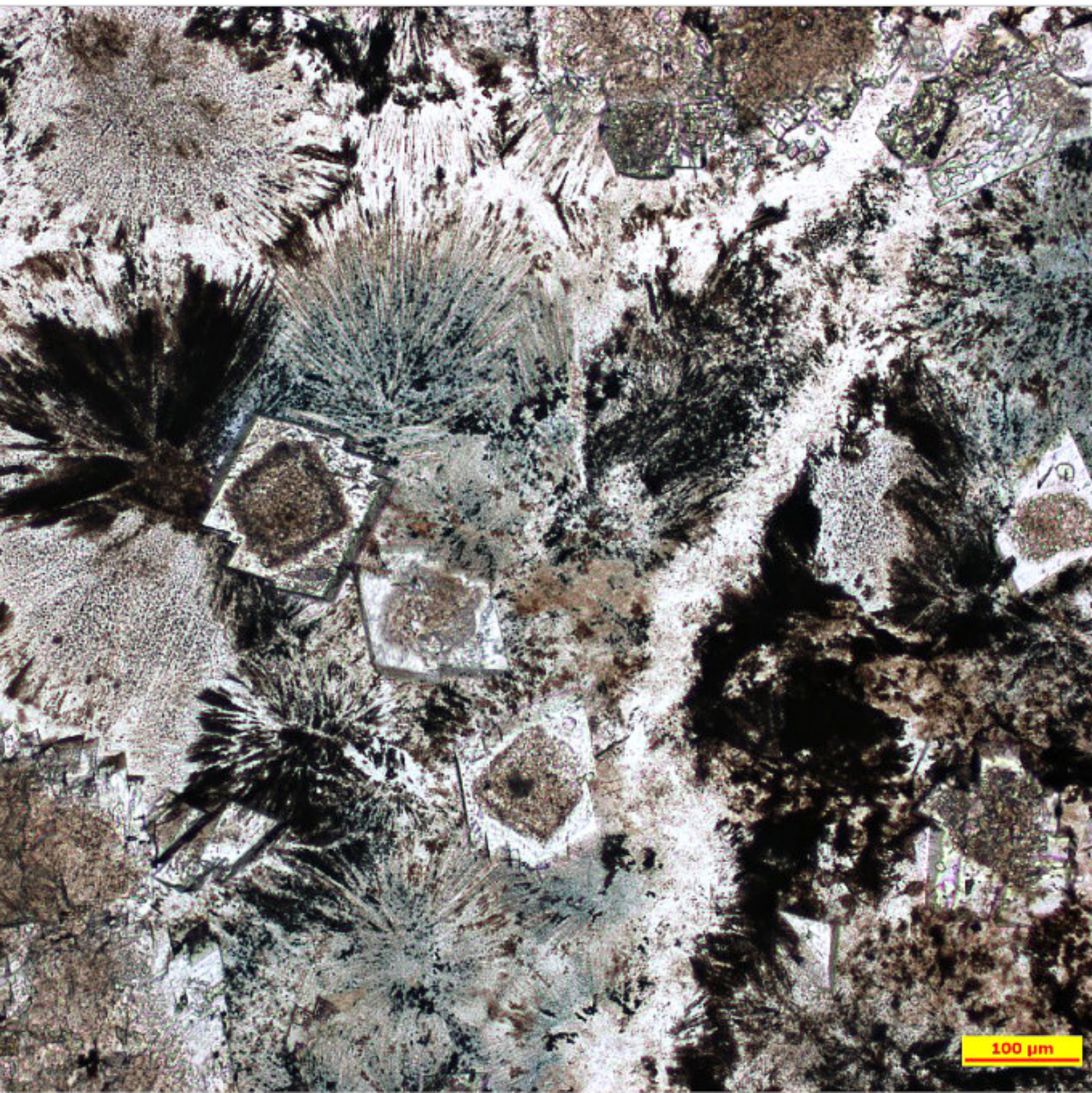


**MAYO  
2026**



# **MAYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**



100  $\mu\text{m}$

MAYO  
2026



# MAYA

## REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

**Portada de la revista:** Carbonatos lacustres alcalinos afectados por un proceso de silicificación hidrotermal. Los carbonatos de composición calcítica (esferulitos, shrubs) están completamente substituidos por calcedonia y ópalo recristalizado, con abundante microporosidad; los cristales de dolomita primarios y/o producto de diagénesis temprana (núcleos turbios) aparecen como relictos, sobrecrecidos por una segunda generación de dolomita euhedral limpia. El material oscuro se interpreta como residuos de la disolución de los carbonatos originales. Pre-salino (Aptiense) offshore de Brasil. Fotomicrografía de **Jordi Tritlla Cambra.**

**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.

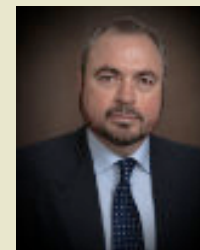
[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)  
[lvalenciaf@ipn.mx](mailto:lvalenciaf@ipn.mx)



**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](mailto:jhrosenfeld@gmail.com)



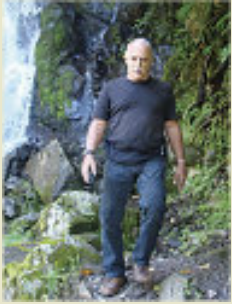
**Claudio Bartolini** (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio was an associate editor 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](mailto:bartolini.claudio@gmail.com)

# COLABORADORES



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

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

[geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)



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

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

[r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk](mailto:r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk)



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

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

[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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, logueo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

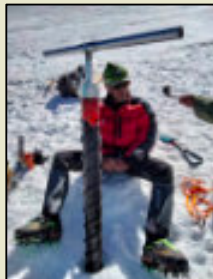
[gleon.laura@gmail.com](mailto:gleon.laura@gmail.com)



**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](mailto:r.avalos@astrocamp.mx)



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

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



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

## Estimados Colegas

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

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

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

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

## Normas editoriales de la Revista Maya de Geociencias:

Semblanzas: un máximo de 3 cuartillas.

Notas de pioneros en las geociencias: un máximo de 4 cuartillas.

Temas de interés para la comunidad: un máximo de 6 cuartillas.

Notas Geocientíficas: un máximo de 12 cuartillas.

**Nota #1:** el máximo de cuartillas es incluyendo figuras. Asimismo, recomendamos que la fuente sea Calibri, No. 11, párrafos justificados, e interlineado de 1,0-1,5.

**Nota #2:** el manuscrito lo pedimos tanto en WORD como en PDF. Las figuras, junto con sus pies de figuras, se agregan dentro del texto, en el orden que aparecerán (i.e., entre párrafos). Los pies de figura pueden tener un tamaño menor, p.ej., No. 10, eso se los dejamos a su consideración.

## Editorial norms for the Revista Maya de Geociencias:

Biographical sketches: A maximum of 3 pages.

Geoscience pioneer notes: A maximum of 4 pages.

Community themes of interest: A maximum of 6 pages.

Geoscience notes: A maximum of 12 pages.

**Note #1:** Page maxima include figures. We also recommend that the font be Calibri size number 11, with justified paragraphs and line spacings of 1.0 or 1.5.

**Note #2:** We ask that the manuscript be in WORD as a PDF. The figures, together with their captions, should be added within the text in their order of appearance (i.e. between paragraphs). The figure captions may be in smaller size font; e.g. number 10, at your discretion.

## Reglamento de la Revista Maya de Geociencias (RMG)

Los siguientes puntos se fundamentan en la experiencia editorial de más de cinco años (más de 60 números mensuales regulares) de la RMG:

- No se aceptarán temas relacionados a la política de ningún país.
- No se permitirá el manejo de temas religiosos, ni se publicarán materiales relacionados a estos, a menos que sea de carácter cultural.
- Se invita a la comunidad a construir temas que respeten en todo momento la equidad de género.
- Queda estrictamente prohibido cualquier tipo de insulto, comentarios soeces o ataques a individuos, asociaciones, instituciones, gobiernos, o cualquier clase de grupo.
- Es importante aclarar, como se menciona al inicio de cada número de la RMG que, las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales, etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores y colaboradores de la RMG.

## 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,

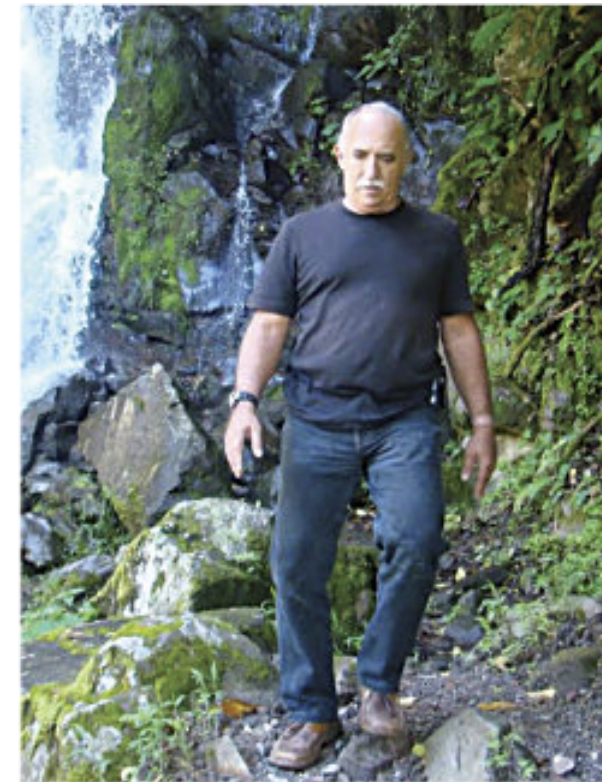
Te invitamos a que visites la página web de nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras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

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



## Visítanos en Revista Maya de Geociencias

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



**Humberto Álvarez Sánchez**

Nos es grato dedicarle este reconocimiento a Humberto Álvarez Sánchez, colaborador de varios años de la Revista Maya Geociencias, y quien ha publicado numerosos y excelentes artículos sobre la geología de Cuba, análisis sobre la ciencia, además de fotografías de afloramientos.

En agradecimiento por su larga trayectoria, hemos realizado una compilación de sus artículos de la geología de Cuba en particular, y los hemos integrado en un solo archivo PDF para que ustedes los lectores tengan acceso a ese valioso volumen, y que pueden descargar del siguiente link:

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2026/04/Geologia-de-Cuba-2026.pdf>

# CONTENIDO

## MAYO 2026

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| Semblanzas.....                         | 15 |
| Obituarios.....                         | 34 |
| Miscelanea de imágenes.....             | 35 |
| Resúmenes de tesis y publicaciones..... | 38 |
| Los libros recomendados.....            | 49 |

### Temas de interés

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sostenibilidad en la transición energética. África: recursos, energía y vulnerabilidad. Parte I. |    |
| Natalia Silva Cruz.....                                                                          | 53 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| NOTAS FILOSÓFICAS No 2: William J. Sidis y Guillermo Millán. La Termodinámica del orden. Un examen crítico comparativo. |    |
| Humberto Álvarez Sánchez.....                                                                                           | 55 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Solar explained: Solar energy and the environment: BASICS |    |
| Claudio Bartolini.....                                    | 58 |

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| NOTAS FILOSÓFICAS No 3: Sobre la recurrencia de mecanismos astronómicos en la geodinámica: una lectura crítica en perspectiva histórica. |    |
| Humberto Álvarez Sánchez.....                                                                                                            | 64 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Artemis II: El viaje que nos devuelve a la Luna y prepara el camino hacia Marte |    |
| Luis Ángel Valencia Flores.....                                                 | 68 |

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| SYLVANUS GRISWOLD MORLEY: La asombrosa historia del arqueólogo que reveló los secretos de la cultura maya, espió a los alemanes en la Primera Guerra Mundial, e inspiró el personaje de Indiana Jones |    |
| Jhonny E. Casas.....                                                                                                                                                                                  | 73 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| De mis memorias: Bibliófilo     |    |
| Manuel A. Iturralde-Vinent..... | 82 |

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| GEOLOGIA Y BELLAS ARTES: LA TIERRA COMO FUENTE DE INSPIRACIÓN CULTURAL Y CREATIVA: PARTE 1. Arquitectura, Escultura y Pintura |    |
| Jesús S. Porras M.....                                                                                                        | 86 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Fotografías de afloramientos/microscopio..... | 101 |
|-----------------------------------------------|-----|

### Notas Geocientíficas

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Inclusiones Fluidas en yacimientos minerales del tipo Skarn: morfología, tipos, importancia |     |
| Eduardo González Partida.....                                                               | 109 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Campo Perla, Golfo de Venezuela: Visión técnica y regulatoria para una nueva frontera energética |     |
| José Reinaldo Sánchez Mistage.....                                                               | 113 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| La misteriosa erupción del año 1831, finalmente identificada como proveniente de la Caldera Zavaritskii (Simushir, Islas Kuriles) |     |
| Jhonny E. Casas.....                                                                                                              | 117 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| La fe y la observación sismológica colombiana del padre Jesús Emilio Ramírez, s. j. -1904 – 1981- |     |
| José Antonio Rodríguez Arteaga.....                                                               | 122 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Nuevos comentarios sobre el ensayo de Guillermo Millán Trujillo: “nuevos conceptos sobre geología global y el interior del planeta” |     |
| Humberto Álvarez-Sánchez.....                                                                                                       | 128 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental, México |     |
| Rogelio Ramos Aracén.....                                    | 139 |

### Misceláneos

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Museos de historia natural..... | 145 |
| GeoLatinas - GeoSeminarios..... | 146 |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Venezuelan American Petroleum Association.....          | 147 |
| Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias..... | 148 |
| Seminario Institucional de geofísica - UNAM.....        | 149 |
| Asociaciones geológicas hermanas.....                   | 151 |
| Caverna del Arte.....                                   | 161 |
| Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....                  | 174 |
| La casa de los relámpagos.....                          | 175 |
| The Burgess Shale.....                                  | 176 |
| Asociaciones geológicas hermanas.....                   | 177 |

# SEMBLANZAS

## Duby-Blom, Gertrude: 1901–1993

Swiss-born Mexican photographer, sociologist and defender of the Lacandón Maya peoples of Chiapas State and their rapidly disappearing rain forest environment. Name variations: Queen of the Rain Forest. Born Gertrude Elisabeth Loertscher in Berne, Switzerland, in 1901; died in San Cristóbal de las Casas, Chiapas State, Mexico, on December 23, 1993; married Kurt Duby; married Frans Blom.

Celebrated by many environmental activists as the "Queen of the Rain Forest," Gertrude Duby-Blom had a long and adventurous life in both Europe and Mexico, never tiring of the struggle to achieve social justice and environmental harmony. Born in Switzerland in the first year of a new 20th century bursting with hope, Gertrude Elisabeth Loertscher grew up in a solidly conservative, middle-class milieu, her father being a pastor of the Reformed Church. But her views quickly diverged from those of her parents, not only because of her own intellectual independence but also because one of her neighbors was a leader of the Swiss railway workers union. Ideas of social justice, gender equality, and a world without war were beacons pointing to a better world for the young girl. In 1924, Gertrude married Kurt Duby, son of the radical union official. This marriage did not succeed, however, and by the late 1920s Gertrude Duby had become a political activist, organizing a Social Democratic youth movement in Zurich and working as a journalist for Swiss newspapers in several European countries. During a stay in London, she moved in circles close to the leftist Independent Labour Party and met and interviewed such political and cultural luminaries of the day as James Ramsay MacDonald, David Lloyd George, and George Bernard Shaw.

Even before the onset of the world economic depression, Trudi Duby as she was known to her friends, had become personally acquainted with the growing menace of Fascism. During a visit to Italy, the secret police looked up books she had recently checked out of a lending library



and, deeming them to be subversive texts, arrested her. After hours of interrogation, she languished in jail for fully a week, but her Swiss citizenship proved to be a protective cloak, and she was deported with a warning not to return. Trudi moved to Germany in 1928 to be closer to the front lines of the rapidly unfolding drama of who would prevail in the Weimar Republic, the forces of the working class and democracy or the reactionary legions of Adolf Hitler and his private army of brownshirts. Duby learned how to be an effective public speaker at anti-Nazi mass rallies. Realizing that there were times when it was best not to provoke one's enemies, she was skilled at calming her audiences so that they left the auditorium morally inspired but not so emotionally fired up that they might go looking for fights with local Nazi toughs. Refusing to leave Germany even after the Nazi takeover, she remained loyal to her leftist comrades and often changed apartments in order not to unnecessarily endanger them or herself. Only when the situation had become completely untenable did she flee Germany.

Moving to Paris, Trudi continued to fight against Nazism both as a journalist and political activist. Along with thousands of other aliens, she was arrested in September 1939 and spent five months in a French detention camp. Once again, her Swiss citizenship saved the day, and she was released. Disillusioned with Europe and its grim

political realities, Duby decided to immigrate to the new world. At first, she spent some months in New York City helping to resettle French refugees from Nazism. But she felt that this activity was at best temporary. As a child, she had been fascinated with a far-away and exotic land, Mexico, but in reality she knew very little about either the land or its people, culture and history. When playing Indians with her childhood friends in the Swiss woods, she adopted the exotic Aztec name Popocatépetl. Now, through an accident of history, she applied for and received entry into Mexico, a land respected by anti-Nazis for its generosity toward refugees. Mexico had been one of the few countries that had sympathized with the Spanish Republic in its ill-fated struggle against Fascism, and it continued to offer asylum for political emigrés like herself.

After her arrival, Duby soon got a job as a journalist for the Ministry of Labor. Her first assignment was to compile information on the working conditions of female factory workers. The geographical diversity and rich cultural traditions of Mexico intrigued her from the start, and every new job was a voyage of discovery. One of the most important assignments of these early years involved writing a series of articles about the women who had fought in the revolutionary forces of the legendary land reformer Emiliano Zapata. Although she had never had any interest in photography, her strong desire to document these remarkable women led her into her first venture with a camera, an old Agfa purchased from a fellow refugee.

In 1943 an event took place that would change the course of Duby's life. She received permission from the governor of Chiapas State to join a government expedition to the then-remote Lacandón jungle region near the border with Guatemala. Her interest in this area had been kindled on her sea voyage to Mexico three years earlier after reading a book by French anthropologist Jacques Soustelle, Mexico: *Tierre Indienne*. She was particularly intrigued by Soustelle's description of the Lacandónes, a people virtually unspoiled by European influences whose forbears had withdrawn to the dense interior of the rain forest to escape enslavement and cultural destruction by the Spaniards. Profoundly religious in their belief in a supreme being (Creator Hachäkyum—Our True Lord), they preserved their old ways: hunting with bows and arrows, wearing long white tunics, and never cutting their hair. More than being exposed to this strange and fascinating

world and being able to make photographs, Trudi noted years later how she "fell in love with the jungle from the moment I first saw its incredible vegetation of great trees and exotic plants with leaves as big as parasols, the rare insectlike flowers, the enormous vines that hang from the tops of the trees with roots that curl around the trunks to eventually kill them so that other giant trees can grow in their places."

For a middle-aged woman who had grown up in the Calvinist culture of Switzerland, the rain forest of the Lacandónes was like a trip to the moon. Yet she realized from the start of her stay in Chiapas that this endangered region would be her world from now on, to explore, study, understand, and defend. In the rain forest, she noted, she was:

held spellbound by the incredible musical sounds of the insects, from the highest notes to the lowest, and the singing of the frogs and all the hundreds of birds I had never seen. I listened in amazement to the peculiar cry of the howler monkey and the deafening sound of the tapir crashing through the undergrowth like a tractor. I was transfixed by the enormous flocks of parrots and the macaws describing a rainbow of colors in the sky. Then there were all the snakes of different colors slithering in between the fallen leaves on the floor of the jungle. I didn't feel any fear in the midst of this new environment: on the contrary, I felt quite at home and in my element.

Equally as important as discovering the rain forest in 1943 was Trudi's first encounter with Frans Blom. A Danish-born American anthropologist and archaeologist who had explored Mexico since 1919, he was in charge of the Chiapas expedition she had joined, and they quickly discovered that they were kindred spirits. In a diary entry, Frans described his newly acquired friend as "the kind of person with whom you can feel in close relation without having to do conversation. I like that gal." Frans had made an exception in allowing Trudi to join his expedition, a sound decision in light of what happened. He developed a severe case of malaria, and despite the fact that she was a novice in the jungle, her coolheadedness in the crisis probably saved his life when she rode on horseback for four days to get help, returning to Frans with supplies and medical assistance. Trudi and Frans quickly became inseparable, marrying in 1950. In 1951, the Bloms bought a house in San Cristóbal de las Casas, a picturesque town in the highlands of Chiapas. Immediately, they set about



<https://alex-harris.com/photography/trudi-and-franz/1>

converting the house to a center for research. Called the Na-Bolom Center for Scientific Studies, it became part of their home. Na-Bolom means "House of the Jaguar" in the Lacandón language, and it was chosen because some Lacandónes had pronounced "Blom" as balum—their word for "jaguar"—or bolom in the language of the Tzotzil Indians of the highlands around San Cristóbal. Over the years, the Bloms' efforts resulted in the creation of a major research library containing 2,500 specialized works on Chiapas and more than 8,000 works on Mexico and Mesoamerica. Their 22-room house built around three patios but lacking plumbing or electricity became not only a research center for scholars but a place of intellectual excitement attracting artists, writers, and musicians seeking inspiration. Besides the research library, Na-Bolom would eventually encompass extensive gardens, an archaeological museum, a chapel filled with colonial art, and 14 guest rooms.

Starting in the 1950s, Gertrude and Frans made a number of perilous expeditions into the Selva Lacandona, the rain forest east of San Cristobal. Here they studied flora and fauna and got to know and deeply respect the Lacandón Maya, the indigenous people who lived there maintaining their traditional ways. Her photographs of the endangered rain forest, as well as its animals and people introduced all of them to an increasingly sympathetic outside world. Fiercely proud and remarkably independent, the Lacandón Maya had never been conquered by the Spaniards. In time, Duby-Blom came to see her herself as the protector and patron of this group of culturally endangered people, who by the mid-1980s numbered fewer than 500 souls. At first her interest in the Lacandón native peoples was, like that of her husband, largely anthropological and sociological. They collected artifacts to prevent their loss, inoculated the Lacandón to protect them from devastating diseases from the outside world, and tried in general to shelter them from the destructive influences of that same outside world. Within a few years, however, it became clear that even if Lacandón culture might be defended in the abstract, the relentless forces of economic change were dooming these gentle people to extinction. Gertrude Duby-Blom now recognized that it would be impossible to protect the Indian way of life without also protecting the rain forests in which they lived.

In the 1950s and 1960s, she made countless trips into the rain forest, the Selva Lacandóna, to not only communicate

with the various Maya tribal groups but to photograph them and the wildlife of the forest. What she documented was rapid change bordering on environmental catastrophe. Deforestation on a massive scale using chain saws and bulldozers cleared millions of acres of forest of valuable trees. Profits were immense, and the companies that carried out the clearing cut not only the valuable mahogany, ceiba, and giant cedar trees but wasted less valuable trees. The majestic ceiba, sacred tree of the Mayans, were turned into paper and plywood.

Poor peasants from elsewhere in Mexico followed in the wake of logging operations. These homesteaders slashed and burned to clear the land, whose thin topsoil had been dependent on the Lacandón forest canopy for its nutrients and fertility. With these removed, and drained by crops and cattle, the soil was generally depleted in three years. Farmers and ranchers then moved on, leaving behind a barren, eroded landscape. Ranchers, many of whom were subsidized by the U.S. cattle industry, reseeded the land with forage grasses for large herds of livestock. Soon, the delicate tropical soil was exhausted by overgrazing.

In books, articles, and lectures, Duby-Blom exposed these events in the Selva Lacandóna to the world. Her photographs sensitized people to the rapid disappearance of the largest rain forest north of the Amazon. She pointed out how a civilization that had lived in harmony with nature for many millennia was now losing both its culture and its environment. People who had once scorned money as worthless were now fascinated by what it could buy, including transistor radios and battery-operated record players. Culturally, most of the Lacandónes had become alienated from their own traditions. One group became converts to the Southern Baptist religion, another to Seventh-Day Adventism. Only the community at Najá, led by its charismatic chieftain and spiritual leader Chan K'in Viejo, kept alive the flame of traditional Mayan religion and culture. Duby-Blom became a close friend of Chan K'in, deeply respecting him for his knowledge of Mayan oral traditions and its complex morality and cosmology. Chan K'in prophesied that when the last of the mighty trees were cut down, the world would come to an end. His view of his endangered part of the world was part of a much larger organic vision of things. He repeatedly said that "the roots of all living things are tied together," so that "When you cut down a tree, a star in the heavens also falls."



For a while in the 1970s, it appeared that the tireless efforts of Trudi Duby-Blom and her husband (who had died in 1963) had finally brought at least a partial halt to the destruction of the Selva Lacandóna. Mexican President Luis Echeverría set aside 2,400 square miles of jungle, giving it to the Lacandónes people as a forest reserve.

But the results of this apparent reform were to be tragic. People living in the area were moved out, and soon lumber operators moved in to clear-cut vast tracts of rain forest. The entire scheme was apparently a ruse to get the Lacandónes to sign away the lumber rights to their own land. A reserve on paper only, the destruction of the land continued into the final decades of the 20th century. Lacandón culture also rapidly disappeared, as Chan K'in Viejo lamented that his very own sons had little interest in continuing his way of life after he died. He noted sadly that for the young Lacandónes, "The car is their new god." By the time almost 80% of the rain forest had already disappeared, in the early 1980s the Mexican government again announced a plan to provide a sanctuary for the endangered species and peoples of Chiapas. Named the Montes Azules Biosphere Reserve, it called for the preservation of 3,312 square kilometers of the Selva Lacandóna, but almost from the day of its inception it became clear that a policy that was ecologically sound on paper would never be realized on the ground. The reserve was not policed and its rules were neither honored nor enforced.

Remaining physically as well intellectually alert into extreme old age, Trudi Duby-Blom continued to preside over her world at Na-Bolom with dignity and authority. Remembering that her generation had been unable to halt Fascism in the 1930s, she often felt in her final years that she had also failed in preventing the destruction of the Selva Lacandóna and the culture of the Maya peoples who lived there. In the late 1970s, she established a tree nursery and gave away free seedlings to all those in Chiapas with an interest in reforestation. Close to Na-Bolom, the seedlings from her nursery helped to reforest the devastated highlands that had once been so green and protective of living things. Gazing through her thick eyeglasses at hundreds of saplings in her nursery, she mused, "When I was young, I thought I could change the world. Now I think I can save some trees but not the forest. But that doesn't mean I should stop fighting." Gertrude Duby-Blom died in San Cristóbal de las Casas of

heart disease and pneumonia on December 23, 1993. Her dear friend Chan K'in Viejo died three years later to the day, December 23, 1996.

**Sources:**

Brunhouse, Robert L. Frans Blom: Maya Explorer. Albuquerque, NM: University of New Mexico Press, 1976.

"Chan K'in Viejo, 104; Led Mexican Tribe," in The New York Times. January 2, 1997, p. A13.

"The Death of the Lacandón Culture and Rain Forest: An Interview with Gertrude Duby Blom," in Mexico City News. March 18, 1983.

Duby-Blom, Gertrude, Alex Harris, and Margaret Sartor. Gertrude Blom—Bearing Witness. Chapel Hill: Duke University Center for Documentary Photography/ University of North Carolina Press, 1984.

"Gertrude Blom: Guardian of the Rain Forest" (Filmmakers Library/Sintra Productions, 1989) [videorecording].

Herrera, Juan Felipe. Mayan Drifter: Chicano Poet in the Lowlands of America. Philadelphia, PA: Temple University Press, 1997.

Hudson, A. Landis. "Falling Stars and Burning Fields: The Politics of Land Use in the Selva Lacandóna of Chiapas, Mexico" (M.S. thesis, State University of New York College of Environmental Science, 1994).

Kurlansky, Mark J. "Woman in Love with a Jungle," in International Wildlife. Vol. 15, no. 5. September–October, 1985, pp. 34–39.

Lyons, Richard D. "Gertrude Blom, 92, Long a Chronicler of Mayan Cultures," in The New York Times Biographical Service. December 1993, p. 1775.

Pappe, Silvia. Gertrude Duby-Blom—Königin des Regenwalds: Eine Biographie. Berne: eFeF-Verlag, 1994.

Peerman, Dean. "Gertrude Blom: Prophet Crying for a Wilderness," in The Christian Century. Vol. 102, no. 39. December 11, 1985, pp. 1146–1150.

Perera, Victor and Robert D. Bruce. The Last Lords of Palenque: The Lacandon Mayas of the Mexican Rain

Forest. Berkeley, CA: University of California Press, 1985.

Simonian, Lane. Defending the Land of the Jaguar: A History of Conservation in Mexico. Austin, TX: University of Texas Press, 1995.

John Haag, Associate Professor of History, University of

Georgia, Athens, Georgia

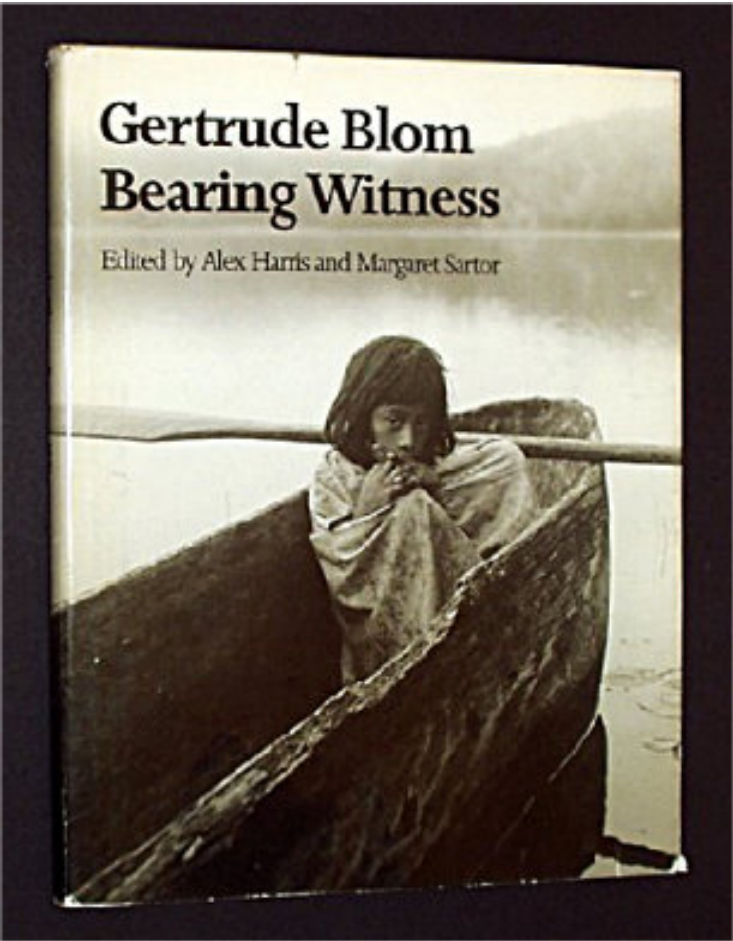
Source: <https://www.encyclopedia.com/women/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/duby-blom-gertrude-1901-1993>

**Video:**

[https://www.google.com/search?newwindow=1&client=safari&hs=L3cp&sca\\_esv=031e7e0cba0603c0&hl=es-mx&sxsrf=ANbL-n4TBKjLTngjC9F3jU8cVEASIW4SmQ:1775056224623&q=gertrude+duby+blom&source=lnms&fbs=ADc\\_l-bpk8W4E-q\\_s\\_V\\_I\\_O\\_v\\_b\\_G\\_J\\_c\\_D\\_w\\_p\\_n\\_6\\_0\\_D\\_c\\_z\\_F\\_d\\_c\\_v\\_P\\_n\\_u\\_v\\_8\\_W\\_Q\\_o\\_h\\_H\\_L\\_T\\_a\\_f\\_9\\_f\\_S\\_4\\_t\\_J\\_7\\_1\\_b\\_i\\_2\\_a\\_H\\_S-P\\_m\\_e\\_g\\_O\\_I\\_A\\_2\\_n\\_D\\_W\\_C\\_3\\_A\\_9\\_m\\_n\\_Y\\_K\\_H\\_x\\_H\\_o\\_n\\_O\\_w\\_r\\_j\\_9\\_i\\_W\\_E\\_d\\_2\\_q\\_h\\_t\\_K\\_5\\_h\\_q\\_7\\_t\\_R\\_J\\_E\\_C\\_U\\_5\\_3-z\\_l\\_K\\_t\\_b\\_r\\_E\\_B\\_o\\_0\\_L\\_0\\_3\\_N\\_d\\_0\\_7\\_B\\_Y\\_i\\_y\\_Q\\_Z\\_f\\_E\\_s\\_d\\_9\\_s\\_G\\_u\\_C\\_D\\_f\\_K\\_M\\_9\\_C\\_1\\_7\\_A\\_G\\_u\\_W\\_K\\_w\\_R\\_u-xt6GqnJd7prXEmsMIQX8iRM9lwDwYUn9I2jdzYose6IJgSUbbPTC\\_nUqvo0LKJMJH8o9uCntOnAF3EKc&sa=X&ved=2ahUKEwjp kubd98yTAXxHJUQIHdEtFXQQ0pQJegQIDRAB&biw=1288&bih=1092&dpr=1#fpstate=ive&vld=cid:9936f72f,vid:qtGjGUWMWX8,st:0](https://www.google.com/search?newwindow=1&client=safari&hs=L3cp&sca_esv=031e7e0cba0603c0&hl=es-mx&sxsrf=ANbL-n4TBKjLTngjC9F3jU8cVEASIW4SmQ:1775056224623&q=gertrude+duby+blom&source=lnms&fbs=ADc_l-bpk8W4E-q_s_V_I_O_v_b_G_J_c_D_w_p_n_6_0_D_c_z_F_d_c_v_P_n_u_v_8_W_Q_o_h_H_L_T_a_f_9_f_S_4_t_J_7_1_b_i_2_a_H_S-P_m_e_g_O_I_A_2_n_D_W_C_3_A_9_m_n_Y_K_H_x_H_o_n_O_w_r_j_9_i_W_E_d_2_q_h_t_K_5_h_q_7_t_R_J_E_C_U_5_3-z_l_K_t_b_r_E_B_o_0_L_0_3_N_d_0_7_B_Y_i_y_Q_Z_f_E_s_d_9_s_G_u_C_D_f_K_M_9_C_1_7_A_G_u_W_K_w_R_u-xt6GqnJd7prXEmsMIQX8iRM9lwDwYUn9I2jdzYose6IJgSUbbPTC_nUqvo0LKJMJH8o9uCntOnAF3EKc&sa=X&ved=2ahUKEwjp kubd98yTAXxHJUQIHdEtFXQQ0pQJegQIDRAB&biw=1288&bih=1092&dpr=1#fpstate=ive&vld=cid:9936f72f,vid:qtGjGUWMWX8,st:0)

**Book at Amazon:**

[https://www.amazon.com/Gertrude-Blom-Bearing-Alex-Harris/dp/0807815977?ref=ast\\_author\\_dp\\_rw&th=1&psc=1&dib=eyJ2ljojMSJ9.wktLyp-csGBZUt\\_tUKmuWnafbZHHLV0HmNIAwKbjv6DGjHj071QN20LucGBJIEps.XabCSWoBCKZGk29Jn5siqhD5369cLMIJEryww9u1zQ&dib\\_tag=AUTHOR](https://www.amazon.com/Gertrude-Blom-Bearing-Alex-Harris/dp/0807815977?ref=ast_author_dp_rw&th=1&psc=1&dib=eyJ2ljojMSJ9.wktLyp-csGBZUt_tUKmuWnafbZHHLV0HmNIAwKbjv6DGjHj071QN20LucGBJIEps.XabCSWoBCKZGk29Jn5siqhD5369cLMIJEryww9u1zQ&dib_tag=AUTHOR)



# Lawrence Whitaker Morley: 1920–2013

Born in Toronto, Canada, **Lawrence Whitaker Morley** (1920-2013) graduated in physics and geology from the university of his hometown in 1946. His studies were interrupted by the Second World War, during which he gained experience in remote sensing as a radar officer in the Royal Canadian Navy during the Battle of the Atlantic. He was among the first to use the airborne magnetometer to detect mineral and hydrocarbon deposits. After furthering his studies in paleomagnetism with Tuzo Wilson, in 1952 he earned his doctorate in geophysics, again from the University of Toronto, with a dissertation on susceptibility, remanent magnetism, and the petrology of some Precambrian areas of Ontario. He then joined the Geological Survey of Canada: he proposed integrating conventional photography with satellite and air-magnetic imagery, successfully mapping the entire country with the creation of 7,000 aerial maps. In early 1963, Morley first proposed the hypothesis that the direction and intensity of the Earth's magnetic field were recorded by submarine basalts erupted from mid-ocean ridges, thanks to the orientation of ferromagnetic minerals "frozen" upon solidification. The various reversals of magnetic polarity in the geological past thus remain in the memory of iron-rich tholeiitic rocks. This highly speculative hypothesis arose from analysis of magnetic surveys of the seabed, which had revealed bands of normal and inverse magnetism in the ocean crust. These, mapped in black and white respectively, gave rise to a zebra-like pattern on the map. Two renowned scientific journals rejected publication of his work: *Nature* in February 1963 and the *Journal of Geophysical Research* two months later. *Nature* considered his work too radical and speculative, while the *Journal* dismissively described it as more suitable for cocktail party discussion than publication under the aegis of serious science. This was a glaring error and a shameful affront, given that the same hypothesis, developed independently by the Englishmen Matthews and Vine, was prestigiously published in *Nature* in September 1963. The



lack of understanding of the quality of his work was likely due to the fact that he had been unable to produce data relating to a mid-ocean ridge and had referred to linear anomalies mapped in the northeastern Pacific that had not yet been matched to the jagged Juan de Fuca Ridge detected shortly thereafter by Tuzo. In any case, he was given justice, as the hypothesis is now referred to in the literature as the Vine-Matthews-Morley (VMM) hypothesis. In 1971, Morley became the director general of the Canada Centre for Remote Sensing. He was ultimately a leader in remote sensing, the art of obtaining information about the Earth without contacting it. For peaceful and public-good purposes, he used advanced sensors, airborne or satellite-based, to monitor floods, crops, and forestry, for mineral and oil exploration, resource development, and environment monitoring.

Morley was a fellow of the Royal Society of Canada and the Canadian Aeronaut and Space Institute, as well as being a member of the Society for Explorational Geophysics, the American Geophysics Union, the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, and the Canadian Institute of Surveys and Mapping. Morley received a number of honors, including the McCurdy medal (1974), and the Tuzo Wilson Prize (1980).

## UNA BIOGRAFÍA DE FERNAND MONTESUSS DE BALLORE

José Antonio Rodríguez Arteaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[rodriguez.artega@gmail.com](mailto:rodriguez.artega@gmail.com)

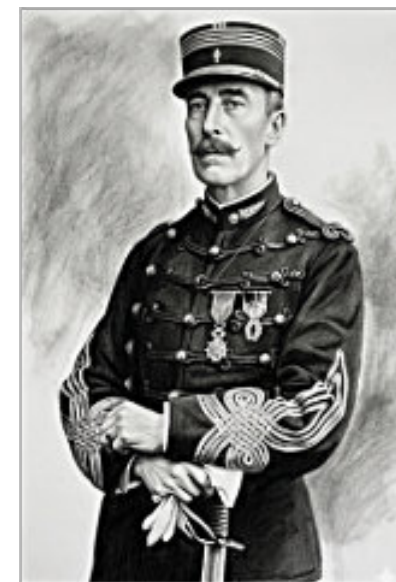
Colaborador de la Revista

### ALGUNOS DATOS DE SU VIDA PERSONAL

Fernand *Jean Baptiste Marie de Montessus de Ballore* fue uno de los pioneros más importantes de la sismología moderna, reconocido mundialmente como uno de los padres de la sismología moderna por su enfoque estadístico y cartográfico de los terremotos (Cisternas, 2006, 2010). Aunque su carrera prosperó esencialmente en América Latina, *especialmente en Chile*, sus raíces de origen y formación académica se encuentran esencialmente en la aristocracia francesa.

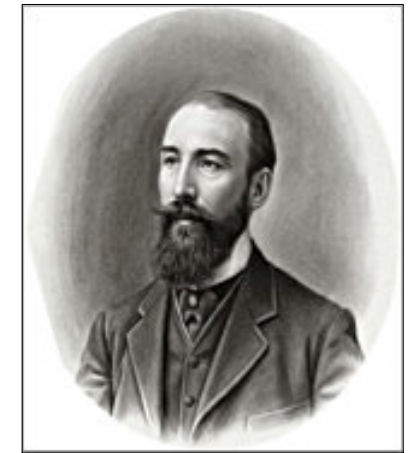
Era hijo de familia noble con fuerte raigambre militar y académica. Sus padres fueron *Philippe-Ferdinand de Montessus, Conde de Ballore*, y de *Elisabeth-Eudoxie de Menthon-Lornay* (Udías, 2003).

Conformaban un grupo de hermanos, todos varones: (1) Raoul Fernand Lazare Philippe (1851-1854) fallecido a muy temprana edad; (2) Fernand Jean Baptiste Marie (1851-1923) nuestro biografiado; (3) Jean-Baptiste Bernard (1852-1904) dedicado a la carrera judicial; (4) Henri Anne Bernard (1862-1918) destacado físico, profesor de la Universidad de Grenoble y (5) Robert Fernand Bernard (1870-1937) el menor de los hermanos, destacado matemático de fama internacional (**Figura 1.**)



### SU FORMACIÓN ACADÉMICA

La educación de *Montessus de Ballore* estuvo marcada por una disciplina rigurosa y un enfoque técnico, realizando sus estudios iniciales en un entorno de instituciones locales y privadas acorde a su estatus social, mostrando desde joven una aptitud sobresaliente en las matemáticas y la geometría. Primeros estudios: Realizó sus estudios básicos acorde a su rango nobiliario, destacando rápidamente en matemáticas y geometría (Cisternas, 2010).



**Figura 1.** Robert Montessus de Ballore, año 1914

Fuente: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Montessus/pictdisplay/andrews.ac.uk/Biographies/Montessus/pictdisplay/>

Sus estudios secundarios los hizo en el *Lycée de Versailles*, una de las instituciones más exigentes de la época (Davison, 1923).

Allí se preparó intensamente para ingresar a las grandes escuelas de ingeniería de Francia.

En contexto general, su educación superior es signada en 1871, al ingresar a la *École Polytechnique* de París, donde se formó como oficial de artillería adquiriendo una sólida base matemática. Esencialmente esta fue la que le permitió, años después, organizar el Catálogo Mundial de Sismicidad con más de 170.000 registros históricos.

### DE SU ACTIVIDAD MILITAR Y EN QUÉ LABORÓ

Aunque formado en la actividad castrense, su verdadera pasión fue el estudio de la sismología, dedicando gran parte de su vida a recopilar catálogos de terremotos siendo uno de ellos que llegó al asombro, pues incluía exactamente 171.432 eventos sísmicos, lo que le permitió demostrar que los sismos no ocurren al azar, sino en zonas geológicas específicas. Este conteo lo realizó Montessus de Ballore a mano, organizando la información en fichas de cartón que él mismo clasificaba por regiones y fechas. En toda medida resulta extraña la elaboración de un trabajo de tal dimensión, más en aquella época, sin el uso de recursos digitales que no existían, lo que hubiese realizado dicha actividad mucho más sencilla y ordenada.

### El catálogo sismológico de Fernand Montessus de Ballore y su historia

Siendo un oficial de artillería que terminó dirigiendo el Servicio Sismológico chileno, redactó su magna obra de una forma insólita habida cuenta su formación militar y la magnitud de sus datos. Empleó para ello papel de artillería o de pólvora como también se le conoce (André Singer, *com. escrita*, 2026); un papel grueso y resistente diseñado originalmente para envolver las cargas de pólvora de los cañones.

Su razón fue práctica y muy profesional. Como capitán de artillería, tenía acceso y familiaridad con este material, necesitando un soporte que no se rompiera al manejar miles de datos.

25

con estructuras metálicas y, gradualmente, hormigón armado; (3) se establecieron límites estrictos para las fachadas, dando origen a una arquitectura continua que caracteriza a la zona plana de Valparaíso, con edificios de alturas similares y estilos neoclásicos o eclécticos; y, (4) se realizaron rellenos masivos para elevar el nivel del suelo y evitar inundaciones o problemas con las marejadas, lo que cambió la topografía original de la zona baja.

## CONCLUSIONES

Lo anteriormente expuesto y logra sintetizar la transición de Montessus de Ballore de la disciplina *castrense hacia la sistematización científica*, destacando que su mayor legado no fue solo el dato, sino la institucionalización de la seguridad.

Así, (1) es fundamental enfatizar que antes de su catálogo, la sismología era descriptiva, casi *literaria*. Su uso de las matemáticas aplicadas y su rigor en el "*papel de artillería*" permitieron establecer la sismicidad geográfica, demostrando que los terremotos tienen "*domicilios conocidos*"; (2) la llegada de Montessus a Chile tras el desastre de 1906 no fue solo técnica, sino política. Al fundar el Servicio Sismológico Nacional, transformó la observación en una función pública, sentando las bases para que Chile, un país esencialmente sísmico, adoptara la resiliencia como una identidad cultural y normativa; (3) la influencia de Montessus de Ballore en la reconstrucción de Valparaíso fue el germen de la ingeniería sismorresistente moderna. Al vincular la geología con la resistencia de materiales, Montessus *salvó vidas de forma póstuma*; las normas de construcción que hoy protegen al Cono Sur son herederas directas de su visión de prevención.

## BIBLIOGRAFÍA

**ASTROZA, M.; NORAMBUENA, A. y ASTROZA, R.** 2006 "Reinterpretación de las intensidades del terremoto de 1906", N°GT1-03 s/p. <https://geofisica.uchile.cl/dam/jcr:962043fd-18fb-48a3-a77d-f652ac5ea7b3/Abstracts%20International%20Conference%20Montessus%20de%20Ballore%20-%202006.pdf>

**CARMONA, J. S.; SABBIONE, N. C., PALAU, R. L. y GARCÍA, L. B.** 2006. *El gran sismo de Valparaíso de 1906 en la ciudad de Buenos Aires, Argentina*. Su probable espectro de aceleración sísmica horizontal y su eventual efecto en los actuales edificios de mayor altura, N°GT2-02, s/p. <https://geofisica.uchile.cl/dam/jcr:962043fd-18fb-48a3-a77d-f652ac5ea7b3/>

[Abstracts%20International%20Conference%20Montessus%20de%20Ballore%20-%202006.pdf](https://geofisica.uchile.cl/dam/jcr:962043fd-18fb-48a3-a77d-f652ac5ea7b3/Abstracts%20International%20Conference%20Montessus%20de%20Ballore%20-%202006.pdf)

**CISTERNAS, A.** 2006 Montessus de Ballore pionero de la Sismología: El hombre y su obra, N°SH2-01, s/p. <https://geofisica.uchile.cl/dam/jcr:962043fd-18fb-48a3-a77d-f652ac5ea7b3/Abstracts%20International%20Conference%20Montessus%20de%20Ballore%20-%202006.pdf>

**CISTERNAS, A.** 2010. *Montessus de Ballore, a pioneer of seismology*. En J. Fréchet, M. Meghraoui, & M. Stucchi (Eds.), *Historical Seismology: Interdisciplinary Studies of Past and Recent Earthquakes* (pp. 3–15). Springer. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031920109000508>

**DAVISON, CH.** 2023. *Fernand de Montessus de Ballore*, Nature (111);471–472, Springer Nature ed.

**DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA 2002** *F. de Montessus de Ballore*, 1853-1921, Fac. Ccias. Fís. y Mat., Univ. de Chile. <http://www.dgf.uchile.cl/biblioteca/f-montessus-de-ballore>

<https://doi.org/10.1038/111471a0>

**LOMNITZ, C.** 1969. *Major Earthquakes and Tsunamis in Chile during the Period 1535 to 1955*. Geologische Rundschau, 59(3), 938-960. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-34250482103&doi=10.1007%2fBF02042278&partneRID=40&md5=0c27eafd16d3af516a42ee898f915b56>

**SINGER, A.** 2000. *Contribución de Simón Rodríguez a la emancipación científica independentista latinoamericana: su papel como precursor de los estudios de microzonificación sísmica en Concepción, Chile*, 1835; Mem. II Jorn. Sism. Hist., Mérida, Venezuela, 29-30 pp. <http://www.google.com/search?hl=es&q=SINGER,+A.+2000.+Contribuci%C3%B3n+de+Sim%C3%B3n+Rodr%C3%ADguez+a+la+emancipaci%C3%B3n+cient%C3%ADfica+independentista+latinoamericana:+su+papel+como+precursor+de+los+estudios+de+microzonificaci%C3%B3n+s%C3%ADsmica+en+Concepci%C3%B3n,+Chile,+1835%3B+Mem.+II+Jorn.+Sism.+Hist.,+M%C3%A9rida,+Venezuela,+29-30+pp.&zx=1776944999717>

**UDÍAS, A.** 2003. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press., 489 pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139164306>

## Geólogos, mineros y naturalistas en el siglo XIX cubano. I parte 1800 - 1835

**Rafael Tenreyro Perez**

**Colaborador de la Revista**

### Introducción.

Los eventos políticos que llevaron a la independencia de las repúblicas americanas, los cambios económicos y los avances de las ciencias van a incidir en que el siglo XIX cubano sea un periodo de considerables avances en el conocimiento de la geología y los recursos minerales. Este es un proceso constante que va a acompañar al resurgimiento de la industria extractiva desde el segundo tercio de siglo. El periodo se puede dividir condicionalmente en tres tercios de siglo atendiendo a lo ocurrido en la política, en la ciencia y en la industria:

I - De 1800 a 1835.

