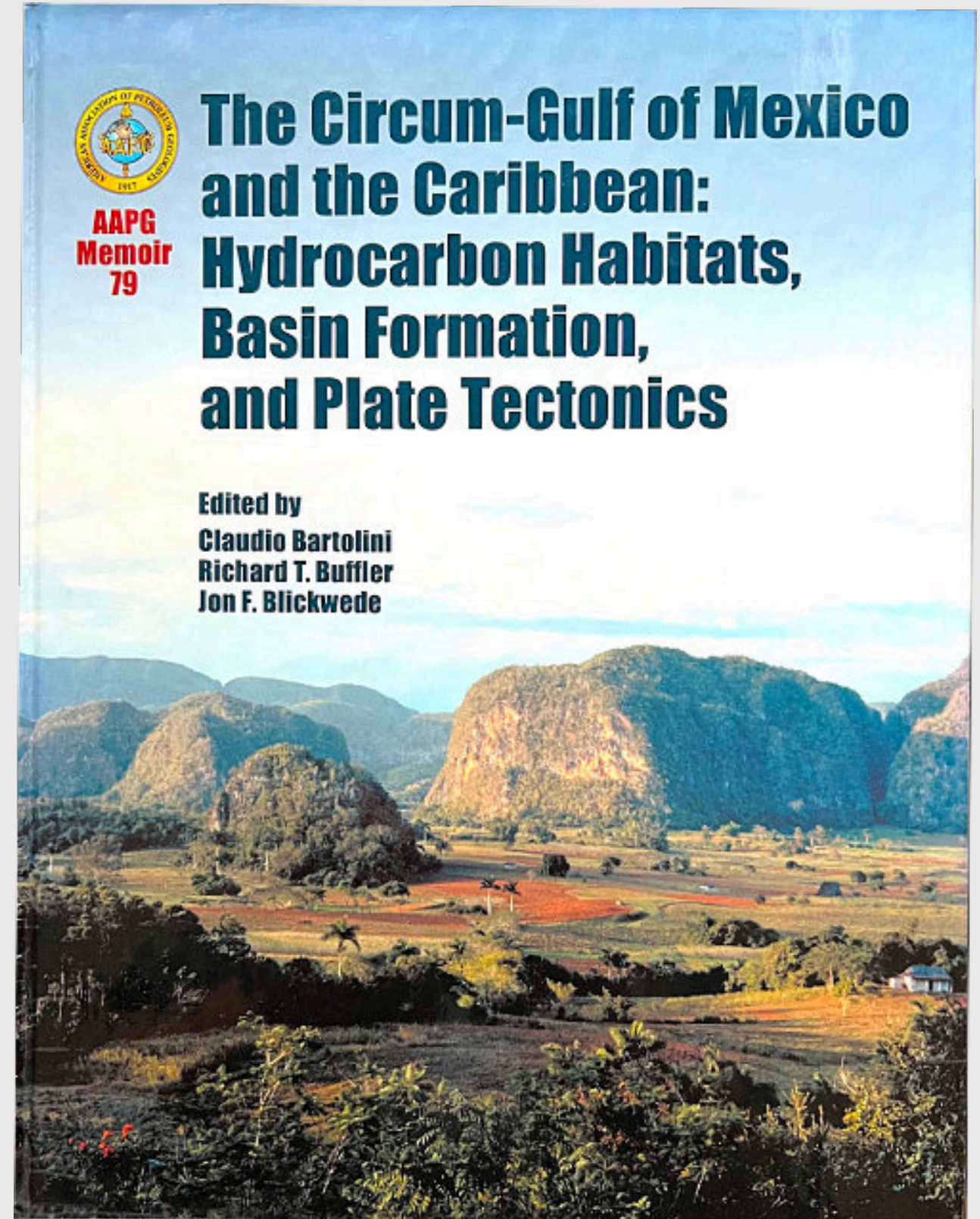
Geología Aplicada a la Construcción de Infraestructura.

Fundación Pro Ciencias de la Tierra, FECIT.

Geología Aplicada a la Construcción de Infraestructura es un libro de texto para alumnos de licenciaturas en ingeniería civil, arquitectura, geología y geofísica, entre otras. Presenta las experiencias de los autores en varias décadas en la industria de la construcción, abordando la parte de la geotecnia que corresponde a todas las actividades exploratorias que se llevan a cabo para construir el modelo geológico – geotécnico del macizo rocoso en el cual se desarrollará una obra civil de dimensiones importantes.

El libro recomendado

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/AAPG-MEMOIR-79-Bartolini-et-al.-2003.pdf>



Sostenibilidad en la transición energética. Mitos y verdades a medias que persisten de la transición energética. Parte 1.

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Vivimos en 2025 y, en teoría, el acceso a la información debería algo bastante sencillo para todos. Sin embargo, somos testigos de cómo productos de desinformación han permeado prácticamente todas las áreas de la ciencia y política. Idealmente, la distribución masiva debería ser exclusiva de medios que cuentan con fuentes serias sustentadas en proyectos académicos que puedan comprobar la veracidad de lo que se publica, pero también es cierto que no se puede violar la libertad de expresión. Esto genera una zona gris que es aprovechada por grupos que difunden desinformación que llega a consumidores que desafortunadamente no cuentan con las herramientas para desvirtuar estas falsedades. Aprovechemos entonces nuestra sección mensual para que acallemos el ruido y conozcamos los mitos más arraigados y cuál es lo más cercano a la realidad de nuestra situación actual desde la ciencia y la academia.

Mito 1. Los vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés) contaminan más que los de combustibles fósiles.

Es indiscutible que construir un vehículo eléctrico constituye actividades menos respetuosas con el planeta que las asociadas a un automóvil tradicional. A pesar de los avances observados en la eficiencia de la utilización de materiales y en los procesos de manufactura, construir un EV conlleva la emisión de unas 11 a 14 toneladas métricas de CO₂, mientras que fabricar un vehículo de combustión interna emite unas 6 toneladas métricas de CO₂.¹ No obstante, gracias al aumento de la participación de energías renovables en las matrices energéticas y al aumento de eficiencia de las baterías de EVs, en Estados Unidos, ese desbalance de emisiones se iguala, en promedio, en menos de 2 años de uso (asumiendo, entre otras cosas, que se recorren unos 18.000 km anuales con una eficiencia de los EVs de 0.22 kWh por km y que los vehículos de gasolina usan un galón por cada 40 km)¹. A partir de esos 2 años de tenencia del EV, éste tiene una

huella de carbono menor que si utilizara en su lugar un automóvil de combustión interna.

Mito 2. Muchas aves están muriendo debido a los parques eólicos. Podemos considerar esto como una verdad a medias, hay que empezar por aceptar que las aeroturbinas sí son una amenaza para dicha fauna. La comparación más común en medios es que se estima que anualmente mueren en Estados Unidos entre 140.000 y 680.000 aves por colisiones con aerogeneradores, mientras que por causas humanas se pierden unas 800.000.000 a 3.600.000.000 vidas². Ahora, tal vez esa comparación no es la más justa porque estaríamos contrastando entidades que tienen áreas de influencia completamente dispares. Estudios más elaborados tratan de comparar la cantidad de aves que mueren en la generación eléctrica según la fuente, ya sea eólica o combustibles fósiles, un estudio estimó que por cada GWh de energía generada con aeroturbinas, se pierden 0,269 aves, mientras que, si se genera la misma cantidad a partir de combustibles fósiles, se observan 5,18 muertes³. Este estudio tiene en cuenta que las aves también colisionan con estructuras de plantas termoeléctricas, que su hábitat se ve destruido parcial o totalmente, y que las emisiones asociadas a la quema de carbón están ligadas a lluvia ácida y contaminación de mercurio que los científicos relacionan con defectos en el nacimiento de nuevos organismos. Por supuesto, tampoco son nada despreciables los efectos del calentamiento global producido por los combustibles fósiles en todas las especies que habitan el planeta. Ahora, puesto que ya hemos visto que las aves sí se ven afectadas por los parques eólicos, nuestro siguiente paso es mitigar el riesgo, algo que ya se está poniendo en práctica. Países europeos están aumentando la visibilidad de las aspas de los aerogeneradores para las aves, que no ven las cosas de la misma manera que nosotros, trucos como pintar de color oscuro una de las palas o dibujar patrones disminuye enormemente las colisiones hasta un 70%⁴. La planificación de escenarios es otra propuesta fuerte, por ejemplo, se reduciría la velocidad durante las migraciones, no se instalarían nuevas granjas eólicas en zonas de paso de aves migratorias, o se adoptarían sistemas de detección temprana de aves para disminuir la velocidad hasta niveles que no constituyan un riesgo alto, entre otras.

Mito 3. El hidrógeno es la respuesta al calentamiento global. La calidad que tiene el hidrógeno como vector energético es impresionante, ¿qué podría ser más extraordinario que el combustible que le da vida a nuestra estrella, el Sol? Sin embargo, la complejidad a la que nos enfrentamos es a veces desalentadora, primero, tenemos obstáculos para su obtención, y segundo, no es un recurso que se ajusta para solventar todos nuestros requerimientos energéticos. Empecemos por su obtención, fácilmente hoy casi todo el hidrógeno que conseguimos es mediante el reformado con vapor del metano, mediante el cual se liberan todos los átomos de carbono en forma de moléculas de CO que eventualmente se convierten en CO₂ cuando entran en contacto con el ambiente. Un proceso no muy lejano en impacto ambiental al de consumir metano directamente. Los EVs, por su parte, han ganado muchísimo terreno como medios de transporte limpios porque además cuentan con una estructura de alimentación eléctrica que es mucho más conveniente que el funcionamiento de los automóviles con celdas de hidrógeno, que requieren la recarga en

lugares especializados. Ahora, el hidrógeno sí se puede escalar con éxito en otras industrias para las que no teníamos opciones más que los combustibles fósiles, por ejemplo: industria pesada de acero, cemento y química donde se necesita alcanzar temperaturas altísimas; o para el transporte a largas distancias como la aviación y buques transoceánicos, que usan combustibles con altas densidades energéticas; o como sistema de almacenamiento energético en celdas que no se descargan como las baterías tradicionales.

Como podemos ver, la desinformación no viene siempre de los mismos actores, son múltiples las fuentes que tienen diferentes intereses que tratan de aprovecharse de nuestros sesgos y preconcepciones para implantarnos convicciones que no siempre se ajustan a la realidad. Tener un ojo crítico en nuestra coyuntura es imprescindible para poder tomar partido y así ser participantes objetivos ante el complejo panorama del cambio climático. Aprender a dudar con criterio es nuestra mejor herramienta.

¹James, R. Carbon Footprint Face-Off: A Full Picture of EVs vs. Gas Cars. Recurrent. Enero, 2025. Fuente: <https://www.recurrentauto.com/research/just-how-dirty-is-your-ev>

²Buchholz, K. What Is Killing U.S. Birds? Statista. Sep, 2025. Fuente: https://www.statista.com/chart/15195/wind-turbines-are-not-killing-fields-for-birds/?utm_source=chatgpt.com

³Sovacool, B. The avian benefits of wind energy: A 2009 update. Renewable Energy, Volumen 49. Enero 2013, P. 19-24. Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148112000857?via%3Dihub>

⁴Keenan, R. UK's offshore windfarms to be painted black to protect birds. Febrero, 2025. Fuente: https://www.theguardian.com/environment/2025/feb/27/offshore-windfarms-to-be-painted-black-to-protect-birds?utm_source=chatgpt.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

¿Qué tan limpias son las energías limpias?

Una mirada crítica desde México

Daniela K. Calvo-Ramos^{1*}, Alejandro Carrillo-Chávez¹ y Luisa Fernanda Rueda-Garzón¹

* Autor de Correspondencia:

dcalvo@geociencias.unam.mx

A medida que el mundo se vuelve más consciente de su huella ambiental, las energías limpias se presentan como el gran salto hacia un futuro más sostenible. Paneles solares, turbinas eólicas, autos eléctricos... todo parece apuntar a una revolución verde. Pero ¿qué hay detrás de esta transición?

Las llamadas energías limpias —también conocidas como renovables o verdes— se obtienen de recursos naturales que se regeneran rápidamente, como el sol, el viento o el agua. Son celebradas por no emitir gases de efecto invernadero ni contaminar el ambiente de forma directa. Sin embargo, su producción no está exenta de impactos.

Para fabricar las tecnologías que sustentan esta transición energética, se requiere una extracción masiva de metales

como cobre, cobalto, níquel y litio. Y aquí es donde la historia se vuelve más compleja. Según estimaciones recientes, la demanda de estos metales se duplicará en los próximos años. México, por ejemplo, figura entre los diez principales países productores de cobre, con Sonora liderando con más del 85 % de la producción nacional.

Entonces, ¿qué tan verde es realmente lo verde? La minería a gran escala, el consumo intensivo de agua, la contaminación de suelos y cuerpos hídricos, las emisiones indirectas y los residuos generados son solo algunas de las consecuencias ambientales que acompañan esta “limpieza”. Y no podemos ignorar los conflictos sociales que muchas veces surgen en las comunidades cercanas a las zonas de extracción.

La pregunta que queda flotando es incómoda pero necesaria: ¿estamos dispuestos a asumir nuevos daños ambientales en México para construir un mundo más verde?

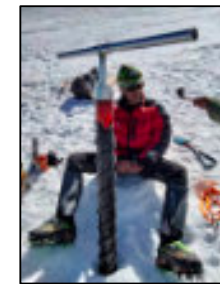
Somos la primera generación en reconocer el problema. Y quizás, la última que puede hacer algo al respecto.



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



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 a la Unidad de 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



Luisa Fernanda Rueda Garzón. Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Maestra y Doctora en Ciencias y Tecnología del Agua por la Universidad de Guanajuato. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en el Instituto de Geociencias de la UNAM. Ha investigado la contaminación y movilidad de metal(oid)es en

suelos y sedimentos afectados por minería. Fue docente en la Universidad de Guanajuato y actualmente se enfoca en geoquímica, especialmente en el uso de isótopos estables de Zn y Cu para rastrear fuentes de contaminación y comprender los procesos geoquímicos que influyen en la calidad de los recursos naturales.

<https://mujeresenlaciencia.amc.mx/author/amc/>



EL DESTACADO TRABAJO DE FOGHIN Y ARÍSTIDES BASTIDAS EN EL DIARIO EL NACIONAL, CARACAS

José Antonio Rodríguez Arteaga

rodriguez.artea@gmail.com

Colaborador de la Revista

RESUMEN

La *ciencia amena* es un estilo de periodismo de divulgación científica que busca hacer a la misma accesible y comprensible, para el público en general. Es así que el conocimiento científico no debe quedarse en los laboratorios, cátedras de análisis matemáticos y de fríos guarismos que se practican en los estudios de enseñanza superior, sino que debe ser compartido con toda la sociedad buscando una interpretación informativa. Valga decir del complejo lenguaje técnico-científico a un lenguaje "llano, preciso y próximo a la población en el mejor de sus acepciones" creando interés y presentándolo de una manera interesante y divertida y a veces con un leve toque humorístico, para captar la atención. Ello permite pues promover su desarrollo considerando su divulgación, como instrumento esencial para el progreso tecnológico y la autodeterminación cultural de cualquier nación.

Arístides Bastidas (1924-1992) connotado y reconocido columnista diario en su sesión "*La ciencia amena*", Diario El Nacional, Caracas, abordaba una gran variedad de temas científicos con un estilo interpretativo y de opinión, buscando que la ciencia se valorara y se entendiese como un bien social. En fechas más tempranas del siglo XXI y luego de entrevistar (en línea) al profesor Sergio Foghin Pillín, nos hemos topado con el sugestivo manejo de alrededor de 100 columnas de opinión con el sugestivo título de *Librerías de Viejos*, publicados en el mismo órgano periodístico que Bastidas utilizó, pero ahora en "tiempos digitales" - por aquello de la obligada ausencia de papel. Hecho que no se discutirá en el presente ensayo. En estos, Bastidas y Foghin, se encontraron con un tema por demás singular, la geología, pero fuera del "academicismo duro".

Palabras claves: Ciencia amena, lenguaje llano y preciso, Arístides Bastidas (1924-1992), Sergio Foghin Pillín, "Librerías de Viejo".

ABSTRACT

Popular science is a style of science communication journalist that seeks to make it accessible and

understandable to the general public. Thus, scientific knowledge should not be confined to laboratories, mathematical analysis lectures, and the cold figures practiced in higher education studies, but rather it should be shared with all of society, seeking an informative interpretation. It's necessary to translate the complex technical-scientific language into a language that is 'plain, precise, and close to the population in its best meanings,' creating interest and presenting it in an engaging and fun way, sometimes with a slight humorous touch, to capture attention. This promotes the development of science as its dissemination is considered an essential tool for technological progress and the cultural self-determination of any nation. Arístides Bastidas (1924-1992), a prominent and recognized daily columnist in his section 'Amusing Science,' published in the Diario El Nacional, Caracas, addressed a wide variety of scientific topics with an interpretative and opinionated style, seeking for science to be valued and understood as a social good. In the earlier years of the 21st century, after interviewing Professor Sergio Foghin Pillín, we encountered the intriguing handling of around 100 opinion columns with the suggestive title 'Old Bookstores,' published in the same newspaper that Bastidas used, but now in 'digital times' - due to the unavoidable absence of paper - a fact that will be discussed in this essay. In these, Bastidas and Foghin came across a particularly unique subject, geology, but outside of 'rigid academicism.'

Keywords: Enjoyable science, plain and precise language, Arístides Bastidas (1924-1992), Sergio Foghin Pillín, "old bookstore".



S. Foghin y A. Bastidas individuos de Igualdades o diferencias

En el caso de Foghin, tiene consigo artículos que abarcan temas esencialmente de, y climatología en la sección de opinión, mas la columna que lleva por título el anteriormente mencionado columnista, *Librerías de Viejos*, Sergio es autor contemporáneo en el contexto demográfico y los identificadores culturales que pueden

variar en las tallas de El Nacional datan al menos desde 2024, por lo que su obra se enmarca en el *periodismo digital* de la Venezuela actual.

En el caso de Aristides Bastidas, este a pesar de sus "tiempos", - 1924, fecha de su nacimiento- y autodidacta de origen, gozaba el ser un incansable educador cuya vida y obra las dedicó a hacer de la ciencia un tema "placentero".

Su trabajo fue tan influyente que una cátedra de periodismo científico y un municipio de Venezuela llevan su nombre. Mas ambos autores comparten notables similitudes y presentan claras diferencias en sus trayectorias de escritores venezolanos.

El enfoque de Foghin es esencialmente universitario del más puro y de la más auténtica didáctica. Ella apunta sobre temas relacionados esencialmente a la climatología y la atmósfera, incluyendo en ellos la historia, así como a efemérides geográficas.

Sergio enfoca sus estudios más a la meteorología en Venezuela, en el que menciona un fenómeno ocurrido en la costa de Macuto, estado Vargas - ahora estado La Guaira -. El artículo lleva por título "La meteorología en Venezuela" (Foghin-Pillin, 2015:15-31) en el cual mencionará un fenómeno meteorológico local conocido como la *caldereta*¹, que Rómulo Gallegos (1884-1969) considerado como el novelista venezolano más relevante del siglo XX, y uno de los más grandes literatos latinoamericanos de todos los tiempos, describe en su cuento "Marina" como la "caldereta", viento sofocante y repentino utilizado como ejemplo para ilustrar la rica historia de la meteorología en la literatura y la cultura venezolana. Aparte de ello y a lo largo de su carrera, Foghin ha realizado importantes contribuciones a la academia venezolana -en mayúsculas-, en una labor entre el Pedagógico de Caracas (PC) donde cursó para el ejercicio docente de la Geografía y Ciencias Sociales en 1976 y luego de 9 años, el *Magister Scientiarum* en Administración Ambiental -Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas- en 1985, defendiendo su Tesis de Grado: "Aspectos Climatológicos del Territorio Venezolano".

Es pues así que los temas principales de su obra contemplan: en esencia la climatología y meteorología vernácula en la que ha escrito extensamente sobre la circulación atmosférica, la pluviometría y los fenómenos climáticos nacionales. En sus trabajos de ascenso profesoral, figuran dos, según hemos investigado: El *Territorio Venezolano en el marco de la circulación general atmosférica* y *La contribución al estudio de la*

pluviometría, también venezolana. No obstante, se puede afirmar que Foghin ha estado vinculado en "forma neta" con las ciencias geológicas, aunque ella no ha sido el campo principal de su especialización y docencia.

En sus trabajos sobre climatología y geografía, como el estudio del régimen de vientos en una región esencialmente venezolana, incorpora referencias a la geología regional, como las formaciones de rocas, para explicar los fenómenos ambientales. Esto demuestra que utiliza conceptos geológicos para dar argumento a sus investigaciones. En resumen, aunque no es un geólogo sensu stricto, sus contribuciones en el campo de las Ciencias de la Tierra lo conectan directamente con ella.

Sus trabajos, ponencias y artículos versan sobre climatología y geografía, así como al estudio del régimen de vientos en una región, incorporando referencias a la geología regional, como las formaciones rocosas, para explicar los fenómenos ambientales. Esto demuestra que ha utilizado conceptos esencialmente geológicos para comprender la noción, centrándose en la idea para argumentar sus pesquisas.



Rómulo Gallegos

En el caso de Bastidas (1924-1992), yaracuyano de nacimiento era un pilar del diario donde hizo vida personal y profesional, El Nacional, y una figura histórica al considerársele pionero del *periodismo científico en Venezuela*. en donde publicó gran número de artículos. Dirigió la página científica dominical y escribió la columna ya mencionada desde 1971 hasta su deceso.

Durante su trayectoria fue galardonado con múltiples premios, incluyendo el prestigioso Premio Kalinga que recibió de la UNESCO en 1980 al consagrarlo como divulgador científico de talla mundial. En forma semejante fue acreedor a dos Premios Nacionales de Periodismo;

además del "Henrique Otero Vizcarrondo" en 1956 y el Antonio Arráiz en el 75'. Sumado a ellos, obtiene el Premio Latinoamericano de Periodismo Científico "John Reitemeyer", de la Sociedad Interamericana de Prensa. En ambos casos ha sido *vocero de la ciencia* en su especie, haciéndose de un verbo accesible a todo público.

Ambos, Foghin y Bastidas abordan la relación entre el hombre y la naturaleza y se centran en la temática ambiental. Bastidas, en la importancia de la ciencia y la tecnología para el progreso social y la sostenibilidad; Foghin, referenciando temas ecológicos y ambientales, tal como en su artículo: "En la estela de Beryl: huracanes y tormentas tropicales, un problema de educación ambiental" julio, 8 de 2024. Probablemente la primera tormenta tropical documentada en la historia de Venezuela que afectó severamente a la Península de Paraguaná el 23 de septiembre de 1877 y cuyos efectos relató prolijamente la dama francesa *Leontine Perignon de Roncajolo*² importante conexión de la naturaleza. la vida cotidiana y la historia del país.

EI MÁS O EL MENOS DE UN TRABAJO TÉCNICO-CIENTÍFICO

En la obra de Foghin importa la calidad, que le imprimió. El *quid* radica en el pensamiento profundo con el cual fue elaborado, Incluidas las secciones *Opinión* y la *Librería de Viejos* trabajos o secciones de 2 cuartillas o menos con opiniones poco extensas y en algunos casos anécdotas e historias que bien pueden darle continuación *al pie de la presente página* y ordenadas cronológicamente³:

En lo que respecta a textos formales, Foghin explorará diversos temas relacionados con la naturaleza, la geografía y la historia de Venezuela a menudo reseñando y analizando publicaciones especializadas.

Es conocido por sus artículos técnico-periodísticos, mas en una búsqueda intensiva revela algunos libros, en los que

dejar ver su experticia geográfica y temas geoambientales, de los cuales se mencionan algunos en este ensayo: *La Ciencia Amena*, sin duda su obra más conocida; *El anhelo constante*, inspirado en la superación personal a través del conocimiento; *Aliados silenciosos del progreso*; *Científicos del mundo y hombres de la salud y de la ciencia*; *El átomo y sus intimidades*; *Ciencia y tecnología, dos bienes sociales* y *La Tierra, morada de la vida y del hombre*. Algunos de ellos lamentablemente desaparecidos o fuera de circulación actual.

En lo que corresponde a Bastidas, sus columnas han conformado la reproducción de un libro de edición gubernamental con el título *La Ciencia Amena* contentivas de *75 sesiones de opinión* y fechada en julio 2022 y 75⁴. Fue editado como parte de la *Colección Bicentenario Batalla de Carabobo* y la Comisión Presidencial del mismo nombre y aproximadamente ~ 75 columnas.



Aristides Bastidas, en *Remembranzas ambientales del Cuerpo C de El Nacional*

(Fuente: El Nacional, agosto 3, 2025, <https://www.elnacional.com/2025/08/remembranzas-ambientales-del-cuerpo-c-de-el-nacional/>)

Fallece Bastidas en la ciudad de Caracas en 1992 a los 62 años de edad.

¹Fotografía y firma autógrafa de Rómulo Gallegos (1884-1969), Ex - presidente de los Estados Unidos de Venezuela
²FOGHIN, S, 2024, En: Perignon de Roncajolo, L. 1991. *Recuerdos de Venezuela. 1876-1892*. Caracas: Fundación de Promoción Cultural de Venezuela.
Recuerdos de Venezuela. 1876-1892. Caracas: Fundación de Promoción Cultural de Venezuela.
³Véanse: los siguientes artículos desde el 1 de marzo de 2024. El sitio web de artículos del autor en El Nacional bien pueden encontrarse en: <https://www.elnacional.com/author/col-sergiofoghin/>. Advirtiéndose la ausencia de una columna, correspondiente al día lunes 8 de septiembre a los efectos del presente ensayo.
⁴BASTIDAS, A 2022. *La Ciencia Amena, Colección Bicentenario de Carabobo* y de la *Independencia de Venezuela*, (reimpreso en 2022), Infobiblioteca Digital, (1ª edición), 1 de enero de 1977, Venezuela, 317 pp. <https://info-biblioteca.mincyt.gob.ve/books/la-ciencia-amena-espanol/>.

Un raro descubrimiento en las profundidades del Pacífico eclipsa a la famosa 'Ciudad Perdida'

Instituto de Oceanología de la Academia China de Ciencias.

Un enorme sistema hidrotermal rico en hidrógeno fue descubierto recientemente bajo el fondo del océano Pacífico occidental, lo que podría proporcionar nueva información para comprender los procesos internos de la Tierra y la condiciones que dieron origen a la vida, informó el Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de China.

El sistema, denominado campo hidrotermal Kunlun, se sitúa a casi 80 kilómetros al oeste de la fosa de Mussau (Papúa Nueva Guinea), dentro de una región tectónicamente activa de la placa de las Carolinas.

Según los científicos, está compuesto por 20 grandes cráteres con forma redondeada, que se extienden sobre un área de alrededor de 11 kilómetros cuadrados. Este conjunto es 100 veces más grande que la famosa 'Ciudad Perdida' del océano Atlántico, que en su momento fue considerado el mayor sistema hidrotermal de aguas profundas del mundo.

Además, cuatro de los cráteres más grandes del campo de Kunlun, que fueron explorados por el sumergible tripulado Fendouzhe, presentan paredes escarpadas similares a las chimeneas de kimberlita (formaciones geológicas verticales), con profundidades de hasta 130 metros.

Un sistema sin precedentes

A pesar del gran tamaño de este campo hidrotermal, lo que lo hace especialmente singular son los altos niveles de fluidos ricos en hidrógeno que emite. Los investigadores calcularon, mediante técnicas espectroscópicas, que las concentraciones de hidrógeno en los fluidos

hidrotermales difusos, oscilan entre los 5,9 y 6,8 milimoles por kilogramo.