II - De 1835 a 1868.

III - De 1868 a 1898.

La exposición de lo acontecido en Cuba en el conocimiento de los recursos minerales es en un tema muy amplio y de muchas aristas. En este caso, se hace a través de la vida y obra de los principales actores: geólogos, mineros y naturalistas. Los caminos transitados por estos protagonistas dan la clave para conocer cómo se generó el conocimiento científico sobre la geología general y la mineralogía. Pero también, conocer cómo se desarrolló la exploración, la explotación, beneficio y comercialización de los recursos minerales.

Siguen siendo escasos en Cuba, los estudios sistemáticos sobre las empresas, emprendedores, mecanismos de financiamiento y procesos tecnológicos; las políticas de fiscalización y fomento; los grupos de poder, estructuras regionales, comunidades étnicas, mano de obra esclava, procesos de proletarización de la mano de obra, cultura minera, y la historia de sus principales cotos mineros. Ello, a pesar de haberse realizado interesantes contribuciones

a la historiografía de la minería cubana, como las de Calvache<sup>1</sup>, González Loscertales<sup>2</sup>, Soto González<sup>3</sup>, Moyano Bazzani Eduardo L. y Fernández Alonso Serena<sup>4</sup> y Roldán de Montaud<sup>5</sup>. La pobre cantidad de estudios puede deberse, entre otras, a la discontinuidad que tuvo la explotación minera cubana y a la relativa escasez de evidencia documental.

Luego de la intensa actividad minera de principios del siglo XVI, que propició la fundación de las primeras villas, el estudio y explotación de los recursos minerales decayó en los próximos tres siglos. Este periodo fue definido por el ingeniero en minas Antonio Calvache como "la edad media de la minería cubana"<sup>6</sup>. Fue una crisis prolongada de información, sobre el conocimiento geológico y minero de la isla. Una política colonial de control absoluto y el constante temor a los ataques por las grandes potencias marítimas rivales, propició que lo poco que se estudiaba, iba a permanecer ignorado, quedando hasta hoy muy escasas evidencias documentales.

A finales del siglo XVIII, comienzan a aparecer los primeros estudios realizados por naturalistas aislados y, además, los muy importantes reportes de grandes expediciones científicas e ingenieriles como la Comisión de Guantánamo y la de Martín Sesse. Concluyendo el siglo XVIII, en 1795 aparece el primer artículo de índole geológica en la revista "Memorias de la Real Sociedad Patriótica de la Habana". En esta publicación Rafael Rivero, un farmacéutico habanero, escribió sobre las "Canteras de jaspe de Guanabacoa". Investigaciones posteriores demuestran que en realidad no se trataba de jaspes, pero resulta curioso resaltar el primer artículo científico con contenido geológico sobre la demarcación. Merece citarse también la Historia Natural del portugués Antonio Parra impreso en La Habana en 1787 con descripciones de algunos fósiles.

Luego de los procesos independentistas de las primeras décadas del siglo XIX, la corona española pierde las entradas provenientes de las minas americanas. En tal situación, el gobierno de la metrópoli promueve una reforma legislativa de la minería para reanimar la

exploración de los recursos minerales en la península. En 1825 se creó la Dirección General de Minas, con Fausto Elhuyar (1757 – 1833), quien fuera durante muchos años supervisor de la industria en México, al frente. Se promulgó una nueva ley para la península, lo que constituye la primera legislación minera moderna de España.

La revolución liberal de comienzos del siglo XIX y la constitución gaditana del 19 de marzo de 1812 significaron un cambio al modelo absolutista de su gobernanza, aboliendo el Consejo de Indias en 1808, que fue sustituido por el Consejo Real de España e Indias, un órgano consultivo. En 1808 se crea un nuevo ministerio: la Secretaría del Despacho de Marina, Comercio y Gobernación de Ultramar, independiente del Ministerio de Gobernación. La Secretaría fue responsable de significativos cambios en la administración colonial. La Constitución de 1812 creó la figura del Capitán General y otorgó a las colonias la capacidad de regularse por leyes especiales, reconociendo así que debían ser tratadas de forma distinta, hecho que ocurrió especialmente en Cuba y Puerto Rico. Todo esto, en marco de un esfuerzo especial que tenía como fin evitar la pérdida de los últimos reductos españoles de ultramar en América.

A comienzos del siglo XIX, en el marco de los cambios, la monarquía española en Cuba priorizó el fomento de la agricultura (azúcar, tabaco y maderas nobles). Sin embargo, la industria minera continuó en el mismo letargo en que se encontraba en el siglo XVIII para renacer en la década de 1830-1840 de la mano de inversionistas que no eran españoles. Las economías británicas y norteamericanas, en el auge de sus industrias, estaban necesitando urgentemente nuevas fuentes de abastecimiento. Ya a comienzos de la década de 1840, el coto minero de Santiago del Prado en Santiago de Cuba era el mayor del mundo abasteciendo la sexta parte del cobre fundido en Inglaterra. En Camagüey también se explotaron varias minas en Bayatabo. Allí se estableció un horno de fundición que fracasó por la escasez de combustible<sup>7</sup>. En la provincia de Villa Clara la minería del

cobre alcanzó también cierto desarrollo. Las explotaciones de mayor importancia fueron las minas de Manicaragua, al norte del río Arimao, destacando las de San Fernando y Santa Rosa.

Una expansión más allá de los yacimientos históricamente conocidos, necesitaba de esfuerzos en la investigación geológica, tanto en sus aspectos fundamentales, como en trabajos exploratorios. En esta dirección hay que destacar los denuestos, durante todo lo que queda de siglo, de los inspectores de minas, de naturalistas y de decenas de geólogos extranjeros. En el segundo tercio del siglo XIX aparecen trabajos especializados en el cobre, pero también en el oro y en el asfalto.

El desarrollo de las guerras de liberación nacional en el último tercio va a reflejarse en una interrupción de los laboreos mineros, pero no se interrumpe la investigación científica. Este va a ser un periodo en el que no se va recuperar totalmente la industria del cobre. Sin embargo, si se registran nuevos proyectos para la industria del petróleo tanto líquido como de asfalto natural. Los mayores emprendimientos, sin embargo, se van a desarrollar en la parte oriental de Cuba en grandes minas de mineral de hierro en las costa sur y norte, las minas de manganeso y algunas de oro.

Casi un centenar de naturalistas, mineros y geólogos fueron contribuyendo a lo largo del siglo XIX al conocimiento de la constitución geológica de la isla. Además de las inspecciones de minas, fueron significativos los esfuerzos de las empresas mineras, la Real Academia de Ciencias de La Habana y la universidad. Algunos temas fueron recurrentes en la producción científica como la evolución geológica, incluyendo la unión de la isla a masas continentales. La cartografía geológica de la isla se fue completando por parte de los investigadores hasta tener mapas informativos lo suficientemente buenos para apoyar los esfuerzos exploratorios. La riqueza minera se explotó en yacimientos de cobre, oro, hierro, manganeso, petróleo y asfalto natural en centenares de emprendimientos.

### Primer tercio del siglo XIX

En el comienzo del siglo XIX, es menester mencionar la presión que ejercieron los países más adelantados en la revolución industrial, para lograr un abastecimiento estable de materias primas minerales principalmente los metales en Cuba. El Real Decreto Orgánico e Instrucción de Minas de 4 de junio de 1825<sup>8</sup>, propició los cambios que se van a observar fundamentalmente en el segundo tercio con la entrada del capital inglés. El emprendimiento de empresas inglesas y mixtas fue decisivo en el resurgimiento minero cubano. Los inversionistas extranjeros aprovecharon que la nueva ley permitía la participación de personas de otros países, extremo prohibido en la anterior Ordenanza de Minería de 22 de mayo de 1783.

Pero, en el primer tercio de siglo continúa todavía la inercia inmovilista de los siglos anteriores. La primera denuncia “moderna” de una mina de cobre ocurre solo en 1827 en la provincia de Puerto Príncipe (actual Camagüey), cuando la producción de este metal en la isla era casi inexistente. Este hecho aislado y prácticamente sin consecuencias en el primer tercio va a ser sustituido por una verdadera avalancha de reclamos mineros pocos años después. Ante las noticias que llegaron a la metrópoli en la década de 1830 de nuevas denuncias de minas de carbón, oro y cobre por parte de empresarios particulares, el Ministerio de Fomento y la Dirección General de Minas promovieron la instalación de inspecciones de minas en Cuba, para auxiliar al gobierno de la isla<sup>9</sup>.

El primer tercio de siglo va a ser fundamentalmente de preparación con la publicación de los primeros artículos científicos. Una importante expedición científica conocida como la Expedición del Conde Mopox o de Guantánamo (1796-1802) abre esta vía. Fue una expedición integral para propiciar el desarrollo económico a partir del conocimiento científico, ingenieril, militar y técnico en varias partes de Cuba comenzando por la bahía de Guantánamo y concluyendo con los trabajos preparatorios para el proyecto del canal para unir las costa norte y sur de la isla a la altura de La Habana. Tres científicos se destacan

entre otros: Francisco Remírez de Estenoz (1763 - 1806), Alexander de Humboldt (1769 -1859) y Ramon de la Sagra (1798 - 1871).

### Francisco Remírez de Estenoz y Herrera. (1763 – ¿1806?)

Nació en Caracas, pero sus progenitores provenían de familias cubanas. Era hijo de Don Felipe Remírez de Estenoz y Soto, natural de la ciudad de Melasso, en la isla de Sicilia, y de la habanera Tomasa Herrera y Chacón. Ambos se habían casado en la Catedral de La Habana en abril de 1753. Francisco hizo carrera militar como sus antecesores, hasta llegar al grado militar de Teniente Coronel de Infantería de los Reales Guardias. Estando en España estudiando química y mineralogía se casa con riojeña María Josefa Badarán y Aróstegui natural de Logroño.

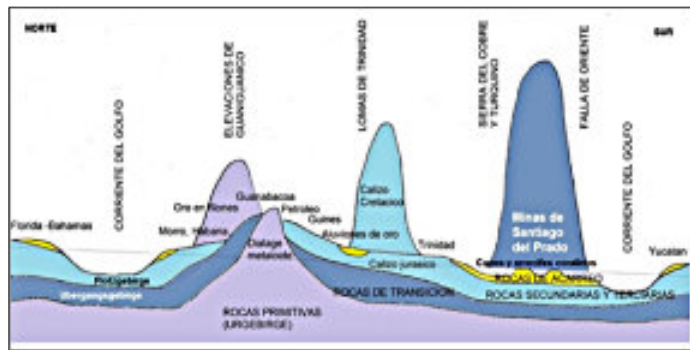
El trabajo inédito de Francisco Remírez de Estenoz Herrera denominado "Memorias sobre la Mineralogía de Cuba"<sup>10</sup> de 1802 es referido erróneamente como una obra consecuencia del despertar científico posterior a las visitas de Alexander Von Humboldt a Cuba. La realidad fue diferente: Humboldt lo menciona a él como una de los pocos científicos que vivían en la Habana a su llegada, una persona con la que se entrevistó, que encontró erudito y quien desinteresadamente le cedió abundante información para sus artículos.

Carlos Trelles en su “Bibliografía Cubana (1600-1916)”<sup>11</sup>, refiere dos trabajos de Francisco Remírez. El primero es el denominado “Análisis de las aguas de la Fuente Madruga vulgarmente la Paila. Hecha por el Teniente Coronel D. R. R. Francisco Remírez socio numerario de la Real Sociedad Económica de la Habana y encargado del Ramo Mineralogía en la Comisión del Señor Conde de Mopox en esta Isla de Cuba”<sup>12</sup> y que había sido publicado en la imprenta de Esteban Boloña en el año de 1802. Este artículo sobre las aguas de Madruga fue reproducido dos veces más tarde en 1840 en la Revista La Cartera Cubana y en las Memorias de la Sociedad Económica en 1859. Su otro trabajo es el denominado “Memoria sobre la mineralogía de la Isla de Cuba”, Trelles asegura que es el primer estudio sobre esta ciencia escrito en Cuba. Más

adelante, citando a Jose Antonio Saco<sup>13</sup>, el bibliógrafo matancero agrega: “La escribió en la Habana en 1802 y permanece inédita”. También menciona que Ramón de la Sagra extractó en su “Historia física y política” los trabajos de Remírez sobre la geología de Cuba.

#### Alexander de Humboldt (1769 -1859)

Alexander Humboldt tuvo una larga relación con Cuba que se extendió mucho más allá de sus visitas a la isla. La geología y los recursos minerales de la isla son citados en varios textos como “Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente” (1826)<sup>14</sup>, “Ensayo Político sobre la Isla de Cuba” (1827)<sup>15</sup>, “Noticia mineralógica sobre el Cerro de Guanabacoa”, de 1804<sup>16</sup>, “El ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas”, publicado en 1833<sup>17</sup>, en la serie “Kosmos” y finalmente en su “Diario Habanero” recientemente encontrado y publicado en 2019<sup>18</sup>. A pesar de su famosa frase: “el trabajo en las minas sólo convidaría a la holgazanería en menoscabo de aquella”. Humboldt en sus obras hace mención de los minerales cubanos como el oro, el cobre, el hierro, el manganeso, aguas minerales, el petróleo y el asfalto, los materiales de construcción y las piedras ornamentales y el yeso.



Además, Humboldt desarrollo un concepto de constitución geológica y evolución de Cuba que va a servir de modelo por más de cien años. Según la noción de Humboldt, Cuba es básicamente una isla llana donde afloran rocas secundarias principalmente Jurásicas (Flotzgebirge) y subordinadamente rocas de acarreo (Aufgeschwemmte gebirge). En esta llanura sobresalen rocas primarias (Urgebirge) y de transición en algunas colinas y montañas. Humboldt promueve la idea que Cuba formaba parte de una sola unidad geológica con Yucatán y

Florida separadas ahora por un brazo de mar resultado de la erosión de la corriente del Golfo.

#### Ramón de la Sagra (1798 – 1871).

De la Sagra fue merecidísimo continuador de la obra de Humboldt y sentó una amplia base para el desarrollo posterior de las ciencias geológicas en Cuba. Fue autor de numerosos artículos y monografías sobre la geología y los recursos minerales, pero además fue un destacado publicista primero al frente de los Anales de la ciencia, agricultura y comercio, promoviendo la obra de diversos investigadores. Finalmente, de la Sagra, se propone, en 1826, la creación de la cátedra de mineralogía y geología en la Universidad de la Habana. Su "Oración, inaugural" al tomar posesión de la cátedra es uno de los primeros documentos sobre el conocimiento geológico de Cuba. Lamentablemente la idea no cristalizó. Tampoco los intentos de las autoridades locales de enviar nativos de la isla para estudiar en España, solo uno de los seis becarios comisionados regresó a Cuba para ejercer.

De la Sagra va a publicar varios artículos sobre la geología cubana pero su mayor aporte está en el tomo I de “Historia Física, Política y Natural de la Isla de Cuba”, un trabajo monumental cuyos doce tomos que fueron apareciendo de 1838 a 1857, en París. Aquí aparecen datos de las minas de hierro, cobre y oro, sobre geología y mineralogía, con determinaciones de rocas y clasificaciones de minerales, así como sobre Paleontología. En ella, unos ocho dibujos de foraminíferos fósiles por Alcides d'Orbigny (1802-1857). De la Sagra va a publicar aquí buena parte del reporte perdido de Remírez de Estenoz.

#### Rafael Rivero (¿?)

Rafael Rivero que era vecino de Guanabacoa, publicó en las Memorias de la Real Sociedad Patriótica de la Habana un artículo denominado: “Las Canteras de Jaspe de Guanabacoa”<sup>19</sup>. Aunque investigaciones posteriores demostraron que en realidad no se trataba de jaspes, resulta curioso resaltar que este es el primer artículo científico con contenido geológico sobre la demarcación.



#### Alcides Dessalines D'Orbigny (1802-1857).

El naturalista francés Alcides Dessalines D'Orbigny nació en 1802 en Coveron, Loira Inferior, Francia. Mostró tempranamente su interés por la ciencia. Presentó a la Academia de Ciencias de París una clasificación de Foraminíferos que tenían una gran importancia en los estudios geológicos. El Museo de Historia Natural de París lo comisionó para visitar, explorar y estudiar la fauna y la flora de las regiones australes de América del Sur. Entre 1826 y 1834 exploró 3 mil 100 kilómetros de norte a sur, a través de Brasil, Uruguay, Argentina, Chile, Perú y Bolivia, y 3 mil 600 kilómetros de este a oeste.

Uno de los trabajos más notables es el “Viaje a la América Meridional” en el que trata sobre Historia, Geología, Geografía, Zoología, Arqueología y Botánica. Con los apuntes y documentos recogidos de su viaje, D'Orbigny publicó en nueve tomos su enciclopédico Viaje a la América Meridional, cuyos dos primeros volúmenes y la mitad del tercero, están dedicados al hombre de América (guaraníes, araucanos, calchaquíes y quichuas), a su origen, historia y costumbres; los restantes comprenden el estudio de 160 mamíferos, 860 pájaros, 115 reptiles, 166 peces, 890 moluscos, 5 mil insectos y crustáceos, 3 mil plantas, y aportan invalorable conocimientos a la geología, la Paleontología y la etnografía de la región.

En el año 1840 dio comienzo a la publicación de la Paleontología de Francia en la expone los fósiles del duelo de Francia, explicando los distintos periodos geológicos, llegando a coleccionar más de 100 mil ejemplares de fósiles

que fueron adquiridos posteriormente por el Gobierno de Francia, en 1858.

Colaboro en la obra Historia física, Política y Natural de la Isla de Cuba editada por Ramón de la Sagra en la cual hay ocho láminas de Foraminíferos, las cuales traen dibujadas perfectamente 57 especies nombradas por él. La muerte sorprendió a Orbigny cuando redactaba la Paleontología cubana para la obra de Sagra<sup>20</sup>.

#### Pierre Berthier (1782 – 1861)

El geólogo y mineralogista francés, autor de obras fundamentales sobre química analítica y docimasia de los minerales, fue contactado por de La Sagra para analizar y clasificar un total de 103 muestras minerales de La Habana, Bahía Honda, Santiago de Cuba, Holguín, Baracoa, Villa clara y Guajabón. Los datos de estos primeros análisis de minerales cubanos, así como una tabla analítica de 17 tierras de cultivo, fueron incluidos en el tomo I de la Historia Física y Natural de la Isla de La Sagra. Los análisis fueron igualmente publicados por Berthier en un artículo dedicado<sup>21</sup>.

#### José Estevez Cantal (1771-1841)

Se graduó de medicina en la Universidad de la Habana en 1795 y se incorpora a la expedición de Guantánamo a solicitud de Baltasar Manuel Boldo, que era el botánico de la expedición. Tras la muerte de Boldo, en 1799, Estévez quedó al frente de los trabajos botánicos. La Sociedad Patriótica le comisiona para que estudie en Madrid donde va pasar un programa de estudios muy similar al de Francisco Remírez en el Gabinete de Historia Natural.

De regreso a Cuba en 1808, emprende una gran labor en el campo de la química y menor en el campo de la Mineralogía. Muchos de sus trabajos los dio a conocer en el seno de la Sociedad Patriótica, en la que había sido admitido antes de partir hacia Madrid. La mayoría de sus trabajos están recogidos en la recopilación Trabajos científicos publicado en 1951. En el campo de la Mineralogía, publica los titulados “Sobre diversos minerales que contiene esta isla” de 1809 y al menos una

memoria sobre la geología cubana en 1810 que está extraviada.

### Cortez (¿geólogo?)

Según Rafael Delorme Salto<sup>22</sup>, un geólogo de origen cubano de apellido Cortez publica en 1810 el resumen de una carta enviada a Humboldt sobre la geología de las Antillas. El artículo denominado “Memoir sur la geologie des Antilles”, aparece publicado en Journal de physique, de chimie et de histoire naturelle et des arts, vol. LXX, pág., 129. En el mismo divide las Islas en cuatro grupos bajo el aspecto de su constitución geológica; y en el primero, islas compuestas en parte de rocas primitivas y en parte volcánicas y calcáreas. Aquí coloca a Cuba, Trinidad, Puerto Rico, Santo Domingo y Jamaica.

Entre otras publicaciones relacionadas con la naturaleza mineral de Cuba de este periodo se pueden mencionar las notas al Ensayo Político de la Isla de Cuba de Humboldt por parte Francisco de Arango y Parreño (1765-1837), el reporte de Michel Étienne Descourtilz (1775 - 1835) publicado en 1809<sup>23</sup>, y Dupuget 1795 “Coup d’oeil sur la physique et la mineralogie des Antilles”

### Joaquín José Navarro

Graduado de licenciado en la Universidad de La Habana, profesor de medicina, cirugía e historia natural. En 1812 se ocupaba en Santiago de Cuba de estudios sobre historia natural. En 1829, Joaquín José Navarro, leyó un reporte por invitación de la Real Sociedad Patriótica de la Habana denominado “Memoria sobre la Resinita o Chapapote de la isla de Cuba”. En el reporte describe varios campos de petróleo de Guanabacoa, en las cercanías de la Habana. En las Juntas Generales de los días 14, 15 y 17 de diciembre de 1829, se decide que la investigación mereció una medalla de honor y la impresión a costa del Gobierno y de la Capitanía general. El artículo completo sobre los depósitos de material bituminoso de la Habana fue publicado en 1829<sup>24</sup>.

### Artiz José (¿?- 1938)

El medico habanero José Artiz, individuo de varias sociedades científicas y literarias, era instruido en la Mineralogía, Geología y Química, escribió un trabajo sobre el carbón de piedra (asfalto natural) descubierto en las inmediaciones de la Habana<sup>25</sup>. Falleció muy joven en esta ciudad en 1838, a consecuencia de la fiebre amarilla.

<sup>11</sup>Trelles, Carlos M. "Bibliografía cubana (1600-1916)". Matanzas. Imprenta de Juan F. Oliver Vera 92. 1918.

<sup>12</sup>Remírez, Francisco Análisis de las aguas de la Fuente Madruga vulgarmente la Paila. Imprenta de D. Estevan Joseph Boloña. Año de 1802 En 40, M, 20ps.

<sup>13</sup>Saco, Jose Antonio. Colección de papeles científicos, históricos, políticos y de otros ramos sobre la Isla de Cuba ya publicados, ya inéditos. Tomo Primero – Paris Imprenta D’Abouisson y Kugelmann. Calle La Grande Bateliere, N. 13 1858.

<sup>14</sup>Humboldt A. 1826. “Viaje a las regiones equinociales del Nuevo Continente”. P. XXXI. París, en Casa de Rosa, Calle de Chartres, N° 12. Antes gran patio del Palacio Real y calle de Montpensier, no 5, 1826

<sup>15</sup>Humboldt, Alexander von Ensayo Politico sobre la Isla de Cuba Por el Barón A. de Humboldt, con un mapa ; obra traducido al castellano por D.J.B. de V.y.M. Edición hecha en la casa de Jules Renouard Librero, calle el Tournon, No 6, 1827

<sup>16</sup>Humboldt A. 1826 “Noticia mineralógica del Cerro de Guanabacoa, comunicada al Excelentísimo señor Marqués de Someruelos, capitán general de la isla de Cuba.” El Patriota Americano 2 (1812): Pag. 29-32.

<sup>17</sup>Humboldt, A. 1833. “Essai geognostique sur le gisement des roches dans les deux hemispheres” Paris, Chez F. G. Levrault, rue des Fossés M. le Prince N.° 31 , et rue des Juifs, N.° 33, à Strasbourg. 1833.

<sup>18</sup>Humboldt, A. “Isle de Cube. Antilles en général”, in: Biblioteka Jagiellońska Kraków, Oddział Rękopisów, 1161, Al. v. Humboldt Nachlaß 3. Relating to Humboldt diaries, see: Faak, Alexander von Humboldts amerikanische Reisejournal. Eine Übersicht [Alexander von Humboldt journey diaries. A Summary], Berlin; Mikolajczyk Aniela Maria. Alexander von Humboldts Manuskript Isle de Cube. Antilles en général in der Biblioteka Jagiellońska als Vorstufe des Essai politique sur l’île de Cuba Zusammenhang mit dem Transarealen Symposium Humboldtsche Wissenschaft im Spannungsfeld zwischen Polen, Brasilien und Deutschland“ vom 6. November 2015 entstanden. <http://www.uni-potsdam.de/humboldtart/aktivitaeten/veranstaltungen/2015-transareales-symposium.html>.

<sup>19</sup>Rivero, Rafael. 1795. “Canteras de jaspes de Guanabacoa”. Memorias de la Real Sociedad Patriótica de la Habana; t. III; 1795.

<sup>20</sup>Presas M. 1866 Repertorio Físico-Natural de la Isla de Cuba. La Historia Natural En Cuba. Manuel J. Presas. Director Felipe Poey. Tomo I. Habana. Imprenta del Gobierno y Capitanía general por abril 1865 — septiembre 1866. Pag 3 – 57

<sup>21</sup>Berthier, P., 1838. Notes sur différents minerals de l'ile de Cuba. Ann. des Mines, (3), 13.

<sup>22</sup>Delorme Salto, R. 1895 Los naturalistas cubanos. "España Moderna". Madrid. 1895.

<sup>23</sup>Descourtilz, Etienne. “Voyages d’un naturaliste et ses observations faites sur les trois règnes de la nature dans plusieurs ports de mer français, en Espagne, au continent d’Amérique septentrionale à Santiago de Cuba et à St-Domingue Paris, 1800 in-8 3 tomes Bibl St Cev. H S 24 A Am. Velus 874. (Date du voy ge 1798-1802), B. V. S. 226037 260.59.

<sup>24</sup>Navarro, Joaquín José 1830 “Memoria sobre la Resinita o Chapapote de la isla de Cuba”, Imprenta del Gobierno en 1830. En 8º M, 51 ps.

<sup>25</sup>Artiz, J. 1837, “Exposición de las diferentes especies de carbón mineral y de sus distintas aplicaciones artísticas particulares. Memor. de la Soc. Patrio. de la Habana, t. 4. °, págs. 169 a 179, en 31 de mayo de 1837.



**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](mailto:tenreiro2015@gmail.com)

<sup>1</sup>Calvache, A., 1965. Bosquejo sobre Geología de Cuba. Departamento de Geología, Academia de Ciencias de Cuba, 105 pág.;

Calvache, A. Resumen de la Historia de la Minería de Cuba. Boletín de Minas No. 8, Secretaría de Agricultura. 1925; Calvache, Antonio: Historia y desarrollo de la minería en Cuba. La Habana, 1944

<sup>2</sup>Roldan de Montaud Inés "La minería del cobre en Cuba. Su organización, problemas administrativos y repercusiones sociales (1828-1849)", Revista de Indias, núms. 159-162, 1980, pp. 255-299. González Loscertales, Vicente y Roldán de Montaud, Inés: “La minería del cobre en Cuba. Su organización, problemas administrativos y repercusiones sociales (1828-1849)”. Revista de Indias. LX, n.º 159-162. Madrid, 1980, págs. 255-299.

<sup>3</sup>Soto González, Luis D.: Apuntes sobre la historia de la minería cubana. Santiago de Cuba, 1981, pág. 32.

<sup>4</sup>Moyano Bazzani Eduardo L. y Fernández Alonso Serena La minería cubana en las últimas décadas del siglo XIX Consejo Superior de Investigaciones Científicas Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) <http://estudiosamericanos.revistas.csic.es>

<sup>5</sup>Roldan de Montaud Inés "La minería del cobre en Cuba. Su organización, problemas administrativos y repercusiones sociales (1828-1849)", Revista de Indias, núms. 159-162, 1980, pp. 255-299.

<sup>6</sup>Calvache, A., 1965. Bosquejo sobre Geología de Cuba. Departamento de Geología, Academia de Ciencias de Cuba, 105 pág

<sup>7</sup>Vázquez Queipo V. Informe fiscal sobre fomento de la población blanca en la isla de Cuba, Madrid, Martín Alegría, 1845, p. 51.

<sup>8</sup>Entró en vigencia en Cuba en 1830.

<sup>9</sup>AHN, Ultramar, leg. 437, exp. 10

<sup>10</sup>Hacia 1780, Werner propuso una nueva división en el conocimiento de los minerales. Lo que se entendía por ‘mineralogía’ lo denominó ‘orictognosia’, es decir “el conocimiento de los fósiles o minerales” y su clasificación. Según la escuela alemana, la mineralogía debía ser una ciencia más amplia, muy similar a lo que actualmente se conoce como geología.

# OBITUARIOS

## Frederic L. Schwab: 1940 – 2026.



Frederic L. Schwab, Washington and Lee University professor of geology emeritus, died March 15. He was 86. He taught at Washington and Lee University for 36 years. Born on Jan. 8, 1940, in Brooklyn, N.Y., he graduated from Glens Falls High School in 1957. He went on to receive his A.B. from Dartmouth College in 1961 and his M.S. from the University of Wisconsin in 1963. He was a member of Phi Beta Kappa and Sigma Xi honor societies, as well as Kappa Kappa Kappa.

After receiving his Ph.D. from Harvard University, he joined Washington and Lee University as assistant professor of geology, a position he held from 1967-71. From 1971-75, he served as associate professor of geology, and he was promoted to professor of geology in 1975; he held that rank until his retirement in 2003. His teaching interests included geology, sedimentary rocks and stratigraphy, field methods and Appalachian geology, paleontology, historical geography, mineralogy and dinosaur extinctions and asteroid impacts.

Throughout his career, Schwab received multiple grants and fellowships to support his research. In 1971, he received a National Science Foundation Science Faculty Fellowship to support his work on a comparative study of the British Caledonides and North American Appalachians. From 1977-78, he spent 12 months performing sedimentological analysis of the Western (French-Italian) Alps through a North Atlantic Treaty Alliance (NATO) Senior Science Fellowship.

During his career, he served as a consulting editor for numerous books on general science as well as geological and environmental sciences, and he was a manuscript editor and reviewer of several science publications. He published more than 40 articles and presented papers across the United States, Canada and Europe. In 1996, he co-authored a book for undergraduate geology students, "Sedimentary Geology: an Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy." He also served on the editorial boards of Geology magazine and the Journal of Sedimentary Research.

# Miscelanea de Imágenes



[https://www.freepik.es/foto-gratis/hombre-astronauta-explorando-noche-mision-espacial-planeta-desconocido\\_21872907.htm#fromView=keyword&page=4&position=37&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa](https://www.freepik.es/foto-gratis/hombre-astronauta-explorando-noche-mision-espacial-planeta-desconocido_21872907.htm#fromView=keyword&page=4&position=37&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa)



[https://www.freepik.es/foto-gratis/antecedentes-astronauta-marte-mirando-planeta\\_28363402.htm#fromView=keyword&page=1&position=19&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa](https://www.freepik.es/foto-gratis/antecedentes-astronauta-marte-mirando-planeta_28363402.htm#fromView=keyword&page=1&position=19&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa)



<https://www.dailysabah.com/life/science/going-back-to-moon-is-must-before-mars-nasa-argues>



[https://www.freepik.es/imagen-ia-gratis/fotografia-completa-astronauta-fotorrealista\\_94077160.htm#fromView=keyword&page=2&position=29&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa](https://www.freepik.es/imagen-ia-gratis/fotografia-completa-astronauta-fotorrealista_94077160.htm#fromView=keyword&page=2&position=29&uuid=b0506755-f9fa-4242-8bd3-6073b34367a4&query=Nasa)

# PUBLICACIONES

## TESIS & RESÚMENES

Ángel S. Vargas Cabañas

### Estudio geológico de la sierra La Laguna, El Tejocote, Santiago, Nuevo León, México.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para obtener por el título de Maestro en Ciencias Geológicas. Junio 2017.

Sustentante: **Ángel Salvador Vargas Cabañas.**

Director de Tesis: *Dr. José Francisco Longoria Treviño.*

#### Resumen

El presente trabajo reporta por primera vez la estratigrafía y estructura de la sucesión estratigráfica expuesta en la parte central del flanco sur de la Sierra La Laguna, localizada al noreste de la comunidad Laguna de Sánchez, en el municipio de Santiago, Nuevo León, Y localizado dentro del parque nacional Cumbres de Monterrey, en la Cordillera Nuevoleonesa (Sierra Madre Oriental). Se estableció la secuencia estratigráfica de esta localidad, la cual tiene un espesor de 982.3 m, compuesta de rocas sedimentarias marinas terrígenas y carbonatadas, y la cuál se dividió en 7 unidades líticas, las cuales son litocorrelacionables estratigráficamente de la base a la cima, como la Formación El Cercado (Unidad I), Formación La Casita (unidades II, IIA, III, IV, V y VI) y Caliza San Angel (Unidad VII). Estas unidades representan ambientes sedimentarios que van desde la plataforma (rampa externa) hasta la cuenca y contienen el intervalo comprendido del Jurásico Superior (Kimmeridgiense) hasta el Cretácico Superior (Maestrichtense). Las determinaciones cronoestratigráficas fueron establecidas en base a fauna de amonites y foraminíferos, principalmente planctónicos. Todo el conjunto faunístico de la Unidad I, es decir la Formación El Cercado, permite asignarle un rango cronoestratigráfico que va del Campaniense al Maastrichtiense Inferior. En la unidad II se identificaron las amonitas del Kimmeridgiense, y en la Unidad VI se identificaron las amonitas del Titoniense.

Los elementos estructurales que conforman a la Sierra La Laguna son: una familia de fallas de rumbo, una falla de cabalgadura, además de un anticlinal cerrado en la parte norte, orientado NW - SE, teniendo en el eje del anticlinal a la Formación La Casita. Seguido de un sinclinal abierto ligeramente volcado, en la parte sur, orientado NW - SE, teniendo en el núcleo a La Caliza San Angel, la cual forma grandes acantilados escarpados.

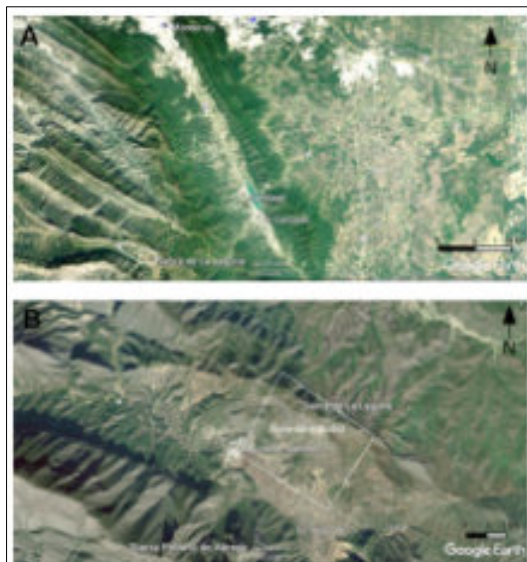
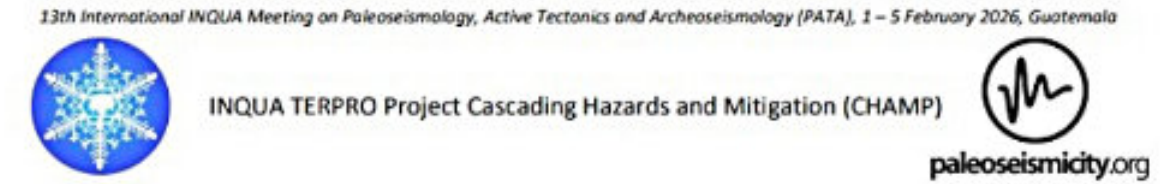


Figura 1.1. A) Imagen Landsat, (Google Eart) orientada W – E, mostrando la localización de la Sierra de La Laguna y las localidades cercanas. B) Imagen Landsat (Google Earth), orientada W - E mostrando la localización del área de estudio (recuadro color blanco) y las localidades cercanas.

<https://paleoseismicity.org/those-were-the-pata-days-2026-in-guatemala/>



#### Surface Failure at Lake Amatitlán Attributed to Liquefaction of Deltaic Sediments During the 1976 Guatemalan Earthquake

Rosenfeld, Joshua H. (1), 2. Byron Mota-Vidaurre (2)

- (1) Independent Geologist, Granbury Texas, United States.  
(2) Consulting Geologist. Guatemalan Geological Society

**Abstract:** On February 4, 1976 seismic waves 50 kilometers from their source triggered liquefaction in recent, non-cohesive deltaic sediments at Lake Amatitlán in the Guatemalan volcanic highlands. Lateral spreading, fractures, sand boils and subsidence occurred mostly within 1.2 square kilometers on the youngest part of the delta of the Rio Villalobos extending inland from the shoreline for about 600 meters. Destruction of brick and concrete houses, and a fatality were caused by the surface failure. The regional geography and geologic setting are discussed, and the mechanism and scenario for the failure are presented. Descriptive data and photographs are included to document the event for the community of geotechnical scientists, engineers and developmental planners concerned with seismic hazards. Further work is recommended to accurately determine the subsurface stratigraphy and the control it exerted on ground response.

Activar Windows  
Ve a Configuración para acti



## Ecuaciones de predicción del movimiento y cálculo del espectro de peligro uniforme en las estaciones CU y CCUT de la Ciudad de México.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para optar por el título de Ingeniera Geofísica. 2026.

Sustentante: **Paula Felisa Peña Flores.**

Director de Tesis: *Dr. Leonardo Ramírez Guzmán.*

### Resumen.

La Ciudad de México ha experimentado eventos sísmicos que han proporcionado lecciones importantes para el desarrollo normativo y la ingeniería sísmica. En el estudio presente se aborda el peligro sísmico en dos sitios dentro de la ciudad: 1) Ciudad Universitaria (CU), un sitio en la zona de lomas; y 2) el Centro Cultural Universitario Tlatelolco (CCUT), un sitio en la zona de lago.

Se calculan los Espectros de Peligro Uniforme (EPU) empleando Ecuaciones de Predicción del Movimiento desarrolladas para las estaciones mencionadas. Las estimaciones se hacen para sismos de subducción e intraplaca. Para obtener los coeficientes de las GMPE, se utiliza un proceso de inversión por mínimos cuadrados ordinarios, y el EPU se estima utilizando zonas sismogénicas compatibles con las empleadas en los cálculos del código sísmico vigente, el Sistema de Acciones Sísmicas para el Diseño (SASID).

Al comparar los EPU obtenidos con los EPU del reglamento se muestra la importancia de utilizar GMPEs específicas por sitio y la forma funcional de las ecuaciones empleadas. Se observaron diferencias significativas en el peligro sísmico entre CU y CCUT, influenciadas principalmente por las condiciones geológicas contrastantes en cada ubicación, así como discrepancias aparentes con el EPU normativo en la estación CCUT.

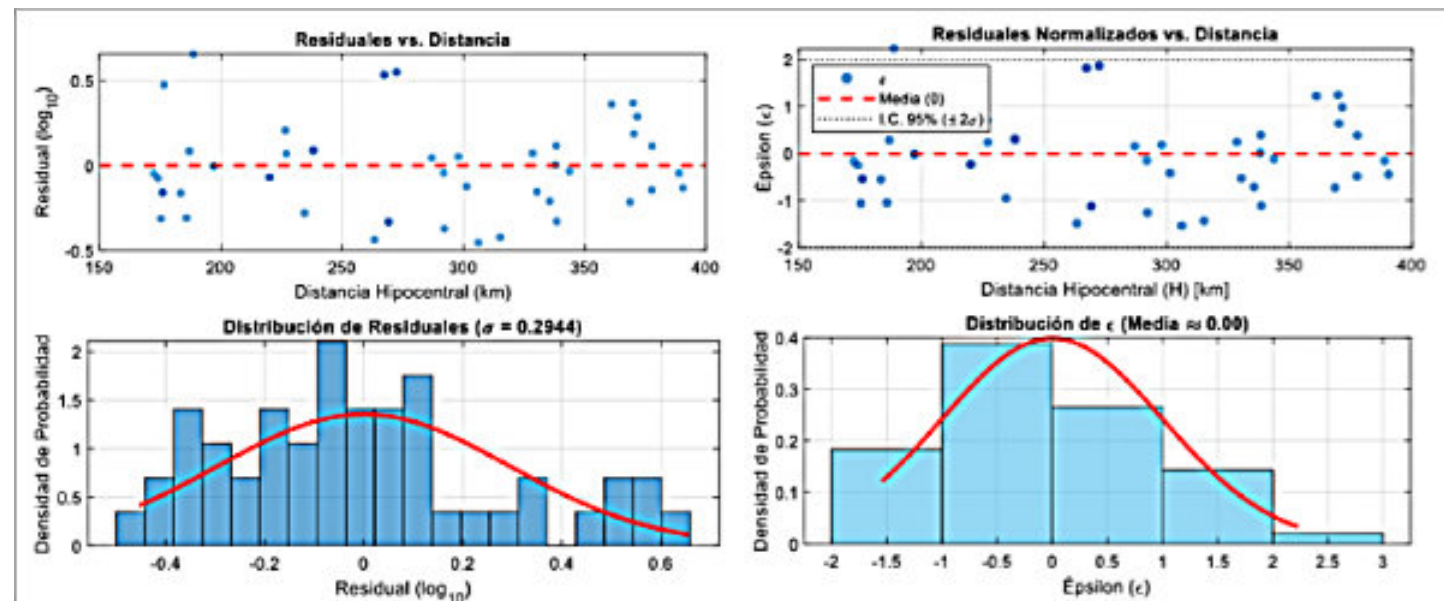


Figura 1.1. Análisis de residuales obtenidos para la estación CL-Intraplaca.

## Geochemistry, Geophysics, Geosystems\*

RESEARCH ARTICLE  
10.1029/2025GC012227

**Special Collection:**  
A fresh look at the Caribbean  
plate geosystems

### Key Points:

- Fault slip data from Puerto Rico, Vieques and St. Croix reveal three tectonic phases in the Cenozoic evolution of the PRVI microplate
- North-northeast-trending extension occurred during the Miocene, with counterclockwise rotation of the PRVI microplate
- Post-rotation, SE-trending transtension in southern Puerto Rico is confirmed by the moment tensors of the 2019–2023 earthquake sequence

### Correspondence to:

J.-C. Hippolyte,  
hippolyte@cerege.fr

### Citation:

Hippolyte, J.-C., & Mann, P. (2025). Polyphase tectonic evolution of the Puerto Rico-Virgin Islands microplate revealed by fault-slip data and stress inversions. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 26, e2025GC012227. <https://doi.org/10.1029/2025GC012227>

Received 4 FEB 2025

Accepted 28 JUN 2025

### Author Contributions:

**Conceptualization:** Paul Mann  
**Funding acquisition:** Paul Mann  
**Investigation:** Jean-Claude Hippolyte, Paul Mann  
**Methodology:** Jean-Claude Hippolyte  
**Visualization:** Jean-Claude Hippolyte  
**Writing – original draft:** Jean-Claude Hippolyte  
**Writing – review & editing:** Paul Mann

© 2025 The Author(s). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* published by Wiley Periodicals LLC on behalf of American Geophysical Union. This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License](#), which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

## Polyphase Tectonic Evolution of the Puerto Rico-Virgin Islands Microplate Revealed by Fault-Slip Data and Stress Inversions

Jean-Claude Hippolyte<sup>1</sup> and Paul Mann<sup>2</sup>

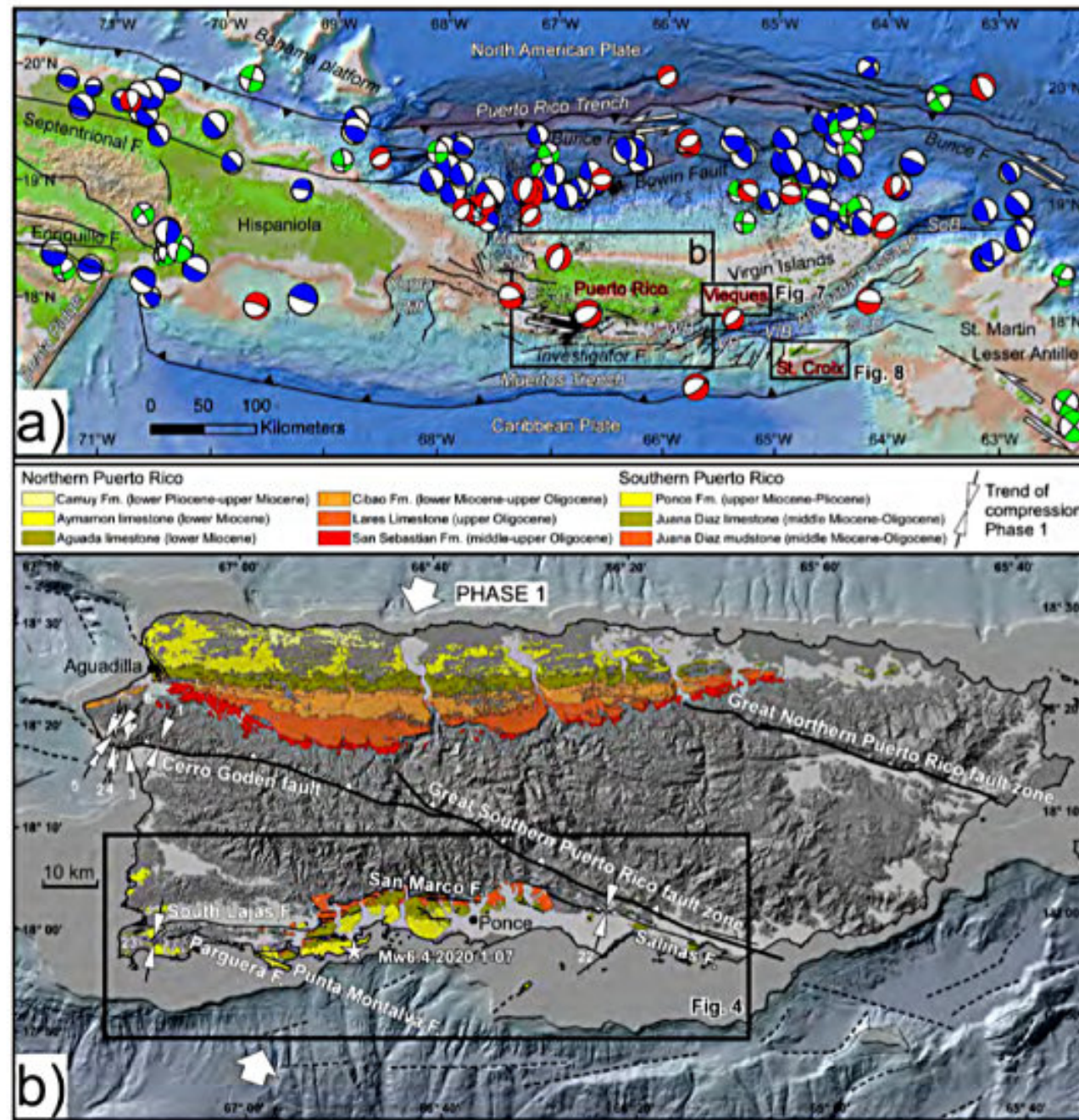
<sup>1</sup>Aix Marseille University, CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence, France, <sup>2</sup>Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Houston, TX, USA

**Abstract** The northeastern Caribbean plate boundary (NCPB) includes the Puerto Rico-Virgin Islands (PRVI) microplate that is bounded by oblique subduction zones in the Muertos and Puerto Rico Trenches, and by the Mona Rift, and the Anegada Passage rifts. Over the past 40 years, a variety of tectonic models have been proposed for the evolution of this complex plate boundary. We analyze fault kinematic data from 57 outcrops of Oligocene to Pliocene sedimentary rocks in Puerto Rico, Vieques, and St. Croix to shed light on the geodynamic evolution of the PRVI microplate and the Anegada Passage. Fault kinematic data reveal that the Eocene-Early Oligocene islands arc collision was followed by two contrasting extensional stress fields that occurred during and after the counterclockwise rotation of the PRVI microplate. Phase 1 compressional deformation related to Paleogene collision between the Caribbean arc and Bahama Platform was followed by: (a) Miocene, north-northeast-trending extension of tectonic Phase 2 resulting from counterclockwise rotation of the PRVI microplate; and (b) post-rotation, Pliocene-Quaternary, east-west to northwest-southeast extension of Phase 3. We propose that the Mona-Yuma rift system and the South-Puerto Rico-Anegada systems, characterized by different extensional directions, form two independent tears in the NCPBZ generated by its post-rotation left-lateral shearing. Southeastward extension reactivates the Anegada Passage with slightly oblique extension and produces left-lateral transtensional faulting along the southern margin of Puerto Rico. This active transtensional stress regime, documented in our previous studies, is confirmed by the moment tensors of the 2019–2023 earthquake sequence in southern Puerto Rico.

**Plain Language Summary** We measure striated fault surfaces in southern Puerto Rico, Vieques and St. Croix to compute the directions of compression and extension related to the polyphase tectonic evolution of the northeastern Caribbean plate. We identify three, distinct, tectonic phases that have deformed the PRVI microplate: (a) **Phase 1**, north-south compression related to the Eocene-Oligocene collision between Puerto Rico and the Bahama Platform; (b) **Phase 2**, Miocene NNE-SSW extension accommodating the counterclockwise rotation of the PRVI microplate accompanied by right-lateral slip along the Anegada Passage; (c) **Phase 3**, post-rotation Pliocene-Quaternary E-to SE-trending extension related to the opening of the Yuma, Mona, and Anegada rift systems. Our analysis of the kinematics of the 2019–2023 earthquake sequence in south Puerto Rico confirms the Pliocene-Quaternary trend of extension.

### 1. Introduction

The boundary between the Caribbean and the North American plates was originally characterized by eastward plate motion accommodated along pure-slip, left-lateral and east-west striking faults (Mann & Burke, 1984) (Figure 1). GPS studies showed that the direction of the Caribbean plate is not east-west, but instead is east-northeast (070°), which explained the large amounts of transpression and thrusting that is present in areas like Jamaica and Hispaniola (Culaís et al., 2016; DeMets et al., 2000; Mann et al., 2002). GPS data also revealed the presence of discrete microplates embedded within the active 200-km-wide North American-Caribbean Plate Boundary Zone (NCPBZ). This tectonically complex region includes at least three microplates bounded by active faults: the Gonâve microplate located in the eastern Cayman Trough and Haiti, the Hispaniola microplate located in Haiti and the Dominican Republic, and the Puerto Rico-Virgin Islands (PRVI) microplate (Byrne et al., 1985; Culaís et al., 2016; Jansma et al., 2000; Mann & Burke, 1984; Mann et al., 1995; Masson & Scanlon, 1991; Symithe et al., 2015).



**Figure 1.** Location maps for fault study areas in Puerto Rico, Vieques, and St. Croix. The source of bathymetry is the Global Multi-Resolution Topography Synthesis (GMRT, <https://www.gmrt.org/>, Ryan et al., 2009). The source of the 1-arc-second DEM of Puerto Rico is the U.S. Geological Survey (<https://apps.nationalmap.gov/downloader/>). (a) Shaded bathymetric and topographic maps of the northeastern Caribbean plate boundary (NCPB) with moment tensors of earthquakes from “The Global CMT Project” (<https://www.globalcmt.org/>, Dziewonski et al., 1981; Ekström et al., 2012) and the USGS earthquake catalog (U.S. Geological Survey, 2023). Focal plane solutions are color coded by compressional (blue), strike-slip (green), and extensional (red) mechanisms based on the plunge of their T, N and P axes. Black dots show epicenters of all magnitudes of earthquakes, including the  $M \geq 2.5$  earthquakes that form the 2019–2023 southwestern Puerto Rico earthquake sequence. Key to abbreviations: WB: Whiting Basin; VB: Vieques Basin; VIB: Virgin Islands Basin; SoB: Sombrero Basin. Faults are compiled from maps by Granja-Brufá et al. (2015), Laurencin et al. (2019), ten Brink and Lin (2004), and ten Brink et al. (2022). (b) Direction of tectonic Phase 1 compression shown as white arrows on a digital elevation map of Puerto Rico. Major faults and geologic map of the Oligocene to Pliocene sedimentary rocks of Puerto Rico modified from Monroe (1980), Krushensky (1998), and ten Brink et al. (2022) for the offshore. The northeast-southwest direction of compression was observed only in rocks predating the Middle Oligocene to Pliocene sedimentary cover of Puerto Rico. This compressional event is related to the Paleogene collision between the Caribbean island arc and the Bahama carbonate platform. The star marks the location of the moment magnitude ( $M_w$ ) 6.4 mainshock of the southwest Puerto-Rico 2019–2023 seismic sequence.

<https://cdn.sanity.io/files/02ocqogw/production/c9884d6ecb0c4f83e028cf799fbbf950bb69d360.pdf>



## Análisis 2D vs 3D para estudios de premonitores estadísticos: dimensión fractal y entropía.

Benemerita Universidad Autonoma de Puebla.

Tesis que para obtener el título de Ingeniero Geofísico. Marzo 2021.

Sustentante: **Albérico Rodríguez Carredano.**

Director de Tesis: *Dr. Fidencio Alejandro Nava Pichardo.*

### Resumen

Los terremotos, sismos de gran magnitud (MW mayor o del orden de 7), causan daños y muerte. Como es imposible evitar este fenómeno, se necesita estar preparado para enfrentarlo. Para la preparación adecuada, es importante y conveniente saber cuándo ocurrirá un gran sismo. Hacer predicciones sísmicas deterministas es imposible porque un modelo físico determinista busca comprender y predecir el proceso completa y exactamente. Dicho modelo no es posible, debido a que los sismos ocurren a varios kilómetros de profundidad por lo tanto se desconoce cómo ocurrirá la ruptura sísmica y no se puede conocer con suficiente detalle el esfuerzo ni la resistencia de cada punto de la región; en general se desconocen las características del medio, las composiciones geológica y química, zonas de debilidad, zonas de fortaleza, micro fracturas, dislocaciones, presencia de agua, etc. En cambio, un pronóstico sísmico basado en un modelo estocástico o con componentes estocásticas, acepta que en el proceso físico influyen factores imponderables (cuya participación es imposible evaluar) cuyos efectos deben ser considerados aleatorios. La presencia de muchos factores imponderables en el medio hace que el proceso sísmico sea un proceso estocástico críticamente auto organizado (autorregulado) tanto, tiene comportamiento no lineal. Por lo tanto, se recurre a la modelación del proceso sísmico.

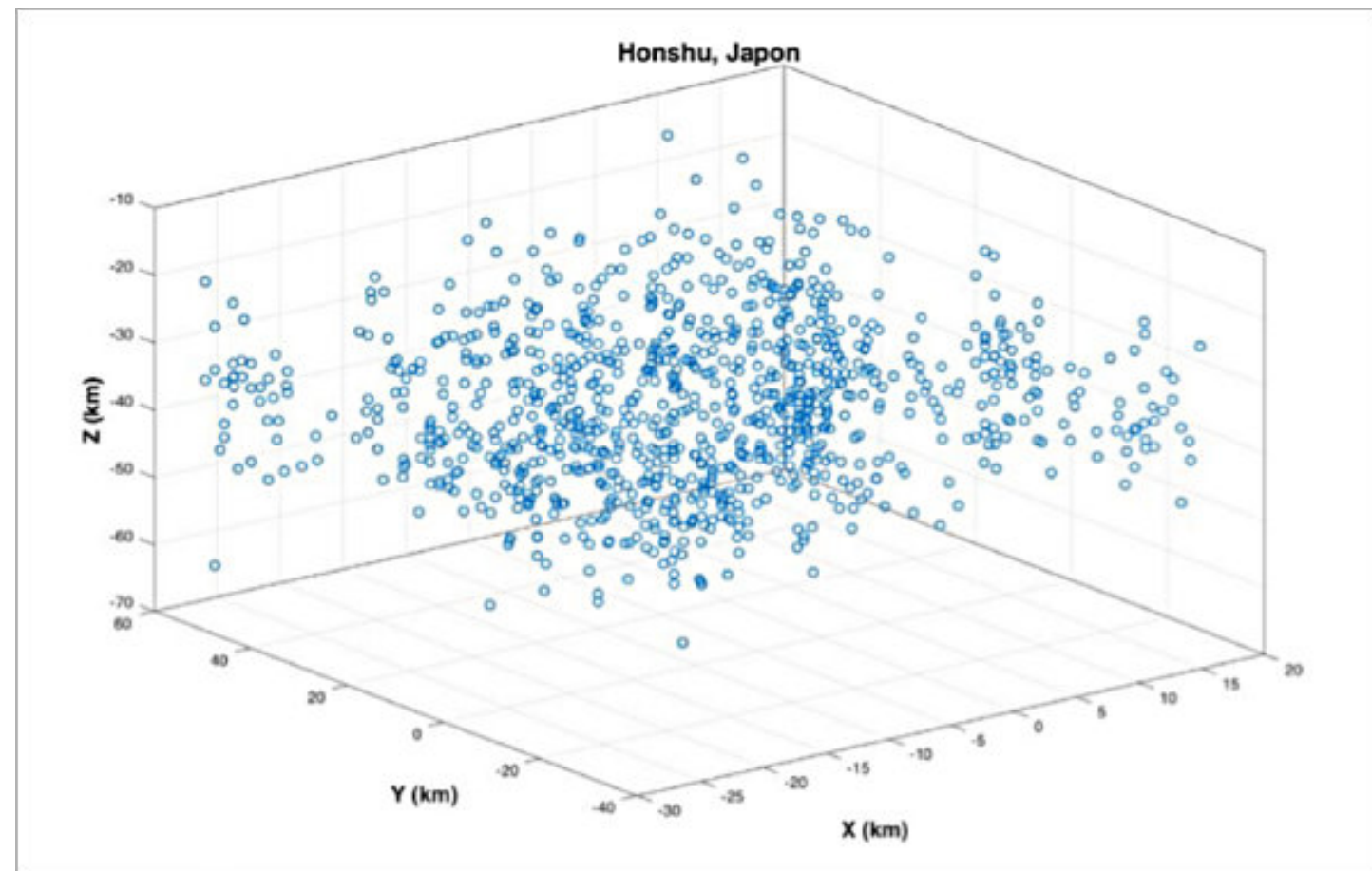


Figura 1.1. Hipocentros en volumen M9 con un total de 1000 eventos sísmicos.

## JGR Solid Earth

RESEARCH ARTICLE  
10.1029/2025JB032952

### Key Points:

- Finite fault models using satellite radar interferometry data indicate that the Mw 6.4 Puerto Rico earthquake occurred on a N-dipping fault
- Focal mechanism solutions of earthquakes show three trends of strike-slip faults including two parallel WNW-ESE left-lateral faults
- The parallel strike-slip faults bound a left-stepping pull-apart basin which localizes the most concentrated area of the sequence

### Supporting Information:

Supporting Information may be found in the online version of this article.

### Correspondence to:

X. Xu,  
xiaohua-xu@ustc.edu.cn

### Citation:

Sun, L., Xu, X., Mann, P., & Hippolyte, J.-C. (2026). Fault kinematics of the 2019–2026 Puerto Rico earthquake sequence: Conjugate faulting within a zone of oblique subduction. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 131, e2025JB032952. <https://doi.org/10.1029/2025JB032952>

Received 14 SEP 2025

Accepted 20 FEB 2026

### Author Contributions:

Conceptualization: Lei Sun, Xiaohua Xu, Paul Mann  
Data curation: Lei Sun  
Formal analysis: Lei Sun  
Investigation: Lei Sun, Xiaohua Xu, Paul Mann, Jean-Claude Hippolyte  
Methodology: Lei Sun, Xiaohua Xu  
Project administration: Lei Sun, Xiaohua Xu, Paul Mann  
Software: Xiaohua Xu  
Supervision: Xiaohua Xu, Paul Mann  
Validation: Lei Sun  
Visualization: Lei Sun  
Writing – original draft: Lei Sun  
Writing – review & editing: Xiaohua Xu, Paul Mann, Jean-Claude Hippolyte

© 2026. The Author(s).

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Fault Kinematics of the 2019–2026 Puerto Rico Earthquake Sequence: Conjugate Faulting Within a Zone of Oblique Subduction

Lei Sun<sup>1</sup>, Xiaohua Xu<sup>1,2</sup>, Paul Mann<sup>3</sup>, and Jean-Claude Hippolyte<sup>4</sup>

<sup>1</sup>School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, China, <sup>2</sup>Mengcheng National Geophysical Observatory, University of Science and Technology of China, Mengcheng, China, <sup>3</sup>Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Houston, TX, USA, <sup>4</sup>CEREGE, Europole de l'Arbois, Aix-en-Provence, France

**Abstract** The 2019–2026 southwestern Puerto Rico earthquake sequence has the characteristics of an earthquake swarm with over 9,000 events of Mw 2.5 or greater over an area of 1,500 km<sup>2</sup>, and the largest event is an Mw 6.4 on 7 January 2020. Previous studies have proposed two structural interpretations: (a) an E-striking, N-dipping normal fault hosting the largest event with a left-lateral oblique slip; superimposed on this fault is an X-shaped conjugate strike-slip faults reflecting NE-SW shortening; and (b) a NE-striking, SE-dipping normal fault of the largest event with a right-lateral oblique slip. Based on focal mechanism solutions, global navigation satellite system (GNSS) and satellite radar interferometry data, we propose four fault families that define a slightly different X-shaped pattern: (a) left-lateral WNW-ESE faults including two parallel faults that define a 12-km-wide stepover area and pull-apart basin; (b) an WSW-ENE left-lateral fault; (c) right-lateral NNE-SSW faults; and (d) E-W left-lateral oblique-slip normal faults including the one hosting the largest event inside the pull-apart basin. This active fault kinematics closely reflects measured faults in Late-Miocene-Pliocene rocks, indicating that this deformation pattern has been active for several million years. The proposed fault kinematic model is consistent with geodetic data and an overall crustal deformation model of coupled NW-SE extension and NE-SW compression produced by oblique convergence across the North America-Caribbean plate boundary. The occurrence of prolonged earthquake sequence on crustal conjugate systems poses a seismic hazard for this oblique plate boundary.

**Plain Language Summary** The 2019–2026 (still continuing in February 2026) Puerto Rico earthquake sequence has characteristics of an earthquake swarm, with the largest event being an M6.4 on 7 January 2020. Seismic data indicate that the M6.4 can occur on two possible fault planes with different slip directions: either left-lateral on a N-dipping fault or right-lateral on a SE-dipping fault. Using global navigation satellite system and satellite synthetic aperture radar displacement measurements, we compared the inversed displacements of the two fault models found that the N-dipping model fits the observations better. We then interpret the slip directions of earthquakes and delineate four fault families: (a) WNW-ESE left-lateral strike-slip faults including two parallel ones, (b) an WSW-ENE left-lateral fault, (c) NNE-SSW right-lateral strike-slip faults, and (d) E-W left-lateral normal faults with oblique slip. Two parallel WNW-ESE faults define an extensional basin, this fault pattern explains the N-S direction difference among the GNSS stations and the swarm-like characteristics of the sequence. These earthquakes reflect continued crustal extension (i.e., extension related to the top of an anticlinal axis) along the Puerto Rico-Virgin Island basement arch. Similar earthquake sequences are not controlled by regional faults and can occur over the North America-Caribbean plate boundary.

### 1. Introduction

The island of Puerto Rico is located within the northeastern plate boundary zone between the North American and Caribbean plates (Figure 1). The plate boundary zone is bounded to the north by the Puerto Rico Trench and to the south by the Muertos Trench and Anegada Passage with about 19 mm/yr of relative convergence in the ENE direction (Calais et al., 2016; Jansma et al., 2000; Jansma and Mattioli, 2005; Mann et al., 2002) (Figure 1). This convergence is oblique to the plate boundary faults and is accommodated across a broad zone of major left-lateral strike-slip faults including the Septentrional Fault, the Bunce Fault, the Bowin Fault, and the Great Southern Puerto Rico Fault (Mann et al., 2005a, 2005b).

## Transición a la turbulencia y turbulencia desarrollada en dos dimensiones mediante flujos de Kolmogorov: experimentos y simulaciones numéricas.

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

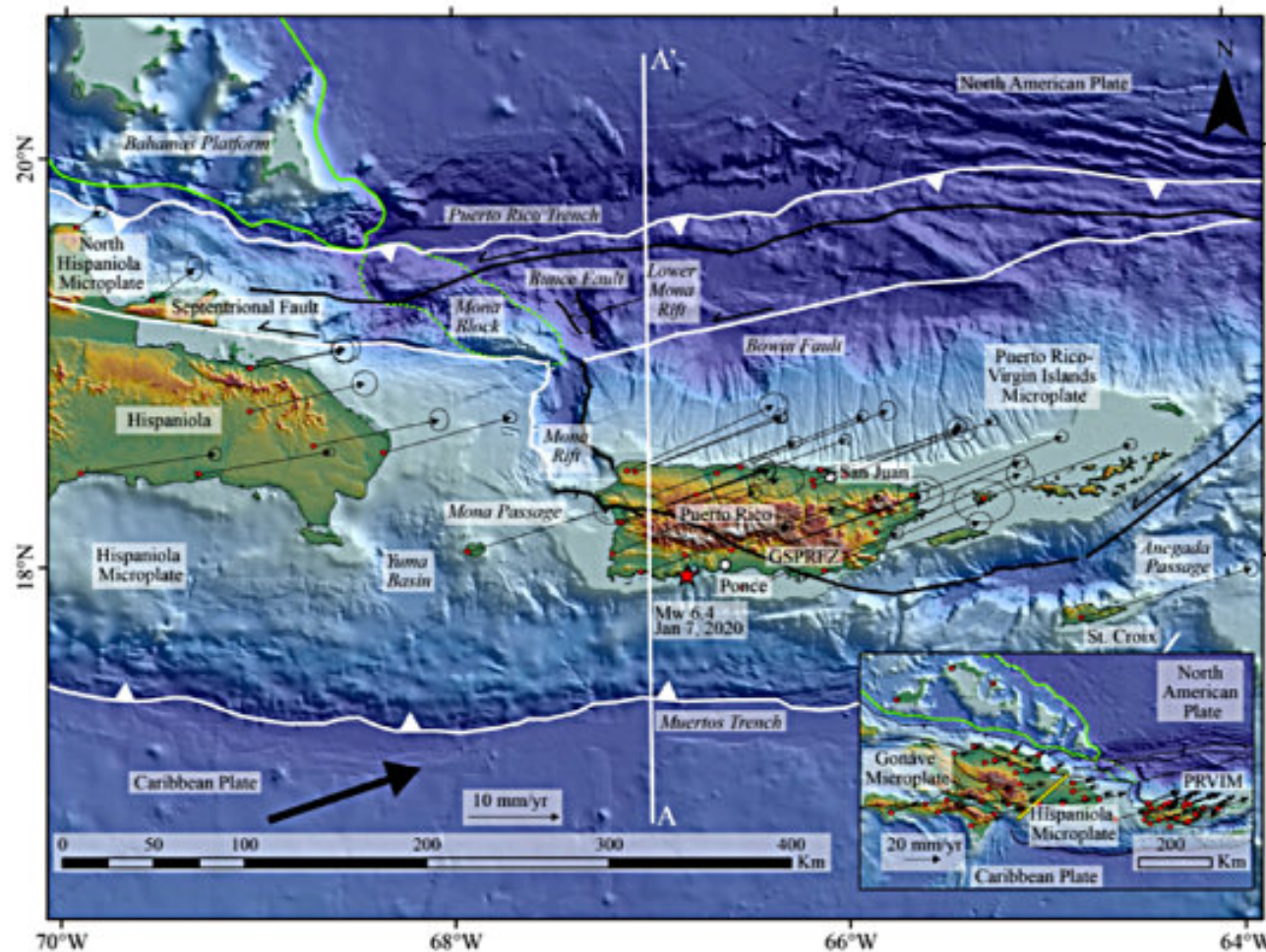
Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestra en Ciencias. 2026.

Sustentante: **Sofía Guadalupe Díaz Castillo.**

Director de Tesis: *Dr. Luis Zavala Sansón.*

### Resumen

En esta tesis se analiza experimental y numéricamente la transición a la turbulencia y la turbulencia desarrollada en flujos bidimensionales. Los flujos se fuerzan electromagnéticamente en una capa somera de fluido conductor confinada en un dominio cuadrado. En un caso, el forzamiento se aplica en una sola dirección horizontal para formar bandas de vorticidad de signo alternado (flujo de Kolmogorov). En un segundo caso, el forzamiento actúa en ambas direcciones y forma un arreglo de vórtices de signo alternado (flujo tipo Ajedrez). Ambos casos parten del reposo y evolucionan a un estado laminar que reproduce la configuración del forzamiento hasta desestabilizarse. Esta etapa es la de transición a la turbulencia. Después, los flujos entran en un régimen turbulento estadísticamente estacionario, que es la etapa de turbulencia desarrollada, donde se establece un balance entre la energía inyectada y la disipación debida a la fricción del fondo y la viscosidad lateral. La transición se cuantifica mediante parámetros de laboratorio y se muestra que su duración es casi independiente de la intensidad del forzamiento y del tipo de flujo. En la turbulencia desarrollada, el flujo tipo Kolmogorov presenta mayores escalas de movimiento y energía cinética que el de Ajedrez. A partir de cantidades integrales (la energía cinética  $E$  y la enstrofia  $Z$ ) se determina las escalas características de longitud,  $\ell_E \sim E/Z$ , y velocidad,  $UE \sim 2E$ , en cada experimento. La descomposición de Reynolds muestra que la energía fluctuante domina sobre la del flujo medio en ambos casos, siendo este dominio mayor en el arreglo tipo Ajedrez, lo que sugiere un campo más isotrópico. Ambos flujos experimentales se comportan esencialmente de forma bidimensional, lo cual se verifica por el cumplimiento de propiedades cinemáticas de la función de Okubo-Weiss, y la consistencia con simulaciones numéricas basadas en la ecuación de vorticidad bidimensional. La dinámica de fluidos geofísicos es predominantemente bidimensional a diferentes escalas, por lo que frecuentemente se estudia en el laboratorio con flujos como los aquí descritos. Los resultados de este trabajo contribuyen a mejorar el diseño de experimentos sobre turbulencia bidimensional, y plantea formas alternativas de caracterizarla.



**Figure 1.** Map summarizing the active tectonic setting of 2019–2026 Puerto Rico earthquake sequence marked by the red star within the interior of the Puerto Rico-Virgin Islands microplate (PRVIM). The PRVIM is bounded to the north by the oblique subduction zone of the North American plate along the Puerto Rico trench and to the south by the subduction of the Caribbean plate along the Muertos trench. The northeast-trending yellow line on the inset map marks the tectonic boundary proposed by Sun et al. (2021) that separates an area of oblique collision, crustal shortening, and strike-slip faulting between the Bahamas carbonate platform that is outlined in green with central Hispaniola from dual subduction areas to the east in eastern Hispaniola, Puerto Rico, and the Virgin Islands. Global navigation satellite system vectors from Blewitt et al. (2018) show the northeastward (070°) plate motion of Puerto Rico and the neighboring islands relative to a fixed North American plate.

Due to the transition from the oblique collision between the Bahamas carbonate platform and Hispaniola in the west to the oblique subduction of North American oceanic crust underneath Puerto Rico and the Virgin Islands in the east (Calais et al., 2016; Sun et al., 2021), this northeastern Caribbean plate boundary zone can be separated into the Hispaniola microplate and the Puerto Rico and Virgin Islands microplate (Puerto Rico-Virgin Islands microplate [PRVIM]) by the Mona Rift (Masson and Scanlon, 1991; Mondziel et al., 2010). The basement rocks of the PRVIM form an E-W extending, arch-shaped bathymetric platform with both major plates subducting beneath it (Byrne et al., 1985; Dillon et al., 1994; Dolan et al., 1998; Mann et al., 2002; Sun et al., 2021) (Figures 1 and 2). The crest of the basement arch produced a localized extensional tectonic setting characterized by right-lateral normal and strike-slip faults offshore western Puerto Rico that correlate with fault zones on land Puerto Rico (Grindlay, Abrams, et al., 2005; van Gestel et al., 1998).

With the initiation of an Mw 4.62 earthquake on 28 December 2019, southwestern Puerto Rico has encountered a prolonged sequence of earthquakes with over 9,000 earthquake events of magnitudes greater than 2.5 that continued to the present-day in February 2026 (U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program, 2017). The largest event in this sequence is an Mw 6.4 earthquake on 7 January 2020 that resulted in four deaths and led to an estimated economic loss of 3.1 billion US dollars (Miranda et al., 2020). The sequence has some characteristics of

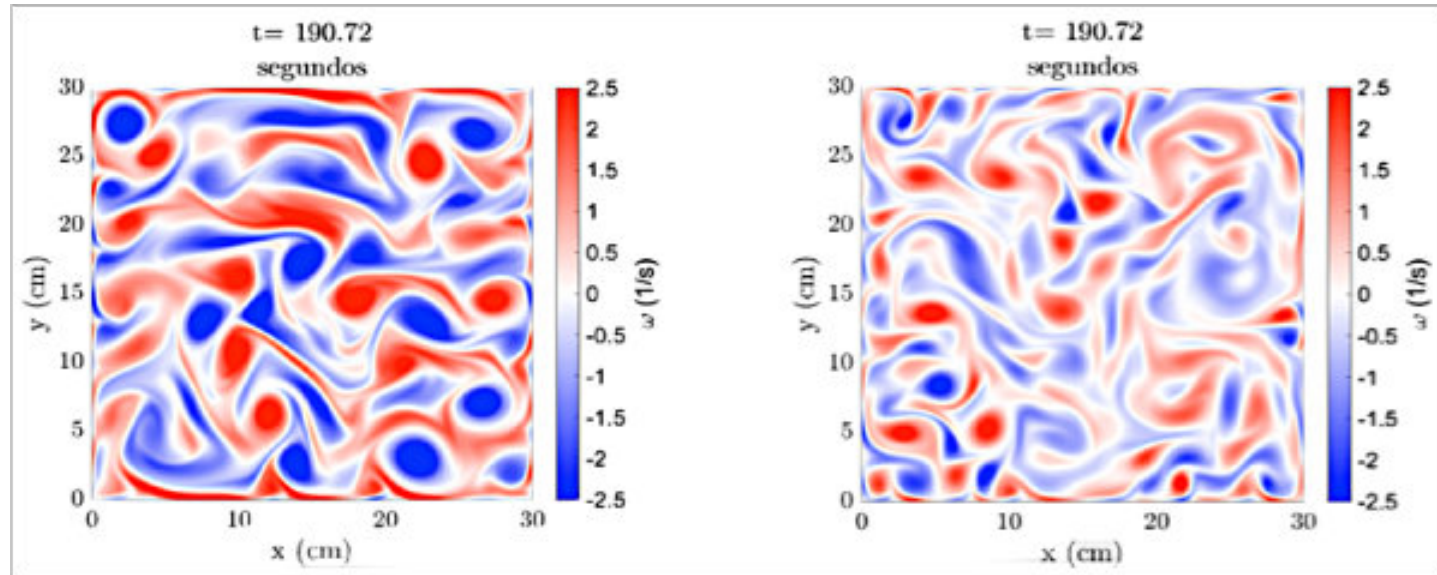


Figura 1.1. Campos de vorticidad obtenidos en las simulaciones numéricas de los casos forzados con 650 mA para ambos flujos: Kolmogorov (panel izquierdo) y Ajedrez (panel derecho).



**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.

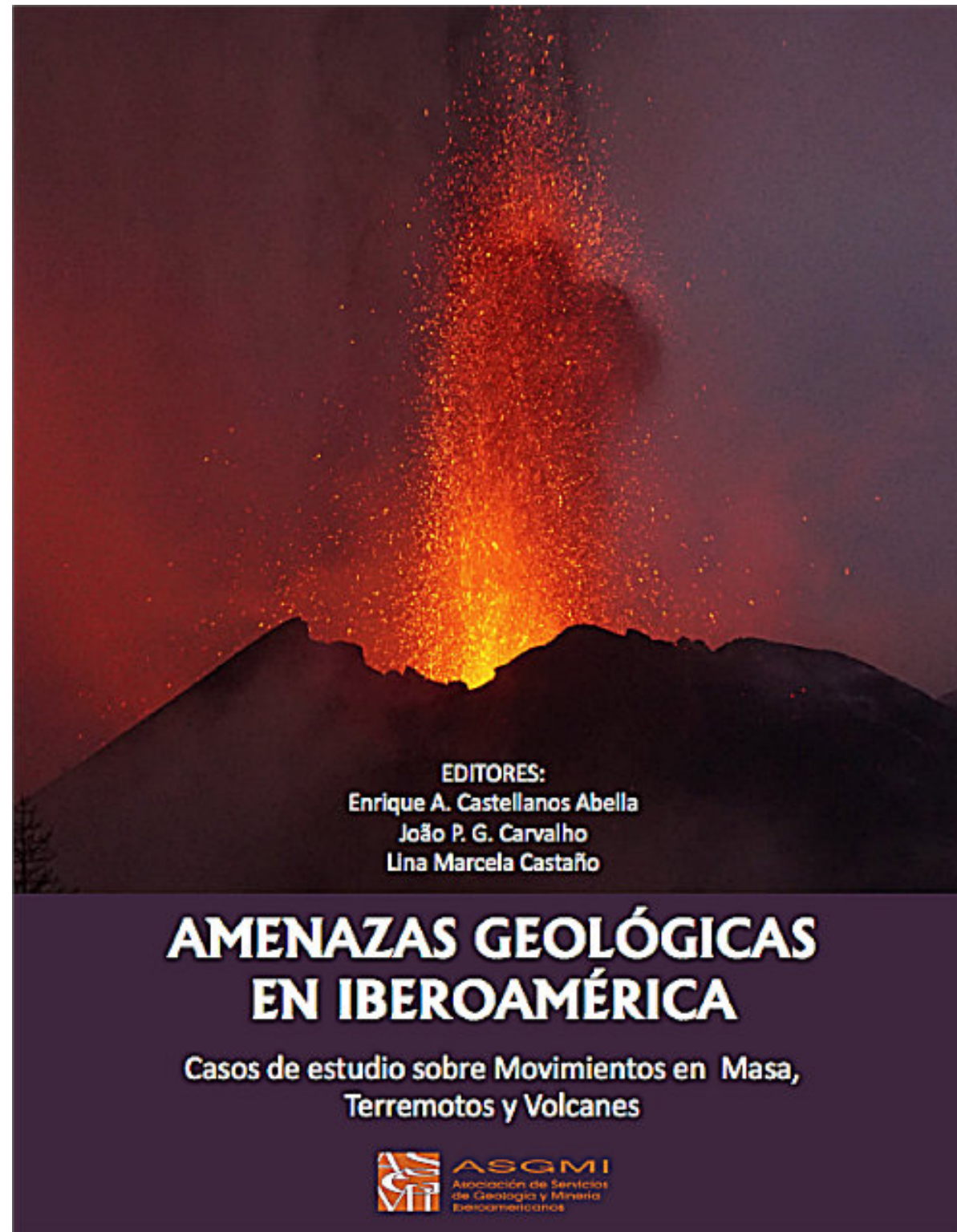
[diegogabriel807@gmail.com](mailto:diegogabriel807@gmail.com)

[file:///Users/claudiobartolini/Downloads/book\\_1719\\_com.pdf](file:///Users/claudiobartolini/Downloads/book_1719_com.pdf)



## El libro recomendado

<https://asgmi.org/wp-content/uploads/2026/03/Amenazas-Geologicas-en-Iberoamerica-ASGMI-1.pdf>



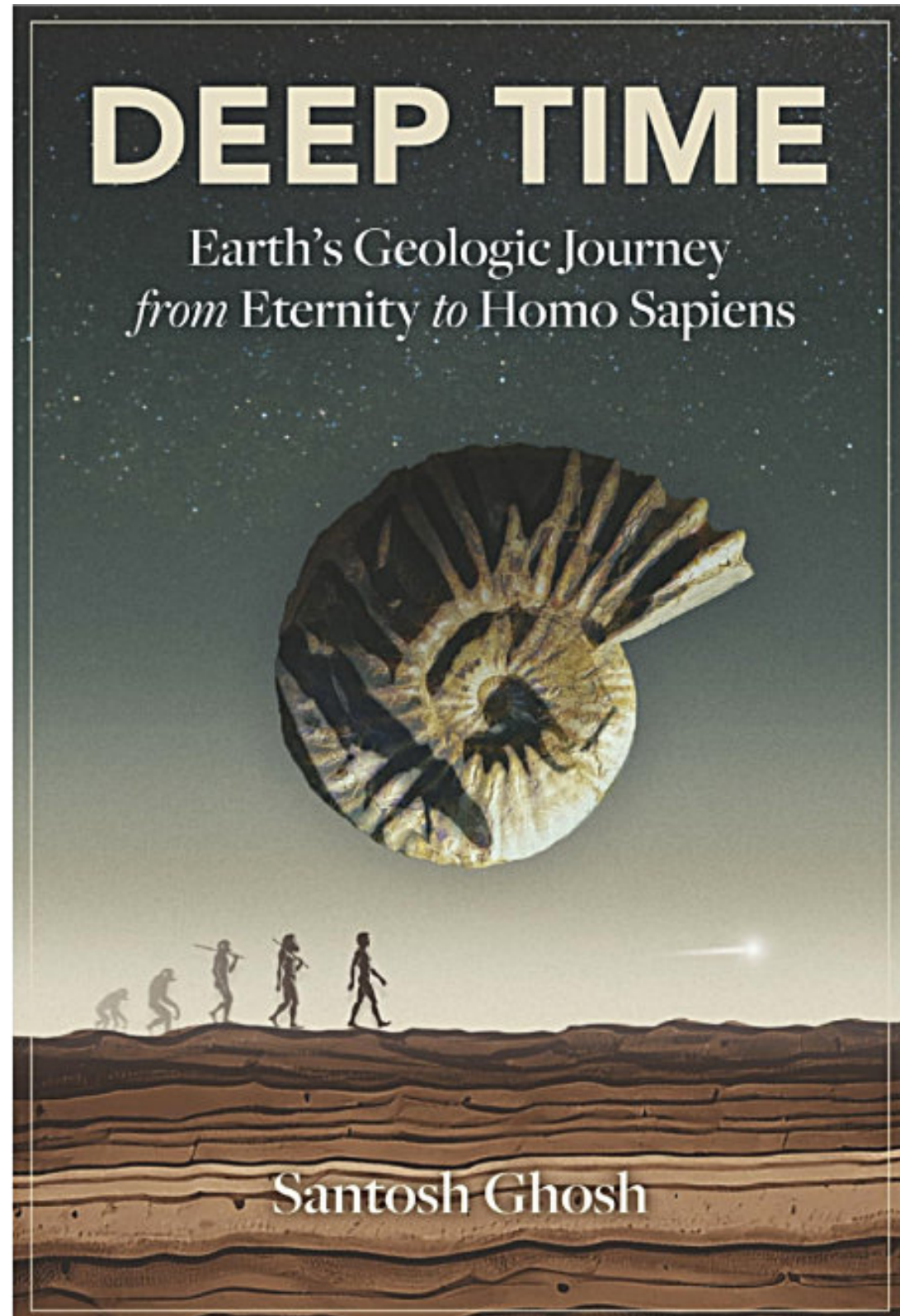
## El libro recomendado

[file:///Users/claudiobartolini/Downloads/book\\_1866\\_com.pdf](file:///Users/claudiobartolini/Downloads/book_1866_com.pdf)



## El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Deep-Time-Geologic-Journey-Eternity/dp/1069116904>



# TEMAS DE INTERÉS

## Sostenibilidad en la transición energética. África: recursos, energía y vulnerabilidad. Parte I.

**Natalia Silva Cruz**

**Colaboradora de la Revista**

Los titulares de prensa referentes a la transición energética son en su mayoría dedicados a lo que sucede en las grandes potencias: la Unión Europea, Estados Unidos o China. Mientras tanto, el continente africano es uno de los lugares más relevantes en el desarrollo energético mundial, no solamente contiene el 30% de las reservas totales de minerales críticos, sino que produce el 75% del cobalto y el 62% del manganeso de la demanda global. Ahora, por el momento, África no es completamente dueña de sus recursos ni de su destino, durante los últimos 15 años China ha entrado agresivamente a la industria energética africana a lo largo de toda la cadena de valor: tiene participación en las minas, la explotación, la exportación y refinación; sin embargo, veremos más adelante jugadas estratégicas que se están poniendo en marcha en pro de la retoma del control del mercado.

África está proveyendo los bloques con los que construimos la infraestructura energética global mientras que internamente la transición se realiza de manera desorganizada impulsada por la urgencia de su gente por acceder a fuentes energéticas baratas y seguras que no dependan del carbón o del diésel. Curiosamente, no necesariamente estamos presenciando una “transición energética” en todas sus regiones, siempre se habla de la descarbonización de la economía mientras desconocemos que existen lugares del planeta en los que las energías renovables son su única opción para acceder a servicios que en lugares menos olvidados hemos dado por sentado durante décadas.

Partamos de cuáles son los materiales críticos presentes en África y cómo en los últimos meses ha logrado poner en jaque al gigante hegemónico de la transición energética: China. África cuenta con recursos que son irremplazables para la construcción de baterías, vehículos eléctricos, aeroturbinas, la red eléctrica, entre otros. El planeta

depende enormemente de sus reservas de cobalto, cobre, manganeso, y litio.

Cobalto: su principal utilidad en la transición energética es en el área de baterías. La República Democrática del Congo contiene por mucho, la mayor cantidad de reservas globales, reportando 6 millones de toneladas, frente a las 9.7 millones de toneladas totales en el planeta. Le siguen remotamente Australia con 1.7 millones de t, Indonesia con 0.5 millones de t, Cuba con 0.5 millones de t y Filipinas con 0.26 millones de t<sup>2</sup>. La República Democrática del Congo produce el 70-75% de la oferta mundial de cobalto, la mitad de este volumen se obtiene de tres minas: Kisanfu (19.95%), Tenke Fungurume (18%) and Kamoto (10%). Aquí quiero hacer una aclaración importante, tanto Kisanfu como Tenke Fungurume son minas en las que la participación de compañías chinas es bastante relevante (la *CMOC Group Limited* es dueña del 95% de Kisanfu y del 80% de Tenke Fungurume, de acuerdo con la base de datos de *Minign Intelligence and Sales Leads*), y son quienes al final controlan gran parte de la explotación.

Cobre: conforma el esqueleto conductor de la red eléctrica moderna. Es esencial para las líneas de transmisión, aeroturbinas y el cableado de vehículos eléctricos. Si bien la mayor participación en el mercado global está liderada por Suramérica con un 33% (Chile con el 23% y Perú con el 10%), África produce un volumen nada despreciable de aproximadamente el 18% (14% de la República Democrática del Congo y 4% de Zambia). Aunque no tan severa como en el caso anterior, también se observa la presencia de capital chino en algunas de las minas más importantes del continente (40% de Kamoakakula y 80% de Tenke Fungurume, según la base de datos de *Mining Intelligence and Sales Leads*).

Manganeso. Es uno de los componentes de la química de las baterías para almacenamiento de energía que no puede ser viablemente reemplazado. Según el Foro Económico Mundial, África produce el 62% del manganeso que se comercia en el mercado global<sup>1</sup>. Es además uno de los materiales que se prevé aumentará en demanda enormemente porque funciona como alternativa de cobalto y níquel, que son más costosos. Como si fuera poco, el manganeso es fundamental en la industria de acero de alta resistencia, crucial en infraestructuras solares y de parques eólicos.

Litio. Indispensable en baterías de ión-litio en vehículos eléctricos y en general para que la transición energética sea sostenible porque de este elemento depende muchos sistemas de almacenamiento energético. Entre Zimbabwe (22.000 t/año) y Namibia (2.700 t/año), generan el 10% del litio que se produce globalmente.

Ahora bien, la cadena de valor gana fuerza entre más complejo sea el estado de procesamiento mineral, es decir, va aumentando considerablemente desde el minado (realizado en África), trituración y separación química (ejecutado solo parcialmente en África), hasta refinado y manufactura de baterías e infraestructura de energías renovables (prácticamente exclusivamente se hace en China). Es tan dramática la situación, que prácticamente África capta menos del 1% del valor económico que tienen sus minerales en las tecnologías verdes, según el Foro Económico Mundial<sup>1</sup>.

La estrategia China hasta 2025 era: invertir en minas africanas, explotar los minerales, exportar los materiales en bruto, refinar en China y luego manufacturar baterías, vehículos eléctricos, aeroturbinas, entre otros. Con lo que no se contaba es con que la República Democrática del Congo iba a alterar la economía mundial al imponer restricciones de exportación de cobalto en 2025 que pusieron al descubierto la fragilidad del mercado cuando

casi el total de reservas globales se ubican en una sola región. El precio se disparó de 10 USD a 25 USD por libra, revelando también la precariedad el gigante asiático cuando pierde el control de un aspecto tan relevante de la cadena de valor como es el acceso a los minerales críticos. Por ahora, las restricciones de exportación continúan en pie y la intención gubernamental es que se fomente la construcción de plantas de refinado en la República Democrática del Congo, lo que requiere seguramente de inversión extranjera.

Como si fuera poco, la minería en África no está suficientemente controlada para que sea realizada de manera sostenible y responsable. Existen serias inquietudes sobre violaciones de los derechos humanos, trabajo infantil, condiciones inseguras, desplazamiento, deforestación, polución del aire, contaminación del agua y el suelo (energías limpias en el primer mundo y deterioro ambiental local en los países productores).

África es un león dormido que es esencial para la transformación energética, tiene un potencial inmenso para incrementar enormemente su producto interno bruto y el bienestar de su gente si llega a ser un arquitecto de la energía renovable, en lugar de mantenerse en su posición de proveedor de materias primas de las que otros se benefician.

World Economic Forum. 3 ways Africa can maximize the value of its critical minerals and finance its future. Abril, 2026. <https://www.weforum.org/stories/2026/04/africa-critical-minerals-energy-transition/>  
World Population Review. Cobalt Reserves by Country 2026. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/cobalt-reserves-by-country>  
African Energy Chamber. Africa's Critical Minerals and the Future of the Global Energy Transition. Enero, 2026. <https://africanenergychamber.africa-newsroom.com/press/africas-critical-minerals-and-the-future-of-the-global-energy-transition?lang=en>  
Global Business Reports. Mining in Africa: Copper. Marzo, 2025. <https://www.gbreports.com/contents/mining-in-africa-copper/>



**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](mailto:ensilvacruz@gmail.com)

## NOTAS FILOSÓFICAS No 2: William J. Sidis y Guillermo Millán. La Termodinámica del orden. Un examen crítico comparativo.

Por: Humberto Álvarez-Sánchez (1).

1-Miramar Mining Corp. República de Panamá. [geodexo@gmail.com](mailto:geodexo@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo examina comparativamente las ideas expuestas por William James Sidis en “The Animate and the Inanimate” (1925) y las concepciones no convencionales sobre geología global e interior del planeta propuestas por Guillermo Millán Trujillo, a la luz de desarrollos posteriores en física, termodinámica y geología moderna. El análisis se centra en las afinidades epistemológicas entre ambos enfoques, en especial su crítica al mecanicismo clásico y a la universalidad acrítica de ciertas leyes físicas, así como en sus diferencias fundamentales en cuanto a metodología, anclaje empírico y alcance explicativo. Se argumenta que, aunque las propuestas de Sidis no son científicamente defendibles en su formulación original, algunas de sus intuiciones encuentran hoy reformulación rigurosa en la termodinámica de no equilibrio y en la teoría de sistemas complejos, marco dentro del cual puede situarse con mayor coherencia la discusión geodinámica contemporánea.

### 1. Introducción

La historia de la ciencia muestra que los momentos de crisis conceptual suelen venir acompañados de propuestas heterodoxas que, aun careciendo de formalismo o verificación empírica, anticipan problemas reales. En este contexto se inscriben tanto el ensayo cosmológico de William James Sidis como las concepciones no convencionales sobre la estructura y dinámica interna del planeta defendidas por Guillermo Millán Trujillo. El propósito de este artículo no es equiparar ambos enfoques ni validar sus conclusiones, sino explorar las analogías conceptuales que los vinculan y evaluar, desde la perspectiva de la ciencia contemporánea, qué elementos de dichas propuestas conservan interés heurístico y cuáles deben considerarse superados.

### 2. Sidis y el problema de la entropía.

Sidis parte de una crítica a la interpretación absoluta de la segunda ley de la termodinámica, proponiendo que el universo no constituye un sistema homogéneo en su evolución entrópica. Según su planteamiento, existirían regiones cósmicas donde la entropía decrece de forma sistemática, permitiendo la emergencia de orden y de fenómenos que identifica con lo “animado”. Desde la física actual, esta hipótesis no resulta defendible en términos cosmológicos. Sin embargo, Sidis acierta al señalar que la irreversibilidad no es un principio metafísico, sino una propiedad estadística ligada a condiciones iniciales y a la descripción macroscópica de los sistemas, una idea ya presente en la obra de Ludwig Boltzmann.

### 3. Vida, orden y sistemas abiertos.

La intuición sidisiana de una relación profunda entre vida y termodinámica fue reformulada con rigor décadas después por Erwin Schrödinger, quien describió a los organismos vivos como sistemas abiertos que se mantienen lejos del equilibrio mediante el intercambio continuo de energía y materia con su entorno. En este marco, el llamado “orden” biológico no implica una inversión real de la entropía global, sino una redistribución local compatible con la segunda ley. Esta distinción resulta crucial para evaluar las ideas de Sidis: el problema que identifica es legítimo, pero la solución que propone introduce entidades y regímenes físicos innecesarios.

#### 4. Autoorganización y tiempo en la física moderna.

Los desarrollos de Ilya Prigogine sobre estructuras disipativas demostraron que la autoorganización puede surgir espontáneamente en sistemas lejos del equilibrio sin necesidad de postular universos entrópicamente invertidos ni reversibilidad física del tiempo. La irreversibilidad deja de ser un obstáculo y pasa a desempeñar un papel constructivo en la generación de complejidad.

Este marco teórico permite reinterpretar muchas de las intuiciones de Sidis de manera compatible con la ciencia contemporánea, despojándolas de su componente especulativo.

#### 5. Millán Trujillo y la crítica al mecanicismo geodinámico.

Las propuestas de Guillermo Millán Trujillo sobre geología global y el interior del planeta comparten con Sidis una actitud crítica frente al reduccionismo mecanicista y a la extrapolación indiscriminada de modelos simplificados. En ambos casos se cuestiona la suficiencia de explicaciones puramente térmico-mecánicas para dar cuenta de sistemas altamente complejos.

No obstante, a diferencia de Sidis, Millán intenta mantener su argumentación en diálogo con conceptos y resultados de la física contemporánea, aun cuando recurra a analogías cosmológicas o a formulaciones conceptualmente problemáticas. La afinidad entre ambos enfoques es, por tanto, de carácter epistemológico más que metodológico.

#### 6. Discusión: alcances y límites de la analogía

Desde la geología moderna, el interior terrestre no requiere la existencia de regímenes físicos radicalmente distintos ni de inversiones entrópicas para ser comprendido. La dinámica profunda del planeta puede explicarse mediante procesos no lineales, reologías dependientes de presión y temperatura, transiciones de fase y flujos energéticos sostenidos.

En este sentido, las ideas de Sidis resultan inadecuadas como modelo explicativo directo, pero conservan valor como advertencia contra el dogmatismo y como estímulo para considerar la complejidad y heterogeneidad de los sistemas naturales.

#### 7. Conclusiones.

William James Sidis identificó problemas reales relacionados con la entropía, el tiempo y la emergencia de orden, pero los abordó mediante construcciones cosmológicas que no superan el criterio de contrastabilidad científica. La ciencia posterior, en particular la termodinámica de no equilibrio y la teoría de sistemas complejos, ha ofrecido soluciones más sólidas a dichas cuestiones.

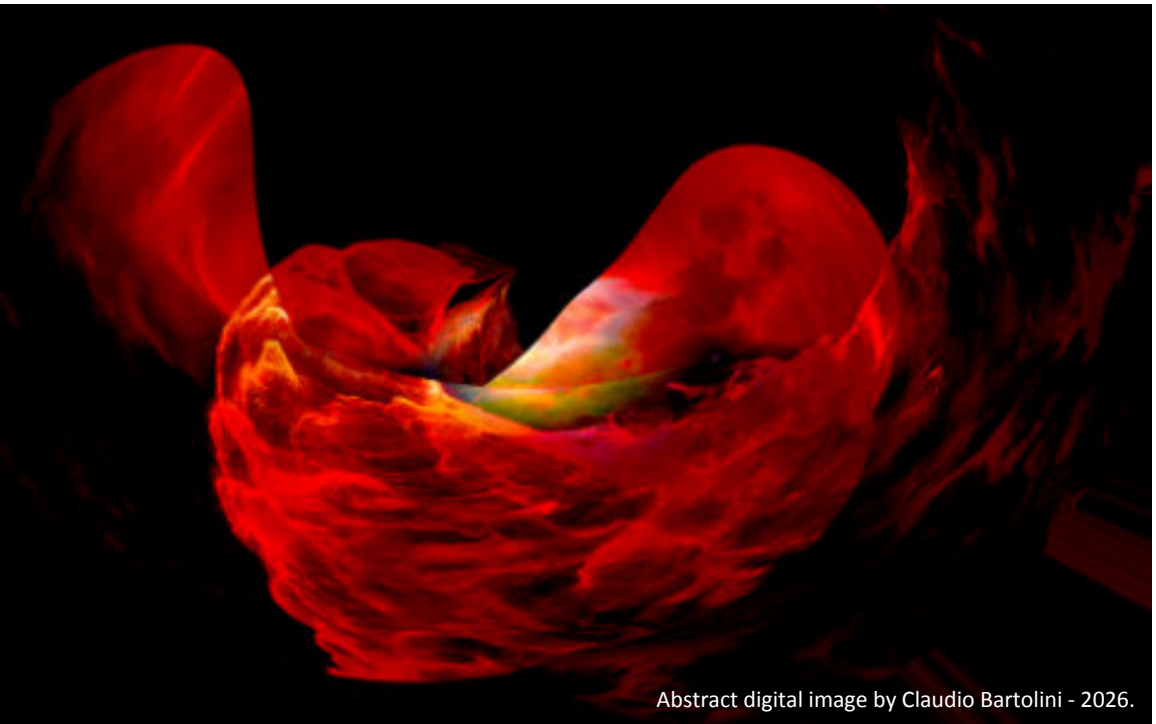
La discusión de las ideas de Guillermo Millán Trujillo puede beneficiarse de este marco moderno, evitando extrapolaciones metafísicas y situando la geodinámica global en el contexto de sistemas abiertos, complejos y lejos del equilibrio. En este sentido, Sidis funciona menos como antecedente teórico que como recordatorio histórico de los riesgos y las posibilidades inherentes al pensamiento no convencional.