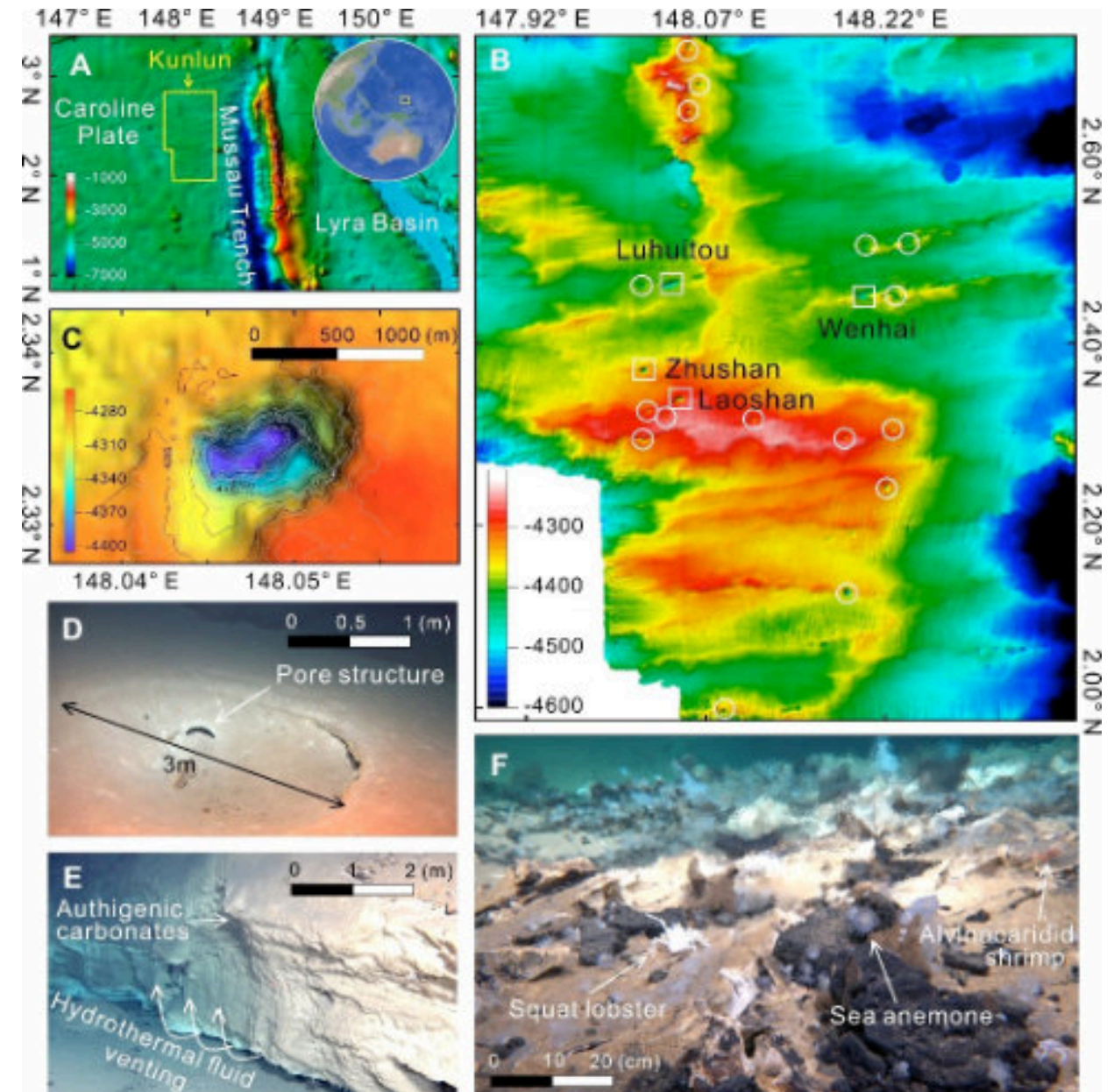
Asimismo, sugirieron que el campo de Kunlun aporta al menos el 5 % de la producción global del hidrógeno no abiótico (no generado por organismos vivos) de todas las fuentes submarinas, una cifra muy significativa para un solo sistema hidrotermal.

Por otro lado, los especialistas comentaron que las características geológicas identificadas en el campo de Kunlun indican que su actividad hidrotermal responde a un proceso evolutivo en fases, iniciando por erupciones impulsadas por gases y continuando con una prolongada circulación hidrotermal acompañada del depósito de minerales.

El hallazgo de este sistema, publicado en la revista Science Advances, permitirá realizar investigaciones sobre la relación entre las emisiones de hidrógeno y el surgimiento de la vida primitiva, pues se cree que los fluidos alcalinos ricos en hidrógeno se asemejan al entorno químico que había cuando nuestro planeta recién se formó. También permitirá detectar recursos energéticos sin explotar debajo del fondo marino.

“El sistema Kunlun destaca por su flujo de hidrógeno excepcionalmente alto, su escala y su entorno geológico único. Esto demuestra que la generación de hidrógeno impulsada por la serpentización puede ocurrir lejos de las dorsales oceánicas, lo que desafía las suposiciones arraigadas”, explicó el profesor Sun Weidong, coautor del estudio, en un comunicado oficial.

La serpentización es un proceso geoquímico en el que el agua de mar se infiltra a través de grietas en rocas profundas del manto terrestre, especialmente aquellas ricas en hierro y magnesio. Al reaccionar, se forman nuevos minerales llamados serpentinas, caracterizados por su color verdoso y textura suave.



Este proceso, además de transformar la composición de las rocas, libera hidrógeno en grandes cantidades y genera ambientes alcalinos, lo que crea condiciones propicias para el desarrollo de ecosistemas únicos en las profundidades del océano.

La formación de los cráteres se atribuye a explosiones provocadas por la acumulación de hidrógeno, seguidas de la apertura de fracturas que facilitaron la circulación de fluidos hidrotermales y la precipitación de minerales como dolomita y calcita. Estos carbonatos se depositaron

incluso en zonas muy profundas, donde normalmente el agua del océano los disuelve.

El campo hidrotermal Kunlun alberga una notable diversidad biológica adaptada a la quimiosíntesis (SCHMIDT OCEAN INSTITUTE)

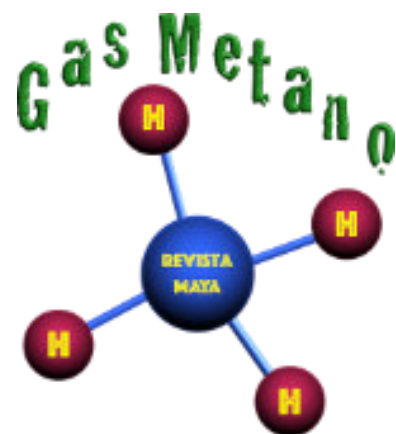
A partir del mapeo de áreas de descarga y el análisis de la velocidad de flujo, se estimó que el sistema Kunlun libera anualmente una cifra que representa al menos el 5% del flujo global de hidrógeno abiótico submarino. Esta cifra lo



sitúa como un actor clave en el balance global de hidrógeno generado por procesos de serpentinización.

El descubrimiento redefine los límites geográficos de los sistemas hidrotermales ricos en hidrógeno y aporta un

nuevo marco para el estudio del origen de la vida. Los fluidos alcalinos y ricos en hidrógeno generados por la serpentinización crean un entorno químico similar al que pudo haber existido en la Tierra primitiva.



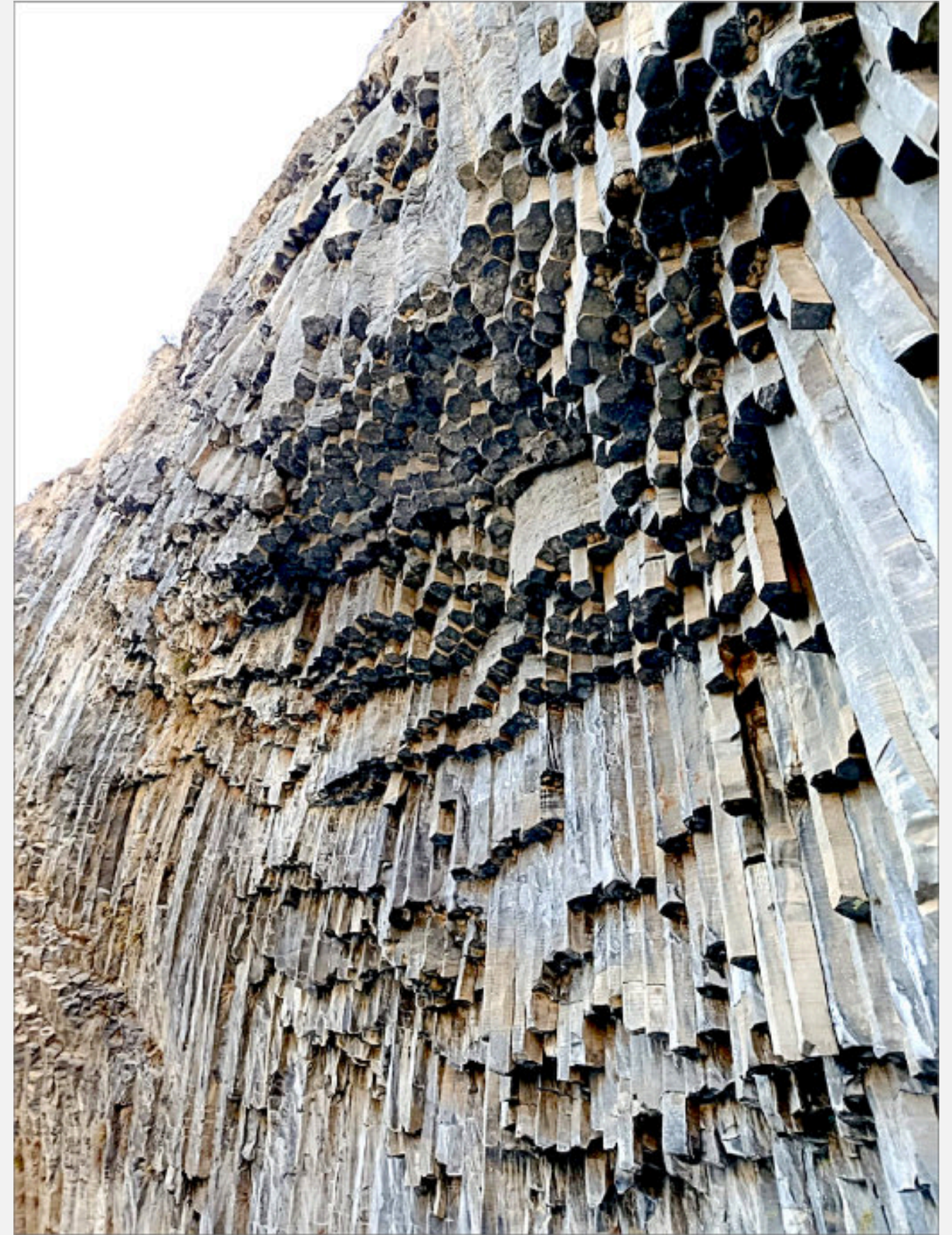
29 de septiembre, otro aniversario más del Día Del Geólogo venezolano. Vayamos todos donde estemos a conmemorarlo, pues es una jornada de reflexión y trabajo, implanda por Noel Mariño y el suscrito, gracias a la participación de la ANIH, y uno de sus miembros, el profesor Franco Urbani y una mayoría de miembros activos y retirados que que ante la falta notoria de un día onomástico -antes se celebraba erróneamente el 9 de julio de cada año-, nos dimos a la tarea de estudiar varios países y escoger este día honrando así, a nuestros padres fundadores, doctores Santiago Emigdio Aguerrevere, Pedro Ignacio Aguerrevere, Manuel Tello Berrizbeitia, Guillermo Zuloaga y Víctor Manuel Ramos.

<https://mariantoc.github.io/Resources/DiaGeologoVenezolano.pdf>

FOTOGRAFÍAS



Magnificent exposures of Lower Jurassic eolian sandstones of the Navajo Sandstone (<https://utahgeology.com/navajo-sandstone/>) along southern Utah's canyons. Photo by **Claudio Bartolini**.



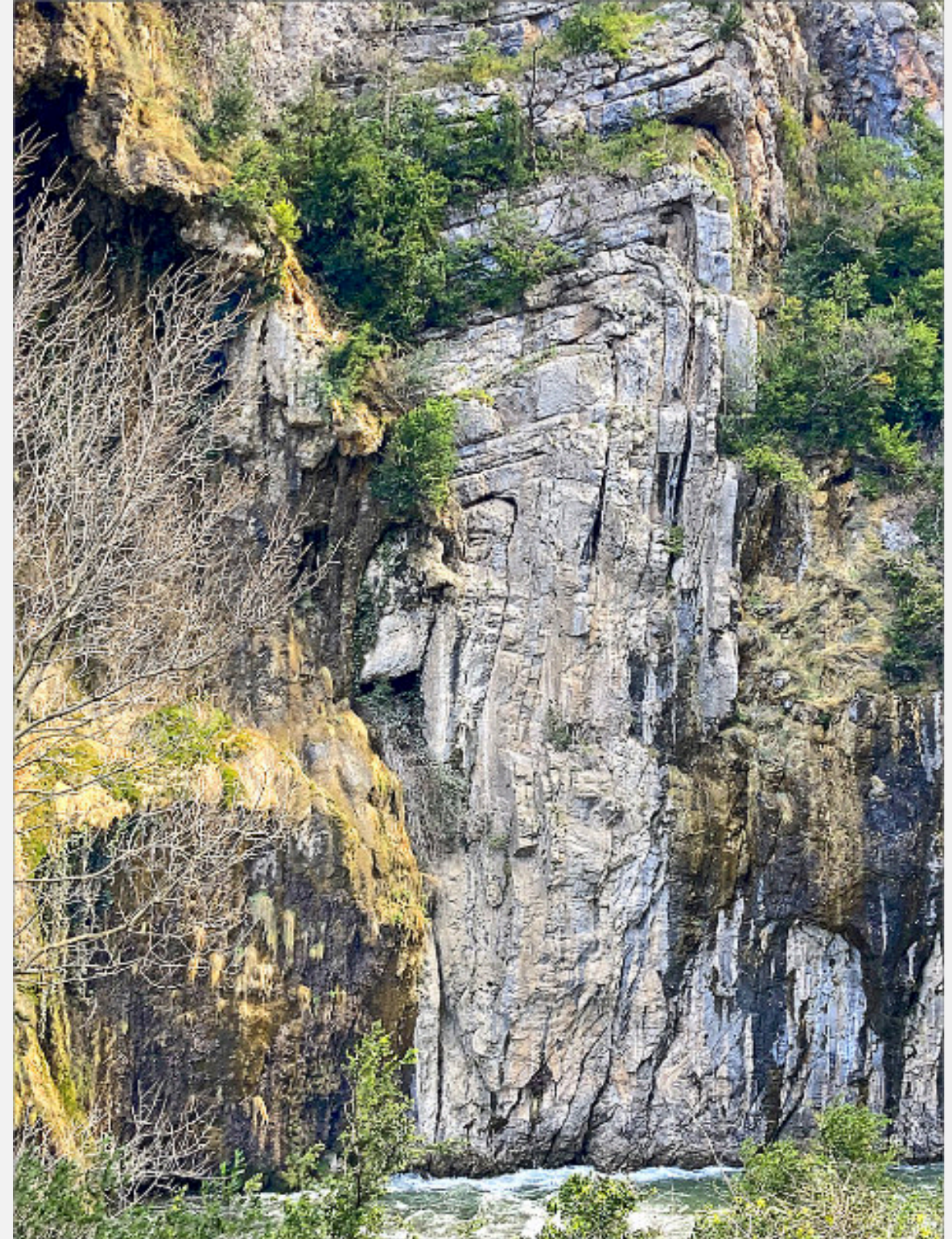
La Sinfonía de Piedras u Órgano de Basalto, en la Garganta de Garni (Armenia), está formada por columnas prismáticas de basalto de hasta 50 m de altura, producto de la contracción térmica y disyunción columnar de antiguos flujos lávicos expuestos por la erosión fluvial del río Azat (**Foto: I. Beaumarie**).



Afloramiento de la Formación Agueguexquite (Mioceno Medio-Superior) al margen del río Coatzacoalcos, Jesús Carranza, Veracruz, México. Foto del **Dr. Francisco Vega**.



Concentraciones bioclásticas de grifeidos y ostreidos de rampa media distal-externa proximal de la Formación Vaca Muerta en la Cuesta del Chihuido, NO Cuenca Neuquina (Prov. Mendoza, Argentina) (**Foto J. Porras**).



Folding in the Lower Cretaceous Roc del Diablo limestone (Cabo Formation) in Collegats Gorge, ~18 km northeast of Tremp, Spain, in the southern Pyrenees. This 5 km long, 610 m deep gorge has travertine springs and chevron folds as well as white-water rafting. Chevron folding, characterized by its distinct V-shaped geometry, is caused by compression and shortening of alternating strong and weak layers. The shortening here occurs within the south-directed Bóixols Thrust sheet. A travertine mound to the left of the folding is said to have inspired Gaudí's design of certain aspects of the Basílica de la Sagrada Família in Barcelona. This photo, along with many others, is part of the Pyrenees geo-tour described in **Prost, G.L.**, in press (expected publication date December 2025), *Western Europe's Natural Wonders*, CRC Press.



Benioff Siempre

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.

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.

NOTAS GEOCIENTÍFICAS

La Energía Hidroeléctrica

Luis Ángel Valencia Flores

Editor de la Revista

La energía hidroeléctrica, una de las fuentes de energía renovable más antiguas y confiables de la humanidad, representa la manifestación de una interacción fundamental entre la naturaleza y la capacidad humana para aprovechar sus fuerzas. En un mundo cada vez más consciente de los límites de los combustibles fósiles y la urgencia del cambio climático, la hidroelectricidad emerge como un pilar en la transición energética. Este manuscrito explora la naturaleza, la eficiencia, el impacto económico y las implicaciones biofísicas de la energía hidroeléctrica, ofreciendo una perspectiva integral que subraya su rol insustituible en el tapiz energético global.

Desde una perspectiva biofísica, la economía, lejos de ser un sistema abstracto de dinero y preferencias humanas, se entiende como una entidad intrínsecamente ligada a las leyes físicas que rigen el universo, especialmente la energía. La riqueza se produce fundamentalmente a través de la aplicación de energía a los recursos naturales. En este marco, la energía hidroeléctrica, que transforma la energía potencial del agua en electricidad, se convierte en un actor clave. Aunque la energía raramente ocupa un lugar central en la conciencia colectiva, salvo en momentos de escasez o aumentos drásticos de precios, su impacto es omnipresente y fundamental para cada proceso natural y económico. Ignorar la energía es conveniente, ya que muchos hechos sobre ella resultan incómodos. Sin embargo, como se demostrará, la energía hidroeléctrica encarna un ejemplo sobresaliente de cómo la comprensión y el aprovechamiento de los principios biofísicos pueden impulsar el progreso económico y la sostenibilidad.



Presas generando energía hidroeléctrica.

Eficiencia Energética

Uno de los indicadores más reveladores de la viabilidad y sostenibilidad de una fuente de energía es su Retorno Energético de la Inversión (EROI, por sus siglas en inglés). El EROI es la relación entre la energía devuelta por una actividad de obtención de energía y la energía utilizada en ese proceso. En esencia, busca cuantificar cuánta energía se obtiene por cada unidad de energía invertida. Para la energía hidroeléctrica, este valor es excepcionalmente alto, con estimaciones que superan ampliamente a muchas otras fuentes.

Los valores de EROI para la energía hidroeléctrica pueden llegar a 60:1, e incluso se han reportado valores superiores a 100:1. Esto significa que por cada unidad de energía invertida en la construcción, operación y mantenimiento de una central hidroeléctrica, se obtienen sesenta o incluso cien unidades de energía eléctrica.

Es crucial entender que la energía debe ser de una calidad suficientemente alta para que valga la pena explotarla, y los combustibles reales deben tener un EROI muy alto. El EROI de diferentes fuentes de energía varía significativamente. Por ejemplo, algunas estimaciones muestran que el etanol a base de maíz tiene un EROI bajo, de entre 0.8:1 y 1.6:1, y el biodiesel de 1.3:1. Las nuevas tecnologías solares (incluidas las turbinas eólicas y la fotovoltaica) son una gran esperanza, pero su contribución histórica ha sido limitada (aproximadamente el 2% en un punto de la historia), y su EROI sería mucho menor si se incluyeran las provisiones para la intermitencia. En comparación, la hidroeléctrica se distingue por su eficiencia sobresaliente y su capacidad para generar un excedente energético sustancial, un factor indispensable para el funcionamiento de una economía compleja.

Calidad Energética

Más allá de la cantidad bruta de energía, la calidad de la energía es un factor crítico que determina su utilidad y valor económico. La electricidad generada a partir de fuentes hidroeléctricas no es solo una forma de energía; es una forma de energía de alta calidad con una capacidad superior para realizar trabajo. Al comparar la electricidad generada por energía hidroeléctrica o nuclear con los combustibles fósiles, se sugiere multiplicar la energía de las primeras por un factor de aproximadamente 2.6. Esta corrección se aplica para tener en cuenta su mayor capacidad para realizar trabajo y el costo de oportunidad

de su conversión si se generaran a partir de combustibles fósiles.

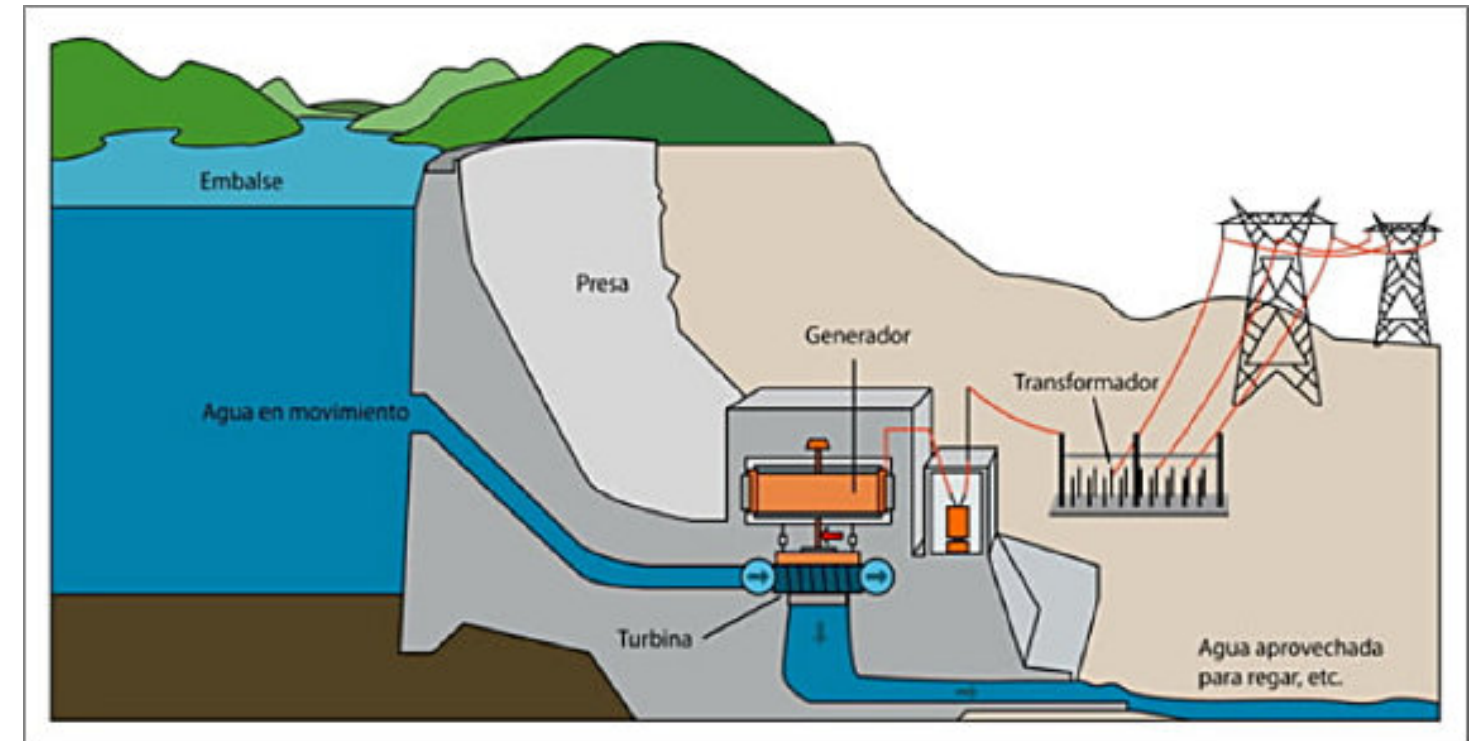
Un kilojoule de electricidad, por ejemplo, posee un valor intrínseco superior a un kilojoule de carbón. Esto se debe a sus propiedades especiales que permiten usos como encender una bombilla o hacer funcionar una computadora, tareas que no se pueden lograr directamente con carbón o petróleo. Además, la generación de electricidad a partir de carbón en una central eléctrica implica una eficiencia promedio de 35-40%, lo que significa que se necesitan aproximadamente tres unidades de calor de carbón para producir una unidad de electricidad. Esta transformación implica pérdidas significativas de energía en forma de calor residual, según la segunda ley de la termodinámica. El concepto de "emergy" (con "m"), introducido por Howard Odum, busca reflejar estas diversas cualidades de la energía, considerando no solo la energía directa utilizada sino también la energía ambiental necesaria para producirla. Esto incluye energías como la del ciclo hidrológico (evaporación y elevación de agua dulce) y la fotosíntesis, servicios que la naturaleza proporciona sin un costo monetario directo pero que son fundamentales para la economía.

La alta calidad de la energía hidroeléctrica, su constancia y su capacidad para realizar trabajo de manera eficiente, la hacen un recurso energético invaluable, superando en muchos aspectos la utilidad directa de los combustibles fósiles a pesar de su menor densidad energética inicial.

El papel histórico y económico en el desarrollo

La energía hidroeléctrica ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo económico de muchas naciones, siendo un parámetro biofísico crítico para evaluar las posibilidades de crecimiento de un país o región. Su disponibilidad ha sido históricamente un motor para la industrialización y la expansión de la infraestructura. Por ejemplo, en los primeros años de los Estados Unidos, la energía hidráulica fue de gran importancia en regiones como Nueva Inglaterra.

En la actualidad, para países en desarrollo o en crecimiento, la hidroelectricidad sigue siendo una vía importante para satisfacer el aumento de las necesidades de electricidad a medida que sus economías se expanden. Sin embargo, la financiación de grandes proyectos hidroeléctricos en naciones en desarrollo, como Costa Rica, a menudo recae en empresas extranjeras. Si bien



Sistema hidroeléctrico.

esto facilita la construcción y puesta en marcha de la infraestructura, puede tener la desventaja de resultar en una salida de ingresos del país. El estudio de Costa Rica, un país que se ha promocionado como "laboratorio para el desarrollo verde y sostenible", reveló que, a pesar de sus industrias de ecoturismo y energía solar (principalmente hidroeléctrica), el país dependía tanto del petróleo como cualquier otro lugar y distaba de ser sostenible por al menos 18 razones, sin un plan real para mantener su estándar de vida moderado sin petróleo. Esto subraya la complejidad de la dependencia energética global, incluso para fuentes renovables.

El análisis biofísico del desarrollo pone un énfasis real en la disponibilidad de energía asequible para que el desarrollo exitoso ocurra. La riqueza per cápita solo ha aumentado en aquellos países donde el uso de energía per cápita también ha crecido. La economía de Estados Unidos, por ejemplo, utilizó un promedio de aproximadamente 6 megajoules (MJ) para generar un dólar de bienes y servicios en 2017. Los costos de la energía para el consumidor representan alrededor del 5% de los ingresos totales. Si el EROI de los combustibles disminuye en el futuro, la sociedad deberá dedicar más recursos y trabajo para obtener energía, lo que reducirá los dólares y la energía netos disponibles para el resto de

la sociedad. Esta es una preocupación fundamental para la planificación económica y la sostenibilidad a largo plazo.

Implicaciones biofísicas y la necesidad de un enfoque Integral

La economía no puede entenderse como un sistema aislado, sino como un subsistema incrustado dentro de un ecosistema finito y no creciente. Esta es una premisa fundamental de la economía biofísica, que busca integrar las propiedades biológicas y físicas de los sistemas económicos reales en su análisis. Howard Odum, pionero de la ecología de sistemas, propuso el "principio de máxima potencia" (MPP), que sostiene que en un mundo competitivo, existe un equilibrio óptimo entre la tasa y la eficiencia de un proceso para maximizar la energía útil por unidad de tiempo. Esto se aplica tanto a los ecosistemas naturales como a las economías humanas.

Los economistas neoclásicos han sido criticados por su omisión de la energía en sus ecuaciones básicas de producción. La función de producción Cobb-Douglas, por ejemplo, solo considera capital (K) y trabajo (L), subsumiendo la tierra y la energía bajo la categoría de capital. Sin embargo, estudios han demostrado que la energía es un determinante mucho más importante de los cambios en la producción que el capital o el trabajo. Reiner

Kümmel y sus colegas encontraron que la energía explicaba casi todo el "residuo de Solow" (la parte no explicada del crecimiento económico), siendo más potente que el capital o el trabajo.

Desde la perspectiva biofísica, la economía, al igual que los organismos biológicos, debe encontrar continuamente nuevos recursos energéticos para construir y mantener sus estructuras: casas, autos, civilizaciones e incluso a nosotros mismos. La energía hace el trabajo de producir riqueza y es esencial para su distribución. La historia de la cultura humana puede verse como el desarrollo progresivo de nuevas formas de explotar la energía, desde las puntas de lanza hasta la agricultura y los combustibles fósiles concentrados. La hidroelectricidad es una de estas "tecnologías convertidoras" que permiten a los humanos controlar y aprovechar más energía.

Desafíos y futuro de la energía hidroeléctrica

Aunque la energía hidroeléctrica se presenta como una solución atractiva por su alto EROI y su carácter renovable, su desarrollo no está exento de desafíos. Los proyectos a gran escala requieren vastas inversiones de capital y pueden tener impactos ambientales significativos, como la alteración de ecosistemas fluviales, el desplazamiento de comunidades y la emisión de metano desde los embalses, aunque esto último no se detalla específicamente para la hidroeléctrica en las fuentes proporcionadas. La necesidad de información meteorológica para su evaluación y la sensibilidad a los patrones climáticos (especialmente sequías) son factores a considerar para su fiabilidad a largo plazo.

Además, como cualquier otra fuente de energía, la hidroeléctrica debe ser gestionada en el contexto de un sistema económico más amplio. La eficiencia del sistema en su conjunto, es decir, la relación entre el valor total en dólares de la producción y la cantidad de energía utilizada para generarla, sigue siendo un desafío. En muchos países en desarrollo, a pesar de los esfuerzos, no hay pruebas de que las eficiencias biofísicas hayan aumentado en respuesta a la liberalización de los mercados.

La importancia de la energía se manifiesta en todos los aspectos de nuestra vida. Un americano o europeo promedio es mucho más rico que el rey más opulento de

antaño porque tiene energía barata para satisfacer sus necesidades y lujos. Sin embargo, esta dependencia de la energía barata es un arma de doble filo, ya que la abundancia potencial de esta energía es mucho más limitada de lo que nuestra dependencia implica. El futuro probablemente implicará una disminución del EROI promedio para las fuentes de energía y la necesidad de una reevaluación fundamental de cómo se asignan los recursos en la economía.

Conclusión

La energía hidroeléctrica es un recurso energético fundamental que combina una alta eficiencia con una notable capacidad para realizar trabajo, lo que la convierte en un componente esencial de la matriz energética global. Su excepcional EROI y su rol histórico en el desarrollo económico son testimonio de su valor. Sin embargo, su despliegue, especialmente en naciones en desarrollo, plantea complejas consideraciones económicas y biofísicas, incluida la necesidad de una financiación sostenible y la mitigación de impactos ambientales.

La comprensión de la energía hidroeléctrica, y la energía en general, desde una perspectiva biofísica es crucial para la planificación futura. Mientras que los modelos económicos tradicionales han tendido a omitir la energía como un factor central, la evidencia biofísica subraya su primacía. A medida que avanzamos hacia un futuro con posibles limitaciones energéticas, la energía hidroeléctrica, con sus ventajas inherentes y la necesidad de una gestión cuidadosa, seguirá siendo un pilar vital en la búsqueda de un mundo más sostenible. El desafío radica en integrar plenamente estos conocimientos científicos en la toma de decisiones económicas y políticas para construir un futuro energético resiliente y equitativo.

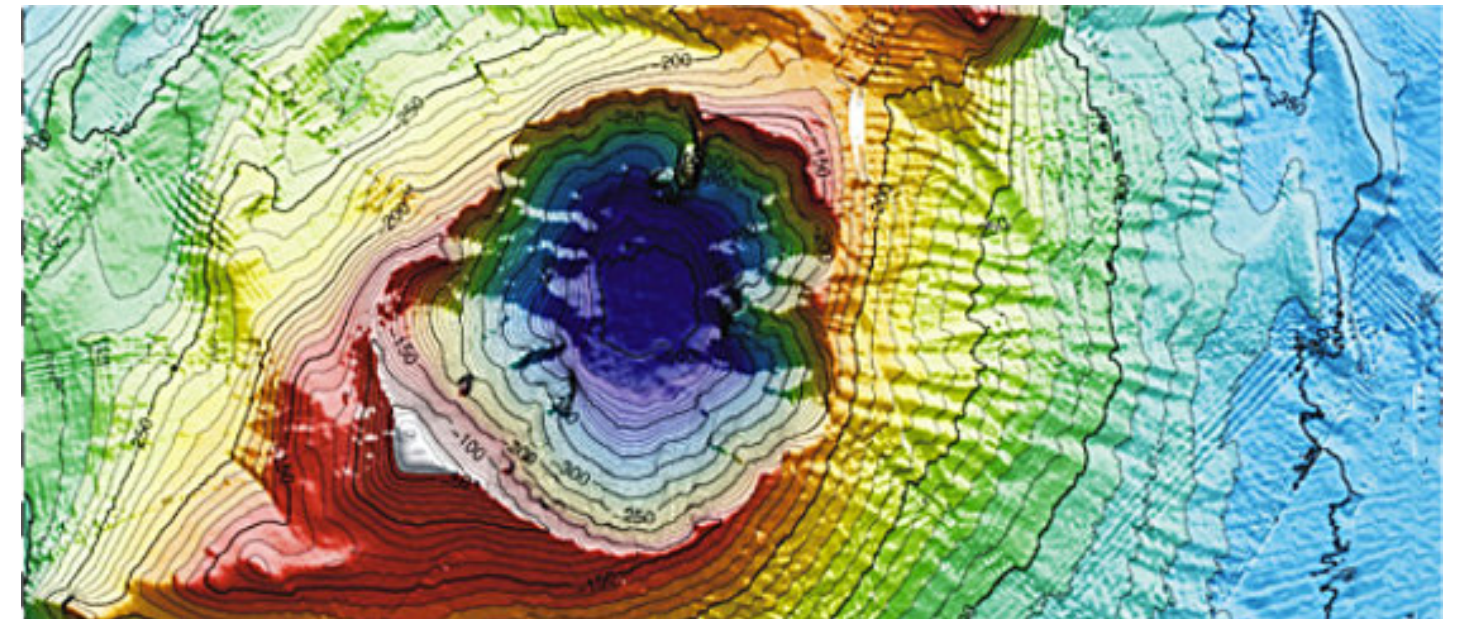
Referencias

- Cleveland, C. J., Costanza, R., Hall, C. A. S., & Kaufmann, R. (1984). Energy and the United States economy: A biophysical perspective. *Science*, 225(4663), 890–897.
- Hall, C. A. S., & Klitgaard, K. (2018). *Energy and the Wealth of Nations: An Introduction to Biophysical Economics* (Second Edition). Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-66219-0>

THE 1650 AD TSUNAMIGENIC ERUPTION OF KOLUMBO VOLCANO (AEGEAN SEA, GREECE)

JHONNY E. CASAS

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



Kolumbo submarine volcano

Introduction

Volcanic eruptions can trigger tsunamis, which may cause significant damage to coastal communities and infrastructure. Tsunami generation during volcanic eruptions is complex and often due to a combination of processes. The 1650 eruption of the Kolumbo submarine volcano triggered a tsunami caused major destruction on surrounding islands in the Aegean Sea (Figure 1).

With a basal diameter of 3 km, Kolumbo lies 7 kilometers NE of Santorini, and it is the largest of a SW-NE alignment of submarine volcanic cones (Figure 2). Kolumbo volcanic complex mostly consists of vertically stacked volcanoclastic units with a summed volume of 13-22 km³. Volcanoclastic deposits associated with the 1650 AD eruption cover an area of 446 km² around the crater, thus representing a minimum volume of 2 km³ dense rock equivalent.

Modelling suggested that an eruption in the near future is unlikely. The study by Konstantineou (2020) suggested a long recurrence eruptive time agreed with the small number of eruptions registered (5), within a period of > 70 ka, suggesting that an eruption in the

near future is unlikely. The progressive buildup of CO₂ concentration in the seawater increases the chances of an episodic overturn that would result in the release of large quantities of this gas in the surface, potentially affecting the nearby islands.

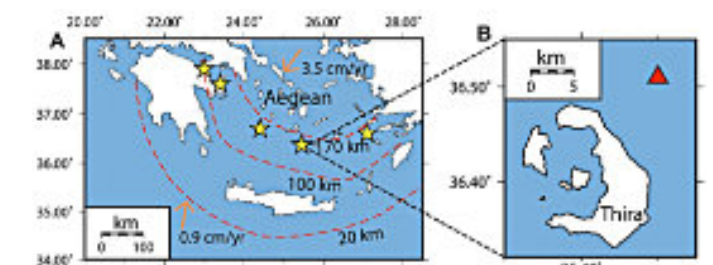


Figure 1. (A) Map of the southern Aegean showing the distribution of arc volcanoes (yellow stars), the isodepths of the Wadati-Benioff zone, as well as the motion vectors of the African lithosphere and the Aegean upper plate. (B) A magnified map of the area around the Santorini caldera where the location of the Kolumbo submarine volcano is shown as a red triangle. Source: Konstantinou (2020).

Historical Observations

The aftermath of the 1650 AD eruption of Kolumbo volcano was described mostly by priests and travelers. Precursory earthquakes were felt on Santorini Island in 1649 and in March 1650, and persisted during the eruption that started in September 1650. From the Greek island of Santorini, the eruption had been visible for several weeks. In the late summer of 1650, people reported that the colour of the water had changed and the water was boiling. About seven kilometres north-east of Santorini, an underwater volcano had risen from the sea and began ejecting glowing rocks. Fire and lightning could be seen, and plumes of smoke darkened the sky. Then the water suddenly receded, only to surge towards the coastline moments later, battering it with waves up to 20 meters high. A huge bang was heard more than 100 kilometers away, pumice and ash fell on the surrounding islands, and a deadly cloud of poisonous gas claimed several lives (Ulvrova et al. 2016).

Explosions were heard as far away as 400 kilometers in the Dardanelles (between the Aegean and Marmara seas), fine ash was deposited in western Turkey, and earthquakes were felt in Crete (Figure 1). Eyewitness accounts mentioned that one of the quakes was particularly long, violent and destructive. Acidic gas released by the eruption affected the inhabitants and animals of Santorini. At least seventy people staying offshore or along the north-eastern coast of Santorini died from asphyxiation. Men approaching the eruption site by boat on October 2 were found burnt, but there is no clear evidence of pyroclastic surges flowing over water to reach the coast of Santorini.

During the September 29 paroxysm, a tsunami was observed on the coast of Santorini, where it eroded 2 km² of land, revealed Hellenistic and Byzantine ruins (Kamari, Perissa), uprooted many trees, and destroyed five churches. Texts collected by the monks of Mount Athos mentioned that the leading wave was negative (trough) and associated with sea retreat, followed by inundation up to 3 km inland. Tsunami also impacted neighboring islands, especially the island of Ios (Figure 1) and Sikinos, located more than 20 kilometers northwest of the volcano. In Ios (Figure 2), a wave runup of 20 m a.s.l. associated with pumice deposition was observed on a rocky shore. In Sikinos, the tsunami penetrated 240 meters inland (Ulvrova et al. 2016).

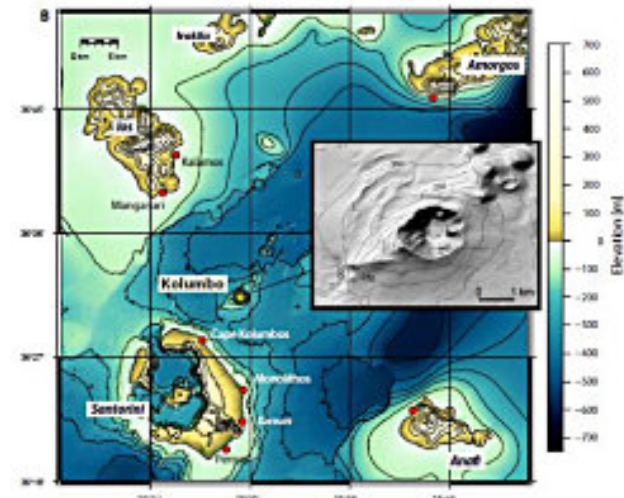


Figure 2. Detailed location map of Kolumbo submarine volcano (grey) and surrounding islands. Source: Ulvrova et al. (2016).

Structural architecture of Kolumbo

High-resolution (2 meters) bathymetry data analyzed by Karstens et al. (2023), revealed an intricate morphological detail of the cone formed by the 1650 eruption of Kolumbo (Figure 3). The northwestern flank of the volcano is characterized by a distinctive terraced morphology, in stark contrast to the smooth flanks to the south and east. 3D seismic reflection data reveal the subsurface architecture of this structural asymmetry (Figures 3 and 4). While the southeastern flank comprises undeformed, sub-parallel strata, the northwestern flank displays pronounced internal deformation (Figures 3 and 4). This deformed sedimentary unit lies directly above the ~1600 BCE Minoan eruption ignimbrites.

Aside from the 1650 eruption, an interesting paper from Karstens et al. (2023), showed that there is no evidence of other recent explosive eruptions in sediment cores. Therefore, the deformation affects solely volcanic sediments deposited by the 1650 eruption. Mapping of the top and base of the deformed sediments yields a volume of ~1.2 km³, assuming a seismic velocity of 1700m/s (±50m/s) based on refraction seismic data. The bathymetric data show elongated ridges that strike slope parallel around the northwestern flank of the volcanic edifice. The analysis of the 3D seismic data by Karstens et al. (2023), revealed that they are the surface expression of anticlinal folds associated with downslope compression (Figures 3 and 4). Their curved shapes in planform, their relative steepness, and interpreted internal thrusting indicate that the ridges are the result of compression and not contourite sediment

depositional processes seen at some other submarine volcanoes. Deformation at the toe of the flank is complex and segmented (manifesting itself in the terrace-like morphology), while a distinct detachment surface can be observed toward the top of the remnant cone.

Karstens et al. (2023), showed that the exposed detachment surface has a slope angle of ~19°, while the underlying strata dip at ~11°, which is significantly steeper than strata within the southwestern flank that dip at ~6° (Figure 4). The steeper stratigraphic dips beneath the northwestern flank are likely due to deposition onto a pre-existing remnant cone (Figures 3 and 4), which is not present beneath the southeastern flank. The seismic and bathymetric datasets suggested a link between this explosion and the flank deformation. At the top of the remnant cone, the detachment surface intersects prominent ridges that are the seafloor expression of feeder dykes. Karstens et al. (2023), stated that their present exposure is probably due to their higher mechanical stability relative to the surrounding volcanoclastic deposits, which have been eroded since the 1650 eruption. While the explosion represents an obvious tsunami source mechanism, the previously unconsidered tsunamigenic potential of the flank deformation requires careful evaluation.

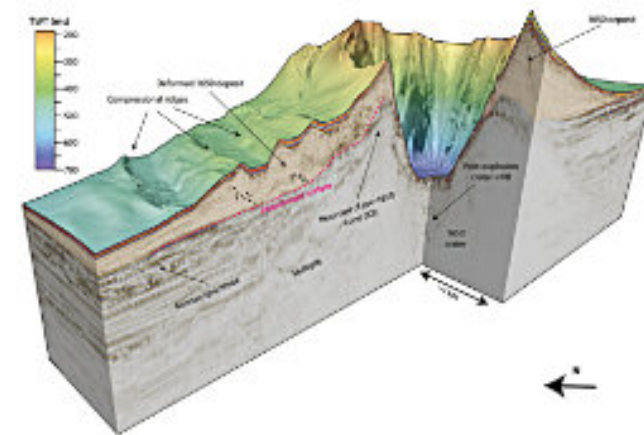


Figure 3. 3D seismic dataset of the Kolumbo volcano. Chair-cut view of the 3D seismic data around the volcanic edifice of Kolumbo, showing the deposits of the 1650 AD eruption (orange semi-transparent overlay) and the crater formed by an explosive eruption. The northwestern flank is characterized by deformation as the result of lateral displacement along a basal detachment surface (dashed pink line). Folded sediments above the detachment are consistent with compression. Dashed black lines are tentatively interpreted thrust faults associated with the seafloor ridges. Source: Karstens et al. (2023).

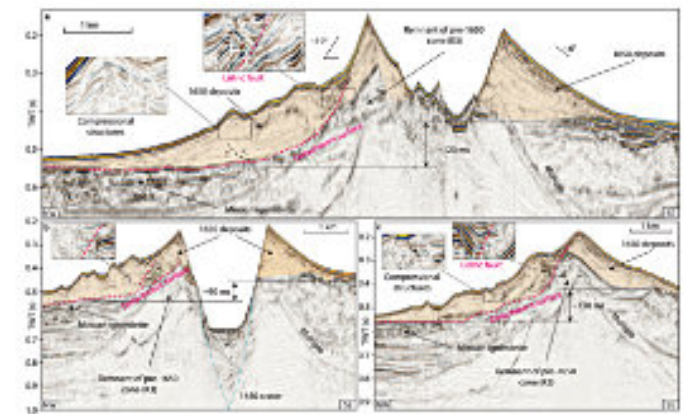


Figure 4. Reflection seismic profiles of the Kolumbo edifice and flanks. A–C Semitransparent orange regions represent material deposited by the 1650 eruption. Folded and disrupted seismic reflections within the northwestern flank of the volcano were the result of internal deformation, while parallel reflections within the southeastern flank of the volcano indicated the absence of deformation. A tentative interpretation of a thrust beneath compressional folding is shown by the broken black line in (a), soling into the basal detachment surface (broken pink line). Source: Karstens et al. (2023).

Events during the 1650 AD eruption

The combination of high-resolution marine geophysical datasets and historical eyewitness accounts offered to Karstens et al. (2023) an opportunity to reconstruct the sequence of volcanic processes that triggered the 1650 explosion and tsunami. The 1650 cone consists of highly vesicular pumice, which was deposited as fallout from the eruption column, where many of the large pumice clasts floated at the sea surface before becoming water-saturated and sinking. The 1650 cone had a volume of approximately 4 to 6 km³, which was deposited in a very short timeframe of only 2 weeks, based on the onset of visually detectable eruption products in eyewitness accounts. This rapid deposition has likely precluded significant consolidation of the pumice deposits covering the pre-1650 topography.

The pre-1650 topography was characterized by the remnants of a cone on the northwestern side of Kolumbo from the previous eruptive cycle, as well as a topographic step cutting through the volcanic edifice. Consequently, deposits at 1650 eruption were deposited on steep slopes on the northwestern side of Kolumbo, while the southeastern side was relatively flat (Figure 3). ROV-dives targeting neighboring cones from the Kolumbo chain have revealed pronounced biogenic cementation of volcanic material, thereby forming a stark material contrast with the overlying 1650 eruption

products, which is indicated by a positive polarity reflection (Figures 3 and 4).

Slope stability is governed by sub-seafloor effective stress (total stress minus pore pressure) and material strength properties. The 1650 AD pumice deposits were sensitive to slope failure triggered by dynamic loading because the rapid deposition precluded the development of cohesion and most probably because the exceptionally low deposit density resulted in low effective stress within the cone. Karstens et al. (2023) suggested that the pronounced material contrast between the cone and the older, underlying volcanic material, as well as the steeper northwestern slope (19° compared to ~6° elsewhere), explains why the failure occurred on the northwestern flank. Eruptive activity was accompanied by earthquakes noted in the eyewitness reports, which will have caused ground acceleration and a likely associated dynamic pore pressure increase. This scenario is consistent with the development of a listric failure surface that cuts through the northwestern flank of the cone and soles out onto the pre-1650 material, defining the detachment surface of the slope instability (Figures 3 and 4).

The water displacement caused by the movement of the volcanic flank not only triggered a tsunami, as demonstrated by Karstens' et al. (2023) numerical simulations, but also directly affected the dynamics of the ongoing eruption. Considering that the active vent had emerged above sea level at this stage, failure of the northwestern flank probably caused the subaerial vent area to slide into the sea along with the flank. Based on the geometry of the detachment surface, the slope failure removed up to 200 meters of material, thereby unroofing the underlying magmatic system. The failure will have exposed deeper levels in the vent directly to seawater, while crack formation and possible re-activation of existing failure planes will have allowed phreatomagmatic interactions within the edifice. Thus, both decompression through unroofing and interaction with seawater must have affected the upper parts of the magma feeding system within the timeframe of 4 minutes, as suggested by Karstens' model results. Decompression of the magma by unroofing will have led to an expansion of the magmatic fluid phase within the already critical system, directly followed by enhanced internal (closed-system) degassing and associated further pressure buildup.

The up to 2.5-kilometer-wide crater of Kolumbo was the result of one or multiple violent explosions, which agrees with historical reports that the explosion was heard at least 400 kilometers away at the Dardanelles. The analysis of marine tephra in sediment cores indicates for Karstens et al. (2023), that the 1650 eruption produced ~4.4 km³ (dense-rock equivalent DRE) and a volume of ~2.5 km³ of tephra. Considering the large amounts of pumice forming the 1650 cone (~4-6 km³) and the reported pumice rafts floating throughout the southern Aegean Sea, the total eruption volume was larger than 10 km³ (5 km³ DRE). As a comparison, the 1980 Mount St. Helens eruption produced only 1.1 km³ of tephra.

The effect over Santorini Island, Sikinos and los island

Sedimentary evidence of the 1650 AD tsunami was found along the coast of Santorini Island at maximum altitudes ranging between 3.5 m a.s.l. (Perissa, southern coast) and 20 m a.s.l. (Monolithos, eastern coast), corresponding to a minimum inundation of 360 and 630 meters respectively. Tsunami deposits consist of an irregular 5 to 30 cm thick layer of dark grey sand that overlies pumiceous deposits erupted during the Minoan eruption and are found at depths of 30-50 cm below the surface. Composition of the tsunami sand is similar to the composition of the present-day beach sand but differs from the pumiceous gravelly deposits on which it rests.

Ulvrova et al. (2016) excavated about 50 trenches in different areas of Santorini Island, especially in Perissa, Kamari, Monolithos and Cape Kolumbos (Figure 2), in order to identify sedimentary evidence of the 1650 tsunami. Sediments were retrieved manually and analyzed for composition, grain size and morphometry.

• **Cape Kolumbos (Northeast Santorini)**

The north-eastern coast of Santorini island is dominated by cliffs carved in the Minoan ignimbrite, a setting that does not favor the preservation of tsunami deposits. Coarse sand-to pebble beaches are developed at the base of the cliffs. The surface of the ignimbrite is reworked by pedogenesis and slope processes but pyroclastic deposits associated with the 1650 AD eruption have not been found preserved on Santorini Island.

Possible evidence of a tsunami was found near the southern flank of the tuff cone of Cape Kolumbos. At depths below the surface of 30-50 cm, the Minoan ash

is overlain by a 5-10 cm thick layer of dark grey sand, with pebbles and boulders at the base of the deposit. The lower contact is clearly erosional. The sandy layer is discontinuous, sometimes absent or reworked, but could be traced up to 14 m a.s.l. (at 190 m from the present-day shoreline). It is poorly sorted, with clasts ranging from fine sand to fine gravel. The composition of the sand reflects the mixing between two sediment sources: coastal sediments (beach, near shore) and the Minoan ignimbrite (pumices ash). The present-day beach is composed of dark minerals (30% pyroxenes, magnetite and other heavy minerals), fragments of basaltic to andesitic lavas (20- 25%), feldspars (30%), altered lavas with a reddish color (10%) and pumice with veins of obsidian (5%).

The sandy layer is a plausible candidate for a post-Minoan tsunami because it has a composition almost similar to the beach, except that it is enriched in pumice shards (20- 30%) and relatively depleted in dark minerals (15%). There are no marine macrofauna (fragments of shells), both in the modern beach sand and in the dark sand layer in the Cape Kolumbos area.

• **Monolithos (East Santorini)**

Another possible evidence of tsunami was found by Ulvrova et al. (2016), in the Monolithos area, where slopes are gentle and cliffs poorly developed, thus favoring the preservation of tsunami deposits. The dark beach-like sand, as observed in the Kolumbos area, is typically about 30 cm below the surface, and is overlain by soil and rests unconformably on reworked Minoan deposits (pre-tsunami soil on figure 5). The soil overlying the dark grey sand contains abundant pumice lapilli, few of them (< 10%) displaying biotite, a mineral that is absent in Santorini but present in the eruptive products of Kolumbo volcano (2 % in the mineral assemblage of the 1650 AD pumice. The dark sandy layer is particularly well defined in vineyards 150-200 meters from the shore, and discontinuous lenses of sand are present up to 630 m inland (about 20 m a.s.l.).

The thickness of the dark grey sand ranges between 5 and 10 cm and the layer occasionally turns to lenticular bodies affected by convolute bedding. Sorting is poor and there is no apparent size grading. Compared to the beach sand, the dark sand has fewer dark minerals (10-15%), and the proportion of feldspars and pumice increases upslope (from 15% at 160 meters to 25 % at 630 meters from the shore). The composition is dominated by fragments of mafic lavas (40 to 60 %, decreasing upslope).

The abundances were estimated on sand-size fractions observed under a binocular microscope. Finer fractions mostly consist of pumice ash. Morphometric analysis on the 160-400 μm fraction of modern beach sand, soil (below dark sand) and dark sand confirms similarities between beach sand and dark sand in terms of shape parameters.

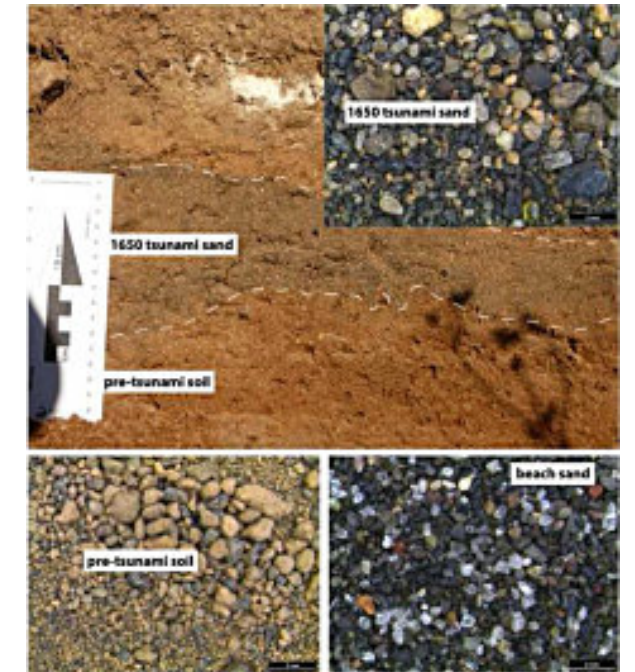


Figure 5. Sedimentary evidence of the tsunami generated by the 1650 AD eruption of Kolumbo volcano. Section is located in the Monolithos area, eastern coast of Santorini island. The 1650 tsunami sand has a composition which is almost similar to the modern beach sand, but enriched in pumices from the soil. Source: Ulvrova et al. (2016).

• **Kamari (East Santorini)**

At Kamari (6 m a.s.l.), archaeological excavations revealed Byzantine foundations buried by more than 50 cm of reworked Minoan tephra (from ash to lapilli size). Pebbles and rounded pumice lapilli on top of the sequence represent the only possible evidence of tsunami, but the layer is poorly preserved (Ulvrova et al. 2016).

• **Perissa (South Santorini)**

The stratigraphic sequence in the lowland area of Perissa studied by Ulvrova et al. (2016) was similar to the succession observed in the vineyards of Monolithos. The light brown soil is overlaid by dark grey sand at 40 cm deep. The sand layer is 10-30 cm thick and could be traced up to 360 meters inland (3.5 m a.s.l.). The best exposure of the dark grey sand is located in the parking lot at the Hotel Porto Perissa (Figure 6). There is no

apparent vertical grading. Dominant grain sizes are medium to fine sands with a composition similar to the modern beach (as in Monolithos): dominant population is feldspar (45-50 %, with 10% showing evidence of marine abrasion), followed by fragments of mafic lavas (20-30 %), dark minerals (15-20 %), altered rocks (5 %), pumices (3 %) and rare bioclasts (2 % fragments of bivalve shells and marine gastropods). There are many cobbles and pebbles of mafic lavas at the base of the dark grey sand layer. As in Monolithos, there are abundant pumice lapilli in the soil overlying the dark grey sand, but Ulvrova et al. (2016) could not find any pumice with biotite (i.e. from Kolumbo volcano).