#### Referencias.

- Álvarez Sánchez, H., , Comentarios sobre el ensayo de Guillermo Millán Trujillo: “Nuevos conceptos sobre geología global y el interior del planeta”. *Academaia edu Web page*.
- Boltzmann, L., 1896, Lectures on Gas Theory. *Leipzig: Johann Ambrosius Barth*.
- Prigogine, I., 1977, Time, Structure and Fluctuations. *Nobel Lecture*.
- Schrödinger, E., 1944, What is Life? *Cambridge University Press*.
- Sidis, W. J., 1925, The Animate and the Inanimate. *Boston: Richard G. Badger The Gorham Press*.
- Millán Trujillo, G. (2011). Nuevos conceptos sobre geología global y el interior del planeta. *Instituto de Geología y Paleontología, La Habana*.

**Guillermo Millán Trujillo** (1945-2021) eminente especialista cubano de la petrología y estratigrafía de las rocas metamórficas-. A su trabajo se debe el mayor compendio de los macizos metamórficos cubanos de la extensión de la isla de Cuba. Su obra es y será referencia obligada para los estudiosos de la geología de Cuba. Deja un legado imperecedero para la ciencia cubana y universal. Publicó libros y numerosos artículos científicos sobre este tema y promovió la cartografía moderna de estas rocas. Murió el 23 de Agosto de 2021 en la ciudad de La Habana.

**William James Sidis (1898–1944)** fue un niño estadounidense célebre por su extraordinaria precocidad intelectual. Ingresó en la Universidad de Harvard a los once años y se graduó a los dieciséis, destacando especialmente en matemáticas. Desde pequeño mostró una precoz facilidad para los idiomas y las ciencias, en parte gracias a la formación intensiva promovida por su padre, el psicólogo Boris Sidis. La intensa atención pública marcó su vida adulta: buscó el anonimato, trabajó en empleos modestos y publicó algunos textos bajo seudónimo. Murió a los 46 años. Su figura simboliza tanto la genialidad precoz como los riesgos de la sobreexposición.



**El tiempo pasado es finito, el tiempo futuro es infinito.**

**Edwin Hubble**

**Solar explained**  
**Solar energy and the environment**  
**BASICS**

<https://www.eia.gov/energyexplained/solar/solar-energy-and-the-environment.php>

**Solar energy emissions**

Solar energy technologies and power plants do not produce air pollution or greenhouse gases when operating. Using solar energy can help the environment indirectly when solar energy replaces energy sources that produce harmful emissions. Although using solar energy technologies is generally environmentally friendly, producing and disposing of solar energy technologies have some effect on the environment.

**Manufacturing and materials**

Solar energy technologies require materials, such as metal and glass, that take a lot of energy to produce. The environmental impact related to producing these materials could be associated with the environmental impact of solar energy systems. Studies have shown that a photovoltaic (PV) system can produce energy equal to the energy used to manufacture it within 1 to 4 years. Most PV systems operate for 30 years or more, which means they continue to operate long after the initial energy investment is repaid.

**Hazardous chemical use and disposal**

Manufacturing PV cells and panels involves hazardous chemicals. These chemicals must be handled carefully to prevent them from being released into the environment. Some types of PV cells contain heavy metals, which require special handling when they are retired. Some solar thermal systems use potentially hazardous fluids to transfer heat, and leaks could be harmful. U.S. environmental laws regulate how these hazardous materials are used and disposed of. The U.S. Department of Energy supports various projects to address end-of-life issues for solar energy technologies, including recycling materials from old cells and panels. Several states have also enacted laws that encourage solar panel recycling.

**Land use**

Like any large power plant, solar power plants can affect the local environment. Clearing land for a power plant can affect the habitats of native plants and animals. However, installing solar power plants on farm land that isn't ideal for farming or integrating them into farms may offer economic and environmental benefits to farmers.

**Water use and wildlife**

Some solar power plants need water to clean solar collectors and concentrators or to cool equipment. In dry environments, using large volumes of ground water or surface water for cleaning could affect the ecosystems that depend on those water sources. In addition, the intense beam of concentrated sunlight from solar power towers can harm birds and insects that fly into it.

## How Does Solar Work?

<https://www.energy.gov/cmei/systems/how-does-solar-work>

The amount of sunlight that strikes the earth's surface in an hour and a half is enough to handle the entire world's energy consumption for a full year. Solar technologies convert sunlight into electrical energy either through photovoltaic (PV) panels or through mirrors that concentrate solar radiation. This energy can be used to generate electricity or be stored in batteries or thermal storage.

Below, you can find resources and information on the basics of solar radiation, photovoltaic and concentrating solar-thermal power technologies, electrical grid systems integration, and the non-hardware aspects (soft costs) of solar energy. You can also learn more about how to go solar and the solar energy industry. In addition, you can dive deeper into solar energy and learn about how the U.S. Department of Energy Solar Energy Technologies Office is driving innovative research and development in these areas.

**Solar Energy 101**

Solar radiation is light – also known as electromagnetic radiation – that is emitted by the sun. While every location on Earth receives some sunlight over a year, the amount of solar radiation that reaches any one spot on the Earth's surface varies. Solar technologies capture this radiation and turn it into useful forms of energy. Learn about the basics of solar radiation.

There are two main types of solar energy technologies—photovoltaics (PV) and concentrating solar-thermal power (CSP).

**Photovoltaics Basics**

You're likely most familiar with PV, which is utilized in solar panels. When the sun shines onto a solar panel, energy from the sunlight is absorbed by the PV cells in the panel. This energy creates electrical charges that move in response to an internal electrical field in the cell, causing electricity to flow.

**Concentrating Solar-Thermal Power Basics**

Concentrating solar-thermal power (CSP) systems use mirrors to reflect and concentrate sunlight onto receivers that collect solar energy and convert it to heat, which can then be used to produce electricity or stored for later use. It is used primarily in very large power plants.

**Systems Integration Basics**

Solar energy technology doesn't end with electricity generation by PV or CSP systems. These solar energy systems must be integrated into homes, businesses, and existing electrical grids with varying mixtures of traditional and other renewable energy sources.

## The Advantages and Disadvantages of Solar Energy

<https://www.constellation.com/energy-101/energy-innovation/solar-energy-pros-and-cons.html>

Solar energy pros and cons are a hot topic. As the Earth's most plentiful source of energy, the sun holds enormous promise as a clean and dependable way to power our world.

When the radiant energy of the sun is converted to heat and electricity, it can provide energy to residences and businesses, and even power vehicles. But is solar energy worth it?

When considering home energy options, it is important to understand how solar energy works. When sunlight hits a solar panel, a photovoltaic cell turns that light into direct current (DC) electricity. An inverter then converts it to alternating current (AC), which is what most devices in your home use.

### Advantages of Solar Energy

The more we can capture the benefits of solar energy, the less we will rely on fossil fuels. Adding a solar energy system to your home allows you to tap into solar energy advantages, including the following:

#### 1. Solar energy is a renewable energy source and reduces carbon emissions

Solar energy is a renewable energy source, meaning it can never be used up. Solar energy is clean, which means it creates no carbon emissions or other heat-trapping "greenhouse" gases. It avoids the environmental damage associated with mining or drilling for fossil fuels. Furthermore, solar energy uses little to no water, unlike power plants that generate electricity using steam turbines.

#### 2. Solar energy can reduce your home's electricity bill

A solar energy system for your home can reduce your reliance on the grid and help you save on your electricity bill. You may not have to buy an entire solar energy system to cut your home's electricity bill. Simply choose solar lights, which are powered by the sun instead of your home's electrical system, to help save money.

#### 3. Solar power can get you money back through solar renewable energy credits (SRECs)

Some states offer solar renewable energy certificates (SRECs). Each one represents a megawatt-hour of electricity generated through solar energy. Electricity suppliers buy these certificates to satisfy their state's Renewable Portfolio Standard, a requirement that a certain amount of their renewable energy comes from solar. You can sell SRECs for your system's output, which is another way to earn money from your investment.

The availability and value of SRECs vary by state. Some states, like New Jersey and Pennsylvania, support robust SREC markets. Others, such as Massachusetts and Maryland, have transitioned to broader clean energy incentive programs. For example, Massachusetts now uses the Solar Massachusetts Renewable Target (SMART) program, which encourages solar adoption through performance-based incentives rather than tradable credits.

#### 4. Homes with solar panels installed may improve home value

Residential solar energy systems are highly valued and can increase a home's resale value. The property value of a home with solar panels can be worth up to \$15,000 more than its neighbors.

#### 5. Solar panels have low maintenance costs

Solar panels are easy to maintain, as they have no moving parts that wear out over time. Just keep them clean and in good physical condition to keep them working properly. Between their low maintenance costs and average lifespan of 25 years, it can be easy to get your money's worth when investing in solar panels.

Both installation and maintenance can be handled by your solar provider if you opt for a solar lease or power purchase agreement (PPA).

#### 6. Solar energy can generate electricity in any climate

Although cloudy days reduce the amount of electricity produced, cold doesn't affect productivity. Snowfall can actually help your solar energy system, as melting snow cleans the panels and sun reflected off the snow increases the amount of light hitting your panels.

#### 7. You can store solar energy to be used during peak hours

If you don't consume all the energy your system generates, you can store it for use when the sun isn't shining or during peak hours when demand for energy is highest and utility rates spike. A home battery storage system maximizes your savings and energy independence.

Another benefit of storing excess solar energy is that you have backup power during an outage. You will be able to run essential appliances and systems with access to uninterrupted electricity.

#### 8. Solar energy can be sold back to the grid

Some owners of residential solar energy systems may have excess power that they can sell to the utility — instead of paying a utility for electricity, homeowners get paid by the utility. It's a way you can get full value for your investment in solar, while making clean energy available to the community.

#### 9. Solar energy is getting increasingly more affordable

The solar industry has matured, and the technology has advanced to the point where prices have lowered considerably. Federal and state tax incentives help to offset expenses. Flexible payment options and low-interest financing have put systems within reach of most homeowners. Factors that are lowering prices and barriers to installing systems include:

Falling equipment costs

Federal tax credits

Rebates

Flexible financing options

Solar leases and Power Purchase Agreements (PPAs)

## Disadvantages of Solar Energy

The disadvantages of solar energy are becoming fewer as the industry advances and grows, creating economies of scale. Technological advances are helping solar go mainstream. However, the cons to consider include:

### 1. The high initial costs of installing panels

The initial cost to buy and install solar energy equipment is not cheap. Leasing options may reduce the amount of your initial outlay. If you do choose to buy, you will need to live in your home for several years before the system pays for itself. It's a long-term investment better suited to property owners than renters.

Expanding equitable access to solar energy remains an ongoing challenge. Continued innovation in community solar programs, government incentives and inclusive financing models are key to ensuring that the benefits of solar energy become available to all.

### 2. Solar energy storage is expensive

Historically, the temporary decline in energy production during bad weather has been a major issue. However, days with low solar energy have less of an effect due to advances in battery technology. Old technology for storing solar energy, like lead-acid batteries, is being replaced by alternatives such as lithium-ion batteries. Nickel-based batteries have an extremely long life, and new technologies, like flow batteries, promise scale and durable power storage.

### 3. Solar doesn't work for every roof type

If your roof doesn't face the sun, you may not be able to capture enough solar energy. Roofs that angle into the sun tend to work better than flat roofs.

Roofing materials like asphalt shingles, metal and tiles make installing solar panels easier. If your roof is made of other materials, installation may be more expensive. Part of what makes for energy-efficient roofs is their ability to support solar panels.

### 4. Solar panels are dependent on sunlight

Solar panels won't produce electricity at night when you need it for light, and they can be inefficient during storms and gloomy days. In comparing wind power vs. solar power, wind will keep generating electricity at night and during storms, as long as there is enough wind. Many people use both in residential systems.

Your solar energy system needs batteries if you plan to fully depend on solar energy to power your home. Batteries are one of the more expensive components of a solar energy system. Unlike solar panels, they wear out and need careful maintenance to lengthen their lives.

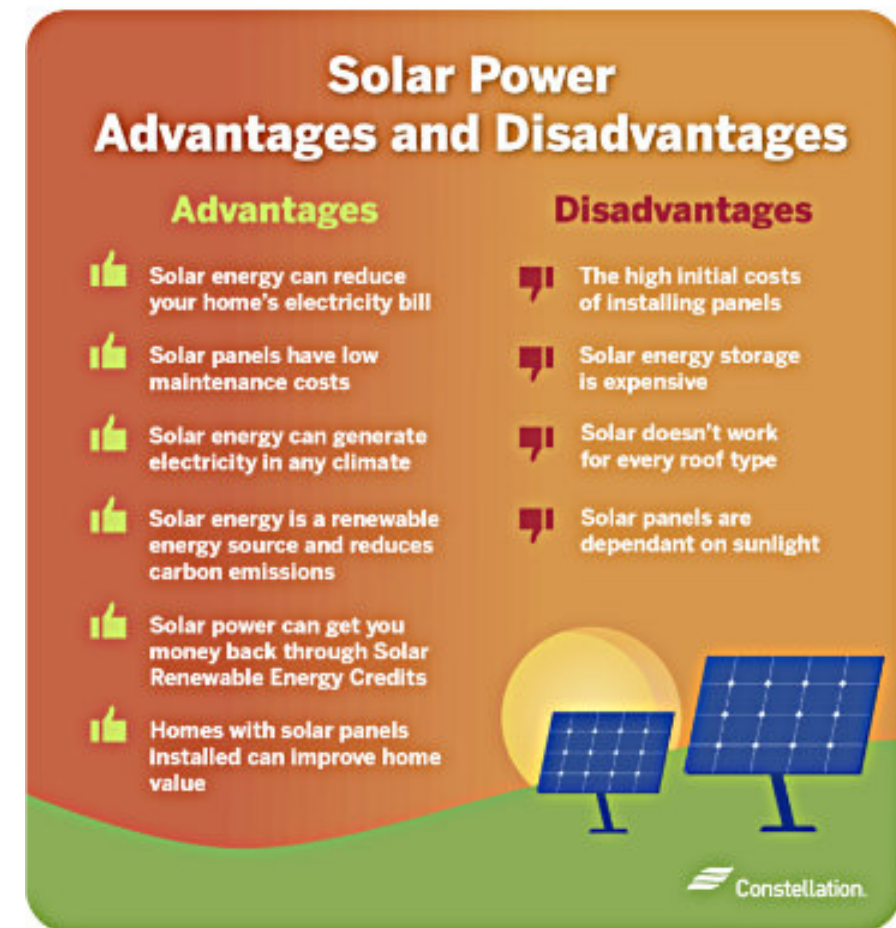
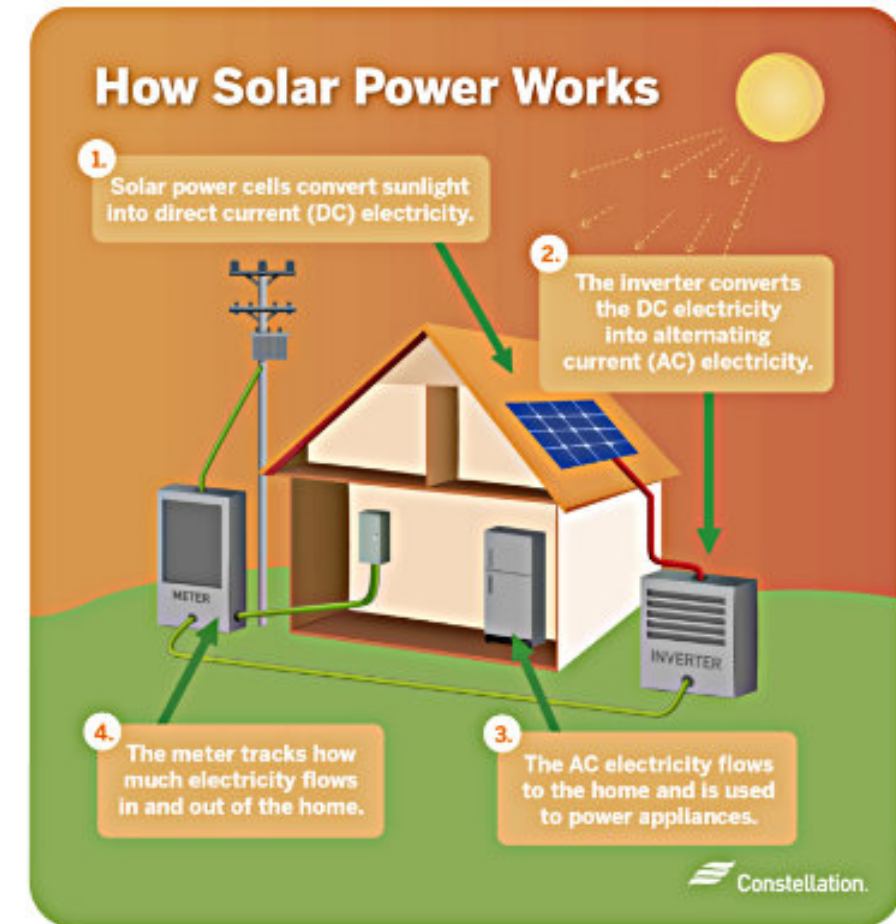
### 5. Production of panels and batteries can be harmful to the environment

While solar energy itself is clean, the production of solar panels and batteries can have environmental drawbacks. Manufacturing these components requires large amounts of energy, often sourced from fossil fuels, which contributes to greenhouse gas emissions.

The process also involves mining raw materials like silicon, lithium, and rare earth metals, which can lead to habitat destruction, water pollution, and other ecological impacts. As the solar industry grows, finding more sustainable methods of production will be essential to minimizing its environmental footprint.

### Constellation and Solar Energy

When weighing the pros and cons of solar energy for your home, there are additional options worth considering. Community solar projects are a great way to get the advantages of solar energy without buying and maintaining a system yourself.



## NOTAS FILOSÓFICAS No 3: Sobre la recurrencia de mecanismos astronómicos en la geodinámica: una lectura crítica en perspectiva histórica.

Por: Humberto Álvarez-Sánchez (1).

1-Miramar Mining Corp. República de Panamá. [geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)

### Resumen

En el presente trabajo se analiza críticamente la supuesta novedad de ciertas propuestas geodinámicas contemporáneas que atribuyen un papel significativo a factores astronómicos, como la rotación terrestre y la inclinación del eje respecto a la eclíptica, en el movimiento de las placas litosféricas, así como a la generación de corteza continental en contextos extensionales. A partir de una revisión historiográfica, se demuestra que estas ideas poseen antecedentes claros en la evolución del pensamiento geológico, desde los planteamientos movelistas tempranos de Frank Bursley Taylor y Alfred Wegener, hasta los debates críticos durante la consolidación de la tectónica de placas, representados por los trabajos de Paul S. Wesson y Keith M. L. Se concluye que dichas propuestas deben interpretarse como una reactivación de líneas de pensamiento previamente exploradas, más que como innovaciones conceptuales, y que su evaluación debe basarse en su coherencia física y respaldo empírico dentro del marco de la geodinámica moderna.

**Palabras clave.** Tectónica de placas. Geodinámica. Factores astronómicos. Deriva continental. Historia de la geología.

### Abstract

The present paper offers a critical analysis of the alleged novelty of certain contemporary geodynamic proposals that attribute a significant role to astronomical factors—such as Earth's rotation and axial tilt—in lithospheric plate movement and the generation of continental crust in extensional contexts. Based on a historiographical review, it is demonstrated that these ideas have clear precedents in the evolution of geological thought, ranging from the early mobilist theories of Frank Bursley Taylor and Alfred Wegener to the critical debates during the consolidation of plate tectonics, represented by the works of Paul S. Wesson and Keith M. L. It is concluded that these proposals should be interpreted as a reactivation of previously explored lines of thought rather than conceptual innovations, and that their evaluation must be based on physical coherence and empirical support within the framework of modern geodynamics.

**Keywords.** Plate tectonics. Geodynamics. Astronomical factors. Continental drift. History of geology.

### 1. Introducción.

En el contexto actual de las ciencias de la Tierra, caracterizado por la consolidación del paradigma de la tectónica de placas (Hess, 1962; Morgan, 1968; Le Pichon, 1968), continúan apareciendo propuestas alternativas que buscan reinterpretar los mecanismos responsables de la dinámica litosférica. Algunas de estas propuestas se presentan como innovadoras, particularmente en lo que respecta a la generación de corteza continental en contextos extensionales o a la atribución de un papel dinámico a factores astronómicos, como la rotación terrestre o la inclinación del eje respecto a la eclíptica.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar críticamente este tipo de planteamientos desde una perspectiva historiográfica, mostrando que tales ideas no constituyen innovaciones conceptuales en sentido estricto, sino que se inscriben en una tradición recurrente dentro del pensamiento geodinámico. Para ello, se integran, por una parte,

observaciones críticas sobre un manuscrito reciente que propone un modelo alternativo de evolución geodinámica, y por otra, el análisis de contribuciones clave del debate científico de los años setenta, en particular los trabajos de Paul S. Wesson (1972) y Keith M. L. (1972).

### 1. Problemas conceptuales en modelos geodinámicos alternativos.

En un trabajo reciente (Formell Cortina, 2026, en prensa) el manuscrito analizado se aparta de manera significativa de los fundamentos de la geodinámica moderna, proponiendo un modelo en el que se rechazan elementos centrales como la subducción, las corrientes de convección del manto y el ciclo de Wilson, sustituyéndolos por un esquema en el que la rotación terrestre y la inclinación del eje desempeñan un papel determinante en la tectónica global. Desde el punto de vista científico, esta propuesta presenta limitaciones importantes. En primer lugar, carece de modelación cuantitativa, balances energéticos o respaldo geofísico robusto, lo que dificulta su evaluación en términos físicos. En segundo lugar, incurre en el uso de conceptos abandonados, como la dicotomía sial-sima y en simplificaciones de parámetros fundamentales como la densidad y la estructura de la litosfera. Finalmente, se observa una tendencia a construir un sistema cerrado de interpretación, en el que la evidencia es seleccionada en función de su coherencia con el modelo propuesto, sin consideración sistemática de datos contradictorios. Como consecuencia estas características sitúan el trabajo más cerca de una construcción teórica especulativa que de una contribución científica en sentido estricto.

### 2. El debate sobre los mecanismos geodinámicos en los años setenta.

La aparición de este tipo de propuestas no es un fenómeno aislado, sino que encuentra paralelos en etapas anteriores del desarrollo de la geodinámica. Durante la consolidación de la tectónica de placas a inicios de la década de 1970, diversos autores cuestionaron la solidez de los mecanismos propuestos para explicar el movimiento litosférico.

El trabajo de Paul S. Wesson (1972) constituye un ejemplo paradigmático de crítica sistemática, al subrayar la insuficiencia de los modelos mecánicos disponibles, la falta de cuantificación rigurosa y la posibilidad de interpretaciones alternativas de la evidencia geológica y geofísica.

Por su parte, Keith M. L. (1972) centró su análisis en la subducción, cuestionando tanto su demostración empírica como la interpretación de estructuras clave como las fosas oceánicas y las zonas de Wadati-Benioff.

En conjunto, estos trabajos reflejan una etapa en la que el paradigma emergente aún debía consolidar sus fundamentos físicos, y en la que la búsqueda de mecanismos alternativos constituía una preocupación legítima dentro de la comunidad científica.

### 3. Factores astronómicos en la historia de la geodinámica.

La atribución de un papel dinámico a factores astronómicos no constituye una innovación reciente, sino que forma parte de una tradición bien establecida. Ya a inicios del siglo XX, Frank Bursley Taylor (1908) propuso el desplazamiento de los continentes bajo la acción de fuerzas de marea de origen lunar. Posteriormente, Alfred Wegener (1924) incorporó la influencia de la rotación terrestre, en particular mediante la denominada fuerza centrífuga (Polflucht), así como efectos asociados a la precesión.

Estos mecanismos fueron evaluados críticamente y considerados insuficientes desde el punto de vista cuantitativo (Holmes, 1929), lo que llevó a su abandono como explicación principal del movimiento continental. Sin embargo, su formulación constituye un antecedente directo de las propuestas contemporáneas que buscan vincular la dinámica litosférica con factores astronómicos.

Durante el periodo posterior, estas ideas no desaparecieron completamente, sino que persistieron de manera marginal y reaparecieron en distintos contextos, especialmente en momentos de cuestionamiento de los modelos dominantes.

#### 4. Discusión: continuidad conceptual frente a novedad aparente.

A la luz de los elementos anteriores, resulta evidente que las hipótesis que atribuyen un papel dominante a factores astronómicos en la dinámica terrestre deben ser interpretadas dentro de una continuidad histórica, más que como innovaciones conceptuales.

En particular, la idea de que la rotación terrestre o la inclinación del eje puedan influir en el movimiento de las placas no solo tiene antecedentes claros en la obra de Alfred Wegener (1924), sino que forma parte de una línea de pensamiento más amplia que ha acompañado recurrentemente la búsqueda de mecanismos geodinámicos.

Del mismo modo, la propuesta de generación de corteza continental en contextos extensionales puede entenderse como una reformulación de debates previos sobre la relación entre extensión, acreción y diferenciación cortical, más que como una ruptura con el conocimiento existente.

En este sentido, la caracterización de tales planteamientos como “totalmente novedosos” resulta problemática y requiere ser matizada (Wesson, 1972; Keith, 1972; Burke, 1977).

#### Conclusiones.

El análisis desarrollado permite establecer que:

Las propuestas geodinámicas alternativas que enfatizan el papel de factores astronómicos o reinterpretan procesos como la formación de corteza continental en extensión no constituyen innovaciones conceptuales en sentido estricto.

Estas ideas poseen antecedentes claros en la historia de la geodinámica, desde los trabajos de Frank Bursley Taylor y Alfred Wegener hasta los debates críticos de la década de 1970 representados por Paul S. Wesson y Keith M. L..

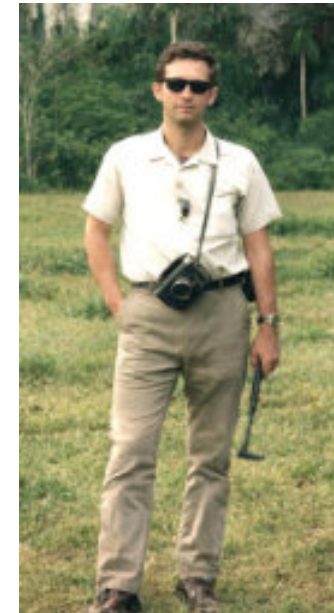
La recurrencia de estas ideas refleja la persistencia de una problemática central en geodinámica: la identificación de mecanismos físicamente satisfactorios para explicar el movimiento litosférico.

En consecuencia, la evaluación de propuestas contemporáneas debe basarse no en su aparente originalidad, sino en su coherencia interna, su fundamentación empírica y su capacidad explicativa dentro del marco científico actual.

En este contexto, la historia de la geodinámica no solo permite situar adecuadamente estas hipótesis, sino también evitar la reiteración de planteamientos ya explorados y evaluados en el pasado.

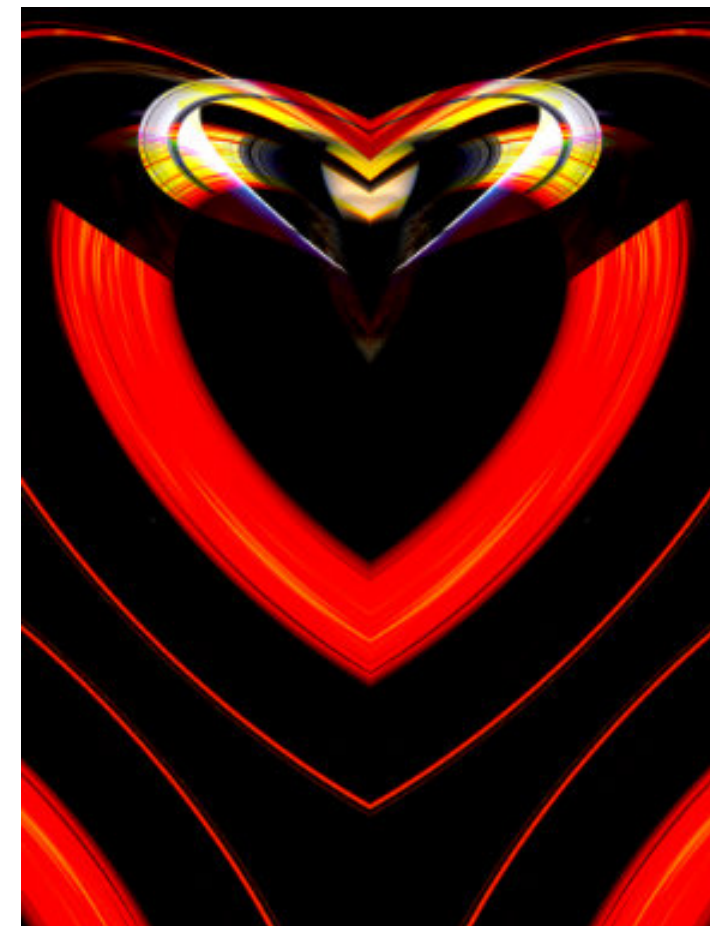
#### Referencias.

- Burke, K. C. A.**, 1977, A critique of plate tectonic theory. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 5, 35–64.
- Formell Cortina F. de A.**, 2026, La Continentalización de la Tierra. (en prensa).
- Hess, H. H.**, 1962, History of ocean basins. In *Petrologic Studies*. Geological Society of America.
- Holmes, A.**, 1929, Radioactivity and earth movements. *Transactions of the Geological Society of Glasgow*, 18, 559–606.
- Keith, M. L.**, 1972, Ocean-Floor Convergence: A Contrary View of Global Tectonics. *Earth and Planetary Science Letters*, 16, 141–154.
- Le Pichon, X.**, 1968, Sea-floor spreading and continental drift. *Journal of Geophysical Research*, 73, 3661–3697.
- Morgan, W. J.**, 1968, Rises, trenches, great faults, and crustal blocks. *Journal of Geophysical Research*, 73, 1959–1982.
- Taylor, F. B.**, 1908, Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the Earth's plan. *Geological Society of America Bulletin*, 19, 1–48.
- Wegener, A.**, 1924, The Origin of Continents and Oceans. New York: E. P. Dutton.
- Wesson, P. S.**, 1972, Objections to Continental Drift and Plate Tectonics. *Journal of Geology*, 80(2), 185–197.



Ing. Humberto Álvarez Sánchez. Geólogo con más de cinco décadas de trayectoria profesional. Cartógrafo en los complejos metamórficos, ofiolíticos y sedimentario vulcanógenos de Cuba occidental y central. Editor principal cubano del Informe Final de la Expedición Checoslovaquia–Cuba Escambray II. Autor y coautor de unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de sus subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno. Descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Ha dirigido y gestionado proyectos de exploración y evaluación minera en Cuba, Panamá, Perú, Uruguay y Brasil para compañías latinoamericanas, canadienses y estadounidenses, ocupando cargos ejecutivos y técnicos superiores. Fue miembro *ad honorem* de la Comisión del Plan Maestro de Minería de Panamá, integrante de una Misión Especial del BID y asociado del Consejo Científico de Geology Without Limits (Federación Rusa). Reside en Panamá y es colaborador de la Revista Maya de Geociencias, donde publica artículos científicos sobre geología, historia de la ciencia y epistemología de las ciencias de la Tierra.

[geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)



**Without courage, wisdom bears no fruit.**

**Baltasar Gracian**

## Artemis II: El viaje que nos devuelve a la Luna y prepara el camino hacia Marte

**Luis Ángel Valencia Flores**  
Editor de la Revista

### Resumen

La misión Artemis II constituye la primera prueba de vuelo tripulado del programa de exploración lunar de la NASA en el siglo XXI. Mediante el uso del sistema de lanzamiento **Space Launch System (SLS) Block 1** y la nave espacial **Orion**, la misión ejecuta una trayectoria de retorno libre para validar la operatividad de los sistemas de soporte vital (ECLSS), la resiliencia ante la radiación ionizante y las capacidades de navegación en el espacio profundo. Este artículo analiza los hitos alcanzados desde el lanzamiento el 1 de abril de 2026 hasta el tránsito actual, evaluando el

rendimiento del hardware, la integración del metabolismo humano en el diseño aeroespacial y las implicaciones para la futura economía cislunar.

### 1. Introducción

La exploración tripulada más allá de la órbita terrestre baja (LEO) se detuvo en 1972 con el programa Apolo. Artemis II representa la respuesta tecnológica contemporánea para certificar una arquitectura capaz de sostener la vida humana durante tránsitos espaciales prolongados. A diferencia de su predecesora no tripulada, esta misión incorpora a cuatro astronautas (Wiseman, Glover, Koch y Hansen) como una prueba crítica de redundancia sistémica y gestión de riesgos. La misión no solo busca validar hardware, sino también hitos sociales: Victor Glover es la primera persona de raza negra, Christina Koch la primera mujer y Jeremy Hansen el primer no estadounidense en viajar a la Luna.



Lanzamiento de la misión Artemis 2 el 1 de abril en Cabo Cañaveral (Florida).  
STEVE NESIUS (REUTERS).

## 2. Arquitectura del Vehículo y Configuración de Lanzamiento

### 2.1 Sistema de Lanzamiento Espacial (SLS) Block 1

El vehículo de 98 metros de altura despegó exitosamente el 1 de abril de 2026 a las 22:35 UTC desde el Centro Espacial Kennedy. El SLS utiliza dos propulsores de combustible sólido (SRB) de cinco segmentos y una etapa central con cuatro motores RS-25. Durante el ascenso, los motores (números de serie E2047, E2059, E2062 y E2061) operaron al 109% de su empuje nominal. Los datos telemétricos indicaron que la presión de combustión se mantuvo estable y las oscilaciones de empuje estuvieron dentro de los márgenes previstos para la seguridad de la tripulación.

### 2.2 Nave Espacial Orion y Módulo de Servicio

La nave Orion, denominada *CM-003 Integrity*, se integra con el Módulo de Servicio Europeo (ESM) para proporcionar propulsión y recursos vitales. La separación de las etapas situó a la etapa superior ICPS (*Interim Cryogenic Propulsion Stage*) y a la nave en una órbita de inserción segura. Orion cuenta con un espacio habitable

de aproximadamente 9 metros cúbicos para los cuatro miembros de la tripulación.

## 3. Dinámica Orbital y Fases de la Misión

### 3.1 Órbita Terrestre Alta (HEO) y Operaciones de Proximidad

Tras el lanzamiento, la nave permaneció 24 horas en una HEO excéntrica con un apogeo superior al de los satélites de comunicaciones tradicionales. En esta fase, la tripulación realizó la **Prueba de Demostración de Operaciones de Proximidad**, utilizando la etapa ICPS gastada como objetivo. Los astronautas tomaron el control manual de Orion para validar los algoritmos de guiado y los propulsores del sistema de control de reacción (RCS), capacidad esencial para futuros acoplamientos con la estación *Gateway* y el *Human Landing System* (HLS).

### 3.2 Inyección Translunar (TLI) y Retorno Libre

El 2 de abril de 2026 se ejecutó el encendido TLI con el motor principal de Orion, sacando a la nave de la órbita terrestre hacia una trayectoria de retorno libre. Este perfil



Hitos principales de la misión Artemis II.

de misión asegura que la gravedad lunar "tire" de la nave y la devuelva naturalmente a la Tierra sin necesidad de propulsión adicional en caso de fallo de sistemas. Se prevé que el punto de máximo acercamiento sea de 7,400 km sobre la superficie lunar el 6 de abril.

**3.2.1 Trayectoria de Artemis II (video)** - <https://apod.nasa.gov/apod/ap260406.html>

#### 4. Sistemas de Soporte Vital y Control Ambiental (ECLSS)

##### 4.1 Gestión Atmosférica y Térmica

La purificación del aire se realiza mediante **lechos de aminas regenerables**, eliminando el CO<sub>2</sub> de forma continua sin consumibles voluminosos. Al 3 de abril, la concentración de CO<sub>2</sub> se reportó estable en 2.5 mmHg. El ESM utiliza radiadores de amoníaco para la termorregulación; actualmente operan al 65% de su capacidad mientras la nave mantiene una rotación pasiva para distribuir el calor solar.

##### 4.2 Comunicaciones Ópticas (O2O)

La misión sirve como plataforma de prueba para el sistema **O2O** (*Artemis II Optical Communications System*), que utiliza un telescopio de 100 mm y tecnología láser. Este sistema permite velocidades de descarga de hasta 260

Mbps, facilitando la transmisión de datos científicos y video de alta definición desde el espacio profundo.

#### 5. Factores Humanos y Salud Espacial

##### 5.1 Protección contra la Radiación

Al abandonar los cinturones de Van Allen, la tripulación queda expuesta a rayos cósmicos galácticos (GCR) y radiación solar. El experimento **HERMES** monitorea la interacción de neutrones con la nave, mientras que el blindaje de polietileno en las áreas de descanso mitiga la exposición. Hasta el momento, la actividad solar se ha mantenido moderada.

##### 5.2 Fisiología y Biometría

Se han observado cambios típicos de la microgravedad, como la **redistribución de fluidos** (síndrome de "cara hinchada"). La salud se monitorea mediante dos cargas útiles críticas:

- **AVATAR:** Análogos de tejidos que imitan órganos individuales para estudiar el impacto de la radiación fuera de la magnetosfera.
- **ARCHAR:** Monitoreo de movimiento, sueño y biomarcadores inmunitarios en saliva para evaluar el rendimiento bajo aislamiento.



*Los astronautas de la NASA (de izquierda a derecha) Christina Koch, Victor Glover y Reid Wiseman, y el astronauta de la CSA (Agencia Espacial Canadiense) Jeremy Hansen. NASA/Josh Valcarcel.*

#### 6. Mitigación de Riesgos y el Escudo Térmico

Un punto crítico de discusión técnica ha sido la erosión inesperada del material ablativo **AVCOAT** observada en Artemis I. Para Artemis II, la NASA decidió no rediseñar el escudo, sino **modificar la trayectoria de reentrada** aumentando el ángulo de descenso para reducir el tiempo de exposición térmica. Pruebas en tierra indican que la estructura subyacente permanecerá intacta frente a los 2,760°C esperados durante el reingreso a 40,000 km/h el 10 de abril.

#### 7. El fin del largo silencio

Artemis II es una victoria de la ingeniería sistémica que valida la arquitectura SLS-Orion para la presencia humana recurrente en el espacio cislunar. El éxito de esta misión es el requisito previo para la **"Certificación de Supervivencia"** necesaria para Artemis III, que busca el descenso humano en el polo sur lunar. La misión redefine

a la humanidad como una especie multiplanetaria, estableciendo las bases para futuras misiones a Marte.

Durante más de medio siglo, la Luna ha permanecido en un silencio profundo, únicamente perturbado por el aterrizaje ocasional de sondas solitarias. La última huella humana fue dejada el **14 de diciembre de 1972 por Eugene Cernan**. Sin embargo, ese silencio se rompió con el lanzamiento de **Artemis II**, la misión que envió a cuatro astronautas: el comandante Reid Wiseman, el piloto Victor Glover y los especialistas Christina Koch y Jeremy Hansen a orbitar nuestro satélite natural.

A bordo de la cápsula **Orión**, la tripulación se embarcó en un viaje de diez días con una trayectoria de retorno libre. Aunque no caminaron sobre la superficie lunar, su viaje los llevó más allá de la cara oculta de la Luna, superando los **400,171 kilómetros de distancia de la Tierra**. Con esto, Artemis II batió el récord de la misión que más lejos ha llevado a seres humanos en la historia, superando la marca establecida por el Apolo 13.



*La humanidad, desde el otro lado. Primera foto desde la cara oculta de la Luna. Capturada desde Orion mientras la Tierra se oculta tras el horizonte lunar. NASA.*

A diferencia de las misiones Apolo, que se sentían como visitas temporales, el programa Artemis nace con una **vocación de permanencia**. No se trata solo de plantar una bandera; el objetivo es establecer los protocolos para una presencia humana continuada, convirtiendo la órbita lunar en el primer paso hacia una base sostenible. Este sueño, que antes pertenecía solo a la ciencia ficción de autores como Arthur C. Clarke o Jerzy Żuławski, comienza a materializarse como un experimento ambicioso para habitar más allá de la órbita baja terrestre.

El verdadero corazón de esta nueva era es la **colaboración estrecha entre humanos y robots**. En este entorno hostil, los robots dejarán de ser simples herramientas para convertirse en extensiones del cuerpo y la mente de los astronautas. Mientras los humanos supervisan desde la órbita, flotas de vehículos autónomos explorarán cráteres en sombra perpetua y robots especializados se encargarán de **excavar, transportar y transformar el regolito lunar** para construir infraestructuras vitales.

Lo que se aprenda en la Luna tendrá un impacto profundo en nuestro propio planeta. La Luna se convertirá en un banco de pruebas para la **logística autónoma a gran escala**.

La narrativa de Artemis II no es una historia de máquinas reemplazando a personas, sino de una **alianza inquebrantable** que se forja a miles de kilómetros de casa para asegurar el futuro de nuestra especie, tanto en el espacio como en la Tierra.



**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

#### Referencias

- BBC News Mundo. (2026, 1 de abril). *Lanzamiento de Artemis II en vivo: el regreso de los humanos a la órbita de la Luna en más de 50 años*. <https://www.bbc.com/mundo/live/ckgx48d2300t>
- Clark, S. (2026, 21 de febrero). *NASA says it needs to haul the Artemis II rocket back to the hangar for repairs*. Ars Technica. <https://arstechnica.com/space/2026/02/nasa-says-it-needs-to-haul-the-artemis-ii-rocket-back-to-the-hangar-for-repairs/>
- Daines, G. (Ed.). (2017, 4 de agosto). *NASA's First Flight With Crew Will Mark Important Step on Journey to Mars*. NASA. <https://www.nasa.gov/feature/nasa-s-first-flight-with-crew-will-mark-important-step-on-journey-to-mars/>
- Foust, J. (2015, 25 de marzo). *NASA Selects Boulder Option for Asteroid Redirect Mission*. SpaceNews. <http://spacenews.com/nasa-selects-boulder-option-for-asteroid-redirect-mission/>
- Ingrassia, V. (2026, 1 de abril). *Lanzamiento de la misión Artemis II a la Luna, en vivo: despegó con éxito el cohete SLS*. Infobae. <https://www.infobae.com/america/ciencia-america/2026/04/01/lanzamiento-de-la-mision-artemis-ii-en-vivo-las-ultimas-noticias-del-viaje-de-la-nasa-a-la-luna/>
- NASA. (2026, 1 de abril). *LIVE: Artemis II Launch Day Updates*. <https://www.nasa.gov/blogs/missions/2026/04/01/live-artemis-ii-launch-day-updates/>
- NASA. (2026, 31 de marzo). *Envía tu nombre con Artemis*. <https://www3.nasa.gov/envia-tu-nombre-con-artemis/>

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](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)  
[lvalenciaf@ipn.mx](mailto:lvalenciaf@ipn.mx)

#### SYLVANUS GRISWOLD MORLEY

### La asombrosa historia del arqueólogo que reveló los secretos de la cultura maya, espió a los alemanes en la Primera Guerra Mundial, e inspiró el personaje de Indiana Jones

**JHONNY E. CASAS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Escuela de Petróleo y Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela



Fuente: <https://www.latinamericanstudies.org/morley.htm>

Mucho antes de que el látigo y el sombrero Fedora se convirtieran en la leyenda de Indiana Jones, un hombre de carne y hueso ya desafiaba a la muerte en el corazón de la selva. Sylvanus Griswold Morley no solo descifró los secretos prohibidos de los jeroglíficos mayas y resucitó templos de sus cenizas; también operó en las sombras, rastreando conspiraciones alemanas en suelo americano. Entre la ciencia más pura y el riesgo absoluto, su vida forjó el molde que Hollywood transformaría años después en mito. Esta es la crónica del arqueólogo real cuya existencia fue tan vasta que solo una saga pudo hacerle honor.

Sylvanus Morley nació en Pensilvania, Estados Unidos, el 7 de junio de 1883, y era hijo de una familia de ingenieros y matemáticos. En algunas de las fotos que sobrevivieron al tiempo, se lo observa con sombrero de ala ancha, mirada decidida y una libreta de campo. Tiene la piel curtida por el inclemente sol de las selvas

centroamericanas y los ojos entrenados para leer lo que otros no ven: jeroglíficos, patrones escondidos, historias en piedra. Morley conocido entre sus amigos como Vay, fue mucho más que un personaje de película, fue el arqueólogo que a principios del siglo XX, se internó en lo más profundo del mundo maya, decodificó su escritura y combinó como muy pocos, ciencia, aventura, riesgo y espionaje.

Desde muy pequeño se interesó por la arqueología gracias al libro *Heart of the World* del escritor inglés H. Rider Haggard (1856-1925), que narraba la historia de una ciudad maya perdida en Centroamérica. Estudió en la Universidad de Pensilvania y luego en Harvard, donde se especializó en arqueología mesoamericana. Pero su historia no sería la de un académico encerrado entre bibliotecas y libros. Morley tenía algo que lo alejaba del estereotipo del científico clásico: un deseo incontenible

de salir al campo, explorar, descubrir, desenterrar y descifrar.

Su padre, el coronel Benjamin F. Morley (1855-1903), fue profesor de química, matemáticas y táctica en el Colegio Militar de Pensilvania. En un principio, su interés en la Arqueología (y especialmente en la Egiptología) contó con la oposición firme de su padre. El coronel alentó a su hijo en cambio a estudiar ingeniería. Morley se matriculó en la universidad y se graduó como el primero de su clase, recibiendo el título de Ingeniero Civil. Acto seguido, se inscribió en Harvard y comenzó sus estudios de arqueología, lo que sería la pasión del resto de su vida.

Tras la llegada a la universidad de una colección de artefactos mayas recolectados cerca de la antigua ciudad de Chichén Itzá, Morley empezó a investigar sobre aquella localización y su fascinante cultura ancestral. Durante aquellos años, también inició el estudio de antigüedades en Santa Fe, Nuevo México, centrándose en la arquitectura de los indígenas Anasazi.

Durante sus estudios, colaboró en distintas excavaciones en sudoeste de los Estados Unidos, bajo la supervisión del arqueólogo Edgar Lee Hewett (1865-1946) y, tras graduarse en 1907 (no se doctoró en Harvard, aunque si recibió un título de doctor honorífico más adelante), se trasladó a Santa Fe (Nuevo México) para unirse a la nueva School of American Archaeology (SAA). Seguiría vinculado a esta ciudad durante el resto de su vida, incluso conociendo allí a su primera esposa Alice Gallinger y realizando visitas regulares a dicha ciudad.

Pero el gran paso en su vida académica, y profesional, fue obtener un puesto de investigador asociado en 1914 en el Instituto Carnegie de Washington, institución bajo cuyos auspicios llevaría a cabo la mayoría de su trabajo de campo. Desde el principio intentó conseguir de esta institución y sus autoridades, un compromiso para excavar en el Yucatán y llegó a obtener algunas promesas al respecto, aunque la Primera Guerra Mundial se interpondría en estos objetivos.

Posteriormente, Morley retoma su carrera académica, publicando algunas de sus recopilaciones de inscripciones más importantes en 1919 y 1920. También tienen lugar en esos años sus primeros viajes al Yucatán y sus yacimientos, visitando entre otros Copan o Tulum. Es en 1923 cuando consigue el permiso para que la

institución pueda excavar en los yacimientos de Uaxactún y Chichén Itzá. Sería a este segundo yacimiento al que vincularía la mayor parte de su actividad de campo durante las siguientes dos décadas de su vida.

Ya con 27 años de edad y con el firme propósito de estudiar las ciudades mayas olvidadas en la selva, se enamoró de esa cultura matemática y astronómica, esculpida en piedra. En una época en que la mayoría de los arqueólogos aún subestimaban la escritura maya, él sostuvo que sus glifos eran una lengua compleja y decodificable. Fue uno de los primeros en creer que detrás de esas formas había un sistema coherente, histórico y narrativo.

Durante décadas, Morley recorrió ruinas en México, Belice, Honduras y Guatemala. Sin embargo, su proyecto más ambicioso y gratificante fue la exploración de Chichén Itzá, la que dirigió durante los años 20 y 30 con el patrocinio del Carnegie Institution de Washington. Allí lideró excavaciones meticulosas, reconstruyó templos, documentó esculturas y estelas, ayudando a comprender el rol central que esa ciudad jugó en el mundo maya posclásico. Para Morley, la arqueología no era sólo ciencia: era también una misión espiritual, una manera de conectar con las civilizaciones del pasado. Sus reseñas de templos y relieves desbordaban sentimiento; sus diarios, forjados a través de los años, delatan una sensibilidad que va mucho más allá del simple rigor técnico.

#### ARQUEÓLOGO Y ESPÍA

Lo que muy pocos conocían en su época es que, mientras comenzó a descifrar códigos y restaurar pirámides y templos, Morley también espía para el gobierno de Estados Unidos.

En marzo de 1917, Morley se puso en contacto con la Oficina de Inteligencia Naval (*Office of Naval Intelligence* - ONI) y sugirió que varios especialistas en México y Centroamérica, incluido él mismo, estaban dispuestos a convertirse en agentes de inteligencia, utilizando sus actividades profesionales como cobertura. En abril, Morley fue comisionado como oficial en la Reserva Naval. Con solo instrucciones básicas de la ONI y sin entrenamiento previo, fue enviado a ciudad de Guatemala con el nombre clave de Agente 53. Su misión para la ONI consistía en labores de espionaje, en paralelo a su trabajo como arqueólogo

recorriendo América Central. Principalmente, Morley debía tratar de localizar bases secretas de submarinos alemanes (U-boats) y además construir una red de inteligencia para Centroamérica, todo mientras realizaba «reconocimientos arqueológicos» para el Instituto Carnegie.