Figure 6. 1650 AD tsunami deposits intercalated in soil at Perissa, south-eastern coast of Santorini. Note the presence of marine gastropods in the tsunami layer. Source: Ulvrova et al. (2016).

- Sikinos and Ios islands
Rounded pumice lapilli with biotite (i.e. from Kolumbo volcano) were found along the southern and western coasts of Ios Island. At Kalamos, more than 40% of the rounded pumice lapilli covering the soil display biotite crystals, but they are not clearly associated with any sedimentological unit. On the southeastern coast of Sikinos, patches of gravel deposits with pebbles and rounded pumice lapilli (30% of them with biotite) are preserved as terraces at altitudes lower than 3 m a.s.l. on the rocky platform (Figure 7).

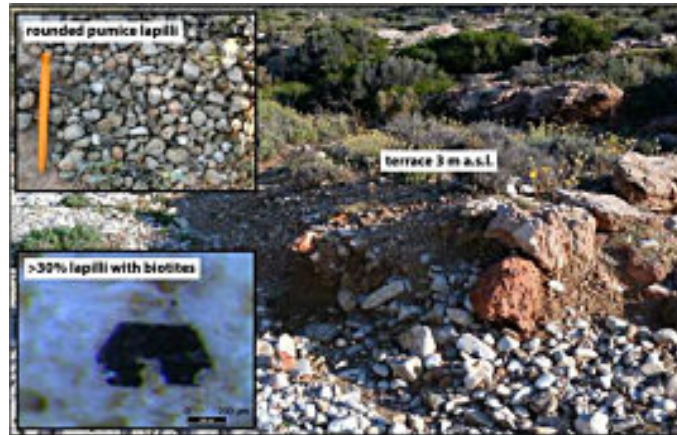


Figure 7. Pebble-to-cobble terrace at 3 m a.s.l. on the south-eastern coast of Sikinos island (located 34 km northwest of Kolumbo). Surface of the terrace is particularly rich in rounded pumice lapilli, more than 30% of them with crystals of biotite (a mineral that is absent from Santorini pumices, but typical of the 1650 AD Kolumbo pumice). Note trowel for scale. Source: Ulvrova et al. (2016).

Petrography of the Kolumbo Samples

Samples of the Kolumbo volcanic deposits were acquired and analyzed by Klaver et al. (2016), with an ROV during 2010 and 2011 cruises of the Exploration Vessel Nautilus. Due to the limitations of the ROV robot arm, sampling was restricted to loose clast <10 cm in size, but it was possible to obtain samples from the pumice and lava bodies. A total of 15 Kolumbo samples were initially analyzed for major and minor element composition by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) at the University of Rhode Island.

There are two pumice deposits exposed in the Kolumbo crater, the so-called K2 and the 1650 AD pumices, where they have similar petrographic features, but at the same time they are readily distinguishable. The 1650 AD products are white pumices with 40–70% round to elongated vesicles (<5 mm) and <5% plagioclase and biotite phenocrysts (Figure 2), while the K2 pumices are grey and contain considerably fewer and smaller vesicles (<1 mm). Both pumice units analyzed by Klaver et al. (2016), have a holohyaline groundmass and plagioclase is the dominant phenocryst phase (1–3 vol.%) along with common euhedral biotite (Figure 8).

Fe-Ti-oxides comprise <1 vol.% and orthopyroxene, quartz and amphibole are rare phenocryst phases. Zircon and apatite occur as accessory phases that are hosted predominantly in plagioclase. Both the K2 and 1650 AD pumices contain cm-sized mafic inclusions (generally 0.2–2 cm) with a quench texture of acicular

plagioclase and amphibole and larger phenocrysts (up to 500 mm) of plagioclase, clinopyroxene and rare amphibole (Figure 8). Plagioclase phenocrysts in the mafic inclusions display a wide variation in textures and often have sieve textured cores.

The contacts between the inclusions and the host pumice are invariably sharp, but the mafic inclusions vary from angular to rounded; chilled margins are generally better developed in the rounded inclusions. The presence of chilled margins and the quenched, sometimes spherulitic, amphibole-plagioclase texture suggested for Klaver et al. (2016), that these inclusions originate as mafic enclaves that rapidly crystallized upon intrusion in the cooler host magma.

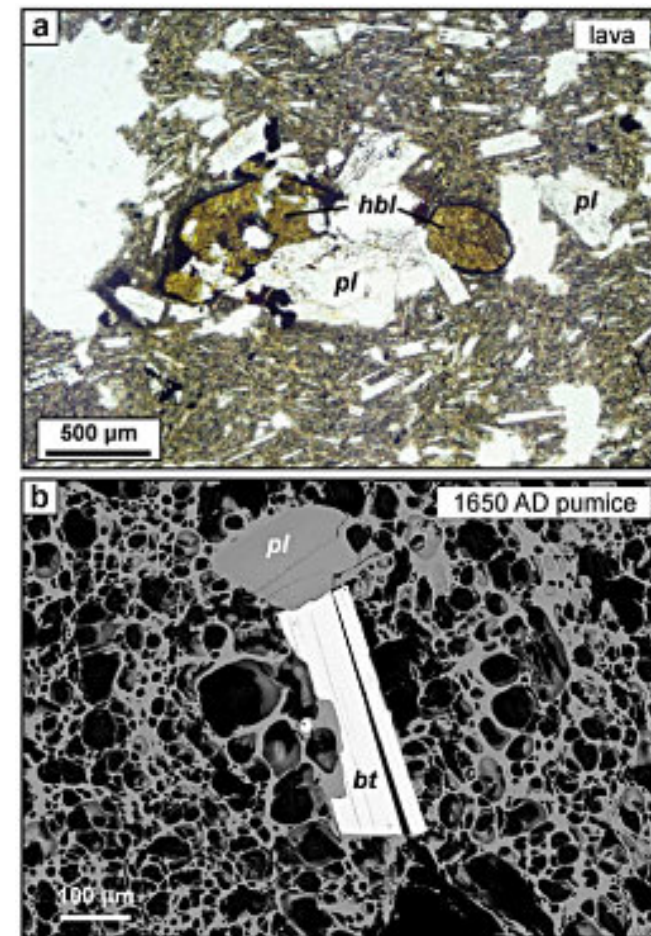


Figure 8. Typical examples of the Kolumbo volcanic rocks: photomicrographs (a) Kolumbo lava sample with a microlite groundmass with seriate texture plagioclase and two partly resorbed hornblende phenocrysts with opacite rims. (b) 1650 AD pumice sample with a euhedral biotite and plagioclase phenocryst in a glassy, vesicular matrix. Source: Klaver et al. (2016),

Conclusions

Determining the source of tsunamis generated during shallow-water large eruptions (VEI ≥ 5) is problematic because different tsunami source mechanisms might be involved: the caldera collapse itself, but also subaerial pyroclastic flows, submarine sediment gravity flows, underwater explosions, earthquakes, slope instabilities, and shock waves.

Uncertainties over the source of the 1883 Krakatau, Late Bronze Age Santorini, and 1650 AD Kolumbo tsunamis illustrated the complexity of these events. When coupled with numerical simulations, the identification of tsunami deposits onshore can be a powerful tool for proposing scenarios of tsunami source mechanisms and subsequent inundation.

In the case of the 1650 AD Kolumbo tsunami, the source mechanism that best matches for Klaver et al (2016), the spatial distribution of tsunami deposits in Santorini is a 2×10^{16} J was an underwater explosion initiated at water depths <150 m. The tsunamigenic explosion occurred on September 29 at the transition between the submarine and subaerial phases, but there is a different view made by Karstens et al (2013) where the numerical tsunami simulations indicated for those authors that only the combination of flank movement followed by an explosive eruption can explain historical eyewitness accounts.

Although the results of the studies by Konstantinou (2020) suggested that the probability of an eruption at Kolumbo in the near future is rather low, there are still potential hazards related to Kolumbo's intense hydrothermal activity. The constant degassing of CO₂ and its accumulation near the bathymetric low defining Kolumbo's crater, and the progressive buildup of CO₂ concentration in the seawater, increases the chances of an episodic overturn that would result in the release of large quantities of gas in the surface, potentially suffocating the nearby islands.

References

- Karstens, J., Crutchley, G., Hanstee, T., Preine, J., Carey, S., Elger, J. et al. (2023). Cascading events during the 1650 tsunamigenic eruption of Kolumbo volcano. Nature Communications. 14(6606): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42261-y>
- Klaver, M., S. Carey, P. Nomikou, I. Smet, A. Godelitsas, and P. Vroon (2016), A distinct source and differentiation history for Kolumbo submarine volcano, Santorini volcanic field, Aegean arc, Geochem. Geophys. Geosyst., 17: 3254–3273. doi:10.1002/2016GC006398
- Konstantinou, K. (2020). Magma chamber evolution during the 1650 AD Kolumbo eruption provides clues about past and future volcanic activity. Nature Research. 10:15423. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71991-y>
- Ulvrova, M., Paris, R., Nomikou, P., Kelfoun, K., Lebrandt, S., et al. (2016). Source of the tsunami generated by the 1650 AD eruption of Kolumbo submarine volcano (Aegean Sea, Greece). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 321: 125-139. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016JVGR..321..125U/abstract>



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 61 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 49 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).

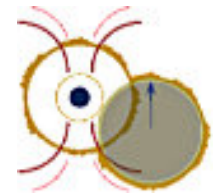


**Laboratorio de Paleomagnetismo
(Ciudad Universitaria)
Instituto de Geofísica**

Universidad Nacional Autónoma de México

**2da versión elaborada por el Dr. Bernardo Ignacio García Amador*
(1era versión ver: Alva-Valdivia & Caballero-Miranda, 2021)**

[*bernardoiga@igeofisica.unam.mx](mailto:bernardoiga@igeofisica.unam.mx)



Página web: <https://dev-lab-paleomagnetismo-unam.pantheonsite.io/> (en proceso de actualización).

Personal

Investigadores

- Dr. Beatriz Ortega Guerrero (Titular B)
- Dr. Bernardo Ignacio García Amador (Asociado C)
- Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi (Emérito)

Técnicos académicos

- Dra. Cecilia Irene Caballero Miranda (Titular C)
- M.C. José Antonio González Rangel (Titular A)
- Dra. Ana M. Soler Arechalde (Titular C)

Algunos de los colaboradores más cercanos

- Dr. Arnaldo Hernández Cardona (Profesor de asignatura, Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM)
- Dra. Verónica López Delgado (Investigadora Posdoctoral, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM)
- Dr. José Ramón Torres Hernández (Investigador, Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí)
- Dr. Raymundo G. Ramírez Serrano (Investigador, Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, Instituto de Geofísica)

Estudiantes de posgrado vigentes

- Ing. David Humberto Aguilar Pérez (Estudiante de maestría)
- Lic. German Alexis Manuel Viveros (Estudiante de maestría)

Estudiantes de licenciatura vigentes

- Oswaldo Isaac Brito Mendoza
- Areli Karina Castillo Santiago
- Alexander Donlucas García
- Emilio Miguel Ángel Gómez González
- Valeria Danaee Hernández Sánchez
- Elia Montserrat Rosano Martínez
- Ruth Deli Campos Cortez (Universidad de El Salvador)

Historia, Misión y Objetivo

Historia

El Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en Ciudad Universitaria (de aquí en adelante LP-CU), es uno de los laboratorios de paleomagnetismo más antiguos e importantes del continente americano, y el segundo más antiguo de Latinoamérica, después del laboratorio “Daniel A. Valencio” de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. El LP-CU inició en un momento clave en las Ciencias de la Tierra, cuando se desarrollaban las bases de la Teoría de la Tectónica de Placas y en la que el paleomagnetismo jugó un papel fundamental (e.g., Van der Voo & French, 1974). Desde su fundación y desarrollo a finales de los años 70s y principios de los 80s del siglo pasado, a través de las investigaciones realizadas por los Dres. Surendra Pal, Emilio Herrero-Bervera, Jaime Urrutia-Fucugauchi, entre los principales (e.g., Herrero & Pal, 1978; Urrutia-Fucugauchi, 1980), el LP-CU comenzó a florecer y a consolidarse como uno de los laboratorios en su área más importantes del mundo. A lo largo de cerca de 40 años, la incorporación de investigadores como el Dr. Harald Böhnell, el Dr. Luis Alva-Valdivia, la Dra. Beatriz Ortega-Guerrero, el Dr. Roberto Molina-Garza, el Dr. Avto Gogichaishvili, entre otros, así como una pujante adquisición de equipos de laboratorio, han conducido a las investigaciones del LP-CU a volverse un estandarte sobre los estudios de paleomagnetismo en México y gran parte de Latinoamérica.

El primer sitio de alojamiento del LP-CU fue la edificación conocida como “El Pozo”, insertada en áreas de lo que ahora es la Facultad de Veterinaria, Ciudad Universitaria, en ese entonces alejada de construcciones. Actualmente, ocupa diversos espacios distribuidos en el edificio principal y anexo, así como en El Pozo, de las instalaciones que forman parte del Instituto de Geofísica en Ciudad Universitaria. Prácticamente, ninguna de las áreas que ocupa el LP-CU fue diseñada ex profeso para albergar los instrumentos de medición, por lo que dichas áreas han sido remodeladas-adaptadas en cierta medida

para ello. Hasta comienzos del año 2024, el Dr. Luis Alva-Valdivia (1954–2024) fue el último líder del LP-CU, dejando un grupo sólido de investigadores, estudiantes, y técnicos académicos y administrativos, que hoy en día continúan trabajando en investigaciones de vanguardia sobre paleomagnetismo y subdisciplinas afines. Hoy en día el LP-CU cuenta con más de 40 instrumentos para el quehacer de la investigación en paleomagnetismo y magnetismo de rocas, gran parte de estos, operando de manera regular.

Misión

Emplear y desarrollar las técnicas de paleomagnetismo y magnetismo de rocas de vanguardia, a fin de resolver problemas de investigación científica articulados con diversas disciplinas (p.ej., geología, arqueología, ciencias de los materiales, etc.) y subdisciplinas de la Ciencias de la Tierra (geología ambiental, geología estructural, geofísica de exploración, paleontología, yacimientos minerales, etc.) (Figura 1). El LP-CU tiene la premisa fundamental de generar conocimiento que involucre desde el funcionamiento de la geodinámica a través del conocimiento del campo magnético terrestre del pasado, hasta la interacción de las nanopartículas magnéticas en las rocas. Es decir, que dicho conocimiento contribuirá al entendimiento de diversos procesos y fenómenos en todo el Sistema Tierra (i.e., geósfera, hidrósfera, atmósfera y biósfera).

Objetivo

El LP-CU tiene como objetivo analizar y comprender las propiedades magnéticas naturales e inducidas de rocas, sedimentos, suelos, objetos arqueológicos y, en general, de cualquier tipo de material objeto de investigación, a fin de llevar a cabo reconstrucciones y/o modelos espaciales y temporales (p.ej., geológicos, paleogeográficos, tectónicos, paleo-ambientales, arqueológicos, etc.), o bien, del registro de eventos registrados en estos materiales, como puede ser descifrar “la historia magnética” de rocas y minerales desde el momento de su formación y hasta la actualidad.

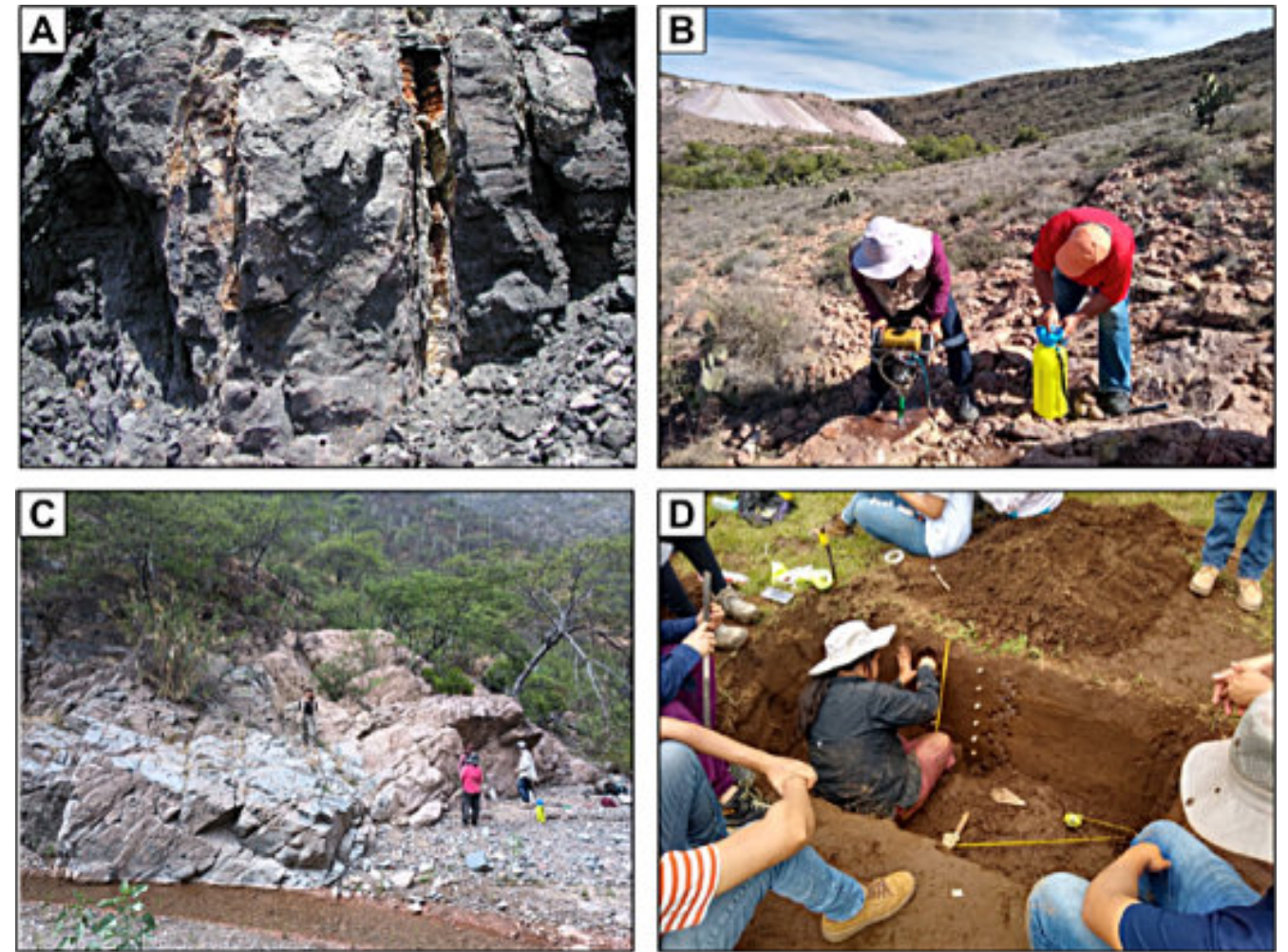


Figura 1. (A) Trabajo de campo en yacimiento de Fe en El Lago, los Andes Chilenos. (B) Trabajo de campo en cuerpos subvolcánicos del Horst de Zacatecas. (C) Muestreo en la Zona de Falla de Caltepec, Puebla. (D) Muestreo de sedimentos costeros en las playas de Acajutla, El Salvador.

Tipo de análisis o estudios

En todos los estudios se hace trabajo de campo para la colecta de muestras discretas o continuas (núcleos o bloques orientados). El primer paso de trabajo es la selección de los sitios de muestreo (Figura 2). El segundo paso es el diseño de las mediciones y experimentos magnéticos por efectuar (Figura 3), dependiendo del planteamiento del problema de la investigación, concluyendo con su cuidadosa ejecución. El tercer paso es el análisis de los resultados de las mediciones y experimentos de laboratorio, terminando con la interpretación del conjunto de resultados.

Se analiza la magnetización remanente natural e inducida, así como en ocasiones la susceptibilidad,

durante la serie de pasos de “lavado magnético” (térmico y/o de campos magnéticos alternos), con el fin de identificar la magnetización original (primaria) de los materiales analizados, o alguna otra magnetización posterior de importancia y en su caso monitorear las posibles alteraciones químicas durante los lavados térmicos. Los resultados se emplean para calcular las direcciones del campo magnético terrestre del pasado (geológico) y consecutivamente los polos virtuales geomagnético y paleopolos paleomagnéticos (ver detalles: Butler, 1992). Posteriormente, se realizan diversos experimentos para analizar las propiedades magnéticas del material de estudio, con el fin de identificar las diferentes componentes de la mineralogía magnética; tales como: la variación de la magnetización



Figura 2. Muestreo paleomagnético con perforadora de gasolina. Mientras una persona bombea el agua a la perforadora, la otra persona perfora un núcleo de roca de ~10 cm de largo por 1" de diámetro.



Figura 3. Preparación de muestras, núcleos perforados, en el LP-CU antes de ser analizadas en los equipos de paleomagnetismo.

debido a la aplicación de un campo magnético inducido, la susceptibilidad a diferentes frecuencias, la variación de la susceptibilidad al incrementar y/o disminuir la temperatura, etc.

Asimismo, se analiza la anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS, por sus siglas en inglés) o la anisotropía de remanencia magnética (ARM, por sus siglas en inglés), con el objetivo de conocer la fábrica magnética de las rocas e inferir la petrofábrica de las rocas o sedimentos, por ejemplo, las direcciones de flujo probables, identificar fuentes de aporte sedimentario o direcciones de paleo-esfuerzo y la deformación de las rocas; o bien como una herramienta auxiliar para evaluar el origen de la magnetización del material estudiado.

Líneas de investigación

- Tectónica y geología estructural (e.g., García-Amador et al., 2021; Caballero-Miranda et al., 2022).
- Aplicaciones en Vulcanología (e.g., Alva-Valdivia et al., 2018).
- Aplicaciones en Paleolimnología, Paleoceanografía, y Paleosuelos (e.g., Ortega-Guerrero et al., 2020).
- Propiedades magnéticas de rocas y minerales (e.g., Rivas-Sánchez et al., 2009).
- Variación paleosecular y paleointensidades (e.g., Mahgoub et al., 2021).
- Arqueomagnetismo (e.g., Hervé et al., 2019).
- Exploración en yacimientos de hierro (e.g., Alva-Valdivia et al., 2010).
- Cráter de impacto Chicxulub (e.g., Gulick et al., 2013).

Infraestructura principal

- Magnetómetros de giro de muestras estándar: 3 AGICO (2 JR6, 1 JR5).
- Magnetómetros de micromuestras: 1 Micromag Princeton Measurements*.
- Desmagnetizadores térmicos y de campos alternos (CA): 5 térmicos (ASC Scientific, Schonstedt Instrument, MMTD-UK) y 3 de CA (Molspin). Algunos de los desmagnetizadores térmicos están embobinados y aplican campos para paleointensidades.
- Magnetizadores de pulsos: 3 IM-10-30 (ASC Scientific) y 1 "fabricados en el LP-CU"*.
- Susceptibilímetros: 3 Bartington, 2 AGICO (1 KLY-2 y 1 MFK-FA), uno de cada marca mide a diversas frecuencias y temperaturas, los dos de AGICO miden AMS.
- Microscopios ópticos: 1 petrográfico-minerográfico

Leica y 1 estereográfico Leica

- Equipos de preparación de muestras (varios): 1 cortadora de núcleos, 1 perforadora de núcleos en muestras de bloque (taladro vertical), 3 perforadoras portátiles de gasolina.
- Kits para trabajo de campo: orientadores Pomeroy, brújulas tipo Brunton, martillos, etc.

*Instrumentos en reparación.

Productos y servicios del Laboratorio de Paleomagnetismo

Los artículos de investigación científica publicados en diversas revistas internacionales indexadas son la principal fuente de resultados del LP-CU. Sin embargo, también se llevan a cabo servicios externos en los que, los resultados de laboratorio requeridos son entregados de manera confidencial en reportes según lo solicitado; por ejemplo, como es el caso de los estudios arqueomagnéticos que se entregan a personal y/o colaboradores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

En el LP-CU se han desarrollado servicios externos de investigación tanto para la iniciativa privada como pública en diversos temas (e.g., exploración de yacimientos minerales, magnetismo de materiales y rocas, entre otros).

Impacto en la investigación o en la sociedad

Los estudios realizados en el laboratorio tienen impacto en diversas áreas de investigación, dependiendo de las líneas de investigación relacionadas. Algunos ejemplos de impacto son en reconstrucciones tectónicas-paleogeográficas (rotaciones y/o paleoposición de bloques), determinación de temperatura de emplazamiento de materiales volcánicos y su posible riesgo a futuro, reconstrucción de impactos meteoríticos, reconstrucciones paleogeográfico-ambientales y paleoclimatológicas, reconstrucciones arqueológicas. Contribución al conocimiento del campo magnético del pasado (sus variaciones de intensidad y polaridad) y los mecanismos para su registro en las rocas. Así como, desarrollo de modelos geológicos de yacimientos de hierro a partir de las propiedades magnéticas y estudios de magnetometría.



Figura 4. Instrumentos del Laboratorio de Paleomagnetismo en Ciudad Universitaria. (A) Micromag Princeton Measurements. (B) Vista general de uno de los espacios del LP-CU en el que se observa el blindaje magnético tipo Helmholtz (jaula plateada), blindajes magnéticos de metal Mu (cilindros negros), hornos de desmagnetización (cajas plateadas), desmagnetizador de campos alternos (instrumento con forma de caja con cilindro blancos), entre otros instrumentos. (C) Desmagnetizador de campos alternos con campo directo (para medición de magnetización remanente anhisterética) y un magnetómetro de giro JR6. (D) Susceptibilímetro de puente MFK-FA con todos sus módulos de operación.

Referencias

Alva-Valdivia, L.M., Caballero-Miranda, C.I., 2021. Laboratorio de Paleomagnetismo, Ciudad Universitaria. *Revista Maya de Geociencias* v.4, pp. 21–27.

Alva-Valdivia, L.M., Agarwal, A., Caballero-Miranda, C., García-Amador, B.I., Morales-Barrera, W., Rodríguez-Elizarraráz, S., Rodríguez-Trejo, A., 2016. Paleomagnetic and AMS studies of the El Castillo ignimbrite, central-east Mexico: Source and rock magnetic nature. *Journal of Volcanology and*

Geothermal Research. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.02.014>

Alva-Valdivia, L.M., Rivas, M.L., Goguitchaichvili, A., Urrutia-Fucugauchi, J., Gonzalez, J.A., Morales, J., Gómez, S., Henríquez, F., Nyström, J.O., Naslund, R.H., 2003. Rock-magnetic and oxide microscopic studies of the el laco iron ore deposits, Chilean andes, and implications for magnetic anomaly modeling. *International Geology Review* 45, 533–547. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.45.6.533>

Butler, R.F., 1992. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic terranes*, Electronic edition. <https://doi.org/10.1006/icar.2001.6754>

Caballero-Miranda, C.I., García-Amador, B.I., Alva-Valdivia, L.M., Silva-Romo, G., Hernández-Cardona, A., De la Torre-González, A.I., Peralta-Salazar, R., 2022. Paleomagnetism of the La Mora Formation: Late Triassic-Late Jurassic paleolatitudinal record for Southern Mexico and its Gondwanan disconnection. *Int Geol Rev* 1–22. <https://doi.org/10.1080/00206814.2022.2121945>

García-Amador, B.I., Alva-Valdivia, L.M., Hernández-Cardona, A., 2021. Syn-tectonic Dipilto batholith (NW Nicaragua) linked to arc-continent collision: High- and room-temperature AMS evidence. *Tectonophysics* 815, 229000. <https://doi.org/10.1016/J.TECTO.2021.229000>

Gulick, S.P.S., Christeson, G.L., Barton, P.J., Grieve, R.A.F., Morgan, J.V., Urrutia-Fucugauchi, J., 2013. GEOPHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE CHICXULUB IMPACT CRATER. *Reviews of Geophysics* 51, 31–52. <https://doi.org/10.1002/rog.20007>

Herrero, E.B., Pal, S., 1978. PALEOMAGNETIC STUDY OF SIERRA DE CHICHINAUTZIN, MEXICO. *Geofisica Internacional* 17, 167–180. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1978.17.2.931>

Hervé, G., Perrin, M., Alva-Valdivia, L., Tchibinda, B.M., Rodríguez-Trejo, A., Hernandez-Cardona, A., Tello,

M.C., Rodríguez, C.M., 2019. Critical analysis of the Holocene palaeointensity database in Central America: Impact on geomagnetic modelling. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 289, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2019.02.004>

Mahgoub, A.N., García-Amador, B.I., Alva-Valdivia, L.M., 2021. Comprehensive palaeomagnetic study of San Borja and Jaraguay monogenetic volcanic fields, Baja California (28–30°N): considerations on latitudinal corrections. *Geophysical Journal International* 225, 1897–1919. <https://doi.org/10.1093/gji/ggab064>

Ortega-Guerrero, B., Avendaño, D., Caballero, M., Lozano-García, S., Brown, E.T., Rodríguez, A., García, B., Barceinas, H., Soler, A.M., Albarrán, A., 2020. Climatic control on magnetic mineralogy during the late MIS 6 - Early MIS 3 in Lake Chalco, central Mexico. *Quaternary Science Reviews* 230. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106163>

Rivas-Sánchez, M.L., Alva-Valdivia, L.M., Arenas-Alatorre, J., Urrutia-Fucugauchi, J., Perrin, M., Goguitchaichvili, A., Ruiz-Sandoval, M., Ramos Molina, M.A., 2009. Natural magnetite nanoparticles from an iron-ore deposit: Size dependence on magnetic properties. *Earth, Planets and Space* 61, 151–160. <https://doi.org/10.1186/BF03352895>

Urrutia-Fucugauchi, J., 1980. Further reliability tests for determination of palaeointensities of the Earth's magnetic field. *Geophys J Int* 61, 243–251. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1980.tb04315.x>

Van der Voo, R., French, R.B., 1974. Apparent polar wandering for the Atlantic-bordering continents: Late Carboniferous to Eocene. *Earth Sci Rev* 10, 99–119. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0012-8252\(74\)90082-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0012-8252(74)90082-8)

PACHAMAMA - GAIA

La Tierra como un Ente Integrado en todos sus Procesos y Recursos Naturales

Alejandro Carrillo-Chávez¹, Jehu Hinojosa²

¹Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla, 76230. Querétaro

²Sucursal de Centroamérica de los Testigos de Jehová, Av. Jardín #10, El Tejocote, 56265 Texcoco de Mora, Edo. Méx..