Se dice que Morley era tan bueno en su «cobertura» que a veces se olvidaba de reportar a la Inteligencia Naval porque estaba demasiado absorto excavando una estela maya. Sin embargo, su red de informantes fue una de las más efectivas en la región durante la Primera Guerra Mundial. Durante los siguientes dos años, recorrió más de 3.200 kilómetros a lo largo de la costa de América Central. Mientras viajaba por Nicaragua, Honduras, Guatemala y México, reclutó una extensa red de agentes que vigilaban de cerca las actividades de los ciudadanos alemanes en la región.

Entre 1917 y 1919 visitó más de 35 ciudades oficialmente como investigador. Pero en cada puerto también recopilaba información confidencial. La carrera de Morley como espía militar terminó en 1919, con el fin de la guerra. Durante ese tiempo, demostró ser un extraordinario recolector de inteligencia. Una vez que quedó claro que no existían bases de submarinos alemanes, ni puntos de suministro. Proporcionó en cambio, valiosa información de carácter económico y político. Según documentos desclasificados, Morley redactó más de 10.000 páginas de reportes de inteligencia, evaluando posibles ubicaciones de bases submarinas alemanas, movimientos sospechosos de barcos y redes de comunicación. Fue parte de una red de espías culturales, integrada también por otros científicos (principalmente arqueólogos) enviados al terreno bajo el pretexto de misiones académicas. Su labor consolidó una forma nueva de espionaje: el disfraz del científico con mochila, martillo y brújula.

Después de la guerra, grandes científicos como el llamado «Padre de la antropología americana», Franz Boas (1848-1952), publicó una carta de protesta en 1919 en *The Nation*, la revista americana más antigua y que sigue activa aun hoy día. Sin mencionar nombres específicos, Boas se quejó de que existían arqueólogos que manchaban el nombre de la ciencia al usar sus estudios académicos como excusa para actividades de espionaje. Sin embargo, el hecho de que Sylvanus Morley fuera un espía para Estados Unidos durante la

Primera Guerra Mundial solo se conoció públicamente hasta después de su muerte sucedida en 1948.



Sylvanus Morley en el centro, con traje y corbata, sobre el techo de la embarcación Canada (1920), usada por su grupo para navegar los ríos en Belice. Fuente:

[www.mesoweb.com/publications/Morley/Morley\\_Diaries\\_1920-1921.pdf](http://www.mesoweb.com/publications/Morley/Morley_Diaries_1920-1921.pdf)

#### LA PASIÓN MAYA

En 1914, Morley logró su tan ansiado puesto como asociado de investigación de la Institución Carnegie de Washington (CIW), reconocida por apoyar exploraciones y publicaciones en diversas ramas de la ciencia, incluida la arqueología. Como paso previo para asegurar este nombramiento, desarrolló un plan para la excavación y restauración del gran sitio de las tierras bajas del norte, Chichén Itzá; sin embargo, la Revolución Mexicana y luego la Primera Guerra Mundial retrasaron el proyecto una década entera.

Durante este tiempo, Morley convenció a la CIW para emprender un estudio a largo plazo y el registro de las inscripciones jeroglíficas mayas, específicamente sus fechas, talladas en estelas de piedra y altares en sitios remotos de las densas selvas tropicales de las tierras bajas del este de Mesoamérica: Belice, el norte de Guatemala y sureste de México.

Al poner en marcha su plan de exploración a largo plazo de los sitios mayas, Morley tuvo que lidiar con consideraciones logísticas inimaginablemente difíciles. La Antigua Honduras Británica, luego denominada Belice, se había separado de España como colonia británica mediante un tratado en 1783, y era altamente valorada por la extracción de madera, particularmente caoba y palo de tinte (de él se obtiene el colorante hematoxilina). El Petén en Guatemala, por el contrario,

era todavía una selva virgen, sin carreteras ni comodidades modernas. El viaje se realizaba en caravanas de mulas. Morley describe muchos pasajes coloridos sobre las mulas recalcitrantes y terriblemente maltratadas a lo largo de senderos llenos de lodo a los que él, en un alarde de optimismo, llama «camino abierto» en la selva por los «chicleros». Los «chicleros» eran trabajadores que extraían o «sangraban» los árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*, *Manilkara chicle*) durante la temporada de lluvias para obtener la resina (látex o goma; conocida como chicle), que antiguamente se utilizaba para fabricar la goma de mascar.



Sylvanus Morley (tercero de izquierda a derecha) usando pajarita, posando junto a un grupo de visitantes del Carnegie en Chichén Itzá (1924). Fuente: <https://www.latinamericanstudies.org/morley.htm>

Las entradas registradas en los diarios de Morley estaban escritas típicamente en «spanglish»: un inglés salpicado generosamente con palabras y frases en español, especialmente aquellas que no tenían un equivalente conveniente o certero en inglés. Muchas de estas palabras se refieren a sus viajes en caravanas de mulas por las «rutas chicleras» tales como: arriero, mulada, patacho, champa, galerón, jato, aguada y paraje. También hizo referencia en español a diversos insectos: zancudos, garrapatas, moscas, pulgas. Esta mezcla de idiomas demuestra que Morley no solo estaba de paso, sino que estaba profundamente inmerso en la cultura y la logística de la región.

A lo largo de su carrera, Morley documentó más de 30 ciudades mayas. Publicó estudios fundamentales sobre la cronología de los glifos y propuso con aciertos y errores, teorías sobre la historia política del mundo maya. Su obra más ambiciosa fue el monumental *The*

*Inscriptions of Peten*, una recopilación en cinco tomos de inscripciones jeroglíficas de más de 20 sitios, publicada entre 1937 y 1946. Aunque más tarde sus hipótesis serían corregidas por investigadores más recientes, su labor pionera fue crucial.

Durante los dieciocho años siguientes, Morley trabajó de manera incansable para descifrar los pictogramas mayas y, a pesar de declarar que detestaba la selva, se instaló todo ese tiempo con su esposa en la hacienda Chichén, al pie de las ruinas de Chichén Itzá. Morley junto con su equipo descubrieron el templo de los guerreros y de las mil columnas (en realidad solo se conservan 200), estructuras hasta ese entonces poco comunes en la arquitectura maya y que más tarde descubrieron podrían tener relación con otras culturas de México.



Templo de los guerreros y de las mil columnas. Chichén Itzá. Foto del autor (2001).

Su labor en El Castillo (pirámide de Kukulcán, el edificio más reconocible de la antigua ciudad maya) le ayudó a convertirse en uno de los mayores especialistas del calendario solar agrícola Tzolkin (constaba de 260 días y 20 meses). Morley dio el impulso definitivo a las investigaciones y a la identificación del edificio El Caracol como observatorio astronómico. Construido alrededor del año 900 d. C., el interior de la torre que sobresale del edificio esconde una escalera en espiral que se eleva por dentro.

Entre sus logros más notables junto a su equipo, figuran la restauración del Juego de Pelota (*ollamalistsli*, en maya clásico) en Chichén Itzá, uno de los mayores de Mesoamérica, la recuperación y restauración del Templo del Jaguar, y la documentación de más de 500 glifos. Su trabajo sentó las bases para el posterior desciframiento completo de la escritura maya, que tardaría aún varias décadas en concretarse. Después de

20 años de actividades en Chichén Itzá, el proyecto finalizó en 1940 y Morley se mudó de la Hacienda Chichén Itzá a la Hacienda Chenkú, dentro de la ciudad de Mérida (Yucatán).



Vista de El Castillo o pirámide de Kukulcán. Chichén Itzá. Foto del autor (2010).



El autor con sus hijos Joanna y Jonathan, descendiendo por las escalinatas de la pirámide de Kukulcán. Chichén Itzá. (2001).



El Caracol mostrando su sección este (izquierda) totalmente derrumbada, mientras la sección derecha ya muestra los resultados de la restauración emprendida por Morley en 1929. Fuente:

<https://www.latinamericanstudies.org/morley.htm>



Vista más reciente de El Caracol. Chichén Itzá. Foto con el autor (2001).



Patio del Juego de la Pelota. Chichén Itzá. Abajo a la derecha detalle del aro marcador. Foto del autor (2006).

Aunque su principal prioridad fue la excavación y estudio de Chichén Itzá, Sylvanus Morley también trabajó en diversos lugares del territorio maya. Sus contribuciones sobre las inscripciones de Copán fueron claves para ayudar a descifrar la codificación de caracteres empleada en el alfabeto maya. Durante estos años, Morley publicó numerosas recopilaciones y traducciones de inscripciones mayas en distintos yacimientos. Pero tal vez su faceta más importante a destacar fue la de su don de excelente divulgador y apasionado popularizador de la cultura maya y sus ideas sobre la misma, escribiendo multitud de artículos dirigidos al público general, en revistas de renombre como *National Geographic* (1913, 1922 y 1925).



Pasaporte de Syvanus Morley usado para asistir al 20.º Congreso Americanista en Brasil (1922). Fuente: <https://www.latinamericanstudies.org/maya/Morley-passport-1922.pdf>



El primer equipo del proyecto Chichén Itzá en una imagen tomada el 21 de mayo de 1924. De izquierda a derecha: Kilmartin, ingeniero; Monroe Amsden (US Geological Survey); Morris, arqueólogo a cargo de las excavaciones, y su esposa; finalmente Sylvanus Morley en corbata y con su característico sombrero de trabajo de ala ancha. Fuente: <https://picryl.com/media/chichen-itza-project-staff-1924-a7968e>

En 1946 lo nombraron director de la *School of American Research* y del *Museum of New México*. Ese mismo año lanzó *The Ancient Maya*, su trabajo más popular y que se convirtió en el libro de introducción a esta cultura para las generaciones venideras de estudiantes de Norte y Centroamérica. Sylvanus Morley visitó por última vez la Hacienda Chenkú en 1948 y dirigió una última excursión a la zona arqueológica de Uxmal ese mismo año.

### ¿INDIANA JONES ?

En 1978, en un capítulo legendario para la historia del cine, Steven Spielberg, George Lucas y el guionista Larry Kasden se reunieron para una sesión de «tormenta de ideas» que finalmente dio lugar a la creación de Indiana Jones: un aventurero culto, desaliñado, bromista y experto en el látigo. El personaje nació principalmente de los recuerdos de las series de televisión y el cine de aventuras de los años 30 y 40. Los paralelismos entre Sylvanus Griswold Morley y Henry Walton Jones Jr., mejor conocido por su alias: Indiana Jones o su apodo «Indy», son claros pero con matices sutiles.

Las fotos de Sylvanus Morley representan a un individuo bajito, con gafas redondas y a menudo pajarita o corbata, además de un pequeño bigote bien recortado; una tipología si se quiere, bastante más similar al Indy profesor universitario (o a su padre) que al de aventurero de látigo y sombrero fedora.

La primera película de Indiana Jones se estrenó en 1981, 33 años después de la muerte de Morley. Sin embargo, quienes conocían la historia de los exploradores estadounidenses del siglo XX no tardaron en notar las similitudes entre ambos personajes. Lucas y Spielberg, en diversas entrevistas, citaron como inspiración tanto a las series de aventuras de los años 30, como a figuras reales de exploradores como Hiram Bingham (1875-1956), Roy Chapman Andrews (1884-1960) y el propio Silvanus Morley.

En el documental *The Real Indiana Jones*, producido por *History Channel*, se menciona explícitamente a Morley como uno de los modelos principales del personaje. Su sombrero fedora, su actitud de «hombre contra el mundo», su rol como espía encubierto, su fascinación por las culturas antiguas y su habilidad para cautivar audiencias, definitivamente encarnaba el espíritu transmitido por Indiana Jones en todas sus películas.

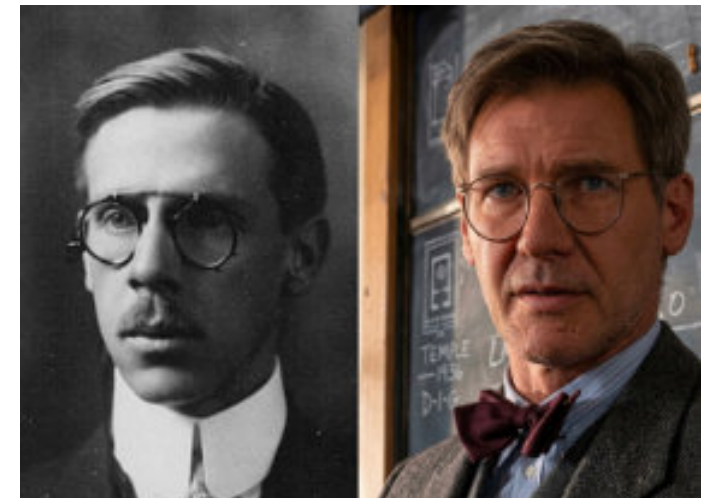
Una escena de *Raiders of the lost Ark* (1981) o Cazadores del Arca perdida, como fue traducida al español, muestra al personaje esquivando trampas mortales en un templo antiguo para recuperar un ídolo de oro. Si bien eso es Hollywood en su máxima expresión, la realidad no fue tan distinta: en los diarios de Morley se relatan travesías a pie de varios días por selvas infestadas de insectos y jaguares, cargando equipo fotográfico, mapas, lápices y yeso para moldes de estelas. Al igual que Morley, Indiana Jones es reclutado para una misión por los servicios secretos americanos para combatir la actividad alemana, como fue el caso en la película *Raiders of the lost Ark*.

En otra escena de la anterior película, Henry Jones Jr. da clases de arqueología ante una clase llena de estudiantes embelesados. Morley también fue un profesor carismático, descrito como «un romántico incurable», destacando su tendencia a la verborrea, pero también su gran habilidad para seducir con sus charlas persuasivas, llenas de imágenes y pasión que transmitían su entusiasmo por la materia a tratar. En la misma película, se puede destacar la presencia de figuras mayas de barro, sobre el escritorio de su clase en la Universidad Marshall.

Ambientada en 1957, durante los sucesos de la cuarta película *Indiana Jones and the Kingdom of the Crystal Skull* (2008), aparecen las dos únicas referencias directas a los mayas de esta aventura cinematográfica

del personaje: en la primera, se supone que Indy estaba excavando un yacimiento maya cuando es secuestrado por los rusos; más tarde, decide utilizar el maya como piedra angular para interpretar la lengua koihoma, hablada por los ficticios indígenas ugha de la película. Al igual que el papel de Morley como espía, también Henry Jones Jr. realizó labores de espionaje durante la Segunda Guerra Mundial y el comienzo de la Guerra Fría, como nos recuerdan varias escenas de las películas: *Raiders of the lost Ark*, *The Last Crusade* y *The Kingdom of the Crystal Skull*, aprovechando constantemente su profesión de arqueólogo como la fachada perfecta para sus misiones de espionaje.

El personaje de Indiana Jones caminaría a pasos agigantados por la pantalla de cine de forma indeleble durante varias décadas. *Raiders of the lost Ark*, sigue siendo considerada una de las mejores películas de aventuras jamás realizada. Más allá de las coincidencias superficiales entre la vida de Morley y la saga de Indiana Jones, hay una filosofía compartida: la idea de que el conocimiento no está sólo en los libros, sino también en los trabajos de campo, en las experiencias, y en los riesgos.



George Lucas y Steven Spielberg explicaron en *History Channel*, que tomaron como inspiración para crear el personaje de Indiana Jones (Harrison Ford) a figuras reales como Sylvanus Morley (izquierda).

### EL LEGADO

Morley murió el 2 de septiembre de 1948, a los 65 años, en Santa Fe, Nuevo México. En su último año de vida, Morley fue homenajeado por la comunidad académica mesoamericana como un visionario y pionero. Pero también fue objeto de muchos debates, ya que algunos

lo acusaron de romantizar demasiado a los mayas, exaltando más el sentido épico que la objetividad.

Los ataques cardíacos sufridos durante 1947-48 le habían dado avisos acerca de su salud, pero Vay era un optimista incorregible; el día anterior a su muerte estaba discutiendo planes para trabajos futuros. El hecho de que viviera hasta los 65 años se debe en gran medida al cuidado de su segunda esposa Frances Morley, quien vigilaba su dieta y salud general con un ojo afectuoso pero severo.

Una nota curiosa acerca de Morley es que después de establecerse en Chichén Itzá, los líderes mayas de la región, le pidieron ayuda para convencer a la reina Victoria de Inglaterra (1819-1901) de formar una alianza entre ellos y los ingleses, para expulsar a los mexicanos de Yucatán de una vez por todas. Esto tuvo su raíz en la denominada Guerra de Castas de Yucatán (1847-1901). Esta guerra fue un conflicto racial entre los mayas del sur y oriente de Yucatán y la población de blancos criollos y mestizos, que se encontraban mayoritariamente establecidos en la porción

#### REFERENCIAS

Browman, D. (2011). Spying by American Archaeologists in World War I. *Bull. History of Archaeology*. 21(2): 10-17.

Morley, S. (2024). *The archeological field diaries*. Explorations in Petén, 1920-1921. White, C., Rice, P. & Rice, D. (eds.). An electronic publication, published online at Mesoweb: [www.mesoweb.com/publications/Morley/Morley\\_Diaries\\_1920-1921.pdf](http://www.mesoweb.com/publications/Morley/Morley_Diaries_1920-1921.pdf)

<https://www.infobae.com/historias/2025/06/07/descifraba-el-mundo-maya-mientras-espiaba-para-estados-unidos-la-vida-del-arqueologo-que-inspiro-el-personaje-de-indiana-jones/>

[https://historia.nationalgeographic.com.es/a/sylvanus-morley-arqueologo-que-inspiro-a-indiana-jones\\_12194](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/sylvanus-morley-arqueologo-que-inspiro-a-indiana-jones_12194)

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/96980#page/9/mode/1up>

<https://doughboy.org/sylvanus-morley-archeologist-world-war-i-espionage-agent-53/>

<https://archive.org/details/nationalgeographic19220201/page/n17/mode/2up>

<https://www.upo.es/diario/theconversation/2023/07/sylvanus-morley-el-otro-indiana-jones/>

<https://www.latinamericanstudies.org/morley.htm>

<https://www.latinamericanstudies.org/maya/Morley-obituary.pdf>

<https://lasoga.org/los-autenticos-indiana-jones-sylvanus-g-morley/>

<https://www.mesoweb.com/publications/Morley/index.htm>

<https://jenikirbyhistory.getarchive.net/topics/sylvanus+morley>

<https://dn790008.ca.archive.org/0/items/nationalgeographic19250101/nationalgeographic19250101.pdf>

<https://archive.org/details/nationalgeographic19220201/page/n17/mode/2up>



[jcasas@geologist.com](mailto: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 39 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 65 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, Caribbean Journal of Earth Sciences, Academia de Ciencias y Academia de Ingeniería; 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 62 artículos de divulgación científica e histórica.

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 Councilor para AAPG LACR (2023-2026).

## De mis memorias: Bibliófilo

**Manuel A. Iturralde-Vinent**

**Académico de Mérito, ACC**

Cuando comencé a participar en exploraciones espeleológicas, en ocasiones íbamos acompañados por especialistas en diversas ramas, que nos sugerían leer tal o cual libro. Estos contactos me incitaron a comenzar a crear mi propia biblioteca, para adentrarme en los laberintos de la ciencia. Al pasar de los años, mi colección llegó a alcanzar los miles de ejemplares, incluidos libros, revistas, separatas, fotos y diapositivas.

Esta afición a coleccionar textos e imágenes de mis temáticas preferidas se arraigó durante las visitas a la Biblioteca Nacional José Martí, así como a las bibliotecas personales de Antonio Núñez Jiménez, Manuel Acevedo González y Alfredo de la Torre Callejas. Este último, en especial, me enseñó a elaborar tarjetas con los datos de las publicaciones, aunque no estuvieran en mi colección personal, a lo cual me dediqué con gran pasión. Desde entonces tuve el cuidado de examinar cada publicación de geología, paleontología, espeleología y geografía que llegaba a mis manos, sobre todo aquellas referidas a Cuba, las que fichaba, de modo que fui asimilando y memorizando una amplia variedad de conocimientos.

Recuerdo una oportunidad cuando llegué a la casa con un libro en ruso sobre ostrácodos (crustáceos microscópicos); mi mamá me preguntó para qué lo quería, si yo no sabía el idioma. La respuesta del joven de 17 años fue muy simple: -Si mami, pero ya lo aprenderé algún día. En realidad, aprendí el idioma, pero cuando ya no me interesaban los ostrácodos, de modo que regalé el libro a un colega.

Cuando trabajé con Alfredo de la Torre Callejas en el INRH, me presentó algunos gestores de libros, a los cuales se le podía encargar una obra, y pasado un breve tiempo, te la traían a un precio razonable. Con ellos compré libros de José Álvarez Conde, Masip e Ysalgué, y otros. Después visité casas de libreros que tenían muy buenas colecciones a la venta. Otra opción eran los libreros que vendían en las plazas públicas, aunque a mayor precio, mientras este fue un negocio lucrativo asociado al boom del turismo. Con ellos se podían conseguir ejemplares que, cuando los examinabas, habían pertenecido a artistas y científicos reconocidos. El Dr. De la Torre también me enseñó que el canje es un método eficiente para conseguir publicaciones de otros autores, por eso me concentré en publicar para poder disponer de materiales para intercambiar.

La fuente principal de mi biblioteca eran los documentos que traía de mis viajes al exterior, sobre todo, desde Estados Unidos de América. Esto fue posible gracias a la

MacArthur Foundation, que prestó apoyo a algunos científicos cubanos, gracias a lo cual pude conseguir muchos libros, revistas y fotocopias que, regresando de Miami, venían hasta en diez cajas. No me puedo imaginar lo que pensarían otros viajeros al verme con tanto equipaje. La verdad es que me daba un poco de vergüenza. Un día llegué a la casa con un grupo de cajas después de un largo día de viaje, y entré al baño para aseoarme. Como no encontré jabón ni champoo, se los pedí a mi esposa, a lo que ella me preguntó: -¿En qué caja están? Cuando le dije que no había traído ninguno, me alcanzó un libro y me dijo: -¡Lávate con este! Nunca más regresé sin jabón y champoo.

Durante años, mientras escaneaba textos de mi biblioteca, componía paquetes que donaba a colegas, a las Facultades de Geología y de Geofísica, al Centro de Información del Instituto de Geología y Paleontología, a la Biblioteca del Museo Nacional de Historia Natural de La Habana, y a la Biblioteca Nacional José Martí. Nunca tuve espacio suficiente para almacenar tantas publicaciones, por eso las digitalizaba y donaba. Por lo general esto me llenaba de satisfacción, pero algunas veces también de rabia, cuando iba a consultar alguno de los libros donados y habían desaparecidos o le faltaban algunas páginas o láminas importantes.

Mientras trabajé en el Instituto de Geología y Paleontología, en su sede de Calzada y 4 en El Vedado, una vez a la semana iba a la biblioteca donde inspeccionaba las revistas y libros recibidos por canje, muy activo en esa época. Mediante un lenguaje de marcas, agrupaba las referencias que pudieran ser de interés para los proyectos que se estaban desarrollando en ese momento en el Instituto. Después, la laboriosa bibliotecaria Leopoldina, con gran dedicación, mecanografiaba las referencias ordenadas de acuerdo a la clasificación establecida y este listado se circulaba entre los investigadores. Después creamos la revista “*Geoinformativa*”, donde se imprimían estos listados en formato de folleto, para mayor confort de los lectores, y se distribuía en otras instituciones para alcanzar un público más amplio. Esta tarea la realizaba con Leopoldina por iniciativa propia, sin recibir algún reconocimiento. Sin embargo, gracias, a esto terminé por buscarme un problema.

Todo comenzó cuando empecé a incluir, en la revista, algunos ensayos breves sobre temas de interés. Así publicamos la tabla geocronológica, columnas bioestratigráficas, distintas reseñas sobre foraminíferos en Cuba, geotectónica y conservación de la naturaleza, por mencionar algunas. Todo fluyó sin pena ni gloria hasta que escribí un breve ensayo denominado “El debate científico se extingue: ¿Por qué?” <sup>(1)</sup>. En breves páginas explicaba que algunos trabajos recién publicados evitaban

debatir temas cuando existían opiniones distintas en publicaciones anteriores. El método consistía en “no citar el trabajo problemático” y todos felices. Aprovecho para subrayar que esta mecánica se sigue presentando a nivel internacional, pues no pocas veces se ignoran determinados artículos, sobre todo aquellos que presentan conclusiones o datos que contradicen la hipótesis que se presenta en la nueva publicación, lo cual no es nada elegante. Este es un tema que merece un análisis más profundo, donde el papel de los árbitros ha de ser crucial para evitar que esto no ocurra.

Sería el año 2009 cuando comencé a organizar todos los documentos que tenía escaneados para incluirlos en un libro digital sobre geología de Cuba. Gracias a las nuevas tecnologías de información, esta biblioteca pone a disposición de los interesados, textos y mapas en formato pdf y jpg, ampliando así el acceso a muchas publicaciones cuyos originales en papel son difíciles de adquirir, pues fueron publicados en revistas de limitada circulación o en memorias de eventos. La primera versión de esta biblioteca formó parte del “*Compendio de Geología de Cuba y del Caribe*” publicado el año 2010. Después, gracias a la Empresa de Tecnologías de la Información y Servicios Telemáticos Avanzados (CITMATEL), se hospedó, sin costo alguno, en el Portal de la Red Cubana de la Ciencia (<http://www.redciencia.cu/geobiblio/inicio.html>).



La biblioteca actual es obra de muchos, que me han facilitado referencias, documentos impresos y en formato digital. Entre ellos puedo mencionar la biblioteca del Museo Nacional de Historia Natural de La Habana, al Centro Nacional de Información Geológica del Instituto de Geología y Paleontología, la Oficina Nacional de Recursos Minerales y Petróleo, y muchos colaboradores individuales.

Como todo en la vida, esta obra tiene varios antecedentes. La primera bibliografía sobre geología de Cuba fue elaborada por el destacado geólogo español Manuel Fernández de Castro (1877). Después han sido publicadas las *Noticias bibliográficas sobre geología de Cuba* de Pablo Ortega (1910), la *Biblioteca Científica Cubana* compilada por Trelles (1918), la *Bibliografía sobre el Carbón de Piedra, el Petróleo, el Asfalto, los Betunes y el Gas Natural de Cuba*, publicada en 1919 por Pablo Ortega y Santiago de la Huerta, la *Bibliography of West Indian Geology* de Rutten (1938), la *Bibliografía Geológica Cubana* de

Bermúdez (1938), la *Bibliografía Minera de Cuba Colonial* (Anónimo), el *Bosquejo sobre Geología de Cuba* de Calvache (1965), la *Bibliografía Espeleológica de Cuba* de Núñez-Jiménez y Graña González (1970), la *Compilación de Publicaciones sobre Paleontología* de Bonzoño y otros (2008) y la elaborada por el Institute for Geophysics de la Universidad de Texas (Rosencrantz, 1989). La mayoría de estas citas están integradas en la biblioteca digital, así como los artículos presentados a los congresos y convenciones de Ciencias de la Tierra celebrados en Cuba.

La existencia de tantas compilaciones bibliográficas elaboradas en distintas épocas, denota la preocupación de los estudiosos por exponer los resultados de su tiempo, para facilitar a los futuros investigadores una base informática que sirviese de fundamento a sus trabajos, y constituye también un reconocimiento al amplio quehacer científico de varias generaciones de destacados profesionales.

En la actualidad existen una serie de sitios de internet que ponen a disposición publicaciones científicas de una amplísima variedad, entre los que puedo mencionar *Google Scholar* y *ResearchGate*. Cada joven investigador debería inscribirse en estos sitios.

### Publicaciones científicas

Como amante de las publicaciones, en cierto momento decidí iniciarme como editor, a fin de dar a conocer los resultados que se derivaban de los estudios paleontológicos e ingeniero-geológicos que realizábamos en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Así nació la “*Publicación Especial del Departamento de Ingeniería Geológica*” del INRH. Que nos permitía canjearlas por otras revistas extranjeras, y así obtenerlas de modo gratuito. En total publicamos siete números entre 1967 y 1969, con una tirada de 500 ejemplares cada una, y una variedad de contenidos y autores. Me ocupé personalmente de maquetar la revista con ayuda de un diseñador, llevaba los manuscritos a la imprenta, revisaba los plomos, recogía los paquetes de impresos y colocaba las revistas en sobres para mandarlas a los más diversos lugares del mundo, amén de las bibliotecas de instituciones cubanas. En aquellos tiempos, el INRH tenía una excelente organización para manejar el correo, y tuve toda la colaboración del Ingeniero José Ramón Luege, jefe del Departamento de Ingeniería Geológica, quien siempre apoyó mis iniciativas. Después que se retiró el Ingeniero Luege, no podré olvidar la sorpresa que me di cuando, un nuevo jefe me llamó a su oficina, donde sobre su buró se apilaban decenas de sobres que contenían nuestras publicaciones especiales, y/o la Revista Tecnológica, que publicaba el Ministerio de Industria Básica. Al final “la sangre no llegó al río”, pero pasé un muy mal rato hasta convencerlo de que esa era una actividad que realizaba

desde el 1967 y que tenía como objetivo obtener mediante canje las publicaciones necesarias para realizar nuestro trabajo. Lo que más me molestó es que yo había recibido las publicaciones enviadas por colegas a “cambio” de esas que reposaban en la mesa del jefe. Le tuve que explicar que eso me colocaba en una posición muy embarazosa, pues erosionaba el respeto que me hubiera podido ganar con mis interlocutores en el exterior. Abandoné la oficina con la promesa de que todos esos sobres serían enviados a sus respectivas direcciones, y no sin cierto pesar, abandoné esa tarea.

En los años subsiguientes, fui promovido para dirigir una comisión que se dedicaría a evaluar la calidad de las investigaciones ingeniero-geológicas de embalses y canales en todo el país. Me acompañaban en esa tarea un especialista búlgaro, uno ruso, la dulce dibujante Nela y un chofer, pues teníamos nuestro propio transporte. El trabajo era muy interesante, pues debíamos recorrer todas las obras que estaban en estudio y construcción, e interactuar con los geólogos para verificar si estaban trabajando por las normativas establecidas. Durante esos años casi no paraba en La Habana. Fue una experiencia fabulosa, pues conocí la geología de Cuba de primera mano, y siguiendo la pasión por publicar, durante este tiempo compilamos una serie de informes que presentaban resultados novedosos, los cuales reunimos en una “*Publicación Especial del Grupo Hidráulico del DAP* (1971)”. En la preparación de aquellas publicaciones tuve el acompañamiento de Eugenio Skwaletski (Sbaleski), un profundo conocedor de la ingeniería geológica y el karst; y de Nicolai Lapshin, experto hidrogeólogo. A partir de mis experiencias previas, coloqué los resultados en la revista “Voluntad Hidráulica” que publicaba el INRH, en la revista Tecnológica del Ministerio de Industria Básica y en varias Series temáticas de la Academia de Ciencias. Hasta ahí llegó mi carrera de editor independiente.

En aquellos tiempos éramos muy ingenuos. Publicar un artículo o un libro solo requería que algún colega revisara el manuscrito y nos hiciera algunos señalamientos, que incorporábamos con placer a nuestro texto original. En el INRH mi crítico preferido fue Viasheslav Bamberg, crudo y directo. Cuando trabajé en el Instituto de Geología y Paleontología (IGP), le entregaba mis manuscritos al inolvidable Guillermo Millán, pues era un crítico minucioso. En el IGP lo usual era presentar los manuscritos al Secretario Científico, quien los entregaba a algún miembro del Consejo Científico para su evaluación. Después se debatía y, eventualmente, se aprobaba su publicación. No había revistas de impacto, ni presión por publicar, había sobre todo, confianza y responsabilidad.

Después que nos incorporamos al mundo globalizado, a partir de la década de los 90, lo “políticamente correcto”

era publicar en revistas internacionales, con todos los requisitos que exigían, y poco a poco, hubo una cierta descalificación de las publicaciones nacionales en español. La verdad sea dicha, la tarea de publicar en revistas de impacto obliga a escribir en inglés y enfrentar las críticas de árbitros anónimos especializados, lo cual, al final del día, daba por resultado que se obtuvieran textos bastante mejorados. En consecuencia, algunas veces me tomé hasta tres y cuatro años publicar un artículo, de modo que no había que desesperarse. Para integrarse a los nuevos tiempos, el CITMA creó un sistema de certificación de revistas cubanas, que obliga a implementar un arbitraje por pares y a elevar el nivel de exigencia en textos e ilustraciones.

Hace unos días hice una prueba. Pregunté a un *chatbot* cuáles eran las 20 publicaciones cubanas de geología más importantes. La respuesta, después de varias insistencias como es usual con las IA, no logró extraer algún artículo publicado en español en Cuba. Cuando pregunté cuáles eran los criterios de selección que había utilizado, me respondió que se basaba en la cantidad de citas y el nivel de impacto de las revistas.

Sospecho que a las publicaciones cubanas aún les costará trabajo ganarse un lugar en el “mercado internacional”, pues se han conformado varios consorcio editoriales que imponen sus reglas a los autores y, sobre todo, que han influido sobre los sistemas de evaluación de desempeño de cada investigador. Este tema hoy se debate con gran fervor, y es de esperar que haya resultados, aunque quizás nos espera un largo camino hasta modificar los algoritmos actuales, profundamente estructurados en las instituciones financiadoras de las ciencias y en los centros de investigación.

#### El debate científico

He podido constatar que no pocas personas toman muy a mal que se le hagan señalamientos a sus publicaciones o a sus presentaciones en eventos científicos. Lo cierto es que desde el momento en que una idea se hace pública, existe el derecho de no estar de acuerdo con ella y de manifestarlo abiertamente. Además, sin debate y confrontación de ideas, la ciencia se estanca. Cualquiera que conozca un poco de la historia de la ciencia, podrá percatarse de los profundos debates que la han caracterizado, en los que han estado involucrados mentes tan brillantes como Charles Darwin y Albert Einstein, por citar solo dos. Como crítico, publiqué en 1966 un comentario al capítulo dedicado al Sistema Neógeno del libro *Geología de Cuba*, elaborado por un colectivo de autores cubanos y rusos. Como no tenía idea de donde publicarlo, fui a ver al autor principal de dicha obra, el Dr. Gustavo Furrázola, que me había ayudado siempre con sus

consejos y enseñanzas. Este lo revisó y gestionó su publicación en la *Revista Tecnológica* del MINBAS. El Dr. Furrázola fue un maestro y científico ejemplar, y esta acción lo caracteriza.

En la década de los noventa fui elegido miembro, a nivel personal, del Consejo Científico de la UNESCO/IUGS para el Programa Internacional de Correlación Geológica (Hoy Programa de Geociencias). Como tal tenía que leerme las propuestas de proyectos a financiar, y emitir una opinión a favor o en contra, que por lo general era definitiva. Después he ejercido como árbitro de algunas revistas nacionales e internacionales. Y en especial, me he mantenido defendiendo mis ideas sobre algunos temas de Geología, Estratigrafía y Paleogeografía de Cuba y del Caribe, pues cada vez que se publica alguna crítica, y no la encuentro justa, la enfrento con pasión y con respecto. Entre las teorías que más he defendido están: El modelo geológico de Cuba, el origen de la biota antillana, la reconstrucción paleogeográfica del Caribe, en especial entre el Eoceno y el Oligoceno (GAARlandia), y la antigüedad del ámbar dominicano.

Algunos colegas me han señalado, no sin suspicacia, que con el paso del tiempo he cambiado de opinión sobre algunos temas geológicos. Incluso, hubo quién afirmó que yo había elaborado una variante, para cada posible interpretación de la estructura geológica de Cuba, de manera que mis trabajos se debieran citar, en independencia del modelo que se expusiera. En lo primero tienen razón, pues cada vez que he publicado una idea o modelo, y después han aparecido datos nuevos, o he ajustado mi hipótesis, o la he sustituido por otra más adecuada, de los cual me siento orgulloso. Ya lo dijo un erudito: “rectificar es de sabios”. La ciencia debe ejercerse con mente abierta, analizando diversas posibles hipótesis, y descartando toda aquella que contradiga los datos disponibles. No soy sabio, pero tampoco soy terco.

Durante mi vida de trabajo científico me he esforzado en promover el conocimiento, y para lograrlo, preparé la geobiblioteca digital para poner a disposición de todos las publicaciones cubanas. En la práctica, siempre inspecciono la lista de referencias antes de leer un artículo científico, o una tesis. Ser exhaustivo en el estudio de la bibliografía existente antes de elaborar un proyecto o un informe o un artículo o una tesis, es un momento imprescindible que puede definir la validez de los resultados.

Esto lo aprendí indirectamente de un querido colega, el Dr. Arthur A. Meyerhoff, con quien mantuve un amplio intercambio epistolar durante muchos años, hasta su

temprana muerte. Sus publicaciones se distinguían por una larga lista de referencias, las cuales estaban correcta y oportunamente citadas dentro del artículo. Esta es una enseñanza que deben imitar los nuevos investigadores. El Dr. Meyerhoff fue un fecundo oponente de la Deriva Continental durante los años setenta, el cual, aunque no logró convencer, escribió importantes análisis críticos de carácter teórico y con aporte de datos, desde su mismo surgimiento. Sus observaciones seguramente contribuyeron a que los proponentes de la Tectónica de Placas tuvieran que esforzarse más para demostrar sus criterios. Para mí fue una satisfacción traducir y publicar una versión al español de uno de sus trabajos críticos, que constituye un buen ejemplo de la profundidad de su pensamiento <sup>(2)</sup>.

Meyerhoff me ayudó a publicar parte de mi trabajo en revistas de América del Norte, como la AAPG; y su esposa elaboró las ilustraciones con excelente calidad. Durante nuestra correspondencia inicial, se refería a mí como “doctor”, pero le dije que no me había graduado de ninguna universidad. Esto fortaleció nuestra amistad, y a partir de ese momento fue muy solidario con mis preguntas sobre la geología de Cuba y el Caribe, ya que había trabajado en Cuba durante muchos años y había publicado contribuciones muy importantes. También fue un crítico sistemático de algunos de los primeros trabajos rusos en Cuba, que negaban la existencia de grandes cabalgamientos en la isla <sup>(3)</sup>.

Cierta vez, Meyerhoff le pidió a un profesor de la Universidad de Dallas que me invitara a ofrecer una conferencia, para así poder visitarlo en Oklahoma, ya que él mismo no estaba en condiciones de hacerlo. Esa persona le respondió que no era posible, porque no se permitía la entrada de cubanos a los Estados Unidos, lo cual era falso. En definitiva, lamento mucho no haber tenido la oportunidad de conocerlo en persona.

#### Referencias citadas

- (1) Iturralde-Vinent, M.A. 1981. El debate científico se extingue: Por qué?. Revista Geoinformativa, Instituto de Geología y Paleontología:18-20. (<http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1981%20Iturralde%20El%20debate%20cientifico%20se%20extingue.pdf>)
- (2) Meyerhoff, A.A., Meyerhoff, H.A. y Briggs, R.S., 1974. Deriva continental. Propuesta de hipótesis para la tectónica terrestre. Rev. Tecnológica 11(3):68-87. (<http://www.redciencia.cu/Geobiblio/paper/1974%20MEYERHOFF%20Deriva.pdf>)
- (3) Khudoley, K.M. y Meyerhoff, A.A., 1971. Paleogeography and geological history of Greater Antilles. Geological Society of America Memoirs 129,199p.

## GEOLOGIA Y BELLAS ARTES: LA TIERRA COMO FUENTE DE INSPIRACIÓN CULTURAL Y CREATIVA

### PARTE 1. Arquitectura, Escultura y Pintura

**Jesús S. Porras M.**

**Consultor Independiente**

#### INTRODUCCION

Las artes principales, conocidas tradicionalmente como las siete Bellas Artes, son formas de expresión creativa orientadas a la belleza, la emoción y la admiración. Son reconocidas como algunas de las expresiones más elevadas del intelecto humano (Boixereu y Meseguer, 2023). A través de ellas, las sociedades han representado su historia, sus creencias y su forma de comprender el mundo. Aunque suelen ubicarse en el campo de las humanidades, su desarrollo también ha estado relacionado con la naturaleza y, en muchos casos, con la geología.

A primera vista, la geología y las artes pueden parecer disciplinas muy diferentes. La geología estudia la formación de la Tierra, los procesos y cómo ha cambiado a lo largo del tiempo, mientras que las artes buscan expresar ideas, emociones y experiencias. Sin embargo, ambas se encuentran en la naturaleza. Las montañas, rocas, paisajes, colores y formas del mundo natural han servido desde siempre como fuente de inspiración para artistas, escritores y creadores.

Desde los primeros pigmentos minerales utilizados en las cavernas hasta las grandes construcciones en piedra y las narraciones inspiradas en volcanes o fósiles, la Tierra ha sido tanto la materia prima como el estímulo creativo. La piedra, la arcilla, los minerales y los metales han permitido la creación de innumerables obras, mientras que los paisajes naturales han aportado escenarios, símbolos e identidad cultural en diversas creaciones artísticas.

Por otra parte, el concepto geológico de “tiempo geológico profundo”, la idea de que la Tierra tiene millones de años, cambió la manera de entender la historia del planeta y el lugar que ocupa el ser humano en ella. Esta nueva visión influyó en escritores, artistas y cineastas, y se reflejó en distintas manifestaciones artísticas.

Aunque la geología pertenece a las ciencias naturales y el arte a las humanidades, ambas constituyen formas de

conocimiento orientadas a interpretar la realidad. La geología lo hace a través de la observación y el estudio sistemático de los procesos naturales; el arte, a través de imágenes, sonidos, formas y relatos capaces de emocionar y sensibilizar a la sociedad y ayudarla a comprender el mundo.

Este artículo explora esa conexión entre ciencia y creatividad, mostrando cómo la dinámica terrestre ha dejado una huella constante en la cultura a lo largo del tiempo. Para ello, el trabajo se divide en dos partes: la primera aborda la presencia de la geología en la arquitectura, la escultura y la pintura, mientras que la segunda analiza su influencia en la música, la literatura, el cine y la danza.

#### LOS MATERIALES GEOLÓGICOS COMO FUNDAMENTO ARTÍSTICO

Desde los inicios de la humanidad, los materiales geológicos han sido la base de muchas expresiones artísticas. La piedra, arcilla, minerales y metales no solo sirvieron como recursos útiles, sino también como medios para crear belleza y transmitir ideas. Con ellos se construyeron templos y monumentos, se esculpieron figuras, se prepararon pigmentos para pintar y se fabricaron objetos e instrumentos. Sus colores, texturas y resistencia influyeron directamente en las técnicas y estilos.

Según Petersen (2003), los primeros pigmentos utilizados por el ser humano tenían un claro propósito artístico. Provenían de minerales fáciles de obtener, como óxidos de hierro, manganeso, y carbón vegetal, y permitieron realizar pinturas en cuevas, superficies y objetos. Más adelante se incorporaron minerales más valiosos, como el lapislázuli, la malaquita y el cinabrio, apreciados por la intensidad y estabilidad de sus colores, así como por su rareza.

La piedra ha sido fundamental en arquitectura y escultura. Rocas como el mármol, el granito y la caliza se emplearon

por su resistencia y durabilidad. En escultura, las propiedades físicas de la roca como dureza, tamaño de grano y fracturas, condicionan la técnica y el nivel de detalle (Siegesmund & Snethlage, 2014). Las rocas carbonáticas y los mármoles permiten tallas más finas, mientras que las rocas ígneas, más duras, favorecen formas más monumentales. Además, la elección del material tiene un valor simbólico relacionado con permanencia y memoria, especialmente en obras funerarias y monumentales (Arias, 2015). La arcilla permitió el desarrollo de la cerámica y elementos decorativos; los minerales aportaron pigmentos; y los metales hicieron posible esculturas y objetos ornamentales.

En síntesis, los materiales geológicos no son solo elementos naturales: son la base con la que el ser humano ha transformado la Tierra en arte.

#### LA GEOLOGIA y LAS ARTES PRINCIPALES

La geología y las bellas artes, aunque parezcan mundos opuestos e incompatibles, mantienen una relación cercana, de muy larga duración, y más que fascinante, que ha evolucionado a lo largo de los siglos. Boixereu Vila y Meseguer Mayoral (2023) señalan que la ciencia y el arte, aunque persiguen fines distintos, comparten puntos de encuentro. La ciencia busca explicar el mundo mediante observación, evidencia y conocimiento acumulado, mientras que el arte lo interpreta y lo comunica a través de formas visuales, sonoras o literarias. En ambos casos, la creatividad es esencial: tanto artistas como científicos exploran lo desconocido, valoran la belleza de la naturaleza y buscan producir nuevas maneras de comprender y representar la realidad.

Baucon en *Geology in Art* (2009), examina cómo la geología ha influido en distintas manifestaciones artísticas desde el Renacimiento hasta la actualidad. A través de ejemplos en pinturas, ilustraciones científicas, cómics y música, muestra que los paisajes, fósiles y procesos de la Tierra han servido como fuente de inspiración para artistas y científicos. Plantea que el arte es una vía eficaz para comunicar y divulgar la geología, al combinar conocimiento científico con sensibilidad estética.

La geología no solo estudia rocas, minerales y procesos de la Tierra; también ofrece y provee materiales, paisajes, escalas de tiempo y símbolos que han acompañado e inspirado la creación artística a lo largo de la historia. Define la estética del entorno natural. En muchos casos, el

arte no solo representa la naturaleza: está hecho literalmente de ella.

#### LA TIERRA EN LAS ARTES VISUALES: ARQUITECTURA, ESCULTURA Y PINTURA

Desde tiempos antiguos, la relación entre la Tierra y las artes ha sido estrecha. La arquitectura, la escultura y la pintura han utilizado directamente materiales provenientes del entorno natural o geológico, como la piedra, la arcilla, los pigmentos minerales y metales. Estos elementos no solo han servido como materia prima para construir y crear obras, sino que también han influido en la forma de representar la naturaleza y el paisaje.

Colinas, montañas, formaciones rocosas, acantilados y volcanes han inspirado numerosas obras visuales a lo largo de la historia. Al mismo tiempo, muchas construcciones emblemáticas se han levantado con materiales extraídos del subsuelo, mostrando cómo la geología forma parte del patrimonio artístico y cultural de las sociedades. En este sentido, las artes visuales reflejan tanto el uso de los recursos de la Tierra como la fascinación humana por los paisajes y procesos naturales.

La relación de la geología con cada una de las artes clásicas se expone a continuación:

#### ARQUITECTURA Y PIEDRAS ORNAMENTALES

La arquitectura es la manifestación artística más estrechamente vinculada con la geología, ya que depende directamente de los materiales y condiciones que ofrece la Tierra. A lo largo de la historia, la disponibilidad local de rocas no solo condicionó las técnicas constructivas, sino que también definió estilos, escalas monumentales e identidades urbanas.

Desde la Antigüedad, la elección del material fue determinante tanto en la estructura como en la estética. El mármol y el travertino empleado en las colosales obras como el Partenón y el Coliseo ilustran cómo la geología regional influyó en la expresión formal y simbólica de las civilizaciones clásicas. La explotación sistemática de canteras y el comercio de piedras ornamentales configuraron, especialmente en contextos imperiales, redes económicas y logísticas de gran escala (Arias, 2015).

La arquitectura histórica refleja así la geología regional. El uso de materiales locales determinó la identidad cromática y constructiva de numerosas ciudades. Cada territorio imprimió en sus edificaciones el carácter mineral de su

substrato, generando paisajes urbanos coherentes con su entorno natural.



Figura 1. El Partenón, en Atenas, Grecia, uno de los íconos arquitectónicos del mundo, fue construido casi en su totalidad con mármol pentélico extraído de canteras locales. (Foto: Urbipedia, <https://www.urbipedia.org>)

En algunos casos, la relación fue aún más directa: la arquitectura no solo utilizó la roca, sino que intervino sobre ella. Las ciudades de Petra y Capadocia son ejemplos emblemáticos. En Petra, templos y fachadas monumentales fueron tallados en areniscas rojizas cámbrico-ordovícicas; en Capadocia, viviendas, iglesias y ciudades subterráneas se excavaron en tobas volcánicas formadas entre el Mioceno tardío y el Plioceno, producto de erupciones regionales. En estos casos, la geología no fue solo material de construcción, sino soporte físico de la forma arquitectónica.

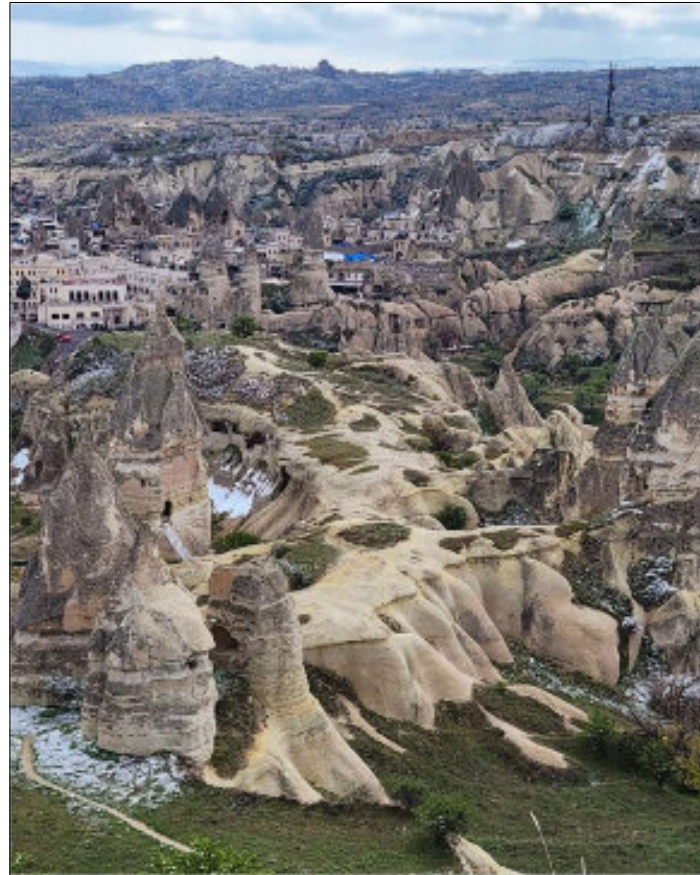


Figura 2. Paisaje de Capadocia, Turquía, donde toda una ciudad, incluyendo iglesias, viviendas y cuevas están talladas y excavadas en toba volcánica e ignimbritas, de edad Mioceno-Cuaternario.

Desde el punto de vista técnico, la selección de la piedra implicó considerar propiedades petrográficas como resistencia mecánica, porosidad, durabilidad frente a la intemperie y comportamiento ante procesos de alteración (Siegesmund & Snethlage, 2014). La compresión empírica, y posteriormente científica, de estas características permitió el desarrollo de soluciones estructurales más eficientes y de técnicas decorativas cada vez más complejas.

Las técnicas ornamentales en piedra evolucionaron significativamente a lo largo del tiempo. Durante la Edad Media, la técnica cosmatesca consistía en revestir superficies con fragmentos de mármoles policromos formando patrones geométricos complejos. En el Renacimiento surgió la taracea pétrea, basada en el corte y ensamblaje preciso de láminas delgadas de piedra para crear composiciones figurativas. En los talleres de Florencia se perfeccionó la “pietra dura” que empleaba piedras semipreciosas cuidadosamente seleccionadas y pulidas para lograr imágenes de gran detalle (Porras, 2026). Estas prácticas revelan un conocimiento avanzado

de las propiedades físicas y estéticas de los materiales geológicos.

Además de los materiales visibles, la influencia geológica histórica también abarca el subsuelo. El estudio del terreno fue siempre fundamental para la estabilidad estructural, el diseño de fundaciones y la adaptación a riesgos naturales. Incluso en la arquitectura moderna, materiales como el cemento y el vidrio derivan directamente de recursos geológicos (calizas, arcillas, arenas silíceas), lo que demuestra la continuidad de esta dependencia a lo largo del tiempo.

## ESCULTURA

La geología es fundamental en la escultura porque proporciona la materia prima y condiciona las posibilidades técnicas y estéticas de la obra. Las propiedades de cada roca como la dureza, tamaño de grano, homogeneidad y resistencia, determinan el nivel de detalle que puede lograrse y su durabilidad en el tiempo. La elección de la piedra influye en la textura, el color, la resistencia y también en el significado simbólico de la obra. Su calidad determina el resultado artístico y su disponibilidad ha marcado las tradiciones escultóricas de distintas culturas.

Una propiedad importante que consideran los escultores es la dureza de la roca, expresada en la Escala de Mohs, que clasifica los minerales según su resistencia al rayado. Este criterio influye directamente en la facilidad o dificultad para trabajar la piedra. Rocas duras como la diorita, el basalto o el granito resultan más difíciles de tallar, mientras que otras más blandas, como el mármol, el alabastro o la esteatita, permiten un trabajo más sencillo y detallado. En general, las rocas blandas facilitan un tallado más rápido y preciso, mientras que las más duras requieren mayor esfuerzo y herramientas especializadas. Además, la dureza depende de la composición y de la estructura interna de la roca, y puede aumentar ligeramente con el tiempo después de su extracción. Las lutitas, limolitas y esquistos y arcillas, por su baja resistencia estructural, no se consideran en escultura.

Aunque la piedra continuó siendo protagonista en monumentos, catedrales y espacios públicos a lo largo de la historia, en épocas recientes los artistas han incorporado también materiales como acero, cemento, madera, papel, vidrio y resinas. En muchos casos, estas obras no solo emplean materiales diversos, sino que además integran el paisaje como parte esencial de la creación artística.

## Escultura Antigua

La historia de la escultura antigua está profundamente relacionada a la disponibilidad, propiedades físicas y significado simbólico de los materiales geológicos. Mucho antes de que existiera una clasificación petrográfica formal, las civilizaciones del Mediterráneo, el Cercano Oriente y Asia ya distinguían las rocas por su dureza, color, textura y capacidad de pulido, seleccionándolas según la función estética, religiosa o política de la obra. Estas propiedades determinaron tanto la técnica como el estilo y el significado simbólico de las esculturas.

En Mesopotamia, ante la escasez de grandes bloques pétreos, se utilizaron calizas, alabastros y dioritas importadas para estatuas votivas y relieves monumentales. En Egipto, los granitos y dioritas, como los procedentes de Asuán, simbolizaban permanencia y poder, mientras que en Grecia los mármoles blancos de Paros y Carrara ofrecieron fineza y translucidez ideales para la escultura clásica. Obras emblemáticas como la Venus de Milo o el David demuestran cómo la geología condicionó la estética: la blancura y pureza del mármol se asociaron con el ideal de belleza y perfección formal incluso hasta el Renacimiento.

Los romanos ampliaron el repertorio geológico incorporando mármoles y piedras de todo el Imperio: pórfidos rojos, serpentinitas verdes, brechas policromas y calizas coloreadas, donde el color representaba el poder y dominio territorial y reforzaba el mensaje político.

En Asia, culturas como la india y la china emplearon areniscas, mármoles y jades, materiales asociados a valores espirituales, sagrados y cosmológicos. En la América precolombina, civilizaciones mesoamericanas y andinas trabajaron rocas volcánicas, como basaltos, andesitas y granitos, integrando la roca al paisaje y dotándola de una fuerte carga ritual.

En todos los casos, la geología no solo proporcionó el material, sino que condicionó la forma, la técnica constructiva y la estética y fue portadora de identidad cultural, simbolismo y memoria.

## Escultura Contemporánea

La escultura contemporánea ha ampliado significativamente su campo material y conceptual. Ya no se limita al mármol o al bronce tradicionales, sino que incorpora acero, metales, vidrio, hormigón y, de manera destacada, piedra natural en diálogo directo con el paisaje.

En muchos casos, el material no es solo soporte físico, sino portador de significado: textura, color, estructura y origen geológico se convierten en parte del discurso artístico.

Así, la geología deja de ser un elemento pasivo y pasa a influir en decisiones técnicas, estéticas y simbólicas. La elección de una roca específica, por su dureza, fractura, tonalidad o historia tectónica, integra tiempo geológico y territorio en la obra escultórica.

#### a) Esculturas de Piedras Naturales y Materiales Terrestres

Las esculturas en mármol, granito, arenisca, basalto u otras rocas no solo representan formas artísticas, sino también la transformación de materiales geológicos en símbolos culturales.

Ejemplos de escultura contemporánea como los de Adelaide Hills y Broken Hill, en Australia, demuestran cómo el arte puede convivir con la geología a distintas escalas: desde la integración paisajística hasta la evocación de procesos mineros y tectónicos. En ambos casos, la piedra no es un recurso nulo, sino un elemento que incorpora tiempo geológico, identidad territorial y significado cultural a la obra artística.

El Hills Sculpture Trail, ubicado en las Adelaide Hills y en parte en la Península Fleurieu, es un ejemplo destacado de integración entre arte y geología. El recorrido reúne 26 esculturas contemporáneas creadas por artistas de distintos países durante los Simposios Internacionales de Escultura realizados en 2012, 2014 y 2016. La región forma parte de la Faja Plegada de Adelaide, caracterizada por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de edades que van del Proterozoico al Paleozoico temprano. Esta diversidad geológica ha favorecido el uso de piedras locales en las esculturas, con una amplia gama de colores desde grises y negros hasta ocre, rojizos y blancos, que se integran naturalmente con el paisaje ondulado y los afloramientos del entorno. Entre los materiales utilizados destacan distintos mármoles del sur de Australia y el granito oscuro conocido como la Norita de Black Hill. En el simposio de 2016 se incorporaron además nuevas variedades como gneiss y granitos provenientes de la Península de Eyre y la Cordillera de Gawler (Hough, 2016, 2019) ([https://www.energymining.sa.gov.au/industry/geological-survey/mesa-journal/previous-feature-articles/carving\\_dreams\\_in\\_stone](https://www.energymining.sa.gov.au/industry/geological-survey/mesa-journal/previous-feature-articles/carving_dreams_in_stone))



Figura 3. The Sculptors, obra del escultor chino Liu Yang, realizada en Sellicks Hill Marble. La escultura presenta formas geométricas pulidas que contrastan con la superficie natural del bloque de mármol, destacando el equilibrio entre textura, color y forma. Instalación ubicada en Newenham, Mount Barker. (créditos: Joanne Hugh, 2019) en ([https://www.energymining.sa.gov.au/industry/geological-survey/mesa-journal/previous-feature-articles/geology\\_meets\\_art#top](https://www.energymining.sa.gov.au/industry/geological-survey/mesa-journal/previous-feature-articles/geology_meets_art#top))

En Broken Hill, histórica ciudad minera de Australia, la relación entre geología y arte se expresa con fuerza en las Living Desert Sculptures. Este conjunto, creado en 1993 durante un simposio internacional, reúne doce esculturas talladas en grandes bloques de arenisca trasladados desde la región de Wilcannia, unos 200 km al este. Ubicadas en colinas del desierto, las obras aprovechan la textura y el tono rojizo de la roca para integrarse con el paisaje árido. Aquí, la piedra no solo es material artístico, sino también símbolo de la identidad geológica y minera que define a la región.



Figura 4. Esculturas en arenisca en el Living Desert Park, Broken Hills, Australia (crédito foto: Quantas)

#### Land Art

El “land art” surgió en las décadas de 1960 y 1970 como parte del movimiento artístico conceptual, trasladando la creación artística desde galerías hacia el paisaje natural. En lugar de usar lienzos, los artistas trabajaron directamente con tierra, rocas y agua. Anteriormente, se documentaba mediante fotografías, mapas y textos que luego se exhibían en galerías si bien algunos artistas incorporaban los materiales en instalaciones dentro de espacios cerrados, trasladando fragmentos del paisaje al ámbito expositivo.

Una obra emblemática y monumental es la “Spiral Jetty” de Robert Smithson, construida en 1970 con 5.000 toneladas de bloques de basalto negro y tierra del lugar y emplazada en el Great Salt Lake, donde el entorno y procesos naturales como la erosión, clima, inundaciones y salinización forman parte de la obra.

Mientras algunos artistas del Land Art realizaron intervenciones monumentales moviendo grandes volúmenes de tierra, otros optaron por acciones simples y temporales. Entre ellos destaca Richard Long, cuyas obras consisten en intervenciones mínimas en el paisaje, como líneas, círculos o senderos formados con piedras. Sus caminatas por bosques, montañas, desiertos o llanuras son parte esencial de su trabajo, dejando huellas sutiles en el terreno y estableciendo una relación directa entre arte y naturaleza (<https://www.richardlong.org/>)



Figura 5. Spiral Jetty de Robert Smithson (izq) y Circulo del Sahara de Richard Long (der) grandes exponentes del land art.

El land art destacó la relación entre arte y geología, convirtiendo el paisaje en parte y significado de la creación artística.

#### Sand Art

El arte con arena (sand art) es una expresión creativa que utiliza arena natural o coloreada para formar imágenes y esculturas. Puede ser temporal o permanente, según la

técnica empleada. Incluye diversas modalidades o técnicas: a) botellas con capas de arena de colores para formar paisajes o diseños complejos, b) pintura sobre superficies adhesivas, c) dibujo y animación en mesas de luz, d) esculturas en playas y e) arte cinético en marcos de vidrio, donde la arena se mueve formando paisajes cambiantes al girarlos.

La invención y perfeccionamiento de las “botellas de arena” se atribuye a Andrew Clemens (1857-1894), quien alcanzó gran reconocimiento por realizar botellas personalizadas por encargo, muchas de ellas conmemorativas. Aunque su trabajo inspiró a otros aficionados, los investigadores coinciden en que ningún artista igualó su nivel técnico. Clemens produjo cientos de piezas, pero debido a su fragilidad, solo una parte reducida ha sobrevivido hasta la actualidad.

Si bien esta práctica artesanal tiene antecedentes antiguos en diversas culturas, en la actualidad se realiza principalmente con fines decorativos. En muchos casos, la arena natural ha sido sustituida por polvos finos de origen natural o sintético, que permiten obtener una mayor variedad de colores y efectos visuales.

La pintura con arena es una técnica artística ancestral que utiliza arenas de distintos colores para crear imágenes y diseños sobre diversas superficies. La arena puede aplicarse con brocha, espolvorearse o pulverizarse para generar diferentes texturas y efectos. En muchos casos se emplean superficies adhesivas o pegamentos que permiten fijar los granos y resaltar su relieve natural, dando a la obra una apariencia táctil y colores vibrantes.

En esta categoría también están las esculturas de playa, una forma de arte efímero que utiliza arena, agua y a veces conchas o piedras como materiales principales. Estas obras, conocidas comúnmente como esculturas o castillos de arena, se realizan directamente sobre la playa y suelen representar figuras, paisajes, animales o construcciones imaginarias. Aunque su duración es limitada debido al viento, las mareas y la erosión, estas esculturas muestran cómo un material geológico simple como la arena puede transformarse temporalmente en una expresión creativa y artística ligada al entorno costero. En este arte sobresale el artista japonés Toshihiko Hosaka, creador de impresionantes, colosales y detalladas esculturas y ganador de afamados festivales internacionales. (<https://culturainquieta.com/arte/escultura/el-japones-toshihiko-hosaka-crea-impresionantes-esculturas-de-arena-en-la-playa/>)



Figura 6. Toshihiko Hosaka, artista y escultor, posando frente a una de sus impresionantes y detalladas obras en arena. (<https://twistedifter.com/2017/05/toshihiko-hosaka-creates-incredible-things-out-of-sand/>)

#### b) Esculturas de Materiales No Terrestres

En el arte contemporáneo, muchos escultores abordan temas geológicos sin utilizar directamente rocas, minerales u otros elementos terrestres. En lugar de piedra, emplean materiales como acero, vidrio, papel, tela, madera, plásticos o resinas para evocar volcanes, estratos, fósiles, pliegues, fallas, fracturas o procesos tectónicos.

Estas obras no reproducen necesariamente la materia geológica en sí, sino que reinterpretan sus formas, texturas y dinámicas mediante recursos industriales o sintéticos. El uso de acero puede sugerir la fuerza estructural de una falla; el vidrio, la transparencia de los cristales; las resinas, la fluidez del magma; el papel en capas, la superposición estratigráfica.



Figura 7. "Corte transversal de una montaña de 107280 hrs aprox." (2009) collage de revistas de televisión por cable, 42 x 70cm (Kenji Nakama en Pangea). Las guías de TV fueron rasgadas longitudinalmente y plegadas para imitar mesetas y capas del

terreno y luego superpuestas unas a otras y apiladas, para formar una montaña, según el autor.

La artista estadounidense Laura Moriarty desarrolla una obra de arte contemporáneo inspirada en procesos geológicos y paisajes de la Tierra. Sus trabajos combinan pintura, escultura y grabado mediante la técnica de encaústica, utilizando cera pigmentada, arena y otros materiales naturales para crear texturas que evocan estratos, fracturas y formaciones rocosas. Su obra busca traducir visualmente la dinámica de la Tierra y el concepto de tiempo geológico en composiciones abstractas.



Figura 8. "Normal Faults" (escultura) por Laura Moriarty <https://artthescience.com/magazine/2017/10/15/creators-laura-moriarty/>

El artista brasileño Lucas Ferreira crea composiciones a partir de pequeños fragmentos de porcelana hechos a mano, cuyas imperfecciones e irregularidades forman parte esencial de la obra. Estas piezas se ensamblan siguiendo líneas y patrones repetitivos que generan texturas sutiles y una estructura visual particular.

Gran parte de su trabajo se inspira en formas y procesos geológicos, como se observa en obras tituladas Volcanic, Icebreaker, Hidden Depths y Atoll II.

En Horizon (2015), el artista evoca los paisajes marinos de la costa brasilera, mientras que en Tectonic (2014) toma como referencia la Dorsal Mesoatlántica.

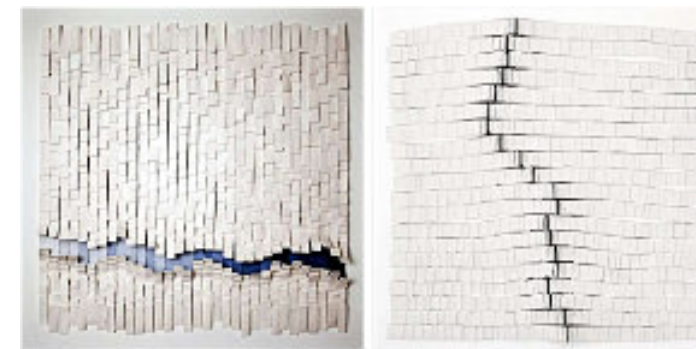


Figura 9. "Hidden Depths" (izq) y "Tectonic" (der) de Lucas Ferreira quien inspira su obra en procesos geológicos como tectónica de placas y expansión del fondo oceánico. (<https://www.latundra.com/lucas-ferreira-esculturas-geologicas/>) y ([www.ferreiravisuals.com/ceramicwork](http://www.ferreiravisuals.com/ceramicwork))

Este enfoque demuestra que la inspiración en la Geología no depende exclusivamente del uso de materiales naturales, sino también del simbolismo y la capacidad comunicativa de otros elementos contemporáneos.

#### PINTURA

La pintura ha estado ligada a la geología desde sus inicios. Mucho antes de que la geología existiera como ciencia, el ser humano ya pintaba paisajes, animales y escenas de la naturaleza usando pigmentos minerales tomados directamente de la Tierra. Con el tiempo, esta relación fue evolucionando: no solo se usaron materiales de origen natural, sino que también comenzaron a representarse montañas, acantilados, volcanes y formaciones rocosas.

En el arte moderno y contemporáneo, esta conexión se hizo aún más clara. Algunos artistas no solo pintan paisajes, sino que incorporan arena, ceniza volcánica y otros materiales naturales en sus obras. También representan procesos como la erosión o la sedimentación, mostrando cómo la Tierra cambia a lo largo del tiempo.

En resumen, la geología ha estado presente en la pintura de dos maneras: como suplidora de materiales (pigmentos y soportes) y como tema de motivación (paisajes y procesos naturales). Desde las pinturas en cavernas hasta el arte actual, la Tierra no solo ha dado los colores, sino también las ideas y el sentido del tiempo profundo que acompaña a muchas obras.

#### Pintura rupestre: los primeros colores de la Tierra

Las primeras manifestaciones pictóricas conocidas, en cuevas de Europa, África, Asia y América, fueron realizadas

con pigmentos minerales como óxidos de hierro (ocres rojos y amarillos), manganeso y carbón vegetal (negros), y arcillas. Estos pigmentos minerales se aplicaban directamente sobre la roca con los dedos, pinceles rudimentarios o mediante soplado, en una técnica sencilla pero duradera.

Estas pinturas no solo muestran escenas de caza o figuras simbólicas, sino que evidencian un conocimiento empírico de los materiales terrestres: selección de minerales, molienda, mezcla con aglutinantes naturales y aplicación sobre superficies rocosas.

En este periodo, la geología no era tema representado de forma explícita, pero sí era la base material del arte: tanto el soporte (la roca) como el color provenían directamente del entorno geológico.

#### Renacimiento Siglos XV-XVI: observación científica del paisaje

Con el Renacimiento, la pintura incorporó una mirada más analítica y naturalista del paisaje. Artistas como Leonardo da Vinci estudiaron la forma de las montañas, la erosión, los estratos y la dinámica del agua. En sus dibujos de roquedos y barrancos, se observa una atención minuciosa a la estructura de las rocas, anticipando incluso principios geomorfológicos modernos. El paisaje dejó de ser un simple fondo decorativo para convertirse en objeto de observación científica y estética. La geología empezaba a aparecer como tema representado, no solo como fuente de pigmentos.

Baucon (2009) señala que la geología comenzó a desarrollarse en el contexto cultural del Renacimiento, cuando artistas y naturalistas empezaron a observar y representar la naturaleza con mayor detalle. Menciona que da Vinci realizó ilustraciones correctas y detalladas de estratos y pliegues, mientras naturalistas como Gessner, Agricola y Aldrovandi describieron y representaron fielmente fósiles y minerales en tratados y enciclopedias de la época.

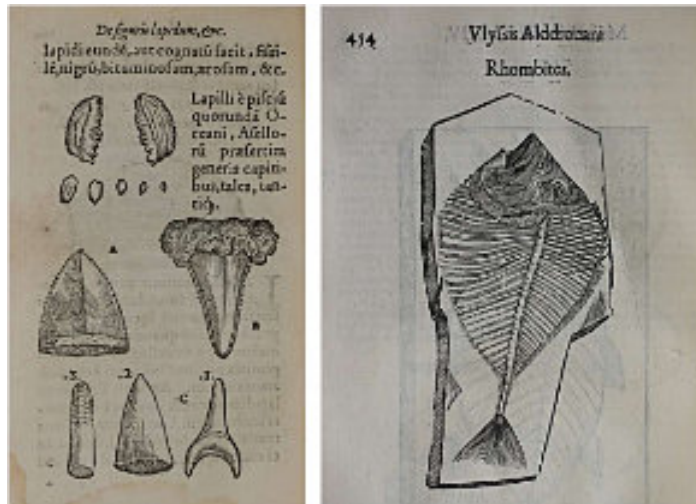


Figura 10. Ilustraciones científicas de la época renacentista realizadas por Conrad Gessner (ca. 1565, izquierda) y Ulisse Aldrovandri (ca. 1603, derecha), mostrando dientes fósiles de tiburones y laja con impresión de pez.

Durante el Renacimiento, la paleta de colores se amplió y refinó gracias al uso de minerales como el lapislázzuli para los azules intensos, la malaquita para los verdes y el cinabrio para los rojos. Las técnicas del fresco, el temple y el óleo permitieron mayor profundidad cromática y detalle, acompañando una observación más rigurosa del paisaje y de las formaciones rocosas.

### Siglos XVII-XIX: el paisaje natural como protagonista

Durante el Barroco y, especialmente, en el Romanticismo, el paisaje adquirió un valor simbólico. La pintura de paisajes como género propio surgió en el siglo XVII en Holanda. En esa época, los artistas dejaron de centrarse principalmente en temas religiosos o retratos y comenzaron a pintar paisajes como tema principal y con la intención simplemente de mostrar la naturaleza en todo su esplendor. En el Barroco y el Romanticismo dominaron los tonos terrosos, azules, verdes profundos y fuertes contrastes de luz y sombra. El óleo en capas y las veladuras facilitaron la representación dramática y detallada del relieve y geoformas, tormentas y volcanes.

Las montañas escarpadas, acantilados, volcanes y mares tempestuosos expresaban lo sublime y la fuerza de la naturaleza. Una buena cantidad de cuadros que recrean eventos geológicos de gran importancia y magnitud, o sus consecuencias, como erupciones volcánicas, terremotos u otras catástrofes se representaron en esta época. (<https://geologicalmanblog.wordpress.com/2019/07/09/la-geologia-del-arte/>)



Figura 11. River Landscape with Mining, pintura del artista flamenco Martin Ryckaert, que muestra un paisaje fluvial con actividades mineras. (<https://art.thewalters.org/browse/creator/martin-ryckaert/>)

La representación de terremotos, como expresión pictórica, se desarrolló sobre todo desde la Edad Moderna, cuando los desastres naturales comenzaron a plasmarse en grabados, pinturas y crónicas ilustradas. En los siglos XVII y XVIII, especialmente después de grandes catástrofes como el terremoto de Lisboa de 1755, los artistas europeos representaron ciudades derrumbadas, iglesias colapsadas y escenas de pánico colectivo. En el siglo XIX, estas imágenes se volvieron más realistas y dramáticas, ligadas al romanticismo y al interés científico por los fenómenos naturales.



Figura 12. Terremoto en Lisboa, pintura de Joao Glama (1708-1792), 1755. Portugal, siglo XVIII (Getty Images) <https://www.bbc.com/mundo/noticias-62382265>

Según "Volcanoes in Art", los volcanes han sido representados de manera destacada en múltiples manifestaciones artísticas a lo largo de la historia en diversas culturas. Sus efectos pueden influir en el clima

local e incluso global mucho tiempo después de una erupción. Por ello, muchas obras inspiradas en volcanes no muestran necesariamente el volcán en erupción, sino que reflejan sus consecuencias ambientales, atmosféricas o simbólicas.

(<https://www.science.smith.edu/climatelit/volcanoes-in-art/>.)



Figura 13. The Destruction of Pompeii and Herculaneum, 1822. John Martin (foto Wikipedea)

Varios pintores han representado volcanes como símbolo de fuerza y belleza natural. Entre ellos destacan Joseph Wright of Derby y Pierre-Jacques Volaire, quienes pintaron erupciones del Vesubio, J. M. W. Turner, que reflejó atmósferas volcánicas en sus paisajes, Frederic Edwin Church, con escenas del Cotopaxi, y Katsushika Hokusai, quien convirtió al Monte Fuji en un ícono artístico y cultural. Sobresale Jules Tavernier (1844-1889), pintor francés radicado en Hawaii, considerado el pintor más trascendente de la escuela de paisajes volcánicos por sus deslumbrantes descripciones de volcanes.

Los artistas europeos representaron formaciones rocosas con creciente fidelidad, coincidiendo con el desarrollo de la geología como ciencia en los siglos XVIII y XIX. Las expediciones científicas y el estudio sistemático de fósiles, estratos y volcanes influyeron en esa corriente artística. El paisaje geológico pasó a interpretarse como representativo de la antigüedad e inmensidad de la Tierra.

El irlandés Georges Victor Du Noyer (1817-1869) además de geólogo fue también un talentoso artista y dibujante. Sus ilustraciones detallistas de paisajes, formaciones rocosas y monumentos históricos sirvieron como valiosos registros científicos en una época anterior a la fotografía.



Figura 14. Dibujos del Old Red Sandstone realizados por George Victor Du Noyer: Folds in the Old Red Sandstone (ca. 1850, izquierda) y Old Red Sandstone for Devil's Punch Bowl, Mangerton (1855, derecha), que ilustran estructuras y paisajes geológicos.

El Gran Cañón del Colorado es, probablemente, uno de los paisajes más retratados del mundo. Desde el siglo XIX ha sido representado en numerosas pinturas y grabados que resaltan su inmensa escala y su extraordinaria riqueza geológica. Artistas como Thomas Moran y William Henry Holmes desempeñaron un papel clave en la difusión de su imagen, al combinar sensibilidad artística y observación científica. Morán, como pionero, consolidó su proyección con la obra "The Chasm of the Colorado", mientras que Holmes realizó dibujos y panorámicas de notable precisión geológica y gran valor estético.



Figura 15. Panorama from Point Sublime, Part 1 Looking East, USGS (W.H. Holmes, 1882)

### Modernidad: abstracción y materia

En el siglo XX, la pintura moderna transformó la representación del paisaje. Con la modernidad, los artistas comenzaron a experimentar con texturas y materiales, incorporando arena, polvo mineral y capas espesas de pintura para evocar procesos como la sedimentación, estratificación o la erosión. Las superficies pictóricas, con capas superpuestas de color, puede interpretarse como una analogía de la estratigrafía

Destaca el trabajo de Ed Bartram (1938–2019), un pintor canadiense reconocido por sus representaciones detalladas de formaciones rocosas del escudo canadiense. Su obra se puede catalogar dentro del realismo contemporáneo, con un enfoque paisajístico y una mirada casi científica del terreno. Sus pinturas se caracterizan por un realismo minucioso que resalta grietas, fracturas y texturas de la piedra, a veces con un enfoque cercano a lo topográfico. En muchas composiciones reduce otros elementos del paisaje para concentrarse casi exclusivamente en la superficie rocosa.



Figura 16. Paisaje costero con estratos rocosos plegados, obra del artista canadiense Ed Bartram (1938–2019). La composición resalta las estructuras y texturas de la roca expuesta, reflejando el interés del artista por las formas y procesos geológicos del paisaje.

Se consideran icónicas dentro de la ilustración geológica educativa las obras de Herbert A. Collins, Sr., pintor paisajista y retratista científico estadounidense reconocido por sus representaciones geológicas para el Servicio de Parques Nacionales. Sus obras combinaron precisión técnica y claridad visual para explicar procesos como la erosión, la sedimentación, el vulcanismo y el modelado glaciar. Entre sus trabajos más emblemáticos se encuentran las ilustraciones interpretativas del Grand Canyon, con cortes estratigráficos y vistas panorámicas; las reconstrucciones volcánicas del Yellowstone National Park; y los esquemas sobre el origen glaciar del valle de Yosemite National Park.



Figura 17. Secuencia de ilustraciones del artista Herbert A. Collins Sr. que explica la formación del valle del Yosemite National Park, mostrando las etapas del modelado glaciar y la evolución del paisaje hasta su configuración actual.

En el arte contemporáneo, los terremotos y catástrofes naturales también se han abordado desde perspectivas más simbólicas o conceptuales, no solo mostrando la destrucción física, sino también la fragilidad humana frente a las fuerzas de la Tierra.

Algunos artistas trabajaron directamente con arenas, tierras y pigmentos minerales crudos, reforzando el vínculo material con el suelo. Aquí la pintura no solo representa la geología, sino que imita formas y estructura: capas, fracturas, y superposiciones de estratos.

#### Arte pop y contemporáneo: iconografía geológica

En la segunda mitad del siglo XX, el arte pop y otras corrientes contemporáneas incorporaron imágenes de volcanes, dinosaurios, fósiles, y mapas geológicos como parte de la cultura visual masiva. La geología pasó a ser un recurso simbólico y narrativo: catástrofes naturales, eras prehistóricas y paisajes planetarios comenzaron a formar parte del imaginario artístico.

Hoy en día, la pintura inspirada en la geología abarca un amplio espectro expresivo, que va desde representaciones fieles de paisajes y estructuras geológicas hasta propuestas abstractas que interpretan visualmente procesos como el vulcanismo, la tectónica o la sedimentación.

En el arte contemporáneo y el arte pop, los colores son más vivos, intensos y artificiales, mientras que volcanes, dinosaurios y mapas geológicos pasaron a formar parte del imaginario visual urbano y cultural. Las técnicas van desde acrílicos, oleos y acuarelas hasta serigrafías. También

incluye murales urbanos y obras que combinan arte y divulgación científica.

#### Fine Art

En la actualidad ha surgido una corriente que puede denominarse fine art geológico, donde la geología no es solo inspiración temática, sino eje conceptual central. Este enfoque incluye representaciones hiperrealistas de formaciones rocosas y obras abstractas basadas en procesos tectónicos, magmáticos o sedimentarios. La técnica hace uso directo de materiales geológicos como tierras, cenizas volcánicas, arenas o minerales pulverizados. Las pinturas generalmente están fundamentadas en mapas geológicos, fósiles, secciones estratigráficas o imágenes satelitales.

Carol D. Nelson artista basada en Colorado, señala que su obra abstracta se realiza principalmente en acrílico y con frecuencia incorpora materiales mixtos, como papel de arroz, metales, láminas metálicas y medios texturizados. Indica que muchas de sus pinturas evocan formas, capas y superficies que recuerdan procesos y estructuras de la Tierra. Por esa razón, ella misma suele referirse a estas composiciones como “abstractos geológicos”, ya que sugieren estratos, fracturas y texturas propias del paisaje natural.



Figura 18. Obras de la artista estadounidense Carol D. Nelson inspiradas en formas y texturas geológicas. De izquierda a derecha: “Fossil Relics”, “Badlands 2” y “Seductive Sediments”, composiciones abstractas que evocan estratos, fósiles y paisajes sedimentarios.

<https://www.cdnelsoncontemporaryart.com/Geologic-Abstract>

La geóloga y artista estadounidense Susan Eriksson realiza pinturas abstractas inspiradas en los procesos de la Tierra. Su trabajo, elaborado principalmente con acrílico sobre madera, busca representar dinámicas geológicas como la tectónica de placas. En su serie Tectonics, paneles de tonos rojizos evocan el encuentro y movimiento de los continentes. Los títulos de sus obras reflejan claramente esta inspiración geológica, como Correlation, Farallon, Cambrian Trip, Karst #4, Komatiite, Tectonics y 2.6–2.5 Ga.

(<https://phys.org/news/2008-06-beaded-viruses-geology-inspired-art-science.html>)

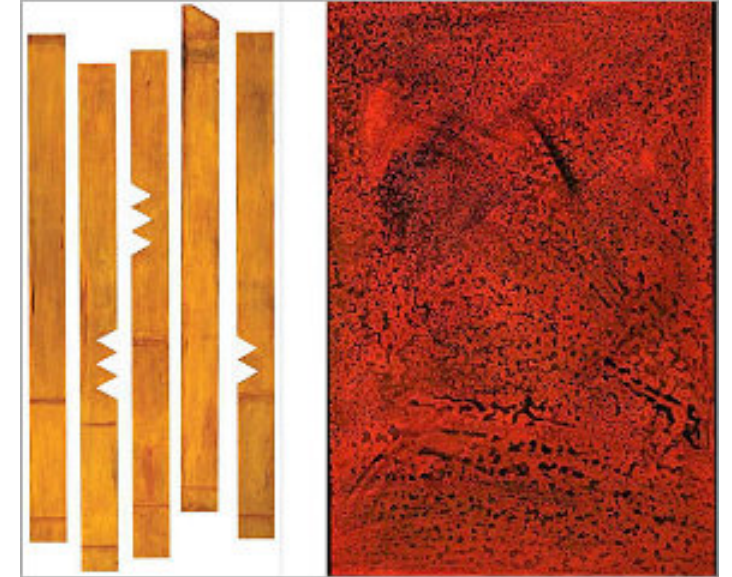


Figura 19. “Correlation” (izq) y “Komatiite” (der) son dos de las creaciones de la artista y geóloga Susan Eriksson de su serie “Tectonics” (2008) donde evoca la tectónica de placas.

Karen Gossel es una artista radicada en Suiza, reconocida por sus dibujos en lápiz de color de gran detalle, especialmente centrados en temas geológicos y biológicos. Su trabajo suele difundirse bajo el nombre “The Fine Art of Karen Gossel” en comunidades especializadas de arte y ciencia. Una parte importante de su producción consiste en representaciones minuciosas de fósiles, como amonites, equinoideos y formas heteromorfas. Sus obras destacan por la precisión en las texturas, volúmenes y estructuras, combinando rigor científico con una cuidada sensibilidad estética.



Figura 20. Ilustraciones de fósiles realizadas por la artista de fine art Karen Gosell, que representan con detalle conchas de ammonites, resaltando la belleza y complejidad de sus estructuras.

## Arte Urbano (Street Art), Murales & Graffitis

El street art, integrado hoy en el campo del neo-muralismo, representa una corriente contemporánea que ha revalorizado el mural como herramienta artística, social y educativa. Estos murales de gran formato se han convertido en símbolos de identidad y orgullo urbano, especialmente en barrios con desafíos sociales o económicos, donde contribuyen a mejorar la calidad estética del entorno y a fortalecer el sentido de pertenencia (Rivas et al., 2026).

El street art con temática geológica constituye una forma moderna de acercar la ciencia al espacio público. A través de murales y graffitis, artistas urbanos incorporan imágenes de dinosaurios, bestias prehistóricas, volcanes en erupción, fallas y pliegues, estratificación, fósiles y paisajes primitivos, transformando muros cotidianos en ventanas hacia el tiempo profundo.



Figura 21. Mural compuesto de dinosaurios y volcanes integrados con la naturaleza, de la artista urbana Estefanía Cox (@lafefacox). En este proyecto trabajó junto a los artistas Huansi y Guío Ramírez.

Estas representaciones no solo buscan impacto visual, sino también despertar la curiosidad científica. La figura del dinosaurio, por ejemplo, funciona como símbolo inmediato del pasado remoto y de la evolución de la vida. Murales con grandes terópodos o saurópodos suelen integrarse a edificios modernos, generando un contraste entre lo urbano y lo prehistórico. En muchos casos, evocan hallazgos paleontológicos locales o identidades regionales vinculadas al patrimonio fósil. Algunas creaciones llegan a incorporar materiales sintéticos para enfatizar el tema de la obra.

Los volcanes y procesos tectónicos también son temas recurrentes. Representaciones de magma, capas internas de la Tierra o montañas en formación permiten ilustrar procesos geodinámicos complejos de manera accesible. Este enfoque convierte al mural en una herramienta pedagógica informal, capaz de comunicar conceptos científicos sin necesidad de un aula. El mural "Volcanes de Chile", desarrollado en una estación del Metro de Santiago en colaboración con el Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes de la Universidad de Chile, integra arte y geociencias en el espacio público. Mediante imágenes, textos e infografías, la obra explica los principales procesos geológicos que han modelado la Cordillera de los Andes, acercando el conocimiento científico a la ciudadanía y transformando un entorno urbano en un espacio educativo y cultural.

La serie "The Ballin Wall Murals", realizada por el afamado Hugo Ballin para el Griffith Observatory, presenta ocho paneles que celebran el avance de la ciencia desde la antigüedad hasta 1935. En el panel dedicado a la geología y la biología, la geología aparece simbolizada por un anciano que sostiene cristales minerales, representando la antigüedad de la Tierra y su base material.

Se observan además formas sinuosas emulando pliegues y hasta una "torre de perforación" llega a identificarse. La biología se muestra a través de un científico observando un embrión, una planta y un crustáceo con un microscopio, mientras que fósiles como el cráneo de un tigre dientes de sable y un esqueleto de pez aluden a la paleontología. (<https://griffithobservatory.lacity.gov/exhibits/w-m-keck-foundation-central-rotunda/hugo-ballin-murals/>)

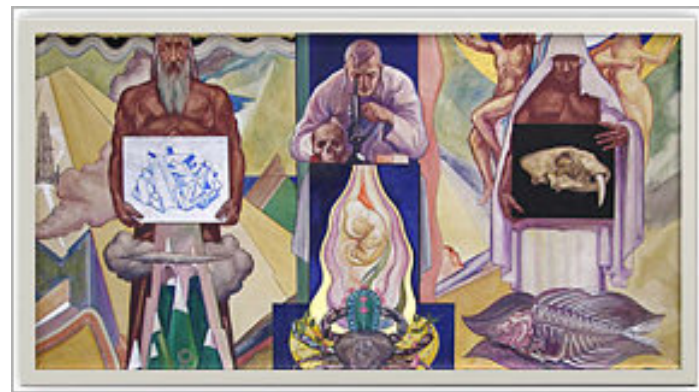


Figura 22. Panel de "The Ballin Wall Murals" con representaciones alegóricas de las ciencias naturales: la geología representada por cristales de minerales, la biología por el estudio microscópico de organismos y la paleontología por fósiles como el cráneo de un tigre dientes de sable y un esqueleto de pez

## CONCLUSIONES

En síntesis, la geología ha acompañado al arte desde sus orígenes. La Tierra ha proporcionado materiales como la piedra, la arcilla, los pigmentos y metales, y también paisajes y elementos geológicos que han inspirado a artistas de distintas épocas. A lo largo del tiempo, los paisajes montañosos, desiertos, cavernas y volcanes han despertado la imaginación humana y han quedado reflejados en múltiples expresiones culturales.

De modo que, la geología no solo explica la formación del planeta, sino que también forma parte de la historia del arte y de la cultura. Muchas obras nacen de los materiales y escenarios que ofrece la Tierra, lo que muestra la estrecha relación entre la naturaleza y la creatividad.

En esta primera entrega, dedicada a las artes visuales, arquitectura, escultura y pintura, la geología aparece principalmente de dos maneras: como material y como tema de representación. Las rocas, minerales y otros recursos del subsuelo han permitido la construcción de monumentos y obras artísticas, mientras que los paisajes geológicos han inspirado numerosas imágenes del mundo natural. En una segunda parte se explorará su presencia e influencia en la música, la literatura, el cine y la danza.

## CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existen conflictos de intereses relacionados con la preparación y publicación de este artículo.

## REFERENCIAS y CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS

- Agrícola G. (1556) De Re Metallica. Traducción: Hebert Clark Hoover H. & Lou Henry Hoover. Dover Publications, Inc., New York, 1950, 638 p.
- Arias, P. (2015). La piedra natural en la arquitectura histórica. Madrid: Editorial Síntesis.
- Baucon A. (2009) Geology in Art. An Unorthodox Path from Visual Arts to Music. tracemaker.com, 120 p. (<https://www.blurb.com/books/1049152-geology-in-art-hardcover>)
- Boixereu Vila Ester y Meseguer Mayoral Rosell (2023). The Geology in Art: Introduction/ La geología en el arte: Introducción. Boletín Geológico y Minero 2023, VOL. 134 (1), 7-11 ISSN: 0366-0176, <http://dx.doi.org/10.21701/bolgeomin/134.1/000>
- Corbí H. y Villanueva S. (2015) Expandiendo la escultura sonora en piedra: puntos de encuentro con la geología. II

- Congreso Internacional de Investigación en Artes Visuales ANIAV 2015. Sesión de Posters. <http://dx.doi.org/10.4995/ANIAV.2015.1256>
- Corbí Sevilla H., Villanueva Marañón Y., Cerdà i Ferré J., Tous J., Martínez Martínez J., Molina Alarcón M. (2016) Explorando los sonidos de las piedras, taller interdisciplinario de exploración geosónica con Litófonos. Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, ISSN 1132-9157, Vol. 24, Nº. 2, 2016, págs. 153-162
- Martínez B.M. (2022). Heavy metal muy geológico. Fronteras/Cuaderno de Cultura Científica (acceso 11/03/2026) (<https://culturacientifica.com/2022/07/07/heavy-metal-muy-geologico/>)
- Ezquerro, L., Simón, J.L. Geomusic as a New Pedagogical and Outreach Resource: Interpreting Geoheritage with All the Senses. Geoheritage 11, 1187–1198 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00364-3>
- Hernández Barreña Daniel (2019) La geología del arte, posted in Actualidad, Hombre Geológico Blog (<https://geologicalmanblog.wordpress.com/2019/07/09/la-geologia-del-arte/>) acceso 25/02/2026
- Hough Joanna (2013) Geology meets art, Government of South Australia. Department for Energy and Mining, MESA Journal 70 Issue 3, 2013, p 44-48.
- Hough Joanna (2016) Geology meets art – 2014 sculptures, Government of South Australia. Department for Energy and Mining, MESA Journal 81, October–December 2016, p 30-34.
- Hough Joanna (2019) Geology meets art – Hills Sculpture Trail, Government of South Australia. Department for Energy and Mining, MESA Journal 89, 2019 – Issue 1
- Hutton, J. (2002). Theory of the Earth (reimpresión del trabajo original publicado en 1788). Geological Society of London.
- Martínez-García Blanca (2018), Geología y literatura fantástica, ¿una buena relación? Tierra y Tecnología T&T 52, Sept 2018 (<https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/09/geologia-y-literatura-fantastica-una-buena-relacion/>)
- Martínez-García B., Mendicoa J. y Guede I. (2021). Geology rocks, la Geología con música (Heavy Metal) entra. Geotemas (Madrid), ISSN 1576-5172, Nº. 18, 2021 (Ejemplar dedicado a: X Congreso Geológico de España), pág. 676
- Merriam, Dan (2012) "Geology and Music," The Compass: Earth Science Journal of Sigma Gamma Epsilon: Vol. 84: Iss. 3, Article 3. DOI: <https://doi.org/10.62879/c68119262>

Meseguer Mayoral, R. Arte y Geología: Historia y contemporaneidad de las artes y lo geológico. Index, Revista De Arte

Ordaz Gargallo Jorge (2023) Geology and literary fiction/Geología y ficción literaria, Boletín Geológico y Minero, 2023, VOL. 134 (1), 67-85, ISSN: 0366-0176, <http://dx.doi.org/10.21701/bolgeomin/134.1/004>

Petersen, S. (2003). The geology of art materials. Cambridge University Press.

Philippi N., (2021). Geocinema. El Cine a través del lente geológico. Editorial Ediquid, 118 p.

Philippi N. (2021). El cine a través del lente geológico. Revista Ciencias de la Tierra. Geocultura y Educación, Geodivulgación.

(<https://revistacienciasdelatierra.com/geocultura-y-educacion/geodivulgacion/el-cine-a-traves-del-lente-geologico/9076/>)

Porras J. (2026) Faustino Corsi y su Catálogo de Piedras Ornamentales. Revista Maya de Geociencias, Abril 2026, p 29-38.

Rivas, T., Santos-Hermo, A., Andrés-Herguedas, L., & Pozo-Antonio, J. S. (2026). Documenting a Graffiti Tag by Muelle, a Pioneer of Graffiti Art in Spain. Heritage, 9(1), 23. <https://doi.org/10.3390/heritage9010023>

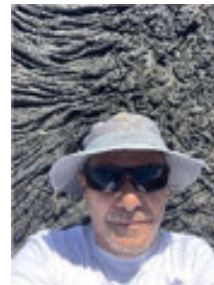
Siegesmund S., & Snethlage R. (2014). Stone in architecture: Properties, durability: Fifth edition. 10.1007/978-3-642-45155-3.

Traveling.com. Avatar Filming Locations ([https://traveling.com/en/blog/avatar-filming-locations/#Need\\_a\\_better\\_travel\\_inbox](https://traveling.com/en/blog/avatar-filming-locations/#Need_a_better_travel_inbox)) accessed 09/03/2026

Volcanoes in Art. (Year, Month Date). Climate in Global Cultures and Histories: Promoting Climate Literacy Across Disciplines. Retrieved Month Date, Year, from <https://www.science.smith.edu/climatelit/volcanoes-in-art/>.

Wagner Gonçalves, Pedro; Dal Ré Carneiro, Celso (2008) «La danza de los Continentes en el tiempo geológico». Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2008, vol.VOL 16, núm. 1, p. 107-16, <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/120993>.

## SOBRE EL AUTOR:



Jesús S. PORRAS M. es Ingeniero Geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela.

Posee amplia experiencia profesional en la industria petrolera donde ha desempeñado diversos cargos en proyectos tanto de exploración como de desarrollo de reservorios convencionales y no convencionales.

Actualmente se desempeña como Geólogo Consultor Senior liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales.

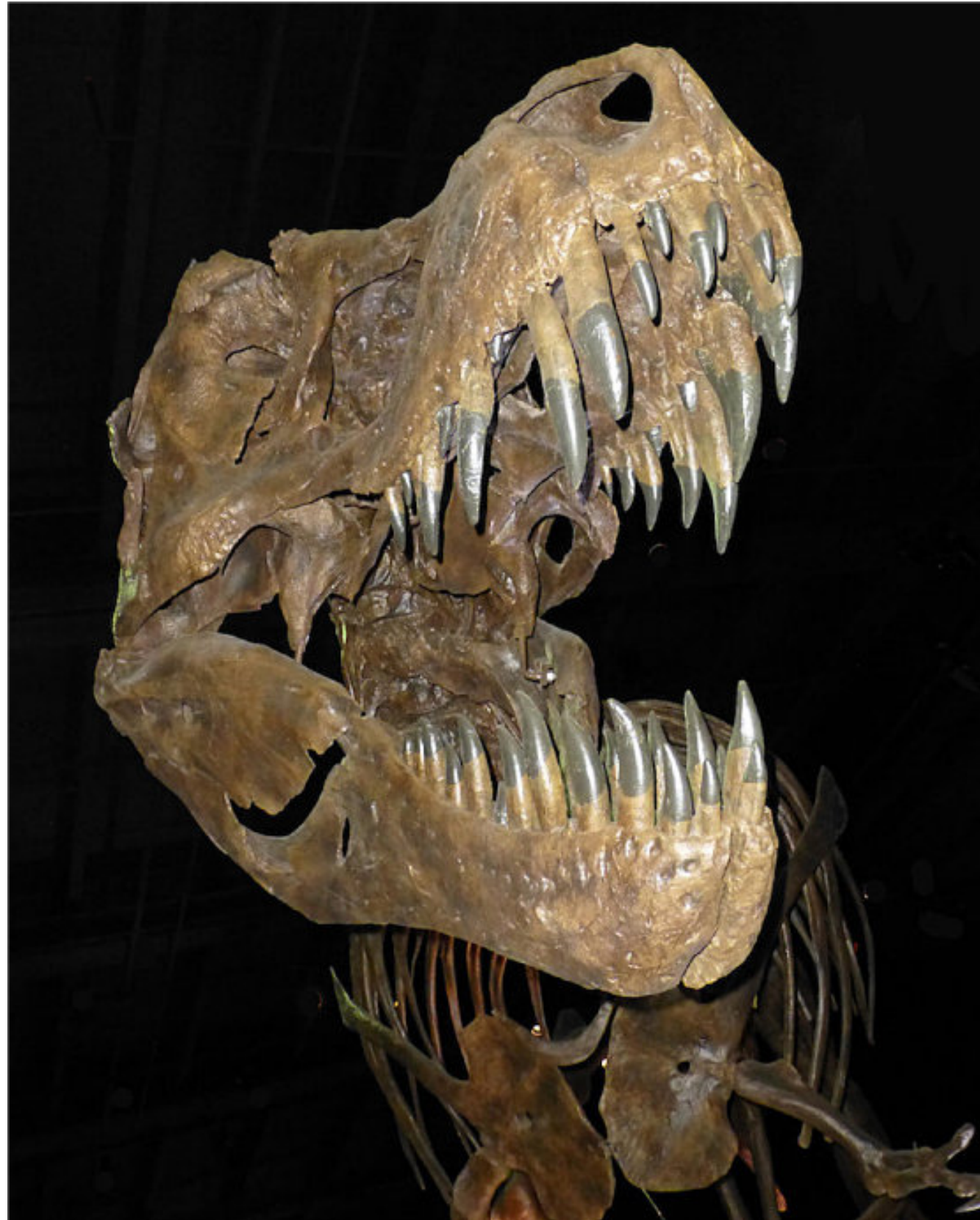
Tiene particular interés en temas de patrimonio geológico, geodiversidad y geoconservación, comunicación en geociencias, geología urbana y geoturismo.