*Autor de Correspondencia:

ambiente@geociencias.unam.mx

"...La Tierra provee lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada ser humano, pero no la avaricia de nadie..."

Mahatma Gandhi (1869 - 1948)

"...De Jehová es la tierra y todo lo que hay en ella, la tierra productiva y los que viven en ella..." Salmo 24:1, La Biblia

Introducción

El concepto de **Pachamama** (Madre Tierra), originario de las culturas andinas desde hace unos 4000 años, y la hipótesis de **Gaia**, propuesta en los años 1970 's, por el químico británico James Lovelock y la microbióloga Lynn Margulis, representan dos visiones que, aunque surgidas en contextos culturales y académicos muy diferentes, convergen en la idea de la Tierra como un ser "vivo", un ente integrado y autorregulado. Este artículo busca explorar desde un punto de vista científico cómo estas dos perspectivas, una ancestral y otra moderna, nos invitan a reconsiderar nuestra relación con el planeta y a entender los procesos naturales como un sistema interconectado y dinámico.

Pachamama: La Madre Tierra en las Culturas Andinas

La Pachamama, término quechua, que significa "Madre Tierra", es un concepto central en la cosmovisión de los pueblos indígenas de los Andes. Para estas culturas, la Tierra no es un recurso inerte, sino un ser vivo, una madre

que provee y sustenta la vida. La Pachamama es venerada como una deidad que debe ser respetada y cuidada, ya que de ella dependen la fertilidad de los suelos, el agua, los cultivos y, en última instancia, la supervivencia de las comunidades.

En la cosmovisión andina, la Pachamama no es un ente aislado, sino parte de un sistema más amplio que incluye a los seres humanos, los animales, las plantas, las montañas, los ríos y los astros. Todo está interconectado, y el equilibrio de este sistema depende de la reciprocidad entre los seres humanos y la naturaleza. Esta reciprocidad se manifiesta en rituales como las ofrendas a la Pachamama, donde se le agradece por sus dones y se le pide protección y abundancia.

La Hipótesis de Gaia: La Tierra como un Sistema Autoregulado

En 1972, el científico británico James Lovelock, junto con la microbióloga Lynn Margulis, propuso la hipótesis de Gaia, que postula que la Tierra funciona como un sistema autorregulado, similar a un organismo vivo. Lovelock argumentó que la biosfera, la atmósfera, los océanos y la geosfera interactúan de manera compleja para mantener condiciones que permitan la vida en el planeta. Según esta teoría, la Tierra no es un mero contenedor de vida, sino un sistema dinámico que se autorregula para mantener un equilibrio favorable a la vida.

La hipótesis de Gaia se basa en observaciones científicas que muestran cómo los procesos biológicos y geológicos están interconectados. Por ejemplo, la regulación de la temperatura global, la composición de la atmósfera y el ciclo de los nutrientes son procesos que involucran tanto a los seres vivos como a los componentes no vivos del planeta. Lovelock comparó este sistema con un organismo vivo, donde cada parte desempeña un papel en el mantenimiento del equilibrio global.

Interconexión de los Procesos Naturales

Desde un punto de vista científico, la Tierra puede ser entendida como un sistema complejo donde los procesos biológicos, geológicos, químicos y físicos están

interconectados. Este enfoque sistémico, conocido como "ciencia del sistema Tierra", nos permite comprender cómo los diferentes componentes del planeta interactúan entre sí para mantener las condiciones que permiten la vida.

La Biosfera y la Regulación del Clima

La biosfera, que incluye todos los seres vivos del planeta, desempeña un papel crucial en la regulación del clima. Las plantas, por ejemplo, absorben dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera durante la fotosíntesis, lo que ayuda a regular la concentración de este gas de efecto invernadero. A su vez, los océanos actúan como sumideros

de CO₂, absorbiendo grandes cantidades de este gas y ayudando a mitigar el calentamiento global.

Además, los microorganismos en el suelo y en los océanos participan en el ciclo del nitrógeno y del carbono, procesos esenciales para la vida. Estos ciclos biogeoquímicos son ejemplos de cómo la vida y los componentes no vivos del planeta están interconectados.

La Atmósfera y la Protección de la Vida

La atmósfera terrestre es otro componente clave del sistema Tierra. La capa de ozono, por ejemplo, protege la vida en la Tierra al filtrar la radiación ultravioleta dañina del sol. La composición de la atmósfera, que incluye



Concepto de la Pachamama, la Madre Tierra.

<https://letrashispanasporelmundo.com/la-pachamama-agosto/>

oxígeno, nitrógeno y otros gases, es el resultado de procesos biológicos y geológicos que han ocurrido a lo largo de miles de millones de años.

La atmósfera también regula la temperatura del planeta a través del efecto invernadero, un proceso natural que mantiene la Tierra lo suficientemente caliente como para sustentar la vida. Sin embargo, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, están alterando este equilibrio, lo que lleva al calentamiento global y al cambio climático.

Los Océanos y la Estabilidad del Clima

Los océanos cubren más del 70% de la superficie terrestre y desempeñan un papel crucial en la regulación del clima. Actúan como grandes almacenes de calor, absorbiendo y liberando energía lentamente, lo que ayuda a estabilizar las temperaturas globales. Además, los océanos son parte integral del ciclo del agua, que distribuye el calor y la humedad alrededor del planeta. Los corales, las algas y otros organismos marinos también contribuyen a la regulación del clima al absorber CO₂ y producir oxígeno. Sin embargo, los océanos están siendo afectados por la acidificación, causada por el aumento de CO₂ en la atmósfera, lo que amenaza la vida marina y, por extensión, el equilibrio global del sistema Tierra.

La Tierra como un Sistema Dinámico y Autorregulado

La hipótesis de Gaia sugiere que la Tierra tiene mecanismos de retroalimentación que le permiten mantener un equilibrio dinámico. Estos mecanismos actúan como un sistema de autorregulación, donde los cambios en un componente del sistema pueden desencadenar respuestas en otros componentes que contrarrestan esos cambios.

Por ejemplo, si la temperatura global aumenta, los océanos pueden absorber más calor, lo que ayuda a reducir el calentamiento. De manera similar, si la concentración de CO₂ en la atmósfera aumenta, las plantas pueden crecer más rápidamente, absorbiendo más CO₂ y ayudando a reducir su concentración en la atmósfera.

Sin embargo, estos mecanismos de retroalimentación tienen límites. Cuando los cambios son demasiado rápidos o demasiado grandes, el sistema puede perder su capacidad de autorregulación, lo que lleva a desequilibrios que pueden ser perjudiciales para la vida. El cambio climático actual es un ejemplo de cómo las actividades humanas están sobrecargando estos mecanismos de autorregulación, lo que amenaza la estabilidad del sistema Tierra.

La Crisis Ambiental y la Necesidad de un Cambio de Paradigma

La crisis ambiental actual, caracterizada por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación y la degradación de los ecosistemas, es el resultado de un enfoque dominante que ve a la naturaleza como un recurso explotable. Este enfoque, arraigado en la cultura occidental moderna, contrasta con las visiones de la Pachamama y Gaia, que nos invitan a ver la Tierra como un ser vivo, un sistema integrado que debe ser respetado y cuidado.

El Antropoceno: Una Nueva Era Geológica

El Antropoceno es un término propuesto para describir la era geológica actual, en la que las actividades humanas tienen un impacto significativo en los procesos naturales del planeta. La quema de combustibles fósiles, la deforestación, la industrialización y la urbanización están alterando los ciclos biogeoquímicos, la composición de la atmósfera y la biodiversidad, lo que está llevando al planeta a un estado de desequilibrio.

En este contexto, las visiones de la Pachamama y Gaia nos recuerdan que los seres humanos no estamos separados de la naturaleza, sino que somos parte de un sistema más amplio. Nuestra supervivencia depende de la salud de este sistema, y por lo tanto, es nuestra responsabilidad cuidarlo.

Hacia una Cultura de Sostenibilidad y Reciprocidad

Para enfrentar la crisis ambiental, es necesario un cambio de paradigma que nos lleve de una cultura de explotación a una cultura de sostenibilidad y reciprocidad. Esto implica



Planeta Tierra “the blue marble”. Fotografía de NASA <https://visibleearth.nasa.gov/images/57723/the-blue-marble>

reconocer que la Tierra es un sistema vivo y que nuestras acciones tienen consecuencias en el equilibrio global.

La sabiduría ancestral de la Pachamama nos enseña la importancia de la reciprocidad: dar y recibir en equilibrio. En el contexto moderno, esto puede traducirse en prácticas como la agricultura sostenible, la conservación de los ecosistemas, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de energías renovables.

Conclusiones

El concepto holístico de Pachamama y la hipótesis de Gaia nos ofrecen una visión integrada de la Tierra como un ser vivo, un sistema dinámico y autorregulado donde todos los procesos naturales están interconectados. Esta visión nos invita a reconsiderar nuestra relación con el planeta y a adoptar un enfoque más respetuoso y sostenible hacia la naturaleza.

En un momento en que la crisis ambiental amenaza la estabilidad del sistema Tierra, estas dos perspectivas, una ancestral y otra científica, nos recuerdan que la Tierra no es un recurso inerte, sino un sistema vivo que debemos cuidar y proteger. Solo a través de un cambio de paradigma que integre la sabiduría ancestral y el conocimiento científico podremos enfrentar los desafíos ambientales y construir un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

Lecturas sugeridas

Berkes, F. (2012). *Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Routledge.

Lovelock, J. (1979). *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press.

Margulis, L., & Sagan, D. (1997). *Microcosmos: Four Billion Years of Evolution from Our Microbial Ancestors*. University of California Press.

Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?. *AMBIO: A Journal of the Human Environment**, 36(8), 614-621.



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 a la Unidad de 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



Jehu Hinojosa: Apasionado aficionado a la astronomía y a las ciencias de la Tierra y un excelente escalador de alta montaña. Ha apoyado regularmente en las campañas de muestreo de nieve y hielo glaciar en Iztaccíhuatl, Pico de Orizaba y en Cordillera Blanca en Perú desde 2018 en los proyectos del Instituto de Geociencias UNAM Juriquilla.

The Earliest Gulf of Mexico Explorers

Jon Blickwede

Consultor Internacional

As many of us regular readers of the *Revista Maya* have likely dedicated a good part of our careers to geological exploration of the Gulf of Mexico (GoM) region, I thought it might be fitting to remember some of the first GoM explorers.

I recently took an online course about pre-colonial Mesoamerica (Mexico and Central America), and one of the interesting things I learned is that the first exploration of the GoM by non-indigenous people is speculated by

some to have been by the Phoenicians, the most accomplished mariners in the world during the period before Christ. Apparently there is good evidence that the Phoenicians (based in the eastern Mediterranean) had already circumnavigated Africa by 600 B.C., so perhaps were at least *capable* of crossing the Atlantic Ocean. Their contemporaries in Mesoamerica were the Olmec people, who populated what is today the GoM coastal plain of southern Mexico. And on some of the Olmec sculptures found at the ruins of La Venta, near the GoM coast in Tabasco State, there are depictions of men wearing headgear reminiscent of the Phoenician style, pointed shoes, and sporting full beards (rare among native Mesoamericans). This may be pseudo-history, but it's kind of fun to contemplate.



Phoenician Olmec

Though some might propose that the Vikings were likely the first Europeans to traverse the waters of the Gulf of Mexico, the first well-documented evidence of foreign exploration of the GoM comes from the first few decades after Cristobal Colón first set foot in the Americas in 1492. Surprisingly, Colón never entered the GoM on any of his four voyages. The first European explorer known to

navigate a portion of the GoM was actually the Italian Amerigo Vespucci, in 1497, who on his way back to Europe from the western Caribbean passed through the southeastern GoM and Straits of Florida. On Vespucci's Caribbean/GoM expedition was Spanish cartographer Juan de la Cosa, who had also been a member of the crew on all of Colón's New World voyages. After his return to

Sevilla, de la Cosa published the first known map of the Americas, the *Mappa Mundi* (reproduced here) published in 1500. Note the GoM and Caribbean were shown as being one and the same, and also the difference in accuracy of different portions of the map. Cuba and Hispaniola have a fair degree of detail as they were the first places to be colonized in the Americas. In particular, Hispaniola is depicted to have more or less the same shape we know today. In contrast, the very existence of the Yucatan Peninsula seems to have not yet been recognized, probably because Vespucci supposedly only sailed through the southeastern GoM, to the east of the peninsula.

In those earliest years of exploration, the Gulf of Mexico was called different names by the cartographers of Sevilla and elsewhere. As one might expect, initially it was named the *Mare Cathaynum* (Chinese Sea). Later, acknowledging the rapidly emerging doubts about the region's proximity to Asia, it was known variously as the *Sinus Magnus Antillarum* (Great Bay of the Antilles); the *Golfo de Flórida*; the *Golfo de Cortés*, in honor of the most important of the *conquistadores*, Hernán Cortés; and the *Mediterráneo de América*, an interesting foreshadowing of the more recent view that both marginal sea regions were at one time in much closer proximity, and part of the same Tethyan geological realm. But since 1550, the name that stuck has been the good old *Golfo de México*.



Juan de la Cosa's *Mappa Mundi* (1500), the first known map of the Americas, including the Gulf of Mexico/Caribbean (the "big bay" on the center-left of the map).
Source: <https://olinuris.library.cornell.edu/exhibitions/maps>



Jon Blickwede egresó de la Universidad de Tufts en Boston, Massachusetts, EEUU con un Bachillerato en Ciencias de la Tierra en 1977. Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en 1979, donde hizo su tesis de Maestría en Geología sobre la Formación Nazas en la Sierra de San Julián, Zacatecas, México. Jon comenzó su carrera en 1981, trabajando por 35 años como geólogo de exploración petrolera para varias compañías tal como Amoco, Unocal, y Statoil. Realizó

proyectos de geología sobre EEUU, México, Centroamerica y el Caribe para estas empresas. Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC (www.teyrageo.com), donde está realizando un proyecto de crear afloramientos digitales y excursiones geológicas virtuales en EEUU y México, utilizando imágenes tomados con su drone, integrados con otros datos geoespaciales.

jonblickwede@gmail.com

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

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



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 Icnofósiles 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 travesías 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.



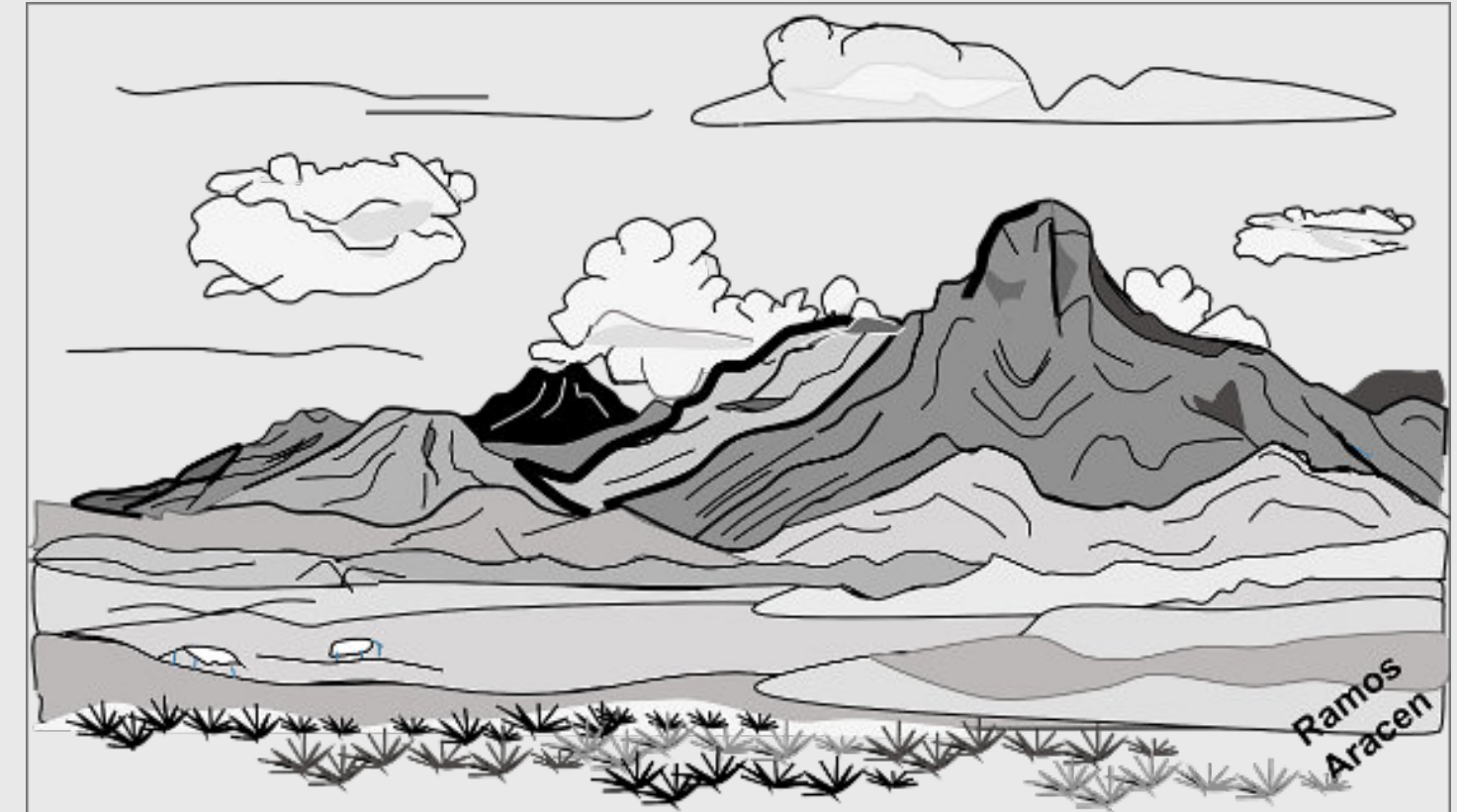
Panorámica del Cerro El Viejo

Localidad, Región de Zaragoza, estado de Nuevo León.

Título, Cerro El Viejo.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo para conocer las litologías y sus características, tanto estratigráficas como estructurales, en la época en que pertencí al grupo de Geología Regional.

Descripción del Dibujo. La Panorámica es el paisaje que se visualiza desde la vereda de la Cd. de Zaragoza, en la región de Aramberri, N.L., el paisaje es hacia el norte donde se percibe la majestuosa montaña conocida como el Cerro El Viejo, con elevaciones de aproximadamente más de 3,450 msnm, altitud de las más elevadas en la Sierra Madre Oriental, se trata de una estructura de un flaco anticlinal con un sinclinal afectados por falla de cabalgamiento de capas cretácicas de la Tamaulipas inferior y de plataforma de la Formación. El Abra sobre rocas de tipo margas y calizas arcillosas de la Formación Méndez del Cretácico superior.



Panorámica del Cerro El Pilón.

Localidad, En la región de Villagrán, Tamaulipas.

Título, Cerro El Pilón.

Desarrollo del trabajo: Durante los trabajos de Geología Regional, se efectuó un recorrido sobre algunas localidades del frente de la Sierra Madre Oriental, me tocó la oportunidad de levantar y medir secciones estructurales junto con el Ing. David Colín y después por ahí efectuar mediciones estratigráficas de las secuencias jurásicas y cretácicas principalmente.

Descripción del Dibujo. En esta panorámica se observa al frente de montañas cabalgadas de la Sierra Madre Oriental en la región al norte del estado de Tamaulipas, específicamente entre la Cd. de Villagrán y las cercanías al poblado de Villa Mainero en el estado de Tamaulipas.

En esta región sobresale topográficamente el Cerro El Pilón, a 1,200 msnm, aproximadamente de altitud y cuya morfología es un punto de referencia en estas áreas.

Geológicamente se tratan de calizas del Cretácico inferior fuertemente plegadas y muy inclinadas, mismas que se encuentran cabalgando sobre las margas y lutitas arcillosas de las formaciones Méndez y calizas arcillosas con lutitas u bentonitas de la Formación San Felipe.



Rogelio Ramos Aracén, 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 Tamamaulipas. 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 Aracén. "*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 GEOLOGICA MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

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

1990 "DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTE DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP".
IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA 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

APLICACIONES

Rock Physics App: Software que fortalece el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física de Rocas

J. E. Flores-Pérez¹ y O.C. Valdiviezo-Mijangos^{1,2}

jfloresp1801@alumno.ipn.mx y ovaldiviezom@ipn.mx, ovaldivi@imp.mx

¹ ESIA-Ticomán, Instituto Politécnico Nacional

Calz. Ticomán 55, La laguna Ticomán Gustavo A. Madero, 07340, Ciudad de México, CDMX.

² Instituto Mexicano del Petróleo

Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Gustavo A. Madero, 07730, Ciudad de México, CDMX.

*A solicitud de varios colegas, publicamos este artículo de nuevo.

Resumen

En el área de geociencias es muy común encontrar modelos matemáticos que describen fenómenos físicos o bien propiedades físicas de interés. Estos modelos matemáticos muchas veces son expresiones explícitas que es posible evaluarlos con una calculadora, papel y lápiz, pero la gran cantidad de modelos matemáticos requieren de alguna hoja de cálculo o bien lenguaje de programación, como C++, Matlab, Phyton, etc. Particularmente en la disciplina de Física de rocas, aparecen muchos modelos matemáticos que no es trivial su evaluación y muchos menos tenerlos juntos en una sola aplicación. Es bien sabido que la Física de rocas es una herramienta auxiliar en áreas como la petrofísica, registros geofísicos, geomecánica, geotecnia entre otras. Aquí se propone una aplicación desarrollada en Matlab donde se codifican las principales modelos que se utilizan en Física de rocas. Esta aplicación puede ser de gran utilidad para los estudiante y docentes relacionados con las disciplinas antes mencionadas.

Introducción

El programa de cómputo *Rock Physics App* es una herramienta en el proceso enseñanza-aprendizaje en el área de las Geociencias, particularmente en la Física de Rocas. La física de rocas es una disciplina dentro del área de las Geociencias que se encarga de estudiar los fenómenos físicos que ocurren en las rocas, así como la relación que existe entre sus propiedades. En las rocas aparecen fenómenos de esfuerzo-deformación, de transporte de fluidos, de decaimiento radiactivo, de conducción de calor, de difusión, de erosión, etc.; también aparecen fenómenos acústicos, eléctricos, electromagnéticos, entre muchos otros. Hay excelentes libros que abordan todos estos temas por ejemplo Schön (1996), Mavko et al. (2009), etc. Por otro lado, la física de rocas es de gran utilidad para otras disciplinas, tales como la Geomecánica, la Petrofísica, la Sismología, los Registros

Geofísicos, la Geotecnia, etc. Este trabajo presenta un programa de cómputo basado en modelos que describen algunos de los principales fenómenos que aparecen en rocas, en el cual al estudiante y a profesores les puede ser de utilidad.

A los estudiantes de las Geociencias les permitirá tener una herramienta, para reforzar conocimiento, para experimentar con casos hipotéticos, entre otras. A lo largo de la experiencia docente hemos notado que hay ciertos temas que a los alumnos se les dificulta y es ahí donde este programa es una herramienta invaluable.

Modelos implementados en el software *Rock Physics App*

El software cuenta con 8 modelos los cuales están tomados de referencias clásicas de Física de rocas los cuales se describen a continuación.

Modelos de mecánica de rocas

Se considera que el fundamento de los modelos de la mecánica de rocas basado en la mecánica del medio continuo donde la Ley de Hooke es fundamental. Esta ley describe cómo un medio expuesto a un esfuerzo sufre una deformación, esta misma se ve reflejada en su comportamiento elástico de un sólido. Abajo se muestran ejemplos clásicos de esta ley.

1. Resorte libre amortiguado

Es la solución de la ecuación diferencial lineal de segundo grado que describe el movimiento de una masa acoplada a un resorte amortiguado. Esta ecuación es resuelta por el método de coeficientes constantes. Para calcular la velocidad se evalúa la derivada en forma numérica de la posición. La ecuación (1) de Dennis G. Zill, describe el movimiento del resorte libre amortiguado

$$\ddot{x} + f\dot{x} + kx = 0, \quad (1)$$

donde:

m es la masa que cuelga del resorte

f es el coeficiente de fricción

k es la constante de restitución del resorte

x es la posición de la masa con respecto al punto de equilibrio

\dot{x} es la velocidad

\ddot{x} es la aceleración

2. Circulo de Mohr 2D y 3D

Se calculan los *eigen* valores de la matriz de esfuerzo, con lo cual se determina el mínimo y máximo esfuerzo principal por medio de la función *eig* de MATLAB. En Mavko et al. (2009) se describen el tensor de esfuerzos en 2 y 3 dimensiones como sigue:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}, \quad (3)$$

donde:

σ_x es el esfuerzo normal en el plano X

σ_y es el esfuerzo normal en el plano Y

σ_z es el esfuerzo normal en el plano Z

τ_{xy} es el esfuerzo tangencial en el plano X-Y, consideramos que $\tau_{xy} = \tau_{yx}$

τ_{xz} es el esfuerzo tangencial en el plano X-Z, consideramos que $\tau_{xz} = \tau_{zx}$

τ_{yz} es el esfuerzo tangencial en el plano Y-Z, consideramos que $\tau_{yz} = \tau_{zy}$.

3. Criterio de falla Mohr-Coulomb

Existen varios criterios de falla tomando en cuenta el Circulo de Mohr. Con este criterio de falla es posible determinar si una roca se fracturaría bajo un cierto estado de esfuerzo. El criterio de falla *Mohr-Coulomb* se basa en determinar la envolvente de falla asociada a un cierto tipo de roca. Esta envolvente de falla se describe matemáticamente de la siguiente manera:

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi, \quad (4)$$

donde:

C es el coeficiente de cohesión del material

σ_n es el esfuerzo normal a lo largo del plano de fractura

ϕ es el ángulo de fricción interna del material en específico

Modelos de inclusión

Los modelos de inclusión se usan para predecir los módulos elásticos de medios heterogéneos e isotropos en función de sus constituyentes. Los constituyentes pueden ser minerales, fluidos o espacios vacíos. Abajo se mencionan los modelos de inclusiones más relevantes.