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 70 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales, simposios y revistas técnicas.

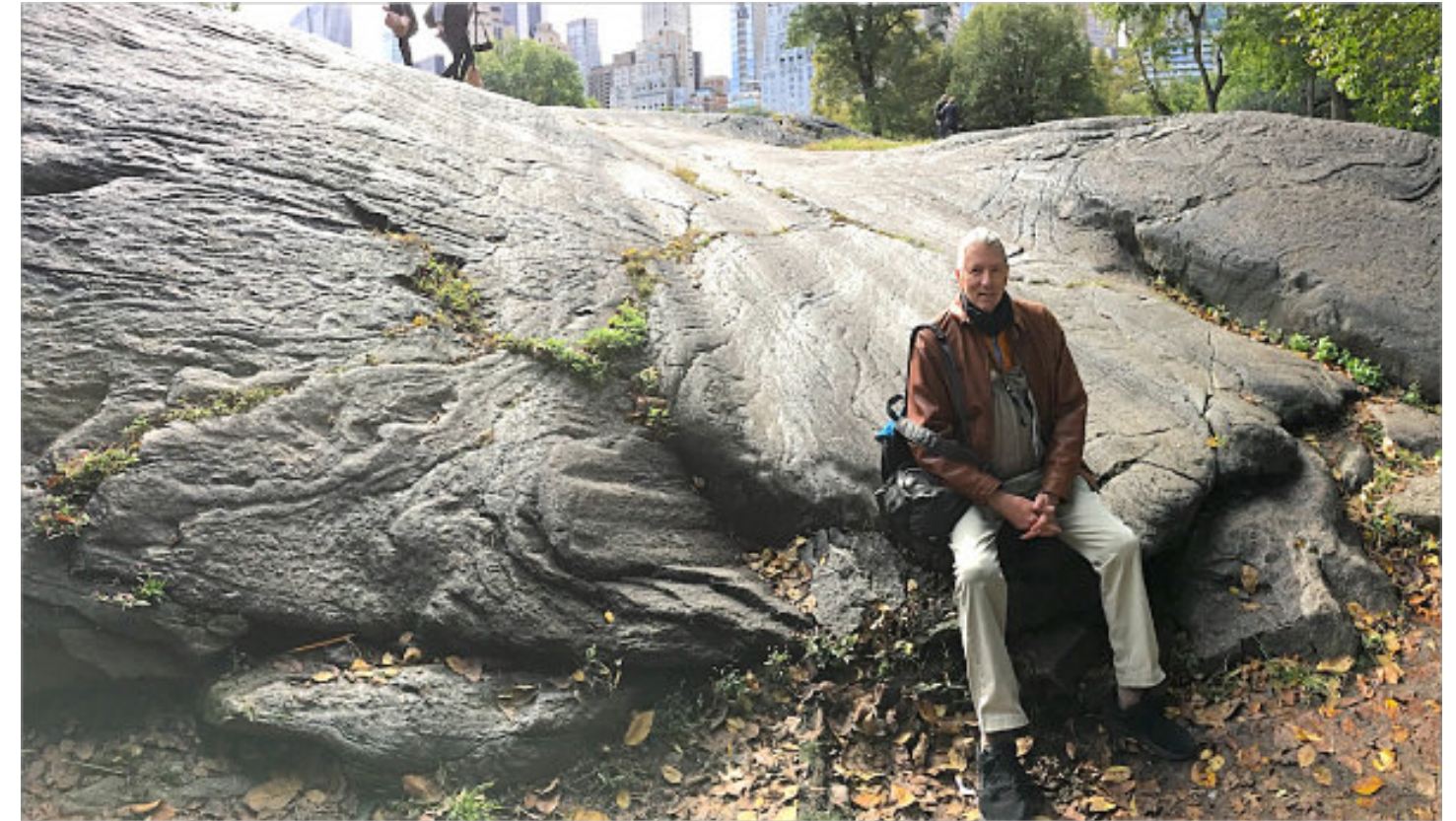


This view looks southwest to Mt Colombier (2,043 m), a peak in the Bauges Massif of the French Prealps, Savoie, France. Dashed lines follow bedding. The spectacular relief is a result of Alpine thrusting that created these massive west-verging folds. Alpine thrusting in the Prealps is mostly Oligo-Miocene, generally between 30 and 14 Ma, with some thrusts as young as 7 Ma. This fold is carried on the Entrevernes Thrust, which surfaces near the base of the western slope. The ridge is held up by Early Cretaceous limestones.

This location, along with many others, is part of the Western Alps self-guided geo-tour described in **Prost, G.L.**, 2025, Western Europe's Natural Wonders, CRC Press (<https://www.routledge.com/Western-Europes-Natural-Wonders-Iceland-Pyrenees-and-Western-Alps/Prost/p/book/9781032564517>).

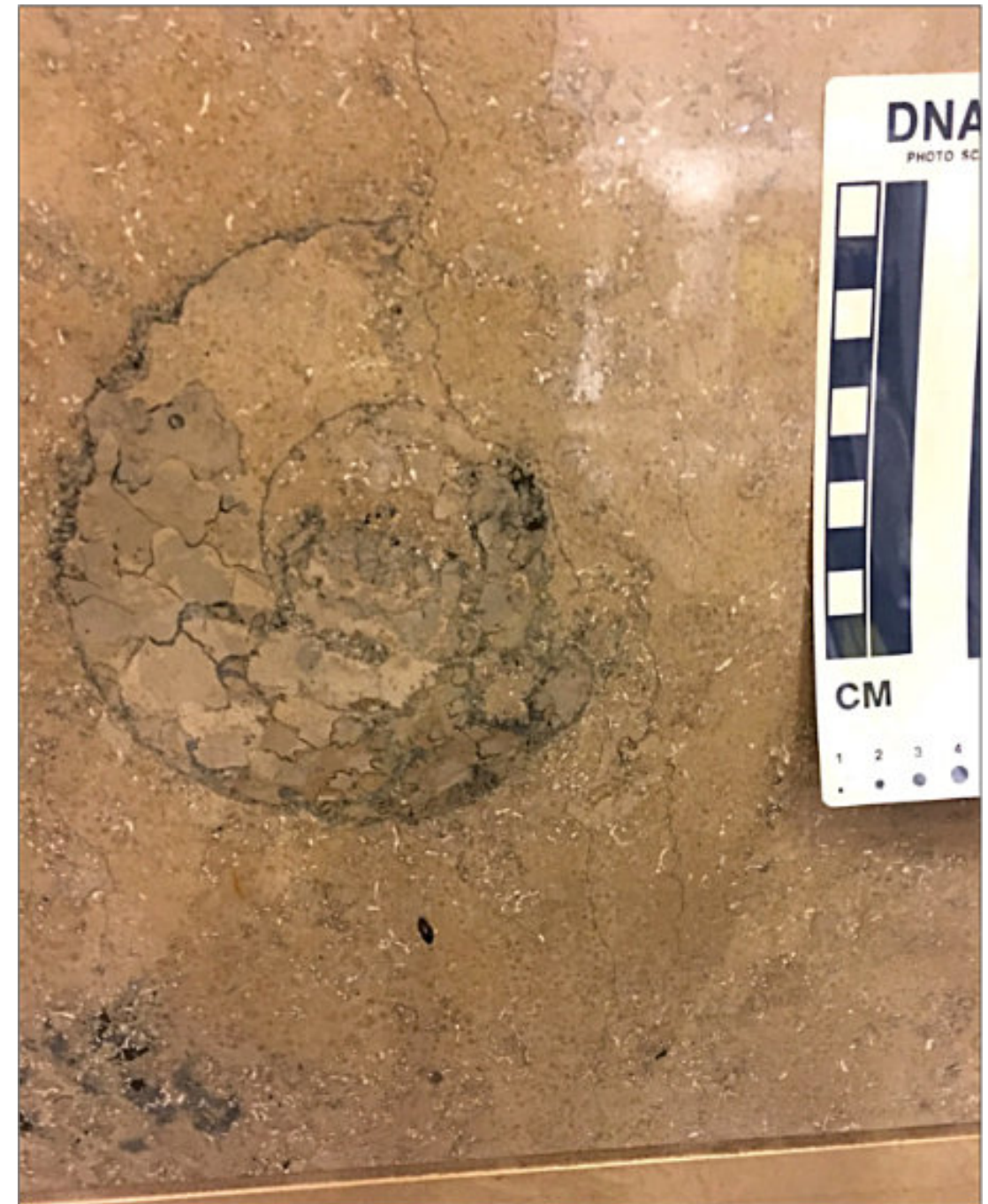


T-Rex (nickname Wyrex). Houston Museum of Natural Sciences, Houston (USA). Photo by **Jhonny E. Casas**.



This rock is locally known as Umpire Rock. It is a large, exposed outcrop of Manhattan Schist, part of the Manhattan Formation within the New York City Group. The rock is made up of minerals such as quartz, plagioclase, biotite, muscovite, and small garnets. Originally, this material was deposited as shale and sandstone in a deep ocean basin. Over time, it was transformed by intense heat and pressure during the Taconic mountain-building event (Taconic Orogeny), turning it into schist. The surface of the rock shows clear signs of past glacial activity. It has scratches and grooves called glacial striations, and its smooth, rounded shape classifies it as a *roche moutonnée*. These features were formed as glaciers moved over it during the advance of the Wisconsin ice sheet about 30,000 years ago. You can also see complex folding patterns in the rock, especially on its top and sides. These folds formed under extreme pressure deep within the Earth. Overall, this bedrock is part of the larger Appalachian mountain-building process, with its metamorphic features dating back roughly 400–500 million years to the Ordovician Period. Photo by **Howard R. Feldman**.

Chiricahua National Monument - SE Arizona. Photo by Gilda Yolid Muñoz, 2019.



This fossil, a Ceratite, can be seen in a large department store at the Westchester Mall in White Plains, New York. Ceratites belong to an extinct group of marine animals called ammonoid cephalopods. They were free-swimming (nektonic) predators that lived in the ocean during the Triassic Period, specifically from the late Anisian to early Ladinian ages. If you look closely at the shell, you can see a distinctive “ceratitic” suture pattern—this means the lobes are smooth while the saddles have a frilled, wavy appearance. Scientists believe these frilly saddles evolved to strengthen the shell against higher water pressure, allowing Ceratites to swim at greater depths, possibly to find food. Fossils of Ceratites are found only in the Germanic Basin, a shallow, partly isolated sea that once covered much of what is now Europe, from eastern France (north of the future Alps) to Poland. This basin was separated from the larger Tethys Ocean. Because it was somewhat cut off, the water likely had unusual salinity levels, which limited the diversity of marine life there. As a result, only a few cephalopods were common in this basin. These included species of Ceratites and two species of the nautiloid Germanonutilus. Occasionally, other ammonoids from the Tethys Ocean may have entered the basin during periods when connections between the seas briefly strengthened. Photo by **Howard R. Feldman**.

## Faro de luz en Ribadeo, Galicia, España. Fotografía de Claudio Bartolini - 2024.



La formación rocosa sobre la que se asienta el faro pertenece a la Serie de los Cabos, una sucesión detrítica del Cámbrico medio–Ordovícico inferior depositada en ambientes marinos someros, con alternancia de fases transgresivas y regresivas. Estas lutitas y areniscas fueron luego deformadas y metamorfizadas durante la orogenia hercínica, adquiriendo su estructura actual, que poco a poco el mar va devorando. **Ramón López Jiménez.**



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**

**Luis Ángel Valencia Flores**  
[luis.valencia.11@outlook.com](mailto:luis.valencia.11@outlook.com)

**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

## **Inclusiones Fluidas en yacimientos minerales del tipo Skarn: morfología, tipos, importancia**

**Eduardo González Partida<sup>1\*</sup>, Néstor Alfredo Cano Hernández<sup>2</sup>, Antoni Camprubi<sup>2</sup>, Alejandro Carrillo-Chávez<sup>1</sup>, Sumit Mishra<sup>1</sup>, Joseph Madondo<sup>4</sup>, Luis Fernando Camacho Ortigón<sup>5</sup>, Juan Josué Enciso-Cárdenas<sup>5</sup>, Genaro de la Rosa<sup>5</sup>, Sanjeet K. Verma<sup>6</sup>, Arun Kumar<sup>3</sup>, Emilio Torres Jurado<sup>6</sup>, Lozano Niño Paola<sup>6</sup>,**

<sup>1</sup>Instituto de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Blvd. Juriquilla 3001, CP 76230, Qro. Qro.

<sup>2</sup>Instituto de Geología UNAM, CU, 04510 Coyoacán, CdMx, México; Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM-UNAM).

<sup>3</sup>Instituto de Energías Renovables, UNAM. Priv. Xochicalco s/n, 62588, Temixco, Morelos.

<sup>4</sup>Rhodes University, Department of Geology, Artillery Road, Makhanda, 6139, Makhanda (Grahamstown), 6140, South Africa.

<sup>5</sup>Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, Boulevard Simón Bolívar # 303A, Nueva Rosita, Coahuila de Zaragoza, C.P. 26830, México.

<sup>6</sup>Posgrado de la División Científica y Tecnológica de Geociencias Aplicadas, Instituto Potosino de Investigación, Ciencia y Tecnología (IPICYT), Camino a la Presa San José 2055, San Luis Potosí, C.P. 78216.

\*Autor de Correspondencia: [egg@geociencias.unam.mx](mailto:egg@geociencias.unam.mx)

### **Introducción**

Los yacimientos minerales de tipo skarn constituyen uno de los más característicos en geología económica y de los más estudiados desde el punto de vista metalogénico. Económicamente hablando, los skarns albergan numerosos depósitos minerales con concentraciones anómalas de Cu, Pb/Zn, Ag/Au, Fe, W, Sn y F (denominados menas). El término skarn ha sido propuesto de modo genérico y proviene de una palabra sueca con la que los mineros designaban la roca estéril (de granate y piroxeno principalmente) en la que se aloja la mena. De acuerdo con lo anterior, la roca skarn ha sido definida por

su mineralogía no metálica, misma que contiene minerales calcosilicatados (ganga) como granates, piroxenos, mármol: A los yacimientos minerales asociados con este tipo de ganga, se les conoce como depósitos tipo skarn (ver bibliografía del tema). Otras definiciones de un skarn, aluden a una roca silicatada formada por reacción entre un medio químicamente ácido (los fluidos de una intrusión) y otro básico (una roca carbonatada). Durante el proceso metamórfico que forman los skarns, también se forman otras rocas de características específicas; por ejemplo, el hornfels (llamado pseudo-skarn por algunos), calcosilicatadas, que es una roca de textura muy fina y homogénea, procedente de sedimentos pelítico-calcareos con minerales similares a los skarns, pero formados a partir de metamorfismo isoquímico. Por otra parte, el término skarnoide se refiere a rocas de textura fina, bandeadas, pobres en Fe y que reflejan, al menos en parte, la composición del protolito. Desde un punto de vista genético, el skarnoide es intermedio entre un hornfels (grano fino) puramente metamórfico, y un skarn (grano grueso) puramente metasomático. En definitiva, los skarns resultan siempre de la acción de un proceso de metasomatismo relacionado a metamorfismo de contacto. El metasomatismo se entiende como un cambio en la composición química de una roca debido a la reacción con un fluido percolante que puede ser de origen muy variado, pero generalmente magmático. En este sentido, la sección de un skarn clásico, en las inmediaciones de un cuerpo intrusivo se muestra en la Figura 1. En ella se puede observar de manera genérica que existe toda una zonificación mineralógica alrededor de la intrusión que pasa de una zona con granate > piroxeno a otra de piroxeno > granate, luego a una de wollastonita (y mármol) y, finalmente a calizas recrystalizadas a fresca. La neoformación de minerales en un skarn, se debe a la circulación de fluidos hidrotermales ya sea salmuera caliente (entre 400° a 700 °C) en fase vapor o gas, produciendo un cambio físico-químico en las rocas a través de las cuales circulan. Esta circulación involucra volúmenes relativamente grandes de fluidos calientes (salmuera) que atraviesan rocas permeables

debido a la presencia de fisuras o poros interconectados que enfocan las soluciones mineralizantes a un sitio de precipitación.

Los sistemas hidrotermales relacionados a la actividad magmática como son los skarns, son los principales responsables del gran movimiento de fluidos en la corteza superior y de grandes convecciones de calor hacia la superficie terrestre transportando metales para dar origen a los yacimientos minerales: Estos fluidos quedan atrapados en los minerales neoformados (en forma de inclusiones fluidas) como un testigo directo de la formación de manas metálicas así como en los minerales de ganga (alteración hidrotermal). En efecto, es de gran significado entender el proceso de alteración hidrotermal, porque a partir de este conocimiento, es posible contar

con suficientes evidencias acerca de las características químicas y orígenes de los fluidos mineralizantes, así como de las condiciones físico-químicas de formación de la mena. Ciertos datos, como las asociaciones mineralógicas y el comportamiento de las soluciones sólidas, permiten conocer no solamente las condiciones de presión y temperatura de las alteraciones, sino las condiciones de pH y de óxido-reducción del fluido hidrotermal. Es indispensable entonces, lograr la caracterización de los fluidos mineralizantes y asimismo conocer las condiciones de formación de la mena, a través del examen de la compleja interrelación entre *paragénesis-sucesión-zoneamiento* de la alteración hidrotermal (incluyendo menas de Cu, Pb/Zn, Ag/Au, Fe, W, Sn y F), salinidad del fluido, pH y condiciones de óxido-reducción, así, la

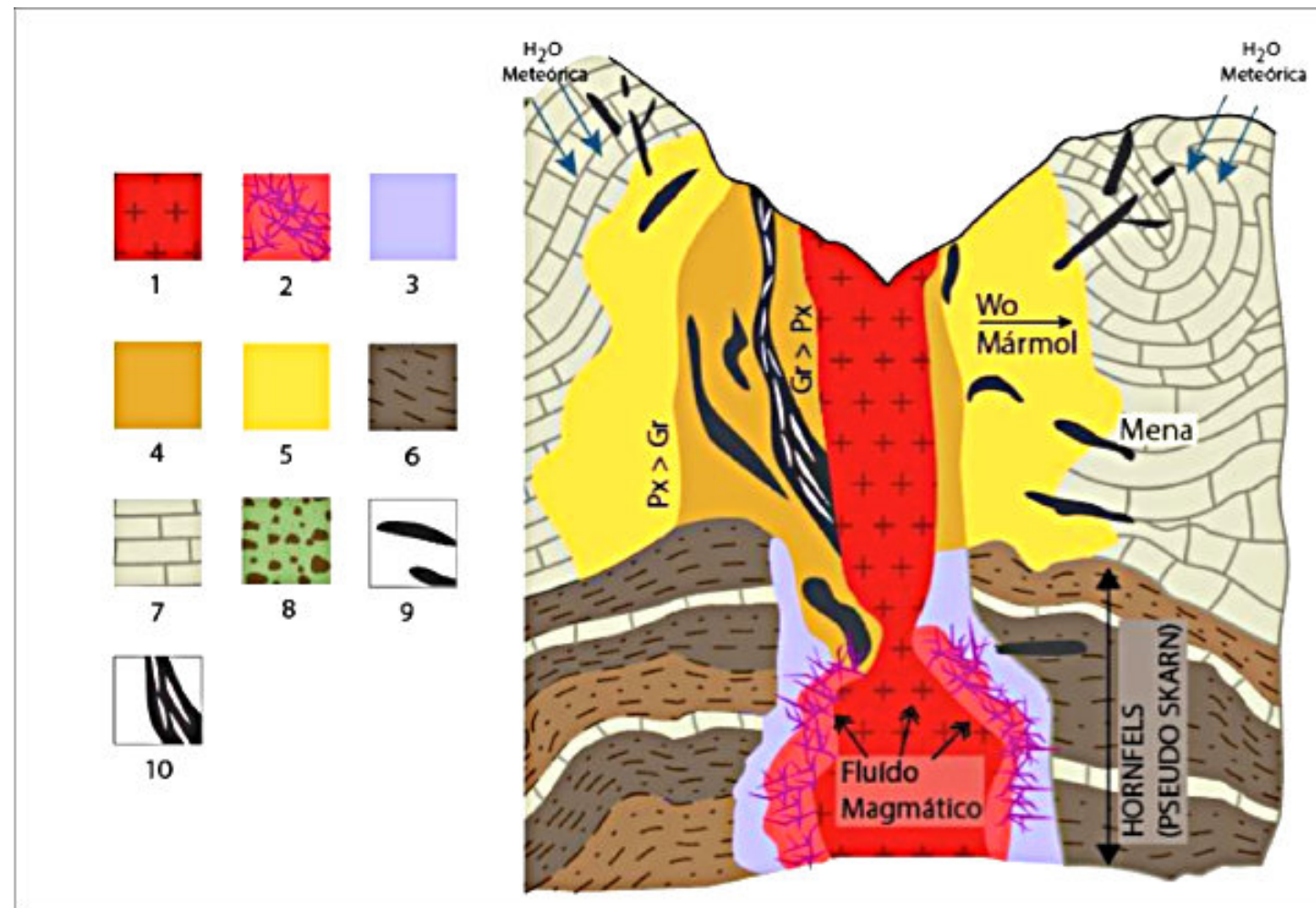


Figura # 1- Corte esquemático de un yacimiento mineral del tipo Skarn, donde: 1.- Intrusión magmática que aporta fluidos a alta presión y temperatura, 2.- brechamiento formado en la interacción fluido /roca, 3.- si el fluido interacciona con roca arcillosa se forma un hornfels, 4.- si el fluido interacciona con roca caliza se forma un skarn de granate (Gr) predominante para pasar a piroxeno (Px) predominante, luego a marmol (5); 6.- Lutitas, 7.- caliza, 8.- diseminados, 9.- mantos mineralizados, 10.- chimeneas y vetas tardías.

mineralización, puede ser cabalmente entendida en el contexto de los procesos de *fuentes-transporte-depósito*, en donde los fluidos originados en una fuente particular, transportaron metales hasta un ambiente físico y/o químico diferente, lo que implicó su precipitación (depósito). Como ya fue indicado y como una primera aproximación, los minerales y sus proporciones encontradas en las paragénesis de alteración hidrotermal, dependen esencialmente de cinco factores: 1). *Temperatura*, 2). *Presión*, 3). *Composición de la roca original*, 4). *Composición del fluido primario* y 5). *Relación fluido/roca*; Esta información puede ser obtenida mediante el estudio de las **inclusiones fluidas**. Los factores más importantes, que controlan los skarn son: 1º).- Presión (profundidad de formación). 2º).- Estado de oxidación del magma (fugacidad de oxígeno). 3º).- Grado de diferenciación del magma (cristalización fraccionada).

4º).-Tiempo de separación del fluido: Cuando se separa el fluido de un magma por ebullición, se incrementa la salinidad que contiene, pasando de  $\pm 10\%$  a más de  $35\%$  NaCl, conteniendo iones de Ca, Mg, Al, F, W, SO<sub>4</sub>, Fe, Cu, Au, Mo, Pb, Zn, entre otros, y es uno de los mecanismos más efectivos de la generación de menas. Las inclusiones fluidas ponen de manifiesto la ebullición (ver figura 2) y, en primera instancia, solo con la observación petrográfica de heterogeneidad de fases en un mismo plano cristalográfico se puede definir este fenómeno: de ahí la importancia de su estudio! En México, este tipo de yacimientos es muy común y de alto tonelaje. Actualmente, un grupo de investigadores de la UNAM, con el proyecto CONAHCYT-SECITHI #CBF22023-2024-10068 y UNAM-DGAPA-PAPIIT #IN100225, está investigando sobre estos temas para apoyar a la industria productiva del país.

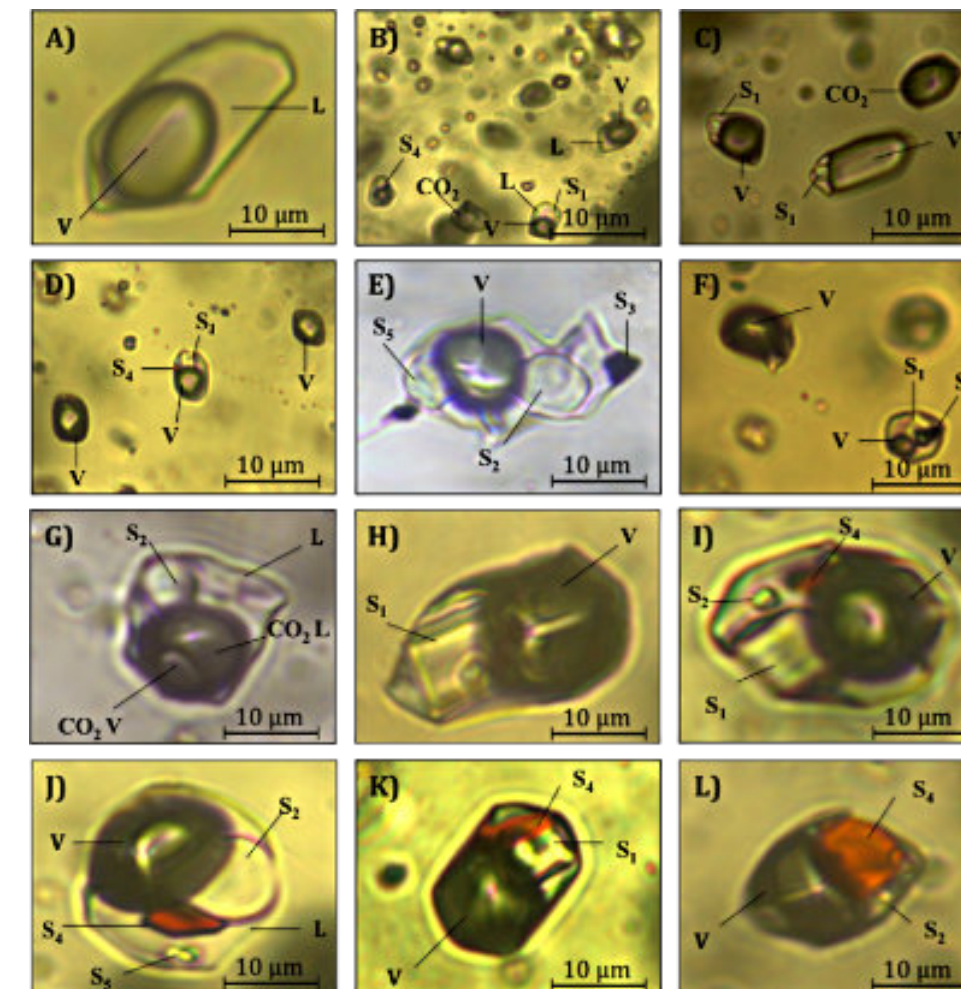


Figura # 2.- Inclusiones fluidas características de un skarn, donde el proto-fluido magmático es sub-saturado de alta temperatura (A) a L+V, para pasar a un fluido heterogéneo por ebullición (B a L) a S+L+V, con la presencia de CO<sub>2</sub> en fase L+V. Donde: L= fase líquida, V= vapor, S1= cubo de sal NaCl, S2= KCl, S3= Calcopirita, S4= Hematita, S5= otros complejos clorurados.

## Bibliografía del tema.

González-Partida E., Carrillo Chavez, Levresse G., Tritlla J. & Camprubí A. Genetic implications of fluid inclusions in skarn chimney ore, Las Animas Zn-Pb-Ag (F) deposit Zimapán, México. *Ore Geology Review*, 23, 91-96, 2003.

González-Partida E., Jones D M., Cheilletz, A., Gasquet D. & Levresse G. Paleocene Adakite Bearing Au-Fe Intrusive Rocks, Mezcala México: Evidence from Geochemical Characteristics. *Journal of Geochemical Exploration*, 26-40, 2003.

González-Partida, E., Carrillo-Chávez, A. and Levresse G., Cheilletz A., Gasquet D. (Au-Fe) Skarn Deposits of the Mezcala District, South-Central México: Adakite Association of the Mineralizing Fluids. *International Geology Review*, 45, 79-93, 2003.

Pérez Segura E., González-Partida E, Mineralogía de skarn y fluidos asociados a los yacimientos de Cu-Zn-Ni-Co de La Esperanza, Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, V. 27, Núm. I. pp. 1-17, 2010. ISSN: 1026-8774.

Carles Canet, González-Partida E, Antoni Camprubí, J. Castro Mora, F. Martín Romero, R. M. Prol Ledesma, C., Linares, J. A. Romero Guadarrama, L. I., Sánchez Vargas. The Zn-Pb-Ag Skarn of Zacatepec, Northeastern Oaxaca, México: A study of mineral assemblages and ore-forming fluids. *Ore Geology Review*, V.39, pp 277-290. 2011. ISSN: 0169-1369.

Antoni Camprubí, Eduardo González-Partida, Víctor A. Valencia, Fernando Barre. 2015. Geochronology of Mexican mineral deposits: the San Martín polymetallic skarn, Zacatecas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. V. 67, Nº 1 pp. 119-122. ISSN: 1405-3322.

Antoni Camprubí, Eduardo González-Partida. 2017. Mesozoic magmatic-hydrothermal iron oxide deposits (IOCG 'clan') in Mexico: A review. *Ore Geology Reviews*. V- 81P3, pp.1084 - 1095. ISSN: 0169-1368.

Antoni Camprubí, Eduardo González-Partida, Margarita López-Martínez, Alexander Iriondo, Pura Alfonso, Edith Cienfuegos-Alvarado, Eric Gutiérrez-Armendáriz, Pedro Morales-Puente, Carles Canet, Luis González-Ruiz. 2017. The Upper Cretaceous Guaynopita IOCG and Guaynopita porphyry copper deposits, Chihuahua, Mexico. *Ore*

*Geology Reviews*. V-, pp.1096-1112. ISSN: 0169-1368.

Antoni Camprubí, Joaquín A. Proenza, José María González-Jiménez, Eduardo González-Partida. 2017. Metallogenic and tectono magmatic evolution of Mexico during the Mesozoic: Preface *Ore Geology Reviews*. V-81P3, pp.1033 -1034. ISSN: 0169-1368.

Levresse G., González-Partida E. High oxidized gold skarn fluid evolution in the Mezcala deposit, Guerrero, México. *Journal of Chemical Exploration*, 78-79, 649-653, 2003.

González Partida E., A. Camprubí, Evolution of mineralizing fluid in the Zn-Pb-Cu (Ag-Au) skarn and epithermal deposits of the world class San Martín district, Zac., México. *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 89, Nº 1-3, pp.138-143, 2006.

Levresse G., J. Tritlla, J. Villareal and E. González-Partida, The El Pilote fluorite skarn: A crustal deposit in the understanding and interpretation of the origin and mobilization of F from northern Mexico deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 89, Nº 1-3, pp 205-210. 2006.

Fuentes-Guzmán Edith, Eduardo González-Partida, Antoni Camprubí, Geovanny Hernández-Avilés, Janet Gabites, Alexander Iriondo, Giovanni Ruggieri, Margarita López-Martínez. 2020.- The Miocene Tatatila-Las Minas IOCG skarn deposits (Veracruz) as a result of adakitic magmatism in the Trans-Mexican Volcanic Belt. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, número especial denominado Depósitos minerales de América Latina y el Caribe, cuya edición está coordinada por Carl E. Nelson, Lisard Torró y Joaquín A. Proenza, y cuya publicación se producirá dentro del v. 72 (3)

Edith Fuentes-Guzmán, Antoni Camprubí, Eduardo González-Partida, Geovanny Hernández-Avilés, Alicia Lacinska, Giovanni Ruggieri, Pura Alfonso, Edith Cienfuegos-Alvarado, Juan Carlos Mesino-Hernández, Carlos Ortega-Obregón, Francisco J. Otero-Trujano, Juan Tomás Vázquez Ramírez. 2023. *The Tatatila-Las Minas IOCG skarn (Veracruz, Mexico): Mineralogical, fluid inclusion and stable isotope constraints. Journal of South American Earth Sciences*. 122- 104112.

## CAMPO PERLA, GOLFO DE VENEZUELA Visión técnica y regulatoria para una nueva frontera energética

**JOSÉ REINALDO SÁNCHEZ MISTAGE**

Ingeniero Geofísico

### Resumen

El Campo Perla, situado en el Bloque Cardón IV del Golfo de Venezuela, representa el reservorio de gas no asociado más significativo de la región, con reservas recuperables estimadas en 15 TCF. El éxito de este activo de clase mundial se fundamenta en una convergencia única entre condiciones geológicas excepcionales, y un marco estratégico de vanguardia. La caracterización y viabilidad del activo se consolidan bajo tres pilares críticos: Geociencias de vanguardia, marco legal offshore y seguridad energética.

### Introducción

El descubrimiento de Perla en 2009 no solo transformó el panorama energético de Venezuela, sino que estableció un nuevo paradigma en la exploración de carbonatos en el Caribe. Este gigante de gas destaca por la complejidad de su reservorio y la integración de tecnologías G&G y de ingeniería que permitieron su delimitación en un entorno de alta incertidumbre técnica.

### Contexto Geodinámico y Marco Sedimentario

La tectónica del Golfo de Venezuela (Figura 1) ha sido moldeada por la interacción de las placas del Caribe y Sudamérica (Lugo, 2026). Durante el Oligo-Mioceno, una fase extensional permitió el desarrollo de un archipiélago antiguo (paleoisla), de alto estructural de basamento según Pinto et al. (2014, 2016 y 2018), este aislamiento evitó la entrada de sedimentos siliciclásticos, favoreciendo una «fábrica» de carbonatos pura en la zona fótica.

El reservorio (Figura 2), se define como una rampa carbonática (Pinto et al 2014, 2016; Moscariello, Pinto y Agate, 2018, 2019). La presencia de rodolitos (facies de rampa interna) y grandes foraminíferos bentónicos (LBF), permitió preservar una porosidad primaria híbrida del 30% y permeabilidades cercanas al Darcy (Palacios, 2013), desafiando los modelos tradicionales de este tipo de yacimientos. De igual manera, la presencia de abanicos de rampa de cuñas: sedimentos

transportados por gravedad hacia los flancos que expanden la conectividad hidráulica del yacimiento más allá del cierre estructural.

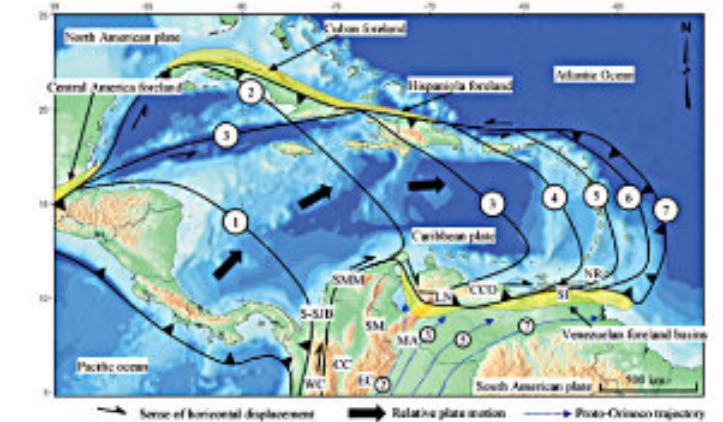


Figura 1. Evolución de la Placa Caribe desde el Cretácico Tardío (1) hasta el Reciente (7), Tomado de Benkovics et al., (2012).

La presencia de foraminíferos bentónicos como; *Lepidocyclina sp.* y *Miogyopsisina sp.*, junto con una densa población de algas rojas (rodolitos) confirman que Perla funcionó como un ecosistema marino de aguas claras y tropicales. La bioestratigrafía también identifica con precisión el evento de inundación marina de la rampa: hacia el Mioceno medio, un ascenso eustático del mar cubrió la paleo isla con lutitas marinas profundas de la Formación Agua Clara, proporcionando el sello regional necesario

Desde el punto de vista de ingeniería de yacimiento, las calizas de Perla se comportan como una unidad geológica e hidráulica conectada, de alta eficiencia para el gas, lo cual, permitiría el desarrollo del yacimiento mediante el empleo de pozos horizontales de largo alcance que maximicen el drenaje

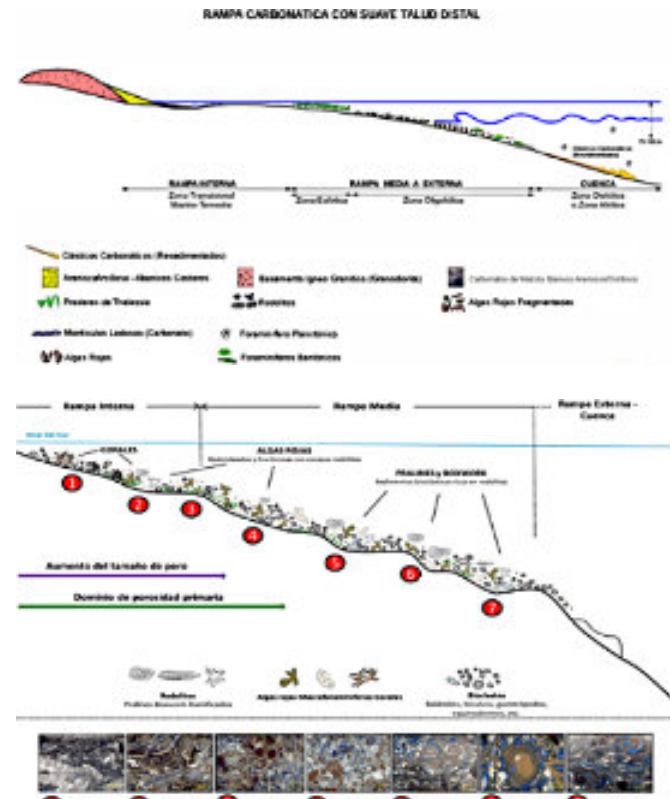


Figura 2. Modelo sedimentológico: carbonatos del área de Perla (arriba). Tomado de Pinto et al., (2014). Esquema deposicional de la distribución de las facies sedimentarias establecidas del pozo Perla en una rampa carbonática (abajo). Tomado de Palacios (2013).

### Sistema Petrolero

La eficiencia del campo depende de la relación entre sus componentes fundamentales:

**Roca Madre:** Intervalos de lutitas ricas en materia orgánica del Oligoceno hipotético (Cragno, 2023) Generación de gas termogénico por madurez térmica avanzada.)

**Roca Reservorio:** Calizas de Perla (Oligo-Mioceno) Palacios (2013). Facies de alta energía que preservaron la calidad del yacimiento.

**Sello:** Lutitas de la Formación Agua Clara (Mioceno Medio), que actúan como barrera regional.

**Trampa:** Mixta (estructural y estratigráfica) por acúñamiento contra el basamento.

**Sincronía:** La migración del gas ocurrió post-deposición del sello, asegurando el entrampamiento masivo.

### Interpretación Sismoestratigráfica

La caracterización se basó en el uso de sísmica 3D de alta resolución. El uso del atributo «Dim-Spot» fue fundamental: en estas calizas, el gas reduce la amplitud sísmica (a diferencia del «Bright Spot» en arenas). Este

indicador directo de hidrocarburos (DHI) permitió definir con precisión el contacto gas-agua (GWC) Benkovics et al., (2012).

Facies de «Buildup» (Cuerpos Masivos): El núcleo del yacimiento se manifiesta como una unidad sísmica de geometría lenticular (Figuras 3 y 4), con reflectores internos de carácter caótico a transparente, típica de carbonatos masivos.

Onlaps de Flanco: Se observan claros acúñamientos de los reflectores de reservorio contra los flancos del alto de basamento (Figuras 3 y 4), confirmando que la estructura presentaba relieve positivo previo a la sedimentación.

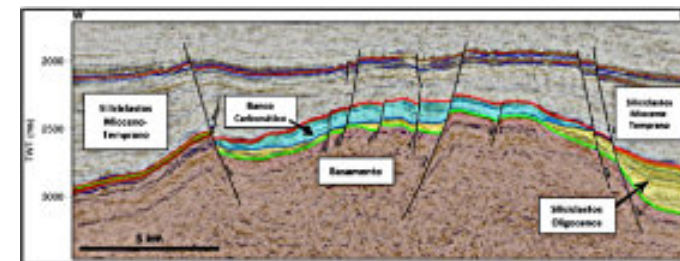


Figura 3. Imagen sísmica del banco carbonático de «Perla» (azul claro), donde se muestra su relación estratigráfica y estructural. Tomado de Palacios (2013).

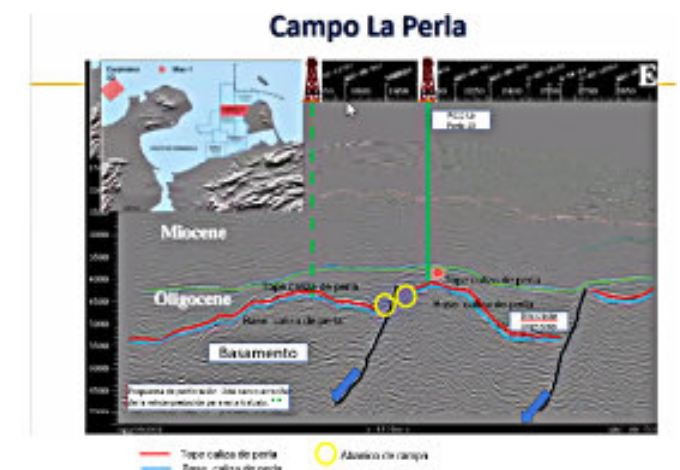


Figura 4. Reinterpretación sísmica 3D del área del Campo Perla realizada en este trabajo. Se visualiza dos bancos carbonáticos o arrecifales de geometría lenticular, acúñándose en los flancos de los paleo altos y cuñas de abanico de rampa. Se propone perforar 2º crecimiento arrecifal. Modificado de Ardila; L. Ejemplo de campos productores de arrecifes, caso Perla. Ponencia para la ACGGP 15/05/2020.

### Marco Legal y Regulatorio

El éxito técnico de Perla se verá potenciado por una transformación estructural en la arquitectura legal del sector. La reciente Reforma de la Ley Orgánica de Hidrocarburos junto con el marco de la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos actual, buscarían incentivar la inversión mediante esquemas de mayor flexibilidad Según Aboud (2026), este esquema otorga autonomía operativa y financiera a socios como Eni y Repsol, garantizando seguridad jurídica mediante arbitraje internacional; factores clave para mitigar el riesgo país en proyectos offshore.

De acuerdo con el análisis de Aboud (2026), los pilares de este nuevo entorno incluirían:

**Comercialización Directa:** La capacidad de los licenciatarios para comercializar el gas y los líquidos asociados, optimizando el flujo de caja y eliminando el monopolio de exportación.

**Seguridad Jurídica y Arbitraje:** Aboud (2026) destaca como un avance crítico la inclusión de mecanismos de resolución de conflictos mediante arbitraje internacional, lo cual reduce el riesgo percibido por el inversionista extranjero al operar fuera de la jurisdicción local.

**Competitividad del «Government Take»:** Aboud (2026), enfatiza que la ley ahora permite cláusulas de flexibilidad fiscal para ajustar regalías e impuestos según la economicidad del proyecto. Sin estas rebajas, el marco base venezolano enfrentaría retos de competitividad frente a otros activos globales de gas no asociado.

### Gas Natural y Transición Energética

En la descarbonización global, el gas natural es el combustible puente. para lograr tal fin. Con un potencial prospectivo de 88 TCF en la región, Perla impulsaría la soberanía (seguridad) alimentaria (Mata, 2025): El gas de Perla sería utilizado como la materia prima de alimentación (*feedstock*) para los complejos petroquímicos de El Tablazo y Morón, en la producción local de urea y fertilizantes nitrogenados, lo que permitiría reducir los costos de los insumos agrícolas, impulsando una mayor inversión en el agro nacional. Asimismo, garantizaría la estabilización eléctrica como fuente de alimentación eléctrica para Termo Zulia, desplazando el uso de combustibles líquidos (diesel y

fuel oil), los cuales dejan una huella de carbono significativamente mayor

### Conclusiones

La estabilidad tectónica de este bloque permitió que se mantuviera en la zona fótica, garantizando las condiciones de luz y energía necesarias para el desarrollo de una fábrica de carbonatos de clase mundial

La bioestratigrafía confirma un ecosistema marino de aguas claras y tropicales. Además, identifica que el sello regional se formó por un ascenso del nivel del mar en el Mioceno Medio que cubrió la rampa con lutitas de la Formación Agua Clara.

El uso del atributo «Dim-Spot» es el aporte técnico más crítico en esta área, ya que permite detectar directamente la presencia de gas y delimitar la extensión lateral del contacto gas-agua debido al contraste de impedancia acústica.

Se visualiza en la reinterpretación sísmica de este trabajo, dos bancos carbonáticos o arrecifales de geometría lenticular, acúñándose en los flancos de los paleo altos y cuñas de abanico de rampa. Se propone perforar el segundo crecimiento arrecifal en el futuro cercano.

La resistencia de los rodolitos a la compactación mecánica preservó la porosidad primaria, la cual fue posteriormente potenciada por procesos de disolución, generando un sistema poroso de alta calidad.

Desde el punto de vista de ingeniería, el reservorio funciona como una unidad hidráulica conectada y altamente eficiente, lo que valida técnicamente el uso de pozos horizontales de largo alcance para maximizar el drenaje de gas.

El sistema es altamente eficiente porque la carga de hidrocarburos ocurrió después de la consolidación del sello (Post-Mioceno Medio), asegurando la preservación de los volúmenes en la trampa.

La viabilidad del proyecto dependerá de tres pilares: la comercialización directa de gas y líquidos, la seguridad jurídica mediante arbitraje internacional y un esquema fiscal flexible (*Government Take*) que se ajuste a la realidad económica de cada pozo.

El gas tiene un rol dual: es el *feedstock* indispensable para producir fertilizantes en El Tablazo y Morón y es la fuente de energía limpia para Termozulia, desplazando el uso de combustibles líquidos más contaminantes.

El Campo Perla no debe ser visto únicamente como un hito de la ingeniería y las geociencias, sino como el motor de una transformación estructural y económica

para Venezuela. La sinergia entre un reservorio de clase mundial y un marco legal en evolución ofrece la oportunidad histórica de alcanzar la estabilidad energética. El desafío actual reside en capitalizar estas fortalezas técnicas para consolidar un modelo de desarrollo que trascienda la extracción y se traduzca en prosperidad tangible para todos los sectores del país.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de colegas excepcionales. Quiero expresar un agradecimiento especial a: Disnahir Pinto, por facilitar el acceso a las publicaciones técnicas fundamentales de Perla y a Rafael Alberto Falcón Lira, por sus valiosas correcciones y observaciones que elevaron la calidad técnica de este análisis. También a Leonardo Santana, por la sugerencia inicial de realizar este trabajo y su visión sobre la importancia de este activo.

#### Referencias Bibliográficas:

- Aboud, J. Análisis Técnico-Económico de la Reforma de la Ley Orgánica de Hidrocarburos: Impacto en la Inversión Extranjera. Conferencia AAPG YP Venezuela. 2026
- Benkovics, Lazlo., et al. Descubrimiento del Campo Perla: Un Nuevo Campo Gigante. XI Simposio Bolivariano. Exploración Petrolera en las Cuencas Andinas y Subandinas, julio 29 - agosto 1, 2012.
- Cragno, Analía et al. ¿Está el futuro petrolero de Venezuela en el Costa Afuera? Conferencia mensual SOVG. 2023
- Lugo, Jairo.,. Reimaginando Venezuela Geología Escondida y Rutas Hacia Nuevos Descubrimientos. Conferencia semanal para Vapa y Veneamerica. 2026
- Mata, Tomás; Las Perlas del Caribe: Del Pozo a la Arepa. Conferencia semanal para Vapa y Veneamerica. 2025
- Moscariello, A., Pinto, D., y Agate, M. Facies, architecture and genetic controls of carbonate ramp aprons development. IAS Roma. 2019
- Moscariello, A., Pinto, D., y Agate, M. Revisited play concept for distally-steepened carbonate ramps. AAPG ACE. 2018
- Palacios, Yessy. Caracterización del sistema poroso en rocas carbonáticas mediante el análisis digital de imágenes de secciones delgadas en el golfo de Venezuela UCV. 2013
- Pinto, D., et al. Carbonate ramps associated to paleo-islands in the Caribbean Sea (Gulf of Venezuela) during Oligocene-Miocene. A case study: the Perla giant gas field. Poster & LinkedIn. 2015 y 2016
- Pinto, D., et al. Interpretación de rampas carbonáticas asociadas a paleo islas durante el Mioceno - Oligoceno en el Golfo de Venezuela. Caso de estudio: Campo Perla. ICVGAS. 2014



José Reinaldo Sánchez Mistage.