4. Cotas de Hashin-Shtrikman, Reuss y Hill

Se basa en la predicción teórica de los módulos elásticos efectivos de una matriz mineralógica que se intercambia por una inclusión, ya sea fluido u otro mineral. Hashin-Strikman en 1963 publican una ecuación que describe dicho intercambio:

$$K^{HS\pm} = K_1 + \frac{f_2}{(K_2 - K_1)^{-1} + f_1 \left(K_1 + \frac{4}{3}\mu_1\right)^{-1}}, \quad (5)$$

$$\mu^{HS\pm} = \mu_1 + \frac{f_2}{(\mu_2 - \mu_1)^{-1} + 2f_1(K_1 + 2\mu_1)/[5\mu_1 \left(K_1 + \frac{4}{3}\mu_1\right)]}, \quad (6)$$

donde

K_1 es el módulo volumétrico de la matriz

K_2 es el módulo volumétrico de la inclusión

μ_1 es el módulo de rigidez de la matriz

μ_2 es el módulo de rigidez de la inclusión

f_1 es la fracción volumétrica de la matriz

f_2 es la fracción volumétrica de la inclusión

El \pm representa que tipo de cota se requiere obtener ya sea upper ($K_1 > K_2$) o lower ($K_1 < K_2$). Para el resto de los modelos que se utilizan consulte la bibliografía referente.

5. Modelos de Budiansky-O'Connell y Kuster-Tokzös

Esto dos modelos predicen los módulos elásticos efectivos dependiendo del mineral o fluido, su porosidad y la forma geométrica de la inclusión usando como base las ecuaciones de Berryman mostradas en la Tabla 1.

Forma de la inclusión	P^{mi}	Q^{mi}
Esferas	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K_l + \frac{4}{3}\mu_m}$	$\frac{\mu_m + \zeta_m}{\mu_l + \zeta_m}$
Agujas	$\frac{K_m + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_l}{K_l + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_l}$	$\frac{1}{5} \left(\frac{4\mu_m}{\mu_m + \mu_l} + 2 \frac{\mu_m + \gamma_m}{\mu_l + \gamma_m} + \frac{K_l + \frac{4}{3}\mu_m}{K_l + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_l} \right)$
Discos	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_l}{K_l + \frac{4}{3}\mu_l}$	$\frac{\mu_m + \zeta_l}{\mu_l + \zeta_l}$
Grietas de moneda	$\frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_l}{K_l + \frac{4}{3}\mu_l + \pi\alpha\beta_m}$	$\frac{1}{5} \left[1 + \frac{8\mu_m}{4\mu_l + \pi\alpha(\mu_m + 2\beta_m)} + 2 \frac{K_l + \frac{2}{3}(\mu_l + \mu_m)}{K_l + \frac{4}{3}\mu_l + \pi\alpha\beta_m} \right]$

Tabla 1. Coeficientes P^{mi} y Q^{mi} para diferentes formas de inclusión. Extraída del libro *Rock Physics Handbook*, Gary Mavko et al. (2009)

Budiansky (1974) y Kuster-Tökzös (1974) deducen 2 pares de ecuaciones con los que se pueden calcular los módulos elásticos efectivos en función de la forma de la inclusión, cantidad de ella, tipo de fluido,

$$K_{SC}^* = K_m + x_i(K_l - K_m)P^{mi}, \quad (7)$$

$$\mu_{SC}^* = \mu_m + x_i(\mu_l - \mu_m)Q^{mi}, \quad (8)$$

$$(K_{KT}^* - K_m) \frac{\left(K_m + \frac{4}{3}\mu_m\right)}{\left(K_{KT}^* + \frac{4}{3}\mu_m\right)} = \sum_{i=1}^N x_i(K_l - K_m)P^{mi}, \quad (9)$$

$$(\mu_{KT}^* - \mu_m) \frac{(\mu_m + \zeta_m)}{(\mu_{KT}^* + \zeta_m)} = \sum_{i=1}^N x_i(\mu_l - \mu_m)Q^{mi}, \quad (10)$$

donde:

K_m es el módulo volumétrico de la matriz

K_l es el módulo volumétrico de la inclusión

μ_m es el módulo de rigidez de la matriz

μ_l es el módulo de rigidez de la inclusión

x_i es la fracción volumétrica

K_{KT} es el módulo volumétrico de Kuster-Tokzös

μ_{KT} es el módulo de rigidez de Kuster-Tokzös

K_{SC}^* es el módulo volumétrico de Budiansky-O'Connell

μ_{SC}^* es el módulo de rigidez de Budiansky-O'Connell

P^{mi} es el factor P^{mi} de la tabla 1

Q^{mi} es el factor Q^{mi} de la tabla 1

α es el factor es la razón de aspecto

6. Sustitución de fluidos Gassman-Biot

Podemos determinar los módulos elásticos de una roca saturada con un tipo de fluido y roca seca, o bien sin fluido con el objetivo de intercambiarlo, de ahí el nombre de sustitución de fluidos. Gassman (1951) y Biot (1956) desarrollan los modelos que describen este comportamiento:

$$\frac{K_{sat}}{K_0 - K_{sat}} = \frac{K_{dry}}{K_0 - K_{dry}} + \frac{K_{fl}}{\phi(K_0 - K_{fl})} \quad (11)$$

$$\mu_{sat} = \mu_{dry} \quad (12)$$

Modelos de ondas sísmicas

7. AVO/AVA

Expresa la variación de la reflectividad con la distancia fuente-receptor (offset) y el ángulo de reflexión debido al contraste de impedancias acústicas entre 2 medios, a partir de las ecuaciones de Zoeppritz se obtienen aproximaciones según Shuey (Ec. 13) y Hilterman (Ec. 14).

$$R_{pp}(\theta_1) \approx R_{p0} + \left[ER_{p0} + \frac{\Delta v}{(1 - \bar{v})^2} \right] \sin^2 \theta_1 + \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p} (\tan^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_1), \quad (13)$$

$$R_{pp} \approx R_{p0} \cos^2 \theta + PR \sin^2 \theta. \quad (14)$$

8. Ecuación para determinar la rapidez de la onda de Rayleigh

Es una ecuación (Ec.16) que relaciona las ondas de cuerpo onda p y onda s con la rapidez de onda superficial tipo Rayleigh.

$$\left(2 - \frac{V_R^2}{V_S^2} \right)^2 - 4 \left(1 - \frac{V_R^2}{V_P^2} \right)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{V_R^2}{V_S^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 0. \quad (15)$$

Todos estos modelos han sido programados en MATLAB y el usuario puede interactuar con el programa.

Ejemplos

El software es amigable con instrucciones claras y concisas que llevan de la mano al usuario. El programa está creado de forma modular para que se puedan incluir más herramientas.

A continuación, se presentan ejemplos típicos de las interfaces del programa.

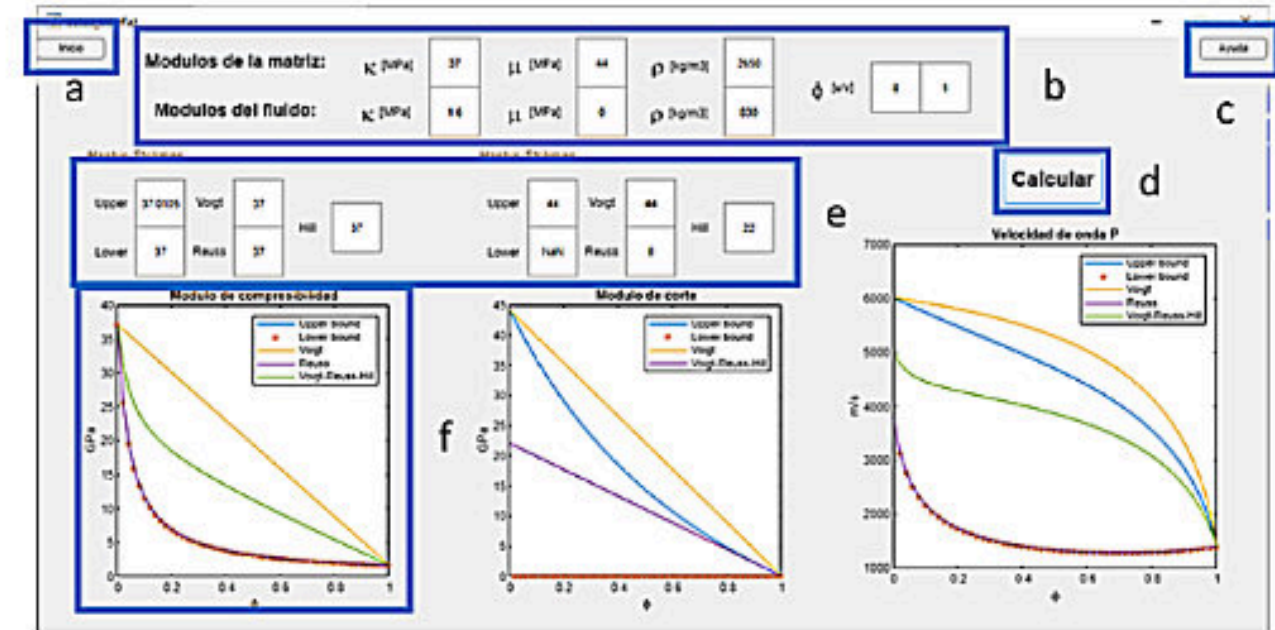


Figura 1. Se muestra la ventana de un modelo (a) es el botón que nos lleva a la ventana de inicio del programa, (b) entradas que alimentan los cálculos del modelo, (c) es el botón donde se muestra la ayuda para usar el software, (d) botón para realizar los cálculos, (e) salidas de los cálculos realizados y (f) gráficos donde se muestran los resultados.

Como ejemplo 1 se muestran las cotas de Hashin-Shtrikman, en este caso usamos matriz de cuarzo y un fluido que fue el aceite. Los valores numéricos para el ejemplo fueron tomados Mavko, et al. (2009).

En las gráficas se muestran las variaciones de las propiedades en función de la porosidad o la cantidad de otro grano presente en una muestra de roca. Los poros pueden estar saturados por otros fluidos como gas, aceite o agua. Esto permitirá al usuario analizar las respuestas del medio cuanto cambia el fluido.

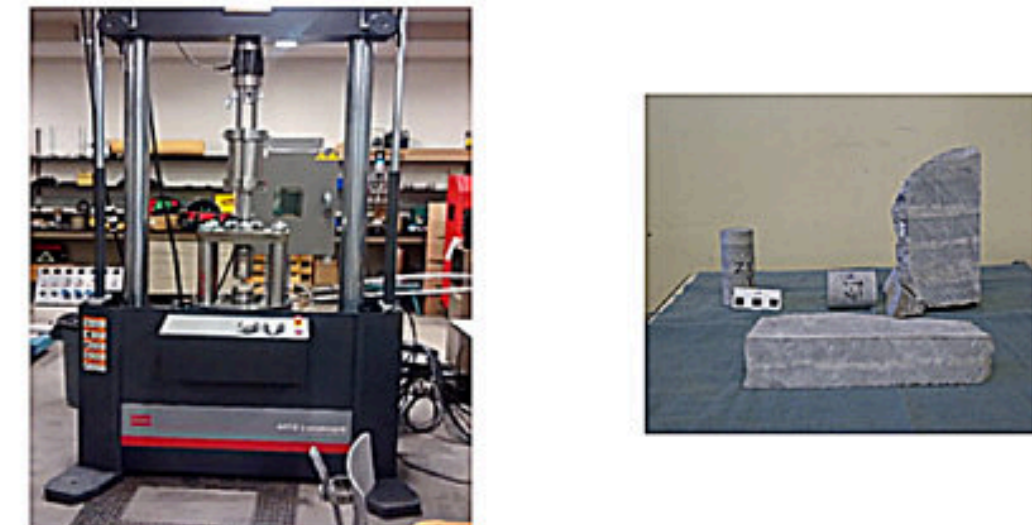


Figura 2. Se muestra un equipo de laboratorio usado para pruebas triaxiales. A la derecha se presentan tapones usados para las pruebas, así como fragmentos de macizos rocosos.

La Figura 2 es ilustrativa del tipo de muestras de rocas y la clase de equipo que se utilizan que se utilizan para medir la relación la relación esfuerzo deformación de rocas.

En la Figura 3 se muestra se muestra el círculo de Mohr asociado a un estado de esfuerzo, el cual se da como dato de entrada en el programa. En el caso que se quiera saber si un tipo de roca se fracturaría bajo ese estado de esfuerzo, se tiene que alimentar el programa con el coeficiente de cohesión y el ángulo de fricción de la roca. En esa figura se muestra la envolvente de falla del tipo de roca Bartlesville sandstone y el círculo de Mohr.

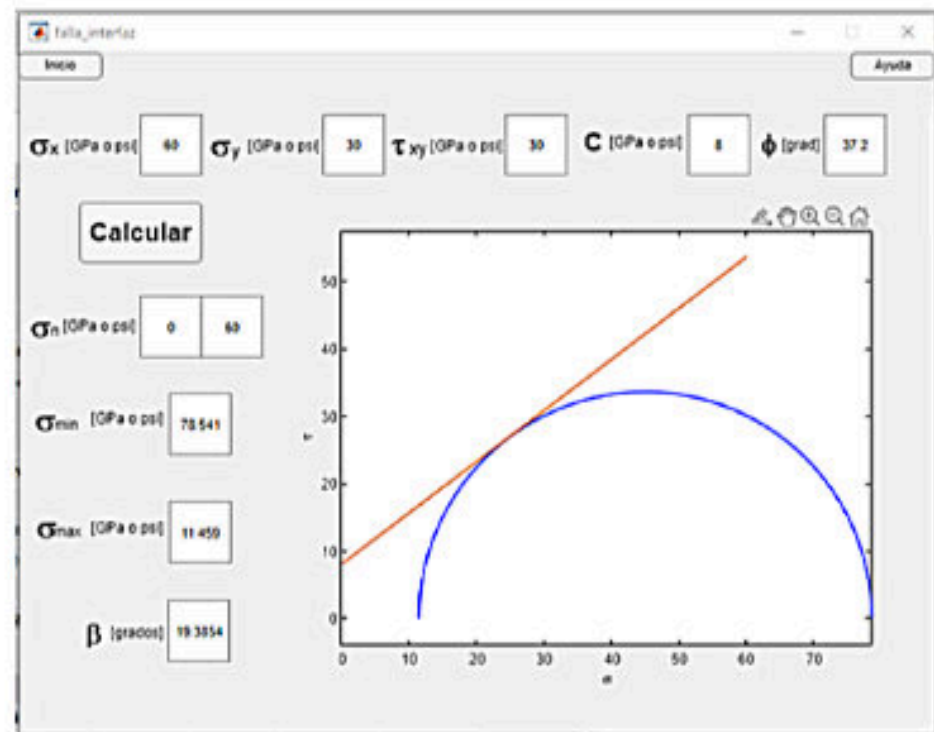


Figura 3. Se muestra la interfaz del modelo Criterio de falla de Mohr-Coulomb para una muestra de Bartlesville sandstone



Figura 4. Se muestra un escáner que mide la rapidez con la que viajan las ondas acústicas en la superficie de una muestra de roca.

En la Figura 4 se ilustra un escáner que sirve para medir la velocidad de ondas que viajan en la superficie de la roca. Estas ondas son las más parecidas a la onda de Rayleigh. Es una forma muy rápida de estimar cuál sería la rapidez de la onda s si se conoce la onda p mediante la resolución de una ecuación de cuarto grado.

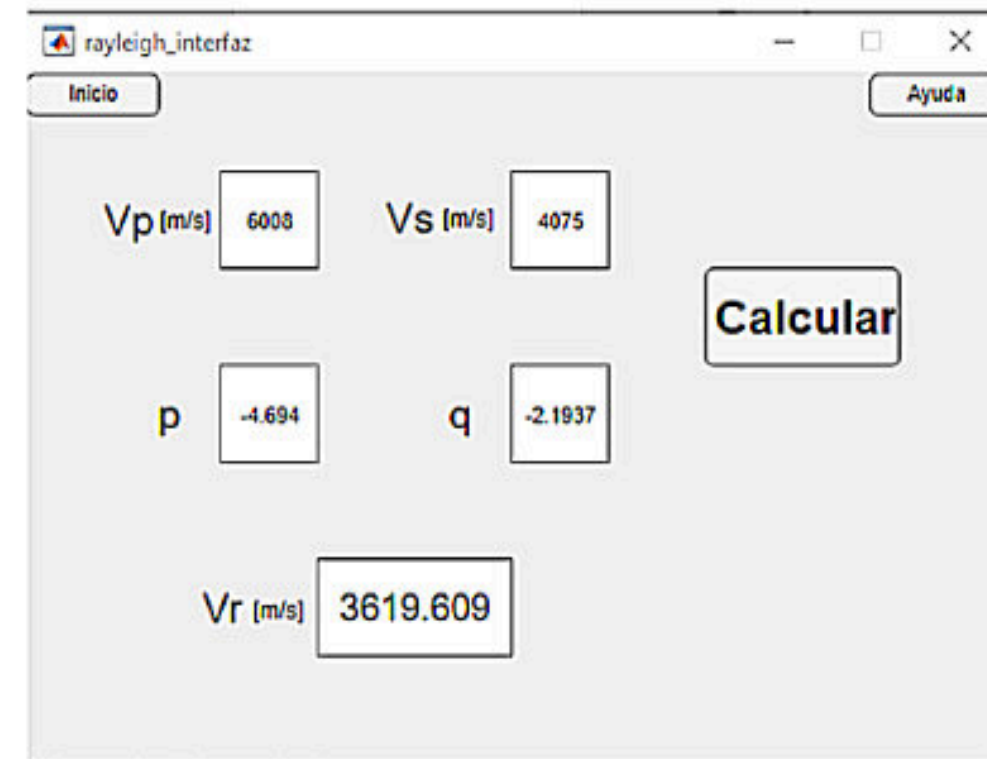


Figura 5. Interfaz gráfica del modelo de la ecuación de onda Rayleigh.

La Figura 5 muestra la rapidez de la onda Rayleigh teniendo como dato las velocidades de las ondas de cuerpo de una muestra de roca.

Estos son solo unos ejemplos de los módulos que contiene el software **Rock Physics App**. Es software se encuentra disponible para quien lo desee usar en su versión beta en el siguiente enlace de Google drive: https://drive.google.com/drive/folders/1tq4UhjQOpy7i7ldktU7hMllmeCF9MQ4a?usp=share_link. (Febrero 2023)

Conclusiones

- Se tiene un software sencillo y amigable que considera algunos de los tópicos relevantes de física de rocas en donde, tanto estudiantes como docentes, puede interactuar con el fin de reafirmar conocimientos de esta disciplina.
- El programa se estructuró de manera que cualquier usuario pueda entenderlo, además de que no es necesario instalar MATLAB para poder ser utilizada.
- Se incluyen modelos típicos de física de rocas como las cotas de Hashin-Shtrikman-Hill-Reuss, modelos de inclusión (Budiansky-O'Connell y Kuster-Tököz) y sustitución de fluidos (Gassman-Biot).
- Podemos relacionar pruebas hechas en laboratorio con modelos matemáticos que ayuden a visualizar de manera gráfica el comportamiento de los fenómenos físicos.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN (ESIA-Ticomán) por las facilidades para la realización de este trabajo. OVM agradece al Centro Gestor 360409 Gerencia de Ingeniería de Yacimientos del Instituto Mexicano del Petróleo por el apoyo para la elaboración de este artículo.

Referencias

- Berryman, J., 1995. Mixture theories for rock properties. In: Arens, T.J. (Ed.), *A Handbook of Physical Constants*. American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 205–228. DOI: 10.1029/RF003p0205
- Biot, M.A., 1956a. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid (I. Low frequency range). *J. Acoust. Soc. Am.* 28 (2), 168–178. DOI: 10.1121/1.1908239
- Budiansky, B., O'Connell, R.J., 1976. Elastic moduli of a cracked solid. *Int. Journ. Solids Struct.* 12, 81–97. DOI: 10.1016/0020-7683
- Fjaer, E., Holt, R.M., Horsrud, P., Raaen, A.M., Rines, R., 1992. *Petroleum Related Rock Mechanics*. Elsevier Science Publ., Amsterdam.
- Gassmann, F., 1951. Über die Elastizität poröser Medien. *Vier. der Natur. Gesellschaft Zürich*, 96, 1–23.
- Hashin, Z. y Shtrikman, S., 1963. A variational approach to the elastic behavior of multiphase materials. *J. Mech. Phys. Solids*, 11, 127–140. DOI: 10.1016/0022-5096(63)90060-7

Hilterman, F., 1989. Is AVO the seismic signature of rock properties? *Expanded Abstracts, Soc. Expl. Geophys., 59th Annual International Meeting*. Tulsa, OK: Society of Exploration Geophysicists, p. 559. DOI: 10.1190/1.1889652

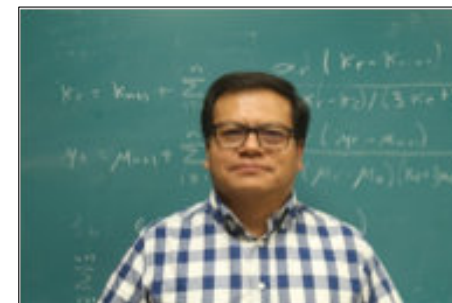
Kuster, G.T. y Toksöz, M.N., 1974. Velocity and attenuation of seismic waves in two-phase media. *Geophys.*, 39, 587–618. DOI: 10.1190/1.1440450

Mavko, G., Mukerji, T. y Dvorkin, J., 2009. *The Rock Physics Handbook: Tools for Seismic Analysis of Porous Media*. Cambridge University Press.

Schön, J.H., 1996. *Physical Properties of Rocks*. Oxford: Elsevier.

Shuey, R.T., 1985. A simplification of the Zoeppritz equations. *Geophys.*, 50, 609–614. DOI: 10.1190/1.1441936

Tiab, D. y Donaldson E. C., 2012. *Petrophysics: Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties (3rd ed.)*. Gulf Professional Publishing.



Dr. Oscar C. Valdiviezo Mijangos

Dr. en Ciencias por Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México en la orientación de Modelación de Sistemas Terrestres en el año 2002. Realizó un Postdoctorado en Instituto Mexicano del Petróleo del año 2002-2005. En el año 2005 fue contratado en el mismo instituto y desde entonces es investigador de tiempo completo. Ha participado en diversos proyectos de aplicación industrial, de desarrollo de producto y de investigación. Actualmente es líder de un proyecto de Investigación Internacional dentro de la Red de Conocimiento de Geomecánica, PEMEX-IMP-UdeAlberta (2017-2022). Las áreas donde se ha desarrollado son: modelación de las propiedades del sistema roca-fluido, transporte de fluidos en medios porosos, problema inverso, propiedades efectivas de rocas y física de rocas. Ha dirigido una tesis de licenciatura 5 de maestría y una de doctorado. Ha publicado 28 artículos en revistas indizadas, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel I). Es profesor de asignatura del IPN-ESIA-TICOMAN. En el 2003 ganó el Premio Francisco Medina a la Mejor Tesis Doctoral en Ciencias de la Tierra que otorga la UGM.



José Emiliano Flores Pérez

Estudiante de último semestre de la carrera de Ingeniería Geofísica del Instituto Politécnico Nacional, presidente del capítulo estudiantil de la Society of Exploration Geophysicists, enfocado en petrofísica, física de rocas e interpretación sísmica en la industria petrolera.

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 Geociencias.

MISCELÁNEOS

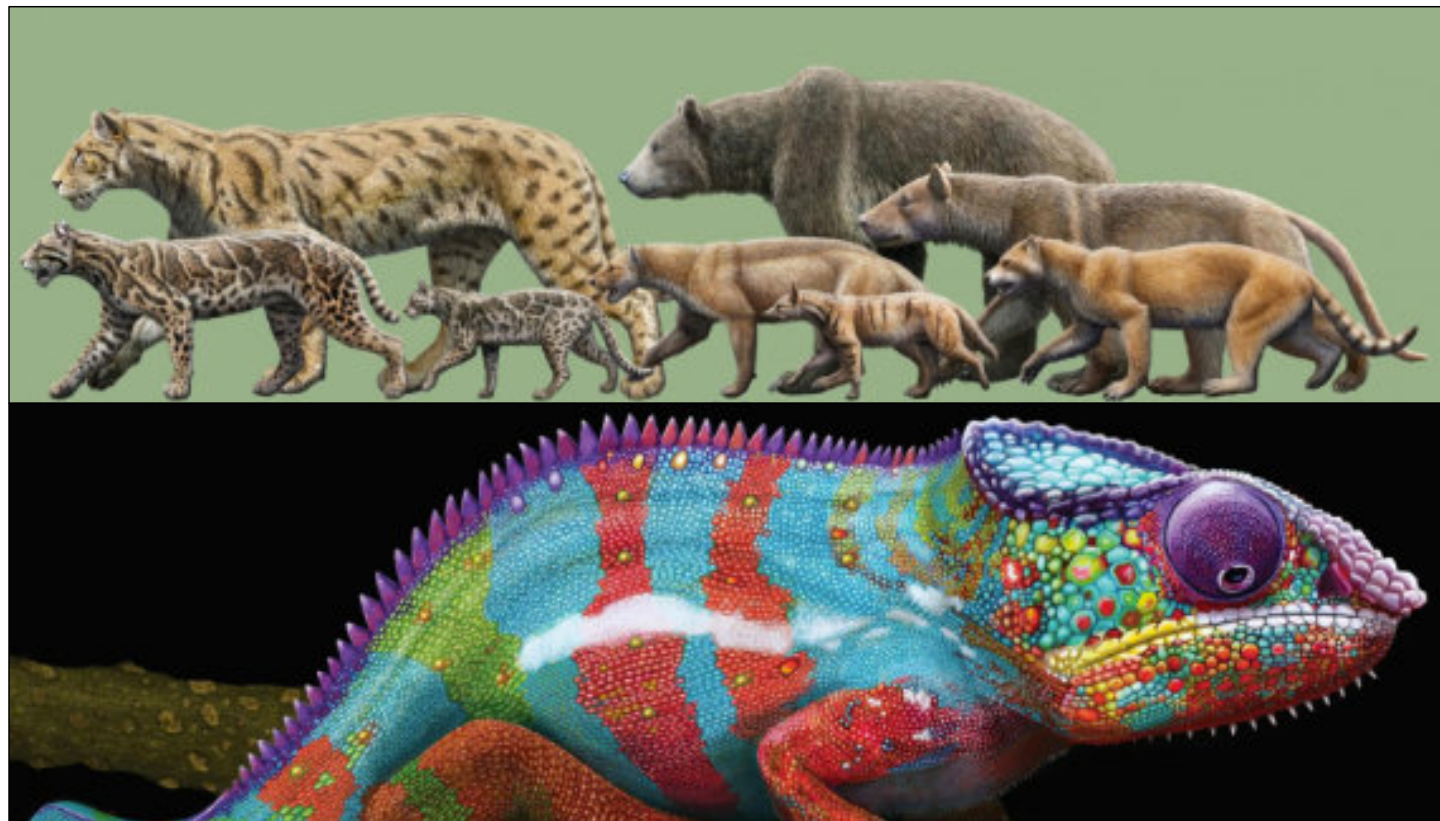
Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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.

Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, España

Haz click en la imagen



<https://vapa-us.org>



The Venezuelan American Petroleum Association

VAPA is a nonprofit professional organization in the Hydrocarbon industry and other related energies. It was founded in the state of Texas, USA in July 2019 and aims to establish relationships with organizations and institutions that can provide technical support, education and training to help the sustainable development of the Venezuelan energy industry.

VAPA is committed to promote technical events in upstream, midstream and downstream of both Oil and Gas and alternative energies that are of benefit to its members

Our Goal

The main Goal of VAPA is to bring together all the professional talent available in the Venezuelan Energy industry.

Our Purpose

Promote the professional growth of its members in technologies applied to the value chain of the energy sector while maintaining a high standard of conduct

Provide technical support, education, and training for the sustainable development of the Venezuelan Energy Industry.



COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN DE GEOLATINAS

Ven y participa con nosotros en nuestra iniciativa de divulgación técnica y científica:

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

Presenta con nosotros tu:

- + Tesis de licenciatura, maestría o doctorado
- + Especialidad en la industria o academia
- + Proyecto de investigación
- + Etc...

Click aquí o bit.ly/GeoSeminarios2025

TE INVITAMOS A LLENAR NUESTRO **FORMULARIO** Y SER PARTE DE NUESTRA INICIATIVA!

¡TE ESPERAMOS!



Checa nuestros GeoSeminarios en



GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

www.geolatinas.org

CICLO DE WEBINARS EN SIMULACIÓN DE RESERVORIOS

OCT 2025

VÍA ZOOM



INGLÉS/ESPAÑOL

Te invitamos al Ciclo de Webinars en Simulación de Reservorios - Edición Bilingüe, que impulsa el intercambio de experiencias en caracterización de reservorios del subsuelo.

Participarán profesionales e investigadores que compartirán herramientas, metodologías y casos de estudio, promoviendo la colaboración entre academia y sector profesional. El evento es organizado junto a GeoLatinas y el Capítulo Estudiantil Argentina SPWLA. El último Webinar lanzará tutoriales en español

Para consultas, contactar a daniela.navarro@umag.cl

An introduction to Reservoir Simulation

Jueves 9 octubre 4 pm ARG / 9 pm CEST.
Dictado por: Paul Glover, University of Leeds, Reino Unido.

Open-Source Tools: OPM Flow – Opportunities and Limitations

Jueves 16 octubre 3 pm ARG / 8 pm CEST.
Dictado por: Markus Blatt y Antonella Ritorto, OPM-OP AS.

Análisis de producción asistido por curvas tipo personalizadas

Jueves 23 octubre 7 pm ARG / Viernes 24 octubre 1 am CEST.
Dictado por: Martín Verdugo Dobronic, ENAP Magallanes.

SimRev: explorando la multifuncionalidad en reservorios para la transición energética en Magallanes

Jueves 30 octubre 5 pm ARG / 9 pm CEST.
Dictado por: Daniela Navarro Pérez, Diego Cepeda Mansilla, Sergio Pollak Mayorga, Universidad de Magallanes.



UMAG
Universidad de Magallanes



GeoSeminarios



Inscripciones AQUÍ

Programa: <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/PROGRAMA-6CIE2025.pdf>

Resúmenes: <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/09/LIBRO-DE-RESUMENES-6%C2%B0-CIE-2025-FINAL.pdf>

**CONGRESO INTERNACIONAL DE ENERGÍA 2025 (CIE 2025)/
INTERNATIONAL ENERGY CONFERENCE 2025 (IEC 2025)
CIE 2025**

**GENERAL PROGRAM/
PROGRAMA GENERAL**

**6° CONGRESO INTERNACIONAL
DE ENERGÍA 2025**

**“Redefiniendo el rumbo de la
Energía ante el cambio climático”**

24 - 26 Septiembre 2025

<https://raugm.org.mx/>

RAUGM 2025
Las Mujeres en las Geociencias

DEL 26 AL 31 DE OCTUBRE DE 2025

Hotel Sheraton Buganvillas - Puerto Vallarta - Jalisco - México

TEMAS

Arqueometría - Climatología, cambios climáticos y atmósfera - Ciencias del suelo - Exploración geofísica - Física espacial - Geología estructural y tectónica - Geodesia - Geología y geofísica ambiental - Geología del petróleo - Geomagnetismo y paleomagnetismo - Geomicrobiología - Geoquímica y petrología - Modelación de sistemas geofísicos - Oceanografía costera - Oceanología - Paleontología - Riesgos naturales - Sedimentología y estratigrafía - Sismología - Vulcanología

FECHAS LÍMITE

Propuesta de sesiones especiales y cursos: **1 de junio** - Registro de resúmenes: **10 de agosto** - Pre-registro de participantes: **7 de septiembre**

Convocatorias

CN01 Propuestas de sesiones especiales
Fecha: Del 12 de abril al 1 de junio
Descripción

CN02 Propuestas de cursos
Fecha: Del 12 de abril al 1 de junio
Descripción



unión geofísica mexicana a.c.
ugm

SESIÓN ESPECIAL (SE09)
LA CIENCIA ABIERTA Y LAS REVISTAS DE GEOCIENCIAS EN MÉXICO:

RECOMENDACIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS DE RELEVANCIA INTERNACIONAL

DEADLINE: 10 DE AGOSTO

CONSULTA LAS BASES:
<https://www.raugm.org.mx>

RAUGM 2025
Las Mujeres en las Geociencias

Sesiones especiales	
SE01 Las geociencias en la sociedad: educación, difusión y divulgación <small>Descripción</small>	SE10 Métodos computacionales en Ciencias de la Tierra <small>Descripción</small>
SE02 Limnología física <small>Descripción</small>	SE11 Energías renovables y sistemas de energía: desafíos de modelación multi-escala <small>Descripción</small>
SE03 Investigación integral del peligro sísmico: desde los procesos de ruptura hasta la mitigación de desastres compuestos <small>Descripción</small>	SE12 La contribución de la cartografía digital a las geociencias: pasado reciente y perspectivas <small>Descripción</small>
SE04 40 años del sismo de 1985: conmemoración y avances en la sismología mexicana <small>Descripción</small>	SE13 Ciencias espaciales, química prebiótica y astrobiología <small>Descripción</small>
SE05 Medición de la calidad de aire y emisiones desde el espacio <small>Descripción</small>	SE14 Redes de monitoreo e investigación en México <small>Descripción</small>
SE06 Convergencia en instrumentación para las geociencias y ciencias espaciales: innovación, desarrollo y aplicaciones <small>Descripción</small>	SE15 A 15 años del sismo El Mayor-Cuapah, Mw 7.2, ¿cómo ha evolucionado el conocimiento de la sismotectónica del Noroeste de México? <small>Descripción</small>
SE07 Geociencias con y para las comunidades: colaboración, reciprocidad y reflexión en la investigación geocienciales - un diálogo con el programa de AGL Training Birth Exchange <small>Descripción</small>	SE16 Erupciones sísmicas y procesos asociados con la actividad volcánica y tectónica <small>Descripción</small>
SE08 La región de Los Tuxtlas: una visión multidisciplinaria del estado actual de su conocimiento <small>Descripción</small>	SE17 Expositores en la RAUGM 2025 <small>Descripción</small>
SE09 La ciencia abierta y las revistas de Geociencias en México: recomendaciones para la publicación de artículos de relevancia internacional <small>Descripción</small>	SE18 Conferencias plenarias

<https://www.convencionmineramexico.mx/>



Inicio AIMMGM Comité Organizador Programa Registro Expominería Convocatorias Acapulco Hospedaje

Del 19 al 22 de Noviembre 2025, Mundo Imperial, Acapulco Guerrero, México



XXXVI
CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE
MINERÍA
ACAPULCO 2025
LA MINERÍA UNIDA POR MÉXICO

XXXVI INTERNATIONAL MINING CONGRESS AND EXHIBIT / Mining United for Mexico
19 al 22 de Noviembre 2025 / November 19th to 22nd, 2025

56 : **11** : **08** : **47**
DAY HOURS MINUTES SECONDS

[¿REQUIERE MÁS INFORMACIÓN?](#)

<https://www.csic.es/es/el-csic/organizacion/institutos-centros-y-unidades>



El CSIC es una Agencia Estatal con la consideración de Organismo Público de Investigación (OPI) de la Administración General del Estado con personalidad jurídica única que desarrolla su función a través de una multiplicidad de estructuras organizativas carentes de personalidad jurídica propia.

Los institutos de investigación desarrollan la investigación científica y técnica, abarcando todas las disciplinas científicas y se vinculan con las áreas científico técnicas en función de su temática. Para el ejercicio de esta actividad se organizan internamente en grupos de investigación, departamentos y otras unidades que puedan aprobarse. En función de la titularidad estos podrán ser propios (titularidad del CSIC), mixtos (titularidad compartida con otras instituciones) y asociados (con personalidad jurídica independiente).

Para su funcionamiento interno los institutos están dotados de órganos de dirección (Dirección, Vicedirección/es, Junta y Comisión Rectora en el caso de los institutos mixtos), gestión (Gerencia) y asesoramiento (Claustro Científico y Comité de Asesoramiento Científico). Además, en ellos podrán constituirse una Asamblea de instituto y un Consejo de instituto.

Los centros nacionales son estructuras de investigación que además de desarrollar la misma, se constituyen como órganos de asesoramiento técnico experto de carácter obligatorio a los poderes públicos. Para el ejercicio de las actividades encomendadas se organizan internamente en grupos de investigación, departamentos y otras unidades que puedan aprobarse, así mismo podrán estar integrados por unidades técnicas especializadas y por institutos de investigación temáticamente relacionados.

Además de las anteriores estructuras de investigación existen unidades de apoyo como son las unidades técnicas especializadas y los centros de integración de servicios. Las unidades técnicas especializadas tienen la función de prestar servicios especializados y/o transversales de carácter técnico o tecnológico a las estructuras de investigación y, en su caso, para la prestación de servicios al Estado.

Los centros de integración de servicios son estructuras de apoyo a la investigación creadas para atender a dos o más institutos o estructuras del CSIC, aunque pudieran perseguir objetivos científicos diferentes o pertenecer a diferentes áreas científico-técnicas. Su finalidad es la de dirección y gestión unificada de los servicios comunes administrativos y generales y técnicos que en cada caso se determine y su coordinación interna y con los institutos y estructuras a los que el centro preste servicio.

Su actividad científica se desarrolla a través de dos estructuras fundamentales: los institutos de investigación y los centros nacionales. Actualmente el CSIC cuenta con 121 institutos de investigación distribuidos por todo el territorio nacional, a excepción de la Escuela Española de Historia y Arqueología de Roma (Italia), de los cuales 69 son de titularidad propia, 50 mixtos y dos asociados. Asimismo, existen tres centros nacionales (INIA, IGME e IEO).

El ‘cocodrilo feroz’ que devoraba dinosaurios en la Patagonia hace 70 millones de años

El hallazgo en Argentina de los restos fósiles de una especie extinta de peirosáurido confirma las conexiones biológicas entre América del Sur y África, cuando ambos estaban unidos en un megacontinente. Su aspecto era aterrador. Una cabeza de medio metro de largo, un hocico voluminoso, dientes puntiagudos y afilados como cuchillos, un cuerpo de tres metros de longitud y 250 kilogramos de peso. El *Kostensuchus atroz* vivió hace 70 millones de años en América del Sur. Ahora, el cráneo, las mandíbulas y múltiples huesos del cuerpo de uno de estos depredadores — parientes evolutivos de los cocodrilos modernos, pero no antepasados— han sido encontrados fosilizados e intactos en el Chorrillo, una formación geológica originada a finales del Cretácico en lo que hoy es la Patagonia, al sur de Argentina. La nueva especie se presenta al mundo este miércoles en un estudio publicado en la revista PLOS One.

“Su nombre científico se podría traducir como el feroz cocodrilo del viento”, explica Fernando Novas, coautor del artículo. Este investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (Conicet), en la Fundación Félix de Azara, aclara que si bien hoy la región de la Patagonia se caracteriza por las bajas temperaturas, las nevadas copiosas y un viento que nunca da tregua, cuando el *Kostensuchus* la habitó era un paisaje cálido y húmedo. Aquellas llanuras aluviales de agua dulce eran hogar de criaturas de lo más diversas, como dinosaurios, tortugas, ranas y mamíferos.

Fuente: <https://elpais.com/ciencia/2025-08-28/el-cocodrilo-feroz-que-devoraba-dinosaurios-en-la-patagonia-hace-70-millones-de-anos.html>

<https://elpais.com/ciencia/2025-08-28/el-cocodrilo-feroz-que-devoraba-dinosaurios-en-la-patagonia-hace-70-millones-de-anos.html>



How scientists gave 10,000-year-old woman a face

The hunter-gatherer's remains were found in the Margaux caves in Belgium in 1988. Now DNA technology shows us what she looked like — and offers some surprises. The first hunter gatherers of the Meuse river valley moved with the rhythm of the seasons. The tribes, who predated the Neolithic and Bronze Age builders of Stonehenge by 5,000 years, left little trace they ever roamed northern Europe. What little we did know about our ancient ancestors, who lived more than 10,000 years ago, was that they were likely to have had dark skin and, as evidenced by Cheddar Man, found in 1903 — the most complete prehistoric remains to be discovered in Britain — they probably had blue eyes. Then along came the woman of Meuse. She was among the remains of 30 to 60 females from the Mesolithic period discovered in 1988 in the Margaux caves near Dinant, a picturesque town on the Meuse in Belgium. Now, after decades of study, scientists have been able to reconstruct her face.

Source: https://www.thetimes.com/world/europe/article/dna-from-10000-year-old-skull-gives-woman-of-meuse-a-face-8gnsq6v3w?utm_medium=Social&utm_source=Twitter#Echobox=1750164150-3

https://www.thetimes.com/world/europe/article/dna-from-10000-year-old-skull-gives-woman-of-meuse-a-face-8gnsq6v3w?utm_medium=Social&utm_source=Twitter#Echobox=1750164150-3



Jaw-droppingly weird' dinosaur from Morocco was studded with spikes

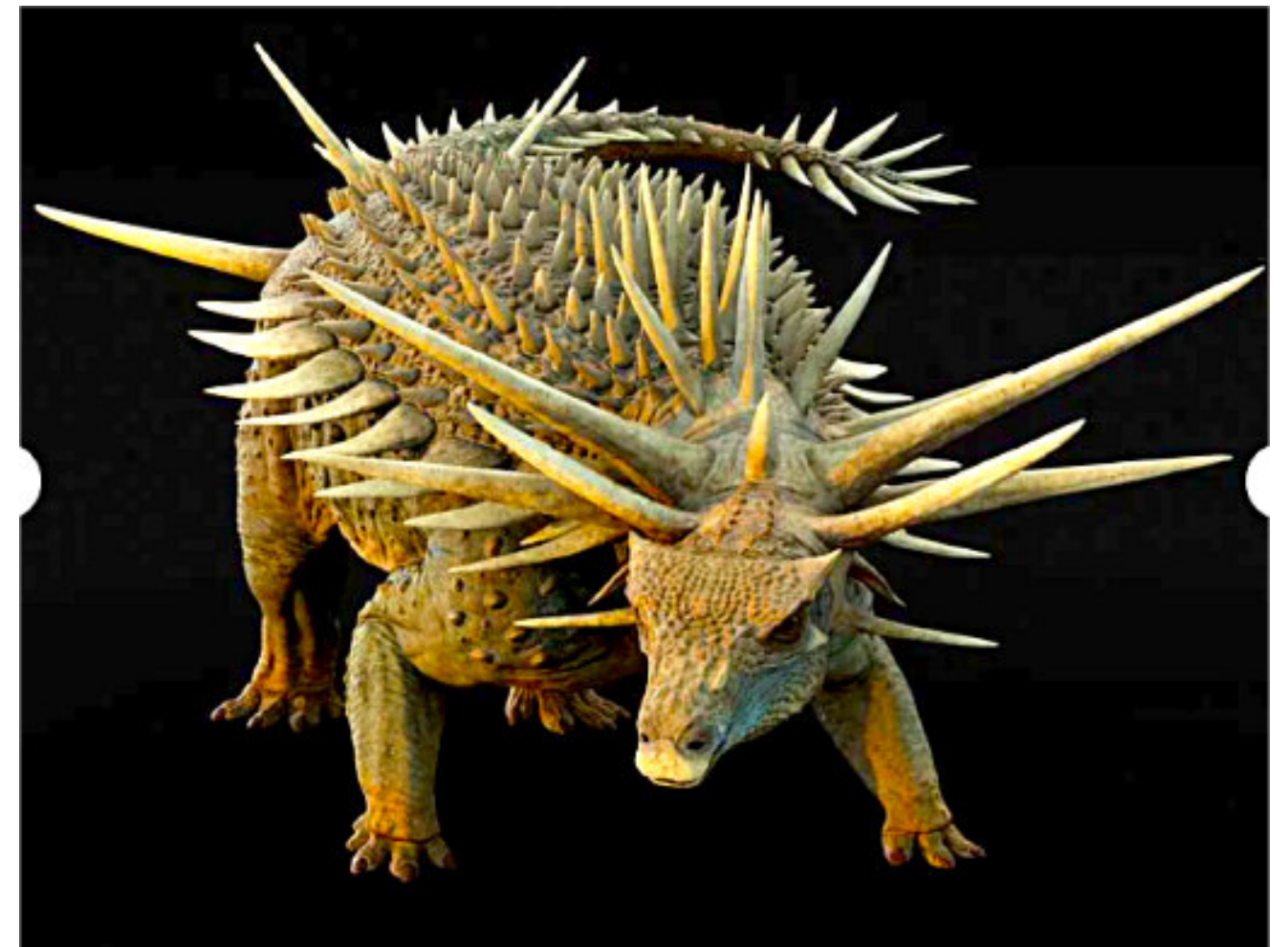
Around 165 million years ago on a coastal floodplain in what is now Morocco lived one of the most extreme dinosaurs on record, lavishly adorned with armor and spikes - some about three feet (one meter) long - unlike that of any other known creature.

Researchers on Wednesday described extensive fossilized remains discovered in the Atlas Mountains near the Moroccan town of Boulemane of a Jurassic Period dinosaur named Spicomellus. Roughly 13 feet (four meters) long and weighing perhaps one to two tons, Spicomellus is the oldest-known member of a group of tank-like armored dinosaurs called ankylosaurs, squat and slow-moving plant-eaters that walked on four legs.

"The armor of Spicomellus is jaw-droppingly weird, unlike that of any other dinosaur - or any other animal alive or dead - that we've ever discovered," said vertebrate paleontologist Richard Butler of the University of Birmingham in England, co-leader of the research published in the journal Nature.

By Will Dunham: <https://www.yahoo.com/news/articles/jaw-droppingly-weird-dinosaur-morocco-150433941.html>

<https://www.yahoo.com/news/articles/jaw-droppingly-weird-dinosaur-morocco-150433941.html>



El sorprendente hallazgo en Polonia que adelanta 10 millones de años la llegada a tierra de los vertebrados

Según el estudio publicado en *Scientific Reports*, las huellas descubiertas en los Montes de la Santa Cruz demuestran que peces dipnoos ya intentaban desplazarse fuera del agua mucho antes de la aparición de los primeros tetrápodos

Por [Fausto Urriste](#)

20 Ago, 2025 08:37 a.m. EST. Fuente: <https://www.infobae.com/>

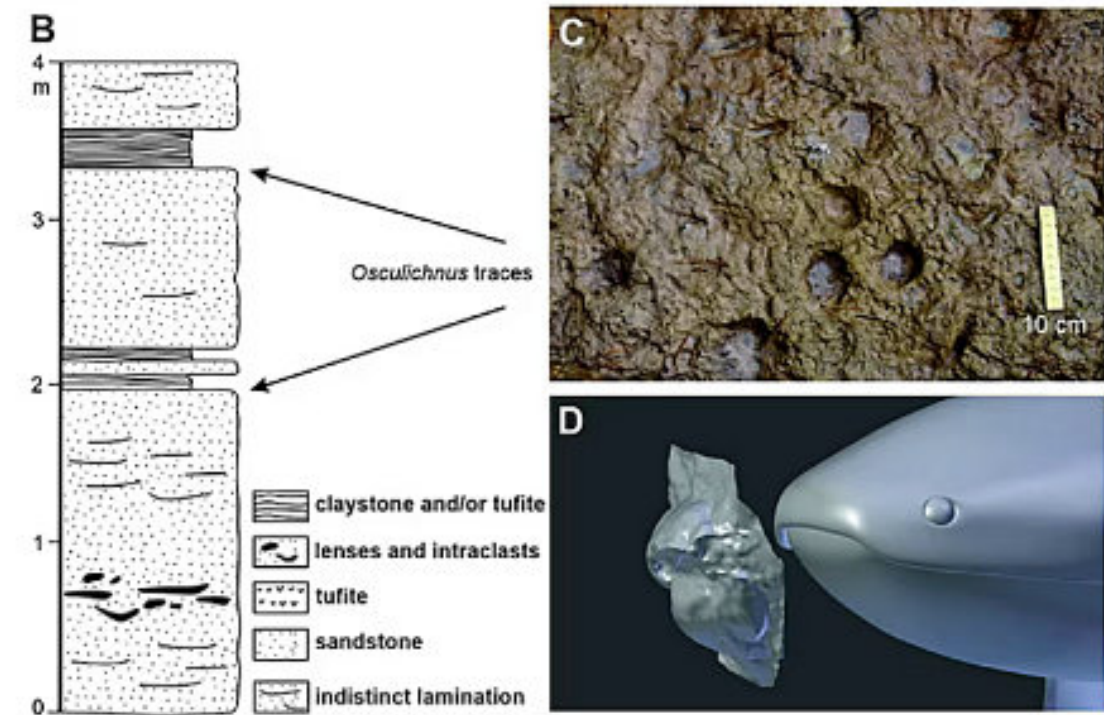
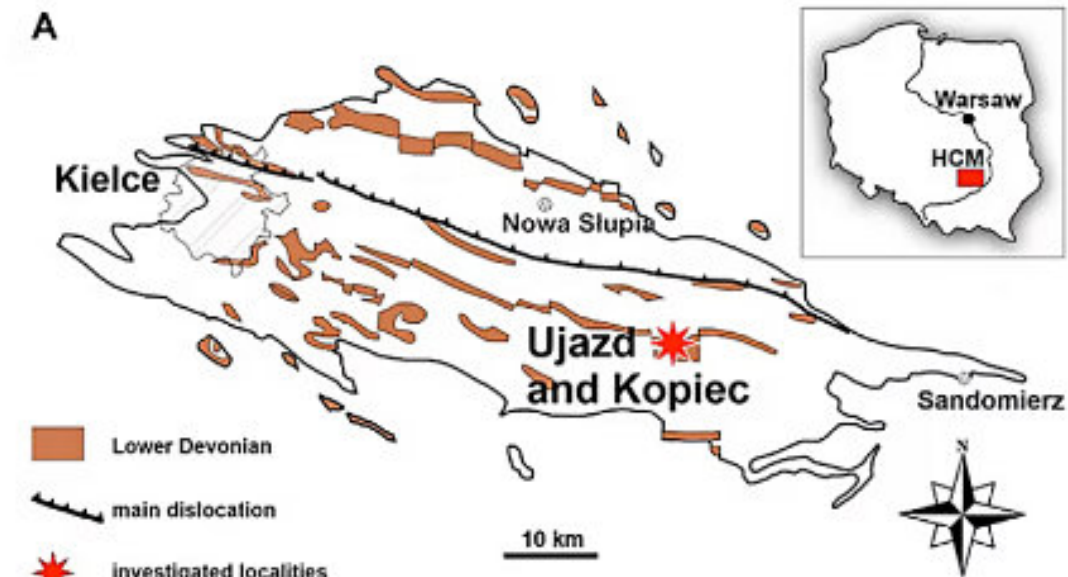


El hallazgo en Polonia adelanta diez millones de años la llegada de los vertebrados a tierra firme (*Scientific Reports/Nature*).

El análisis de huellas descubiertas en las canteras de **Ujazd** y **Kopiec** en los Montes de la Santa Cruz, Polonia, modificó el calendario evolutivo de los [vertebrados terrestres](#). Según *Phys.org*, estos rastros, asociados con peces dipnoos del Devónico Inferior, anticipan en diez millones de años la evidencia más antigua de vertebrados adaptados al desplazamiento en tierra firme.

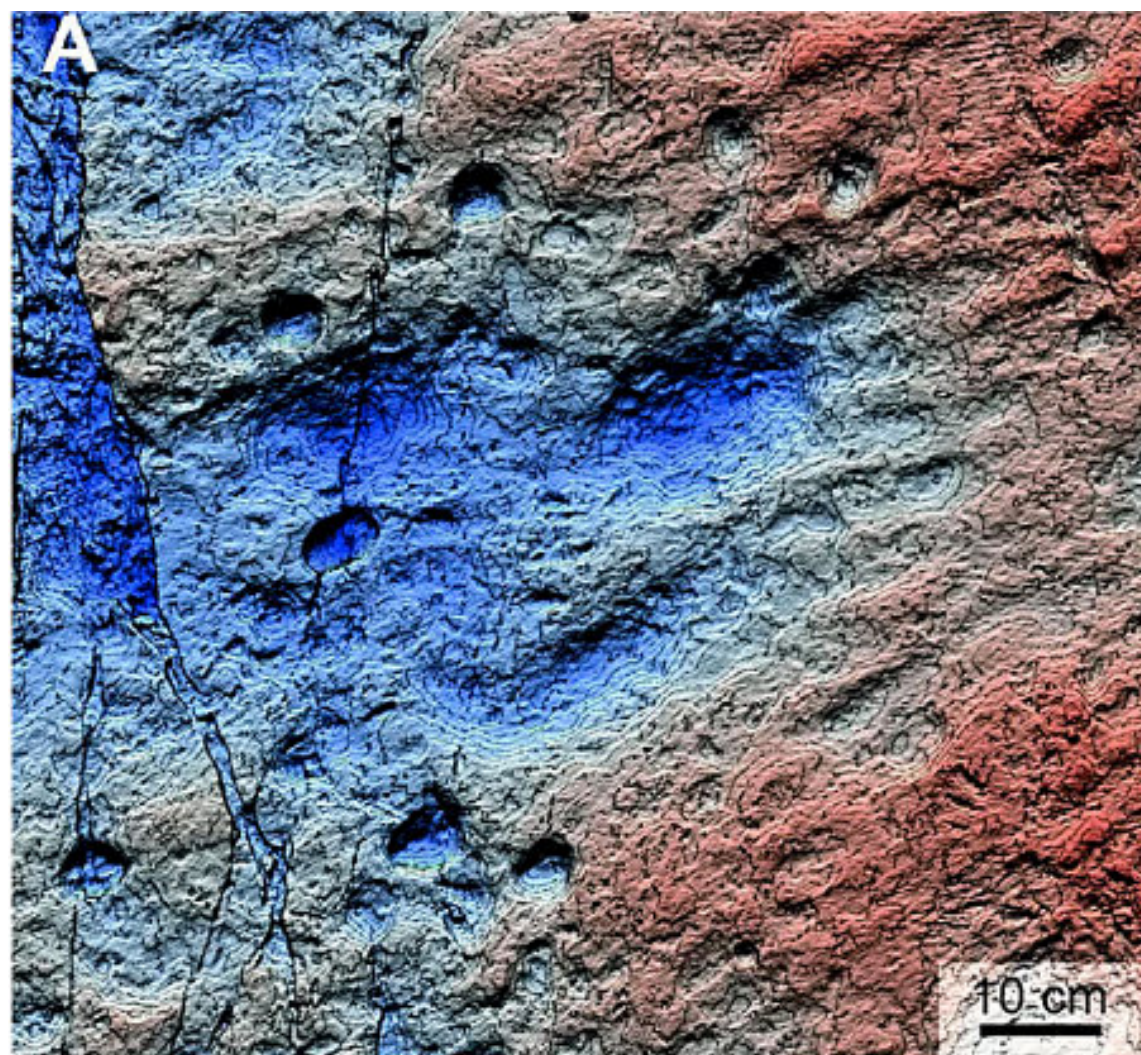
El hallazgo, realizado por el Instituto Geológico Polaco-Instituto Nacional de Investigación y publicado en la revista **Scientific Reports**, ofrece una perspectiva novedosa sobre los orígenes de la vida fuera del agua.

Las huellas, localizadas cerca de Iwaniska y a unos 190 kilómetros al sur de Varsovia, corresponden a fósiles de entre 419 y 393 millones de años. Los yacimientos presentan superficies de 30 metros cuadrados en Ujazd y 15 en Kopiec, con decenas de rastros que constituyen el registro más antiguo de peces intentando movilidad terrestre, anteriores a la aparición de los primeros tetrápodos.



Las huellas en los Montes de la Santa Cruz revelan que peces dipnoos intentaron desplazarse fuera del agua antes de los tetrápodos (*Scientific Reports/Nature*).

Los protagonistas de este episodio evolutivo son los peces dipnoos, vertebrados como *Dipnorhynchus* y *Chirodipterus australis*. Se identificaron como autores de las huellas por la morfología de los rastros: el perfil curvado de la mandíbula inferior, el contorno trapezoidal del hocico y los arcos en el margen ventral del labio superior coinciden con los dipnoos devónicos de hocico corto. Aunque estos peces no pertenecen al linaje directo de los tetrápodos, desarrollaron adaptaciones para desplazarse parcialmente emergidos, lo que indica una convergencia evolutiva.