[www.linkedin.com/in/josé-reinaldo-sánchez-mistage-](https://www.linkedin.com/in/josé-reinaldo-sánchez-mistage-)

Ingeniero Geofísico (USB) y Especialista en Gerencia Integrada de Hidrocarburos (UCV) con más de 18 años de trayectoria técnica y estratégica en la industria de los hidrocarburos. Experto en la integración de geociencias e ingeniería para el desarrollo de activos de clase mundial, con un enfoque especializado en la interpretación sísmica estructural y estratigráfica, así como en la generación de modelos estáticos de alta resolución para yacimientos complejos.

Liderazgo en SPE: Miembro activo y miembro de la Junta Directiva de la SPE Caracas Petroleum Section, liderando proyectos de alto impacto como «Energy4me».

Divulgador Técnico: Autor recurrente en revistas tales como: PetroRenova Indexed, Petroleum Magazine y Petrorenova Magazine; con publicaciones sobre AVO/AVF, Inversión de Onda Completa (FWI), mejores prácticas en AVO/AVA, y mejores prácticas en yacimientos de aguas profundas, alcanzando una audiencia global a través de estas plataformas de conocimiento compartido.

## LA MISTERIOSA ERUPCIÓN DEL AÑO 1831, FINALMENTE IDENTIFICADA COMO PROVENIENTE DE LA CALDERA ZAVARITSKII (SIMUSHIR, ISLAS KURILES)

JHONNY E. CASAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Cover photo: <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=290180>

### EL ENIGMA DE 1831

A principios de la década de 1830, el mundo fue testigo de anomalías atmosféricas extraordinarias. Registros históricos desde Europa hasta América del Norte describieron cielos de colores inusuales y un sol que a menudo aparecía de color azul o verde. Estos fenómenos, hoy asociados con la dispersión de aerosoles volcánicos de un tamaño específico, indicaban una inyección masiva de azufre en la estratosfera. Tras la misteriosa desaparición del sol en agosto de 1831, comenzó la verdadera miseria. De gira por los Alpes a finales de ese verano, el compositor Felix Mendelssohn (1809-1847), escribió sobre tener que soportar un clima abismal, incluyendo fuertes nevadas que fueron completamente inesperadas. Granizadas enormes destruyeron las cosechas en Europa. La disminución de las precipitaciones durante el monzón indio provocó malas cosechas y una hambruna devastadora en el

estado de Madrás, en el este de la India, entre 1832 y 1833, que ocasionó la muerte de unas 150.000 personas. Aproximadamente el doble de personas murió en una hambruna que azotó el noreste de Japón entre 1832 y 1837.

### EL DEBATE SOBRE FERDINANDEA Y LA REFUTACIÓN ISOTÓPICA

Durante años, la comunidad científica consideró al volcán Ferdinandea (una isla efímera que surgió cerca de Sicilia en 1831) como el candidato principal de la mencionada erupción. Sin embargo, existía una paradoja: las crónicas describían una erupción relativamente pequeña para justificar un impacto global.

Para resolver esto, los autores Hutchison et al. (2025), llevaron a cabo un revelador estudio aplicando análisis de isótopos estables de azufre ( $\Delta 33S$ ), en un

record de núcleos de hielo tomados en Groenlandia (Figura 1), que contenía la anomalía geoquímica del año 1831. Nuevos análisis y dataciones de núcleos de hielo han generado registros bien sincronizados y con resolución subanual de la precipitación química y de partículas de las principales erupciones volcánicas durante los últimos 2500 años. El análisis también reveló que la precipitación de S en los núcleos de Groenlandia es aproximadamente 6,5 veces mayor que en la Antártida, lo cual confirma que la erupción ocurrió en el hemisferio norte.

- **La Hipótesis de las Evaporitas:** Se pensaba que Ferdinandea pudo haber liberado mucho azufre al interactuar con rocas sedimentarias ricas en sulfatos (evaporitas).

- **El Hallazgo:** Los análisis en el núcleo de hielo mostraron una firma de fraccionamiento independiente de la masa, típica de procesos fotoquímicos en la estratosfera, y una composición isotópica que coincide con fuentes puramente magmáticas. Esto descarta que el azufre provenga de rocas sedimentarias sicilianas, invalidando a Ferdinandea como la fuente del enfriamiento global.



Figura 1. El examen de los núcleos de hielo en Groenlandia proporcionó pistas sobre el "volcán misterioso" que entró en erupción en 1831. Fuente:

<https://www.science.org/content/article/ice-cores-finger-obscure-pacific-volcano-cause-19th-century-climate-disaster>

#### ANÁLISIS DE CRYPTOTEPHRA: LA "HUELLA DACTILAR" EN EL HIELO

Uno de los avances más significativos del estudio de Hutchison et al. (2025), fue el hallazgo de cryptotephra

(partículas de vidrio volcánico microscópicas, invisibles al ojo humano) en las capas de hielo de Groenlandia correspondientes a 1831.

- **Morfología y Composición:** Se extrajeron fragmentos de vidrio de menos de 80 micras. Mediante microanálisis con sonda de electrones (EPMA), se determinó que el vidrio es de composición dacítica (68-71% de SiO<sub>2</sub>) y pertenece a una serie magmática de bajo potasio (K).

- **Cronología de Alta Resolución:** La tefra se encontró justo en la base del pico de sulfato. Utilizando el conteo de capas anuales de sodio (Na), los investigadores fijaron la fecha de la caída de ceniza en el verano (junio-agosto) de 1831.

#### EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN

La resolución del enigma de 1831 no fue producto de un solo hallazgo, sino de la convergencia de tres líneas de evidencia independientes: la glaciología de alta resolución, la geoquímica de micropartículas y la geología de campo.

El equipo de investigación no buscaba depósitos de ceniza visibles, sino cryptotephra: partículas de vidrio volcánico microscópicas (invisibles al ojo humano) atrapadas en el hielo de Groenlandia.

- **Técnica de extracción:** Se analizaron secciones del núcleo de hielo de alta resolución (NEEM, NGRIP1 y B19). Al derretir el hielo y filtrar las impurezas, se hallaron fragmentos de vidrio volcánico de entre 20 y 80 micras.

- **Datación estacional:** Gracias al análisis de las capas anuales de sodio (Na) y otros elementos traza, se pudo determinar que estas partículas de vidrio se depositaron en el Ártico exactamente en el verano de 1831 d.C., coincidiendo milimétricamente con el inicio del gran pico de sulfato volcánico.

Una vez obtenidas las muestras de vidrio del hielo, se sometieron a un microanálisis con sonda de electrones (EPMA) para determinar su composición química exacta.

- **Composición única:** Los resultados revelaron una población de vidrio dacítico (con un contenido de SiO<sub>2</sub> de entre el 68% y 71%).

- **La clave del Potasio:** Lo más distintivo fue que el vidrio pertenecía a una serie magmática de muy bajo

potasio (K). Esta es una característica muy específica de ciertos arcos volcánicos de subducción, como el de las Islas Kuriles o las Aleutianas, y es drásticamente diferente a la composición de volcanes europeos como el Etna o el Ferdinandea (que son mucho más ricos en potasio y otros elementos alcalinos).

#### CORRELACIÓN CON EL DEPÓSITO "ZAV-1" EN SIMUSHIR

Con la "huella dactilar" química en mano, los investigadores consultaron bases de datos de tefra de todo el mundo. La coincidencia perfecta se encontró en la Isla Simushir, en el archipiélago de las Kuriles en Rusia (Figura 2).

- **El depósito Zav-1:** En esta isla, existe una capa de tefra (ceniza) joven denominada "Zav-1" asociada a la Caldera Zavaritskii. Los análisis geoquímicos del vidrio de esta capa en Simushir resultaron ser idénticos a los encontrados en el hielo de Groenlandia.

- **Geometría de la Caldera:** La Caldera Zavaritskii es un complejo volcánico impresionante compuesto por tres calderas anidadas (de 10, 8 y 3 km de diámetro). La investigación sugiere que la erupción de 1831 ocurrió en la caldera más joven y pequeña, la cual contiene hoy el Lago Biruzyovoe.

Para confirmar que el depósito "Zav-1" ocurrió realmente en 1831 y no en otro siglo, el estudio utilizó pruebas de campo directas en la Isla Simushir.

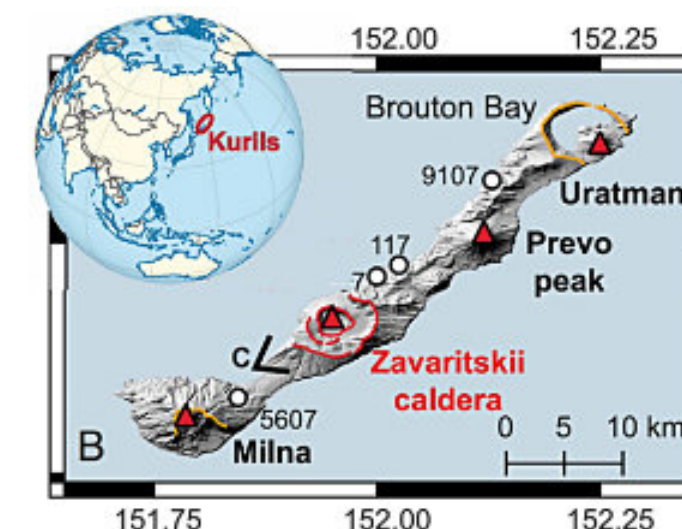


Figura 2. Mapa de ubicación de la caldera de Zavaritskii, isla Simushir, Kuriles. Detalle de la isla Simushir que muestra los volcanes, los contornos de la caldera (en naranja y rojo) y las ubicaciones de muestreo. Fuente: Modificado de Hutchison et al, (2025).

- **Datación por Radiocarbono (C14):** Se analizaron restos de vegetación carbonizada (suelo orgánico y plantas) atrapados inmediatamente debajo de la capa de ceniza. Los resultados arrojaron una fecha que sitúa la erupción a finales del siglo XVIII o principios del XIX.

- **Evidencia Colonial Rusa:** Un hallazgo fascinante fue la presencia de fragmentos de cerámica y herramientas de la época colonial rusa bajo la ceniza. Dado que la presencia rusa en la Isla Simushir comenzó a finales del siglo XVIII y fue prominente a principios del XIX, esto proporcionó un límite temporal histórico que encaja perfectamente con el año 1831.

La combinación de la composición química de bajo potasio, la fecha precisa en el hielo y el contexto arqueológico en las Kuriles elimina cualquier duda razonable. Zavaritskii fue el volcán responsable de inyectar 13 Tg de azufre en la atmósfera, superando en magnitud al Pinatubo y explicando finalmente por qué el mundo experimentó cielos extraños y un enfriamiento global en la década de 1830.

#### RECONSTRUCCIÓN DE LA ERUPCIÓN Y MAGNITUD

La identificación de la Caldera Zavaritskii como la fuente del evento de 1831 se basa en una reconstrucción rigurosa de su escala física, la cual supera con creces lo que se creía anteriormente sobre este periodo.

- **Estimación del Volumen de Tefra:** Mediante el mapeo de los depósitos de caída de ceniza en la Isla Simushir (depósito Zav-1), los investigadores aplicaron modelos matemáticos de espesor (isopacas). Se determinó que la erupción expulsó entre 3.3 y 4.5 km<sup>3</sup> de tefra. Al convertir esto a Volumen Equivalente de Roca Densa (DRE), se obtiene una cifra de aproximadamente 1.2 a 1.6 km<sup>3</sup>. Esto clasifica a la erupción con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) de 5, situándola en la categoría de erupciones "paroxísticas" o masivas.

- **La Columna Eruptiva y la Inyección Estratosférica:** La composición química dacítica del magma sugiere una erupción altamente explosiva y rica en volátiles. Se estima que la columna de ceniza y gases alcanzó una altura de entre 25 y 30 kilómetros. Esta altitud es crítica, ya que atraviesa la tropopausa y deposita los gases de azufre directamente en la estratosfera, donde los vientos globales pueden distribuirlos por todo el planeta.

- **Carga de Azufre:** El estudio utiliza datos de núcleos de hielo para calcular que se inyectaron aproximadamente 13 teragramos (Tg) de SO<sub>2</sub>. Para ponerlo en perspectiva, esto es casi el doble de la cantidad de azufre liberada por el Monte Pinatubo en 1991, lo que explica por qué el impacto atmosférico fue tan persistente y severo.

#### IMPACTO CLIMÁTICO Y CONSECUENCIAS GLOBALES

La investigación de Hutchison et al, (2025) dedica una sección extensa a las repercusiones del evento de 1831, que fue el precursor de una década climáticamente inestable (la década de 1830 fue una de las más frías de los últimos 500 años). La erupción de Zavaritskii no fue solo un evento geológico, sino un catalizador de cambios ambientales y sociales profundos a nivel global durante la década de 1830.

- **Forzamiento Radiativo y Enfriamiento:** Los aerosoles de sulfato formados en la estratosfera actuaron como un "espejo", reflejando la radiación solar de vuelta al espacio. Esto generó un forzamiento radiativo negativo de aproximadamente -4 a -5 W/m<sup>2</sup>. Como consecuencia, las temperaturas promedio en el hemisferio norte cayeron entre 0.5°C y 1°C durante los años 1832 y 1833. Este enfriamiento no fue uniforme; las regiones continentales de latitudes altas experimentaron veranos significativamente más cortos y fríos.

- **Alteración de los Patrones de Precipitación:** La inyección de aerosoles en el hemisferio norte desplazó la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) hacia el sur. Esto debilitó los sistemas monzónicos en Asia. El estudio vincula directamente este fenómeno con la sequía extrema y la hambruna de Guntur (1832-1833) en la India, donde se estima que perecieron 150,000 personas debido a la pérdida total de las cosechas.

- **Efectos en el Pacífico y Japón:** En Japón, la erupción ocurrió en un momento de vulnerabilidad climática. El enfriamiento resultante y el exceso de lluvia destruyeron los cultivos de arroz, lo que exacerbó la Hambruna Tenpō (1833-1837). Este periodo de miseria duró varios años y provocó disturbios sociales que, según algunos historiadores citados, contribuyeron al debilitamiento del shogunato Tokugawa (El Shogunato Tokugawa (1603-1868) fue el último gobierno militar (bakufu) de Japón, fundado por Tokugawa Iyasu, que unificó el país y trajo más de 250 años de paz y estabilidad bajo el período Edo, caracterizado por un estricto orden social, aislamiento internacional).

- **Fenómenos Ópticos y Percepción Social:** La densidad de la nube volcánica fue tal que se reportaron "nieblas secas" y el sol cambió de color en Europa y América. En agosto de 1831, observadores en lugares tan distantes como Berlín y Nueva York describieron un sol de color azul o púrpura que podía mirarse a simple vista al mediodía. Estos eventos alimentaron el misticismo y el temor en las poblaciones de la época.

- **Lecciones para el Presente:** El estudio subraya que volcanes en regiones remotas y poco monitoreadas, como las Islas Kuriles (Figura 4), tienen la capacidad de alterar el sistema climático global, lo que resalta la importancia de la vigilancia volcánica en estas zonas.

#### CONCLUSIONES

Los núcleos de hielo de Groenlandia y la Antártida confirmaron la erupción, revelando un pico de sulfato datado con precisión en 1831 d.C. Con una estimación de 13 teragramos (Tg) de azufre, esta erupción se sitúa entre las más potentes del periodo histórico (Figura 3), superando al Pinatubo (1991) y rivalizando en impacto climático con eventos de gran magnitud del siglo XIX.

La investigación cierra el círculo sobre un misterio de casi 200 años. Al combinar la historia, la glaciología de vanguardia y la geología de campo en una de las regiones más inhóspitas del planeta, los autores demuestran que la erupción de Zavaritskii (Figura 4) fue el motor principal de los cambios ambientales observados en 1831. Este hallazgo permite a los climatólogos ajustar sus modelos sobre la variabilidad climática natural del siglo XIX y entender mejor cómo el planeta responde a las inyecciones estratosféricas de azufre.

Al expandir la magnitud de Zavaritskii, Hutchison et al, (2025), demuestran que la variabilidad climática del siglo XIX no fue solo un proceso natural de la "Pequeña Edad de Hielo", sino que estuvo fuertemente puntuada por eventos volcánicos de gran escala en el Arco de las Kuriles. Esto obliga a los científicos actuales a reconsiderar el riesgo que representan estos volcanes remotos para la seguridad alimentaria y la estabilidad climática global en el futuro.

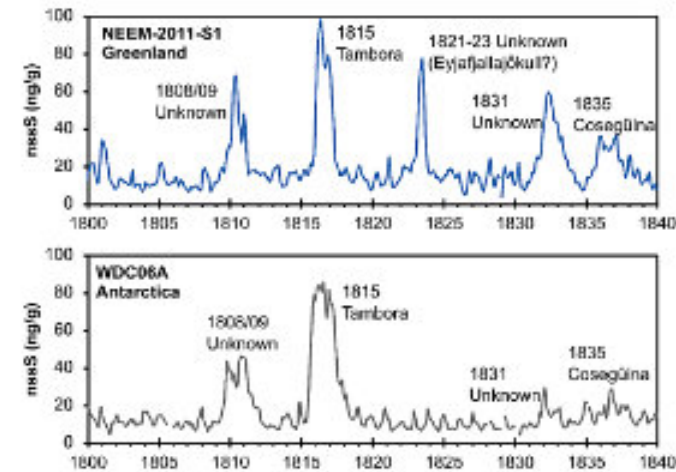


Figura 3. Serie temporal de azufre no marino (nssS) para Groenlandia (NEEM-2011-S1) y la Antártida (WDC06A). Nótese la magnitud mucho mayor del sulfuro de 1831 d. C. en Groenlandia en comparación con la Antártida, lo que indica una erupción en el hemisferio norte. Fuente: Hutchison et al, (2025)

#### REFERENCIAS

Hutchison, W., Sugden, P., Burke, A., Abbott, P., Ponomarevac, V., Dirksenc, O., Portnyagind, M., MacInnese, B., et. al. (2025). The 1831 CE mystery eruption identified as Zavaritskii caldera, Simushir Island (Kurils). PNAS 122(1): 1-10, e2416699122 <https://doi.org/10.1073/pnas.2416699122>



[jcasas@geologist.com](mailto: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 39 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 65 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, Caribbean Journal of Earth Sciences, Academia de Ciencias y Academia de Ingeniería; 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 63 artículos de divulgación científica e histórica.

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 Councilor para AAPG LACR (2023-2026).



Figura 4. Vista actual de la caldera del Zavaritskii (isla Simushir, Kuriles). La erupción de 1831 generó una caldera de 3 kilómetros de ancho, que reveló capas rojas, negras y blancas formadas por depósitos eruptivos anteriores.

## LA FE Y LA OBSERVACIÓN SISMOLÓGICA COLOMBIANA DEL PADRE JESÚS EMILIO RAMÍREZ, S. J. -1904 – 1981-

José Antonio Rodríguez Arteaga

[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)

Colaborador de la revista

### RESUMEN

Su vida unió dos mundos: la fe y la observación científica rigurosa. Encontramos en él una dualidad, no solo era el hombre de sotana, al mismo tiempo, instalaba sismógrafos e interpretaba resultados.

Mientras la mayoría de sus contemporáneos buscaban en el cielo respuestas espirituales, el padre Ramírez dedicó su vida a escuchar los “latidos de la tierra”. En definitiva, era sacerdote y sismólogo, sin que uno hiciera mayor peso sobre el otro.

Jesús Emilio Ramírez, S. J. no veía contradicción entre la oración y el sismograma; por el contrario, convirtió la observación de los movimientos telúricos en una forma de servicio a la humanidad como fundador de instituciones y custodio de la *memoria sísmica* de los Andes, su legado no se mide solo en tratados o artículos científicos, sino en la seguridad de las ciudades que aprendieron a entender el suelo que las sostiene. La creación de observatorios por su parte, institucionalizará la ciencia de toda la región colombiana, creando necesarios vínculos con la venezolana. Fue un historiador de los desastres. punto vital en su obra escrita, pues Ramírez no solo miraba instrumentos sismológicos, sino que exploraba en archivos coloniales para rescatar crónicas de sismos antiguos y compararlos con eventos de reciente data.

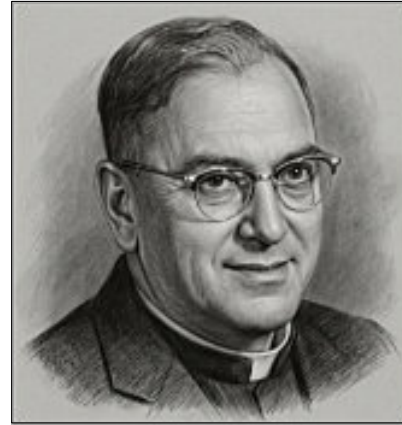
Su libro, *Historia de los terremotos en Colombia*, en 3 ediciones (1969, 1975 y la última, de 2004, en edición póstuma) es una muestra de cómo se debe investigar en sismología histórica. No fue nunca un científico aislado, sino un educador y formador de nuevas generaciones de geofísicos en su nativa Colombia; a la par no se contentó solo con sismos, sino adicionalmente estudio otros eventos naturales.

### FE Y OBSERVACIÓN SISMOLÓGICA

#### Cronología su vida religiosa y apostólica (1919–2013)

¿El planteamiento de la ciencia sismología guarda relación con la religión católica y jesuita?

La sismología y la religión han evolucionado de ver los terremotos como “*castigos divinos*” a verlos como “*fenómenos naturales*” estudiados por Iglesia y aquí las claves de esa conexión:



La orden de los Jesuitas fue tan activa en este campo que la sismología llegó a conocerse como la “ciencia jesuita”, punto tratado más adelante en este ensayo.

Tras eventos catastróficos como el *Terremoto de Lisboa de 1755*, la Iglesia comenzó a separar la “*causa primera*” - Dios como creador-, de las “*segundas causas*” -las leyes físicas-. En la actualidad, la conexión se centra en la *prevención y la caridad*. La Iglesia promueve la *ciencia sísmica* como una herramienta para *proteger la vida humana y ayudar a los más vulnerables en zonas de riesgo*.

Con datos básicos de Jesús Emilio Ramírez, hemos realizado un bosquejo de sus primeros años. Nace en el hogar de Emiliano Ramírez y Sixta Julia González, el 2 de diciembre de 1919 en Yolombó (Antioquia). De familia numerosa, honda raigambre antioqueña, a la cual vinieron 10 hijos, entre ellos Jesús Emilio. Cinco de 5 de ellos se vincularon desde temprana edad a la Compañía de Jesús, y una de las hermanas a la Comunidad Religiosa del Carmelo. El doctor Jesús Emilio Ramírez, S. J. fue el mayor de los hermanos y quizá el inspirador de la tradición eclesiástica del resto de su familia. Se unieron al quehacer jesuítico: Roberto, el propio Jesús Emilio, Eduardo y Carlos, no obstante, su trayectoria refleja el ideal jesuítico de buscar a Dios en todas las cosas, uniendo la rigurosidad del científico con su profunda vida espiritual (Medina Muñoz, L. R. 2000).

A partir de estos datos se ha ordenado en forma estructurada y cronológica su camino de fe y de servicio eclesiástico. Aún así, no olvidaría el científico, aspectos muy naturales en los sacerdotes de la Compañía de Jesús como por ejemplo, el padre William Ott, S. J. (1942-2014) jesuita americano conocido por sus contribuciones a la sismología y a la educación científica y encargado del observatorio de Sismología de Weston, quien en vida investigó los archivos del padre Daniel Linehan (1904-1987) el cual había señalado a la sismología como *ciencia jesuítica*; denominación no-oficial, sino utilizada

como apodo *histórico* y *honorífico* por su papel fundamental y casi exclusivo, otorgado a la Compañía de Jesús en su desarrollo inicial y consolidación como disciplina científica moderna.

Como curiosidad, una revisión hallada en un viejo ejemplar de la revista *Earthquake Information Bulletin* (1970) N° 6, mal dispuesto en el Centro de Documentación e información de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas en el año 2004, atribuía la existencia de un observatorio en el Colegio San Ignacio de Caracas de un sismógrafo inactivo para 1942, el cual se constituyó en punto de partida para ahondar en la observación sísmica, fuera de las iniciativas del Ministerio de Instrucción Pública caraqueño, y luego del Ministerio de Obras Públicas. ¡Así Linehan menciona un trabajo del Observatorio “made in Caracas! que, Indagando con sacerdotes de la orden, señalan que en un ejemplar del prenombrado boletín venido de los archivos del extinto Fray Linehan, este señaló de *puño y letra* un listado sobre los jesuitas en la sismología, y la existencia de un observatorio en el Colegio San Ignacio de Caracas, el cual se encontraba inactivo para 1942, época en la que Eduardo Röhl (1891-1959 ya dirigía a Cagigal. Indagando en el desconocido artefacto ya en Venezuela, este llegó a dar a Jamaica sin seguridad de ello. Por otra parte, e interrogado –se trata de Agustín Udías- que por correspondencia afirmó tácitamente, que, en el Colegio San Ignacio de Caracas, difícilmente sabían algo del instrumento.

Sin duda alguna, lo acá expuesto señala una iniciativa alterna a los estudios sismológicos por obra del Gobierno Nacional.

Lamentablemente el paradero del instrumental empleado se desconoce (Rodríguez, 2004), y apenas a poco más de ¼ del siglo XXII el país cuenta con solo dos documentalistas en actividad: -una activa y el otro retirado de hecho, pero no de derecho-, provenientes de un mismo instituto sismológico nacional, FUNVISIS, al que sus temas, no le han prestado interés alguno uno que otro investigador. Sin embargo, ello no ha sido obstáculo para que en esta “*yunta intelectual*” se hayan descubierto “*nuevos aportes*”, desdeñando un desafortunado término: (...) *la ciencia, si no tiene números, no es ciencia* (...)

#### Su consagración

1935 (12 de enero): Ingresa a la Compañía de Jesús en el noviciado de Chapinero, Bogotá.

1937 (2 de febrero): Es ordenado en Santa Rosa de Viterbo.

1937–1938: Periodo de formación espiritual intensiva previo a los votos perpetuos.

1939–1942: Estudios de ciencias y filosofía en Chapinero.

1946–1949: Estudios de teología en Chapinero.

1948 (3 de diciembre): Recibe la ordenación sacerdotal.

**Madurez en la misión y el *aggiornamento*** - puesta al día, de una organización eclesiástica. Se usa a menudo en referencia a la Iglesia católica-

1950–1951: Realiza la última etapa de formación jesuita en Santa Rosa de Viterbo y emite sus últimos votos en Zipaquirá.

1951–1961: Inicia su labor apostólica en la educación y administración en El Mortiño y Barranquilla.

1962–1978: Se desempeña como profesor y guía espiritual en Manizales.

1963–1965: Colabora en Italia con el padre Roberto Busa, S.J., en el *Index Thomisticus*, un proyecto pionero que unió la fe en la obra de Santo Tomás de Aquino, con la incipiente informática.

1970–1985: Profundiza su formación académica religiosa con estudios de lengua francesa en París y Cristología en la Universidad Gregoriana de Roma.

#### Servicio institucional y pastoral final

1979–1996: Ejerce cargos directivos en la Universidad Javeriana y en el Colegio Máximo de Bogotá.

1997–2001: Misión pastoral en el turno nocturno del Colegio San Pedro de Bucaramanga.

**Sus últimos años:** Regresa a Medellín para servir como capellán en la Clínica Cardiovascular Santa María.

2013 (18 de noviembre): Fallece en la Casa Pedro Arrupe.

Un aspecto fundamental de su fe fue su devoción y estudio de la *Sábana de Turín*, de modo que, para Ramírez, esta no era solo un objeto de culto, sino un punto de encuentro entre la ciencia y la religión. Ello trae consigo 2 obras en la fe: “*Lino, sangre y aloe*” (1983), su primera gran obra en la que busca la coherencia entre la verdad científica y la religiosa y “*48 meridianos del saber buscan tu rostro*” (2011), un trabajo “maduro” donde analiza la reliquia desde múltiples campos del conocimiento humano como un acto de veneración.

Su vida fue un testimonio de que la búsqueda del saber científico no lo alejó de la contemplación de los misterios de Cristo.

#### Del lado de la ciencia

Ramírez, geofísico y sismólogo, obtuvo una maestría en 1931, doctorándose en 1939 por la Universidad de San Luis en los Estados Unidos. Con el meteorólogo español Simón Sarasola S. J. (1871- 1947) (e. g. Wikipedia, 2024; Ramírez, 1948) cofundó el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos y fue su director durante 38 años. La sismología en Colombia se inició con el regreso de Jesús Emilio Ramírez, S. J. en el año 1940 (Sarria, 2005:125).

Su tesis doctoral, presentada en la Universidad de Saint Louis en Estados Unidos, tuvo que ver, entre otros temas, con la posibilidad de detectar huracanes con los sismógrafos. En esa época decidió fundar el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, adscrito a la Universidad Javeriana que pudo materializar unos años después.

A su regreso, el padre Ramírez colaboró en la organización y celebración del Año Geofísico Internacional en 1958. La aparición de este Instituto fue un hecho muy importante a nivel continental y fue además el primer paso para la difusión del interés por la sismología en Colombia.

#### **Legado técnico fundamental de Jesús Emilio Ramírez, J.**

Es una de las figuras más importantes de la ciencia en Colombia; pionero en la geofísica y la sismología en América Latina. Su pericia ha sido fundamental para entender la historia de la Tierra en la región andina y su legado técnico y sus publicaciones más destacadas son transcritas de seguidas.

*La Historia de los Terremotos*, es sin duda su trabajo mejor logrado, citado y consultado cuya constitución es la mayor recopilación histórica de la actividad sísmica en Colombia. En él, Ramírez documentó con rigor científico, además de una revisión detenida de archivos históricos, los eventos sísmicos desde la época de la conquista hasta mediados del siglo XX. Su actualización en 2004 ha sido menester incluir uno que otro evento del siglo XXI, pero siempre con sus datos a título de autor. Como director del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, el Padre Ramírez publicó numerosos artículos técnicos en revistas especializadas, tales como la revista de la *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.

Es de hacer notar que para un seguimiento exhaustivo de su obra es necesario considerar que la misma abarca más de 40 años de investigación geofísica, dividiéndose su producción en boletines institucionales, revistas académicas de ciencias exactas y monografías técnicas. Definitivamente es una actividad de gran aliento.

Sean los más significativos como autor y coautor, bajo el esquema organizativo de su naturaleza técnica y la fuente bibliográfica donde fueron publicados:

**RAMÍREZ, J. E.** (1969/1975). *Historia de los terremotos en Colombia*. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAC), 218 pág (IGAC).

**RAMÍREZ, J. E.** (1975). Catálogo de terremotos para América del Sur. Venezuela, Vol. 4. Lima: Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS).

**RAMÍREZ, J. E. y FORERO DURÁN, L.** (1977). *Historia del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 170 pp.

**RAMÍREZ, J. E.** (1943). *The Huila (Colombia) Earthquake of December 16, 1941*. Saint Louis: Saint Louis University (Disertación doctoral). 148pp.

Los artículos que a continuación siguen, aparecieron principalmente en la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y en el Boletín de la Sociedad Sismológica de América

**RAMÍREZ, J. E.** (1938). *El terremoto del 4 de febrero de 1938*. Rev. Acad. Col. Ccs. Exact., Fís. Nat., 2(7):401-403.

**RAMÍREZ, J. E.** (1940). *An experimental investigation of the nature and origin of microseisms at St. Louis, Missouri*. Bull. Seism. Soc. Am., 30(1):35-84 y (2): 139-178.

**RAMÍREZ, J. E.** (1948). *The Pasto (Colombia) Earthquake of July 14, 1947*. Bull. Seism. Soc. Am., 38(4): 247-256.

**RAMÍREZ, J. E.** (1950). *The New Seismic Station at Galerazamba, Colombia*. Bull. Seism. Soc. Am., 40(1): 1-5.

**RAMÍREZ, J. E.** (1954). *Bibliografía de las Ciencias Geológicas en Colombia*. Rev. Acad. Col. Ccs. Exact., Fís. Nat., 9:33-34.

**RAMÍREZ, J. E.** (1958). *Los volcanes de Colombia*. Rev. Acad. Col. Ccs. Exact., Fís. Nat., 10(41): 301-315.

**RAMÍREZ, J. E.** (1959). *El volcán de Galeras*. Bol. Soc. Geog. de Colombia, 17(61-62).

**RAMÍREZ, J. E. y DURÁN, L. F.** (1963). *Mapa sísmico y tectónico de Colombia*. Bol. Inst. Geof- de los Andes colombianos.

En el marco del Año Geofísico Internacional (1957-1958) y proyectos de la OEA, coordinó diversas publicaciones regionales en coautorías y coordinaciones técnicas

**RAMÍREZ, J. E.; GIESECKE, A.; CABRÉ, R.; (S. J.); Deza, E.** (1968). *Investigación de la sismicidad en la región andina*. Comité de Ciencias Sismológicas del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), México D.F., 124 pp. (Publicación del IPGH No. 314).

**RAMÍREZ, J. E. y ALDRICH, L. T.** (1977). *The Colombia-Ecuador Crustal Project*. Washington D.C.: Carnegie Institution of Washington (Informe técnico sobre la estructura de la corteza en el nudo de Los Pastos).

Para su trabajo sobre la sismicidad del siglo XIX y principios del XX, el artículo de 1938 sobre el sismo de febrero y los volúmenes del *Catálogo de CERESIS* (1975) son los documentos que contienen el mayor rigor en cuanto a la discriminación de fuentes primarias y la corrección de fechas y horas locales.

En cuanto a variaciones magnéticas, realizó estudios sobre el campo magnético terrestre en el ecuador magnético, que pasa precisamente por territorio colombiano.

Sus investigaciones doctorales en microsismos (pequeñas vibraciones de la tierra causadas por cambios de presión

atmosférica o tormentas en el océano) realizado con la Universidad de Saint Louis las centrarán en los mismos, un tema muy técnico y avanzado para su época.

No solo se quedó en los sismos; también analizó la estructura del suelo. Publicó estudios técnicos sobre la actividad volcánica colombiana, identificando riesgos y características geológicas de la Cordillera Central. Y lo referente a la *Bibliografía de las Ciencias Geológicas en Colombia*, realizó un trabajo titánico organizando y catalogando miles de referencias técnicas para que otros investigadores pudieran estudiar el subsuelo colombiano.

#### **Reconocimientos**

Considerando su trayectoria como pilar de la sismología en Colombia y su labor en el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, tenemos los reconocimientos nacionales cronológicamente ordenados, obtuvo en sus periodos de mayor actividad y vinculación:

#### **En Colombia:**

- Instituto Colombiano de Petróleos: Sus aportes técnicos más significativos y distinciones en esta área se consolidaron hacia la **década de 1960** (época de auge de la prospección geofísica en el país).

- Sociedad Colombiana de Geología: Miembro activo y distinguido desde su fundación o años iniciales en **1945**.

-Sociedad Colombiana de Física: Vinculado tras el impulso de las ciencias exactas en Colombia, aproximadamente en **1933**.

- Sociedad Geográfica de Colombia: Su ingreso formal y contribuciones cartográficas destacadas datan de la década de **1930** (fue una de sus plataformas principales para el estudio del territorio).

- Sociedad Colombiana de Ingenieros: Es una de sus afiliaciones más tempranas y constantes, consolidada hacia **1920-1930** tras su formación académica superior. Por sus méritos en Ciencias ocupó el Sillón 23 de la Academia de Ciencias, Físicas y Naturales de Colombia en 1044

#### **Como perfil internacional:**

- American Meteorological Society (Boston).

- American Geophysical Union (Washington).

- American Association of Petroleum Geologists (Tulsa).

- American Physical Society (New York).

- Société G  ographique de Paris.

Es vital recordar que Jesús Emilio Ramírez fue quien trajo a Colombia los primeros sismógrafos modernos, lo que justifica que las sociedades de Geología y Física fueran sus espacios naturales de acción desde finales de los años 30. En atención a sus méritos académicos el gobierno

colombiano lo condecoró en varias oportunidades: en 1967 con la Orden de San Carlos, en el grado de oficial; en 1964 con la Medalla Francisco José de Caldas y en 1971 con la Gran Cruz de la Orden al Mérito Julio Garavito. Mereci   además la Condecoración Gran Cruz de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana, en 1967.

#### **Un legado más allá del papel**

Lo fascinante del Padre J. E. Ramírez, S. J. es que sus artículos no eran simples teorías; fundó estaciones sismológicas que permitieron que Colombia pasara de la *superstición* frente a los *temblores a la prevención sismológica*. En síntesis, su rigor era tal que fue miembro de las academias de ciencias de varios países y recibí excepcionales distinciones la *Cruz de Boyacá* por su aporte científico al desarrollo colombiano.

Su obra escrita es muy extensa (Espinosa Baquero, *com. escrita*, 2026) calculándose aproximadamente más de un centenar de trabajos. El tema que nos impulsa a escribir sobre su figura y obra posee las claves que justifican su estudio. Antes de Ramírez, el estudio de los sismos en Colombia era fragmentado, siendo su mayor responsabilidad la fundación del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos en 1941.

Una bio-bibliografía como la que aquí nos atrevimos a elaborar ha permitido documentar la transición de la sismología colombiana desde una *  pr  ctica de aficionados  * dirigida a ser una disciplina académica con redes sismológicas fijas, valga decir con ello que institucionalizó la sismología. Su obra principal anteriormente mencionada, la *Historia de los terremotos en Colombia*, permitió rescatar crónicas coloniales y datos técnicos, estableciendo la base de datos históricos más importante del país. Ello lo muestra fehacientemente la actualización de la misma como catálogo histórico, que recopil   fuentes primas que, de otro modo, pudieron perderse, así su enorme valor.

En lo que respecta en su conexión internacional y formación, Ramírez fue el puente entre la ciencia colombiana y centros de vanguardia como la casa de estudios en donde obtuvo su doctorado.

A diferencia de otros científicos de su época, tuvo una faceta divulgadora. Sus publicaciones no solo se limitaron a revistas indexadas, sino a manuales y artículos de prensa destinados a educar a la población sobre la vulnerabilidad sísmica de ciudades como Bogotá y Medellín.

En investigadores de la sismicidad del Caribe y el norte de Sudamérica, su obra es un espejo necesario. La interacción tectónica intraplacas requiere del contexto histórico que Ramírez documentó meticulosamente. Medina M., L. R., 2000).

## EPÍLOGO

La figura del padre Jesús Emilio Ramírez, S. J. no solo representa un capítulo en la historia de la ciencia sismológica colombiana; representa el momento exacto en que el país despertó a la conciencia de su propia fragilidad tectónica. Antes de su intervención, los terremotos en Colombia eran eventos aislados en la memoria colectiva, narrados con la imprecisión de *la superstición* o el asombro del *cronista aficionado*.

A través de la fundación del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Ramírez logró lo que parecía improbable: dotar de una estructura académica y física a la observación del subsuelo. Su labor transformó reportes fragmentados en una red sismológica fija, elevando la sismología de una curiosidad histórica a una disciplina de prevención nacional. Su legado es el puente que unió los centros de vanguardia internacional con las necesidades geológicas del Caribe y el norte de Sudamérica.

Su obra cumbre, es hoy el cimiento sobre el cual se construye cualquier estudio de riesgo sísmico moderno. No se limitó a la academia; su faceta como divulgador y

educador en ciudades como Bogotá y Medellín sembró la semilla de la cultura de prevención que hoy salva vidas.

En un territorio de interacción tectónica compleja, los artículos y mapas de Ramírez siguen siendo un espejo necesario para los investigadores contemporáneos.

Su rigor, reconocido con la Cruz de Boyacá y su membresía en diversas academias de ciencias del mundo, recuerda que la ciencia es, ante todo, un *servicio a la sociedad*. Como bien señala la documentación de su obra escrita (muy probablemente no trascrita del todo), su labor no fue solo registrar el movimiento de la tierra, sino enseñar a una nación a convivir con él de manera segura y científica.

La figura del Padre Jesús Emilio Ramírez S. J. (1904–1981) no es solo una referencia biográfica, sino el pilar sobre el cual se construyó la geofísica moderna en Colombia. Realizar una bio-bibliografía sobre su trayectoria es fundamental para comprender cómo el país pasó de la observación anecdótica a la sistematización científica de los fenómenos telúricos.

## AGRADECIMIENTOS



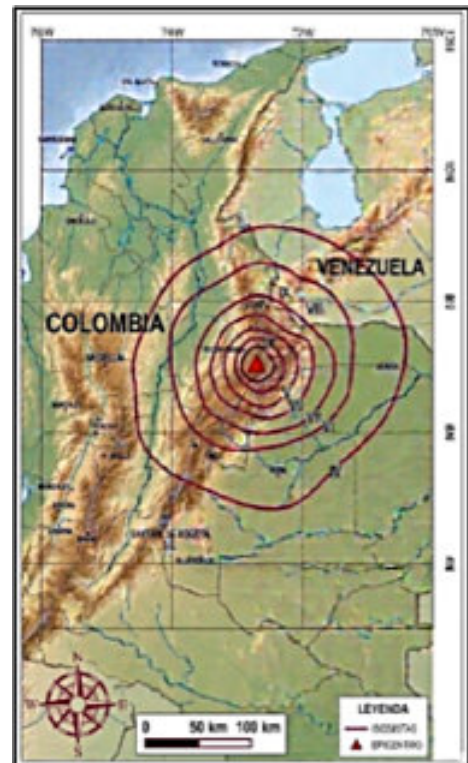
Fachada Del Instituto Geofísico De Los Andes Colombianos.

Fuente: [https://issuu.com/historicopuj/docs/im\\_genes\\_y\\_palabras\\_xii\\_2022/s/20516073](https://issuu.com/historicopuj/docs/im_genes_y_palabras_xii_2022/s/20516073)



## Instituto Geofísico de los Andes Jesús Emilio Ramírez.

Fuente: [ssuu.com/historicopuj/docs/im\\_genes\\_y\\_palabras\\_xii\\_2022/s/20516073](https://ssuu.com/historicopuj/docs/im_genes_y_palabras_xii_2022/s/20516073)



Tomado y modificado del **mapa de isosistas del Terremoto de Arboledas, 8 de julio de 1050. Magnitud (Mw) estimada 6,7.**

Fuente: Salcedo y Gomez, 2000.

Al Dr. Armado Espinosa Baquero, académico y amigo por muchos años quién guio mis ideas y mi maquina en beneficio de la biografía que recién sale a la luz.

## BIBLIOGRAFÍA

MEDINA MUÑOZ, L. R. 2000. *Tradición Académica*. Diccionario biográfico y bibliográfico de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Edición Especial, pags. 304-305. Pub. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, D.C. <https://catalogo.escuelaing.edu.co/bib/13401>

RAMÍREZ, E. 1948. *The Rev. Simon Sarasola, S.J. 1871-1947*. <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article-abstract/38/3/229/115539/The-Rev-Simon-Sarasola-S-J-1871-1947>

RODRÍGUEZ, J. A. 2004. *Breve Historia de la sismología en Venezuela*. Serie Técnica FUNVISIS 1-2004 (CD-rom). [http://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/www/tecnica/docs/historia\\_sismologia.pdf](http://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/www/tecnica/docs/historia_sismologia.pdf)

[/www.funvisis.gob.ve/old/archivos/www/tecnica/docs/historia\\_sismologia.pdf](http://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/www/tecnica/docs/historia_sismologia.pdf)

SARRIA MOLINA, A. 2005. *El inicio de la sismología en Colombia*. Revista de Ingeniería, Fac. de Ing., Univ. de los Andes, Bogotá, (21):121-125. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932005000100013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932005000100013)

WIKIPEDIA. 2024. *Simón Sarasola*, [https://es.wikipedia.org/wiki/Sim%C3%B3n\\_Sarasola](https://es.wikipedia.org/wiki/Sim%C3%B3n_Sarasola)

SALCEDO, HURTADO, H. y GÓMES CAPERA, A. 2000. *Atlas Macrosísmico de Colombia*, U. del Valle e Universidad del Valle y Servicio Geológico Colombiano (sin paginación). [https://www.researchgate.net/publication/265552354\\_Atlas\\_macrosismico\\_de\\_Colombia/link/5411ec60cf2fa878ad39317/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/publication/265552354_Atlas_macrosismico_de_Colombia/link/5411ec60cf2fa878ad39317/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19)



**José Antonio Rodríguez Arteaga** es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela.

Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

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

[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)

# NUEVOS COMENTARIOS SOBRE EL ENSAYO DE GUILLERMO MILLÁN TRUJILLO: “NUEVOS CONCEPTOS SOBRE GEOLOGÍA GLOBAL Y EL INTERIOR DEL PLANETA”

Por: Humberto Álvarez-Sánchez (1).

1-Miramar Mining Corp. República de Panamá. [geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)

*La ciencia no puede resolver el último misterio de la naturaleza. Y eso se debe a que, en última instancia, nosotros mismos somos una parte del misterio que estamos tratando de resolver. “Max Planck (¿Wo geht die Wissenschaft hin? 1932).*

## 1-Introducción. Un Documento Trascendental.

El 19 de Noviembre de 2012, recibí una carta de mi amigo y colega Guillermo Millán Trujillo<sup>1</sup> que ocupa un lugar especial en nuestra correspondencia; de costumbre orientada a nuestras discusiones sobre temas importantes de la geología de Cuba. Su carta desafiaba los límites de nuestra disciplina. A esta correspondencia Millán unió textos preparados como variaciones de un extenso trabajo que se extendía prácticamente al total de los temas fundamentales de la geología planetaria. Millán me solicitaba, ponerlos a disposición pública en una Web de contenido apropiado; acción que nunca me decidí a realizar. Al examinar las variantes de textos que recibí se apreciaba que comenzó a construirlos sobre 2009 (fecha de algunos dibujos). Una de las variantes aparece en formato de poster presentada en una reunión científica, al parecer acompañado por el texto ampliado<sup>2</sup>, ambos por lo visto de fecha 2011.

Nunca antes en mi vida profesional estuve frente a un documento tan extraño e interesante. Al leerlo, con respeto y atención confieso haberme sentido indeciso en calificarlo como un afiebrado producto de una mente brillante pero desconectada de la realidad, o un escrito trascendental, declarado a su autor por entidades superiores en comunicación mental con su persona. Al leer el trabajo de Millán, recordé “*Mundus Subterraneus*” (Amsterdam, 1664) del científico barroco jesuita Athanasius Kircher y su asombroso Geocosmos, una de las primeras teorías globales de la Tierra. Quien ve algunas ilustraciones de la obra de Kircher, sobre todo en la que se muestran los hidrofilacios con la representación del “fuego central”; no puede dejar de pensar en las modernas representaciones de los “geotumores”, hostspot y plumas del manto propuestas por W. J. Morgan. Salvadas las diferencias correspondientes, ¿cuánta imaginación especulación e intuición no existe en estas figuras que no provengan de fuente mental, llámese como se llame?

El objetivo de este pequeño ensayo no se dirige a discutir las aplicaciones geológicas propiamente dichas de los conceptos transmitidos a Millán. Ciertas premisas de base en el trabajo de este autor, extendidas a la aplicación de la estructura geológica del planeta destinadas a establecer dos condiciones de existencia de la “materia manifiesta” y la “materia no manifiesta”, no pueden formar parte de una discusión en el estado de la ciencia geológica actual; ya que, según la misma expresión de Millán: *La condición física no manifiesta de la materia se trata de una realidad que debe ser explicada por la ciencia.* De manera que, si no es posible discutir las consecuencias geológicas, podemos examinar las premisas generales, que poseen una especial significación, visto que su autor no es conocido como un físico ni como un filósofo y a pesar de ello, aborda trascendentales temas. La pregunta que se puede formular desde el inicio de este trabajo es ¿es esto ciencia? Con el mayor respeto hacia el autor; un geólogo de gran competencia, con grandes méritos en el estudio del

<sup>1</sup> Un 23 de agosto de 2021 fallece Guillermo Millán Trujillo (1945-2021). Eminente geólogo de las rocas metamórficas cubanas. Nació en La Habana el 12 de febrero de 1945. Doctor en Ciencias Geológicas y Mineralógicas Llevó a cabo el estudio más integral de las rocas metamórficas de Cuba. Su trabajo deja un legado imperecedero para la ciencia cubana y universal. Autor de artículos científicos que forman la base de la cartografía y origen de estas rocas, su obra es referencia obligada para los estudiosos de la geología de Cuba.

<sup>2</sup> Nuevas Concepciones sobre la evolución del Caribe a partir de la ruptura de Pangea. Los eventos tectónicos manifiestos en la geología cubana (2011?).

metamorfismo en la isla de Cuba y brillantes contribuciones a geología de la isla; una “vía mental” como vehículo para recibir un conocimiento nuevo; definitivamente no sería aceptado como un modo legítimo para sostener esta exposición de principios científicos desarrollados de forma tan insólita. Entonces; ¿por qué el autor se arriesga a que sus teorías sean simplemente rechazadas, de partida, por su declaración inicial? Él pudo hacer una redacción de tipo clásico, llena de citas de la literatura científica disponible que, en la actualidad, precisamente está llena de especulaciones sobre los temas tratados. Sin embargo; exponerse a críticas especialmente duras, no podemos explicarlo mas que a partir de su honestidad personal y del convencimiento que él posee de la legitimidad de las fuentes que