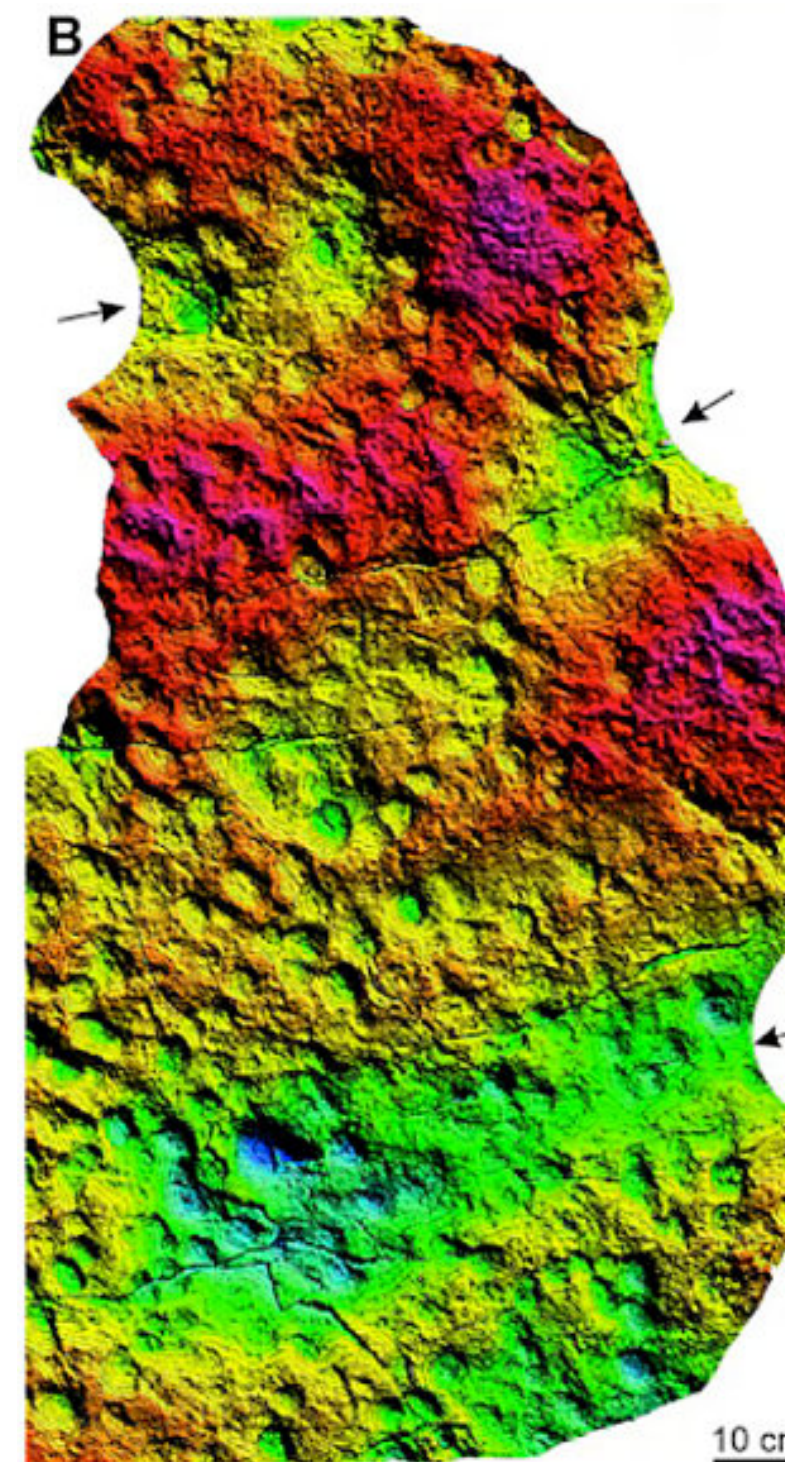


El estudio publicado en *Scientific Reports* modifica el calendario evolutivo de los vertebrados terrestres (*Scientific Reports/Nature*).

Para registrar las huellas, los equipos de campo emplearon técnicas tradicionales combinadas con tecnología avanzada. Tras excavar y limpiar las superficies de arenisca, realizaron fotografías, escaneos 3D con dispositivos *eviXscan Loupe+* y *ZScannerTM 800*, y moldes de silicona para preservar los detalles.

La información obtenida se procesó con software especializado, permitiendo reconstrucciones tridimensionales precisas de los rastros y su contexto sedimentario. La

conservación excepcional se debe a la cubierta de tufita, que protegió las huellas de la bioturbación.



El análisis detallado excluyó la natación como modo de locomoción, ya que no se evidenciaron trayectorias sinusoidales. Las huellas muestran marcas del tronco, aletas y hocico, lo que indica que los peces avanzaban parcialmente sobre el sedimento, utilizando el hocico como punto de anclaje y las aletas como apoyo, lo que revela una adaptación al

medio semiterrestre. En ciertos rastros, surcos paralelos sugieren que los animales descansaban sobre sus aletas.

Un aspecto destacado es la identificación de lateralidad en estos peces fósiles. Alrededor del 11% de los rastros presentan torsión, y el 97% de estos giros se orientan hacia la izquierda. El conjunto de 35 huellas con giro a la izquierda ofrece una diferencia estadísticamente significativa, lo que lleva a los investigadores a proponer el primer indicio de preferencia lateral en vertebrados fósiles tan antiguos. Podría tratarse del primer registro de “mano” preferente en la historia de los vertebrados. El contexto geológico de los Montes de la Santa Cruz contribuyó a la preservación de estas huellas. Las areniscas corresponden a un entorno marino marginal con episodios frecuentes de emersión y colonización vegetal. Solo unos pocos yacimientos en Europa y \Australia ofrecen rastros comparables, pero las huellas polacas son anteriores incluso a las famosas de la isla de Valentia, Irlanda. Esto sugiere que la transición a la vida terrestre pudo haberse iniciado mucho antes de lo estimado.

Los autores del estudio, según *Phys.org*, destacan que este descubrimiento **adelanta la cronología de la locomoción terrestre, demostrando adaptaciones independientes** en grupos hermanos de los tetrápodos. Las huellas de los Montes de la Santa Cruz constituyen **una ventana única a los primeros pasos de los vertebrados en tierra**, demostrando que la capacidad de explorar ambientes semiterrestres surgió mucho antes de la consolidación del linaje cuadrúpedo.



Photo by Claudio Bartolini.

Un viaje de mil millas comienza con un primer paso.

Lao-Tse

Reconstruyen el aire que respiraron los dinosaurios hace 150 millones de años con sus dientes fosilizados y descubren rastros de erupciones volcánicas que cambiaron el planeta.

Los dientes fosilizados de dinosaurios han revelado la composición del aire que respiraban hace más de 100 millones de años, arrojando luz sobre el clima del Mesozoico y los ciclos de carbono del pasado. Durante millones de años, los dientes de los dinosaurios han permanecido enterrados como testigos mudos de un mundo que ya no existe. Pero lo que nadie había imaginado es que estos restos no solo cuentan historias de caza y alimentación: también conservan grabado, átomo a átomo, el aire mismo que respiraban. Un grupo de científicos ha logrado descifrar ese mensaje oculto, y lo que han encontrado reescribe nuestra comprensión del clima prehistórico.

El equipo internacional de investigadores, liderado por la Universidad de Göttingen y con colaboración de las universidades de Mainz y Bochum, ha desarrollado una técnica innovadora para analizar los isótopos de oxígeno atrapados en el esmalte dental de dinosaurios. Su trabajo ha sido publicado en la prestigiosa revista *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* y supone un avance sin precedentes en la reconstrucción del clima terrestre del Mesozoico.

<https://www.muyinteresante.com/naturaleza/dientes-dinosaurio-aire-prehistorico-clima-jurasico-volcanes.html>



El clima prehistórico ha sido revelado gracias a los dientes de un T. rex. Foto: Istock/Christian Pérez

Hallan ámbar con insectos que habitaron con los dinosaurios

Los insectos atrapados en ámbar que fueron descubiertos en la Amazonía ecuatoriana ofrecen una mirada única al ecosistema del Cretácico, durante la existencia de los dinosaurios en el supercontinente Gondwana.

Científicos hallaron en la Amazonía de Ecuador los fósiles de insectos y plantas bien conservados en depósitos de ámbar que datan del período Cretácico, hace unos 112 millones de años, detalla un estudio publicado en la revista *Communications Earth & Environment*. El descubrimiento, realizado cerca del pueblo de Archidona, en la provincia de Napo, representa el mayor depósito de ámbar de la era de los dinosaurios encontrado en Sudamérica hasta ahora.

Una cápsula del tiempo en resina

El ámbar, una resina pegajosa producida por árboles, contenía bioinclusiones de avispas, moscas, escarabajos, pulgones, mosquitos e incluso parte de una telaraña. También se encontraron restos fosilizados de plantas en sedimentos cercanos. La resina, al endurecerse y fosilizarse en condiciones sin oxígeno, permite conservar organismos que normalmente no dejan huella en el registro fósil, como insectos y tejidos blandos. "El ámbar preserva esencialmente los exoesqueletos de pequeños organismos del pasado. La conservación de estas estructuras externas es tan excelente que, bajo el microscopio, pueden parecer organismos recién muertos, aunque tengan millones de años", explica el autor principal, Xavier Delclòs, de la Universidad de Barcelona.

"Los organismos sin esqueletos mineralizados son raros en el registro fósil, pero el ámbar los conserva en condiciones excepcionales, como ninguna otra roca puede hacerlo", añade.

<https://www.dw.com/es/como-en-jurassic-park-hallan-en-ecuador-%C3%A1mbar-con-insectos-que-habitaron-con-los-dinosaurios/a-74068752>



La Tierra acelera misteriosamente y nadie sabe por qué

Desde 2020, la Tierra ha comenzado a girar más rápido, contradiciendo la tendencia histórica de ralentización. El 5 de agosto marcó otro hito con 1,25 milisegundos menos que las 24 horas estándar.

Ayer, 5 de agosto de 2025, pasó algo extraordinario que la inmensa mayoría de nosotros no percibimos. Mientras transcurría lo que parecía un día común, la Tierra completó su rotación en 1,25 milisegundos menos de las 24 horas habituales, de acuerdo con los datos de *Timeanddate.com*. Esta diferencia microscópica –equivalente a 86.398,75 segundos en lugar de los 86.400 estándar– puede parecer insignificante, pero convirtió esta fecha en uno de los días más cortos jamás registrados desde que comenzaron las mediciones de precisión en 1973.

Aunque no se trata de una diferencia que podamos percibir sin relojes atómicos, el fenómeno está lejos de ser anecdótico para quienes se encargan de medir el tiempo en el mundo. Desde hace algunos años, los científicos observan un patrón inquietante: la rotación de la Tierra –que históricamente se ha ralentizado gradualmente debido a la influencia de la Luna– está ahora acelerándose, y nadie sabe con certeza por qué.

<https://www.dw.com/es/la-tierra-est%C3%A1-girando-extra%C3%B1amente-m%C3%A1s-r%C3%A1pido-y-los-cient%C3%ADficos-planean-algo-sin-precedentes/a-73551667>



Biblioteca Cubana de geociencias

<http://www.redciencia.cu/geobiblio/inicio.html>



Aprobado en Viñales, el primer geoparque de Cuba

<https://marketresearchtelecast.com/the-vinales-valley-becomes-the-first-geopark-in-cuba/195751/>

<http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/11/04/aprobado-en-vinales-el-primer-geoparque-de-cuba/>



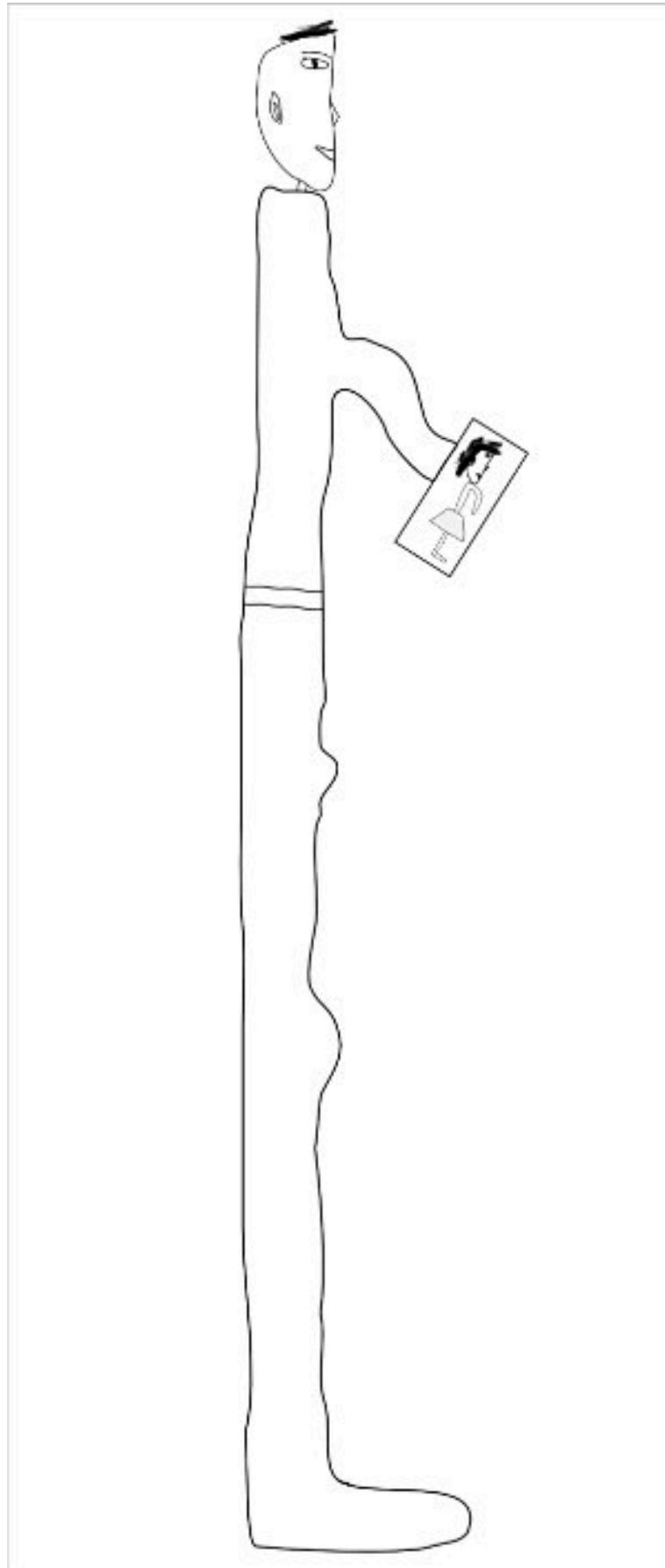
Caverna del arte

Artistas de calle - street performers: Madrid, Spain.

Photo by Claudio Bartolini, 2008.



El hombre unilateral. Dibujo por placa oceánica, 2025.



Badlands National Park, South Dakota, USA.

Photo by Gilda Yolid Muñoz.



Cuento: Teotihuacán

El hallazgo de Sergio Gómez, antropólogo del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), en Teotihuacán, usando la más avanzada tecnología de su carro robot, mostró numerosas imágenes digitales que lo dejaron atónito. Las imágenes de radar tridimensionales, y de magneto-resonancia, definieron perfectamente la forma plana de una enorme nave espacial, construida de titanio y de elementos desconocidos. Se podía observar perfectamente que la ciudad de Teotihuacán en su conjunto, era parte integral de una nave espacial gigantesca. Las pirámides, templos, altares, y avenidas habían sido construidas en la parte superior de la nave. Se confirmaba, así, que la nave espacial y la Ciudad de Teotihuacán constituían una sola pieza construida con los mismos materiales intergalácticos. Las avenidas de la ciudad habían sido utilizadas para el despegue y aterrizaje de naves espaciales de menor tamaño. Una vez analizada la evidencia, después de haber realizado los estudios correspondientes, los investigadores y antropólogos mexicanos concluyeron que la Ciudad de Teotihuacán era de origen extraterrestre, y no había sido construida por los indígenas mesoamericanos.

Adicionalmente, los científicos llevaron a cabo el muestreo detallado de cientos de fragmentos de roca de las variadas estructuras existentes en la ciudad, para fecharlas geocronológicamente y determinar también su composición geoquímica. Pronto, los resultados mostraron una homogeneidad isotópica asombrosa: absolutamente, todas las rocas indicaban una edad de 13 billones de años. Asimismo, los resultados geoquímicos probaron que ninguno de los elementos que constituían las rocas existían en la tierra, eran completamente desconocidos, salvo los elementos del grupo de tierras raras que les permitió datar las rocas. Evidentemente, las edades isotópicas y la composición geoquímica de las rocas con las que se construyeron templos y altares probaban nuevamente el origen extraterrestre de Teotihuacán.

La Ciudad de Teotihuacán, que en realidad es una nave espacial gigante, fue construida con materiales extremadamente radioactivos cuya edad supera los 13 billones de años; esto es, mucho más viejos que la edad de la tierra y la de nuestra propia galaxia (~5 billones de años). Quienes construyeron la ciudad, no tomaron en cuenta que los seres humanos no podrían sobrevivir en ese peligroso ambiente radioactivo, siendo una variable del experimento, imposible de definir en ese momento. Tal vez algún día no muy lejano, los humanos tendremos la capacidad tecnológica para modificar la fecha de retorno en el reloj atómico de la nave espacial, a un día y año en el futuro.

La tremenda sorpresa de los antropólogos, fue el hallazgo de dos cuerpos de extraterrestres, en las cámaras reales, debajo de las Pirámides del Sol y de la Luna, donde deberían de yacer los restos de los dioses Quetzalcóatl y Huitzilopochtli. Ambas cámaras reales fueron construidas con materiales intergalácticos que tenían un reloj atómico, integrado indicando la fecha de retorno de la nave espacial para el 12 de octubre de 1492, antes de la llegada de los conquistadores españoles. Todo parecía indicar que la nave sufrió una avería y nunca pudo regresar a su galaxia de origen (EGS_zs 8-1), ubicada a 15 billones de años luz de la tierra.

Los cuerpos de los extraterrestres estaban perfectamente conservados. Eran alargados y delgados como una espiga de trigo y con una cabeza del tamaño de una pelota de golf, cristalina, llena de un gas raro, pero sin rasgos faciales. Sus delgados cuerpos, de algo parecido al titanio eran huecos, por donde fluían gas y polvo cósmico a temperaturas extremas y a la velocidad de la luz. Los cuerpos de los dos extraterrestres corresponderían a los pilotos de la nave. La presencia de los seres extraterrestres fue contundente en la definición del origen extraterrestre de la ciudad.

Lo encontrado, al penetrar en la Pirámide de la Luna, no fue menos sorprendente, ya que en su interior habían dos salas, construidas con la tecnología médica más avanzada. De inmediato se podía observar que las actividades allí habían sido desarrolladas durante siglos, y que estuvieron enfocadas a la medicina y a la tecnología médica. En uno de los salones se habían construido varios quirófanos provistos con una serie de máquinas que, aparentemente se utilizaban para sofisticada cirugía e implantes y trasplantes de cerebros. Aquí se hizo la formación de médicos y la transferencia de tecnología a los Olmecas, quienes trabajaron después

conjuntamente con los extraterrestres en el conocimiento y avance de esta ciencia. Algunos cerebros todavía conservados en recipientes transparentes al vacío, eran evidencia clara del trasplante de cerebros, realizado entre los cráneos de humanos y los de extraterrestres, un gran avance de la tecnología médica.

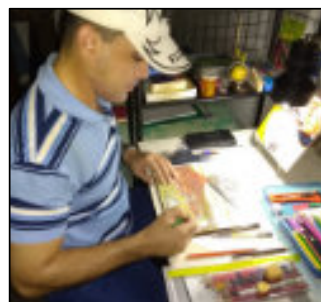
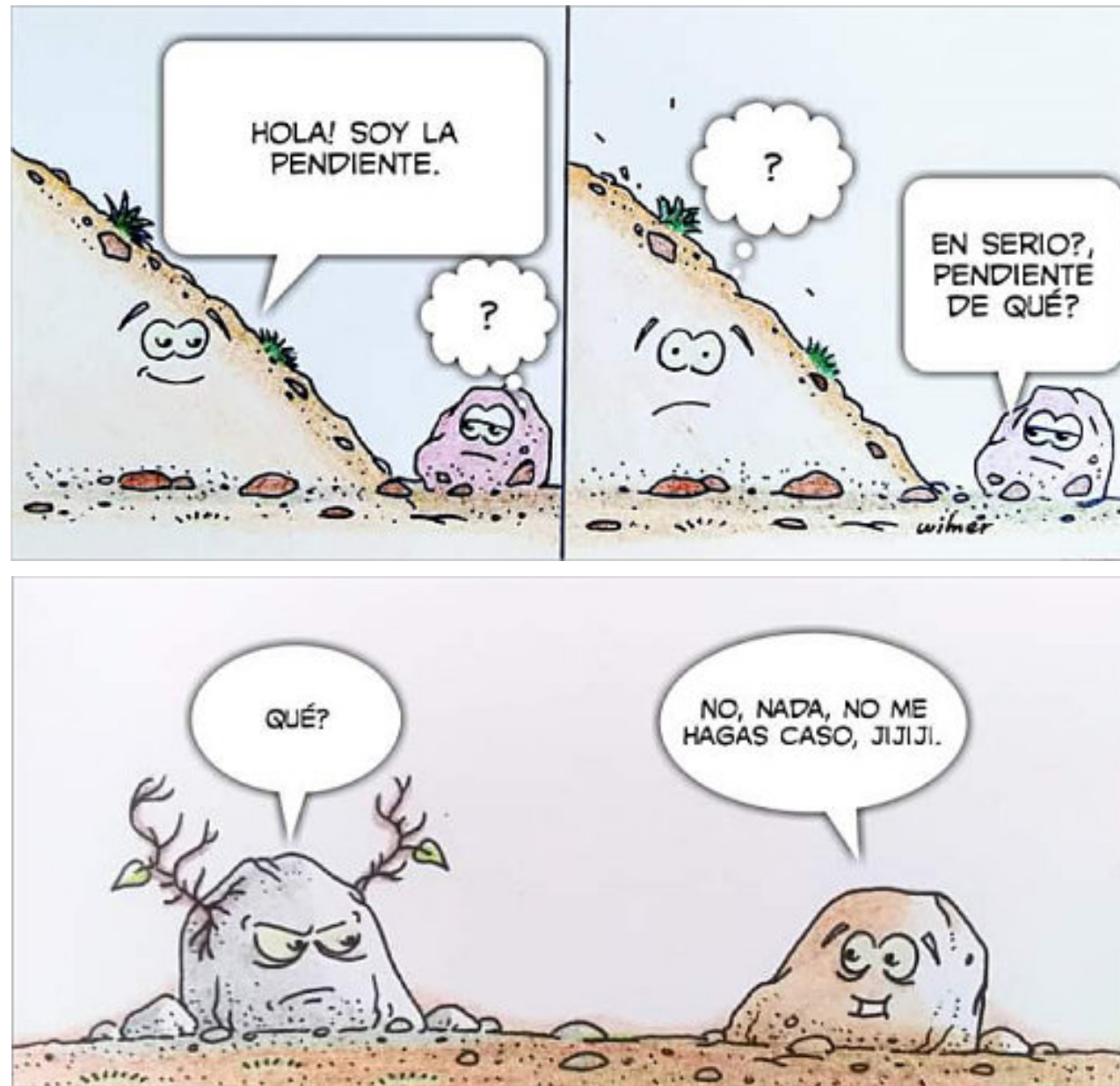
El segundo salón daba la impresión de ser un almacén tecnológico de cerebros, donde se preservaban diferentes partes de los mismos, para clonarlos y experimentar con ellos. A pesar de haber transcurrido cientos de años, los cerebros estaban en perfecto estado de preservación. Los experimentos incluían, sin duda, la producción sintética y robótica de ventrículos cerebrales, tálamos, lóbulos, e hipotálamos entre otros, los cuales se intercambiaban con los extraterrestres. Tal vez lo más impresionante para la ciencia médica moderna, fue el encontrar cerebros que contenían partes de ambas especies, al parecer intentando crear un ser híbrido que fuera más inteligente e inmortal.

De particular interés, fue el descubrimiento de lo que parecía ser un experimento realizado por los extraterrestres en su afán por comunicarse con los indígenas nativos. Un determinado número de cerebros, en una cámara de metal, separada de las demás, habían sido sujetos a experimentos exitosos de telepatía, con el objetivo de implementar un lenguaje común, que aparentemente hizo posible la comunicación y convivencia entre ambos grupos de seres. Sin embargo, los investigadores buscaban con ahínco, lo que debió haber sido el objetivo principal de la misión extraterrestre. Después de varios meses de búsqueda, descubrieron en el laboratorio de tecnología biomédica, varias ampollas que contenían polvo seco, de lo que habían sido líquidos. Los contenidos fueron analizados en los laboratorios del instituto, y se determinó que contenían el Corona Virus (COVID-19), un virus altamente contagioso desconocido para los humanos. Las instrucciones digitales secretas en el servidor de la nave, establecían claramente que el virus debería ser preservado hasta que llegara el año 2020, cuando debería sembrarse en alguna ciudad del mundo.

Tomando en cuenta los elementos anteriores, es factible concluir que la gran nave espacial viajó a la velocidad de la luz desde la galaxia (EGS_zs 8-1), muy distante, hasta la Vía Láctea y finalmente aterrizó en la región central de México. Una vez posicionada en la superficie del terreno, la nave se enterró dejando expuestos los templos, altares y avenidas para ser habitados subsecuentemente por las tribus indígenas de la región. La Calzada de Los Muertos se utilizaría para el despegue y aterrizaje de las naves espaciales. La ciudad sería llamada Teotihuacán (La Ciudad de los Dioses) por los primeros indígenas que se establecieron en ella, sin saber obviamente, que estaban siendo parte de un experimento de seres venidos de una galaxia más avanzada. El objetivo de la misión intergaláctica, era crear el nuevo individuo, un ser híbrido, la combinación de *Homo Sapiens* y un ser extraterrestre.

Después de muchos años de estudios, controversias, y teorías erróneas, los antropólogos y arqueólogos del INAH finalmente descifraron el misterio de la Ciudad de Teotihuacán. Los indígenas Mesoamericanos, posiblemente de origen Olmeca, no construyeron la ciudad, ni tampoco la abandonaron, simplemente fueron parte de un experimento cósmico que trajo el COVID-19 a la tierra, pero que por descuido con el manejo del virus, fallecieron tanto los extraterrestres como los indígenas americanos. La misión había fracasado, pero la humanidad del futuro estaba a salvo de la pandemia.

Loco a veces



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermandos 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

Geólogo estudiando el afloramiento.



Por **Wilmer Pérez Gil** (wilmerperezgil5@gmail.com)

La casa del océano ártico

https://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_Ocean

<https://www.britannica.com/place/Arctic-Ocean>

<https://www.worldatlas.com/articles/the-marginal-seas-of-the-arctic-ocean.html>

<https://earthclipse.com/science/geography/arctic-ocean.html>

<https://smartclass4kids.com/arctic-ocean-facts/>

<https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/arctic-ocean>

<https://www.britannica.com/summary/Arctic-Ocean>

<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05205-y>

<https://www.cia.gov/the-world-factbook/oceans/arctic-ocean/>

Compilado por **Uriel Franco Jaramillo**.



Cerros de Mavecure, Colombia

The Cerros de Mavecure are three hills, located in eastern Colombia, 50 km (31 mi) south of the city of Inírida on the Inírida River. Geologically, the mountains are part of the Guiana Shield. Mavecure is considered a sacred site by multiple ethnic groups residing in the area. Its name means "blowgun of the mountains", named after the tool used by the natives to catch prey. The three mountains are called Pajarito (Little Bird), Mono (Monkey) and Mavecure and are 712 m (2,336 ft), 480 m (1,570 ft), and 170 m (560 ft) respectively. They are made of granite rock[1] and can only be accessed by river.

https://en.wikipedia.org/wiki/Cerros_de_Mavecure

<https://wildexpedition.com/tours/the-hills-of-mavecure/>

<https://exploortrip.com/en/blog-en/cerros-de-mavecure-2/>

<https://aventurecolombia.com/es/cerros-de-mavecure-guia-de-viaje/>

<https://www.roadtrip.travel/en/blog/cerros-mavecure-como-llegar-guia-viaje>

<https://www.cartagenaexplorer.com/guania-colombia-mavecure-hills-guide/>

<https://joshvandermeulen.blogspot.com/2022/04/inirida-adventure-to-cerros-de-mavecure.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=LDaQPIUxqNE>

<https://www.youtube.com/watch?v=b5u7c5HLOEg>

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/>



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/>



Geología Médica

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



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

<http://www.scg.cu/>



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

<https://uteco.edu.do/>



<http://cbth.uh.edu/>



Pieza de Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA



¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

luis.valencia.11@outlook.com; bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu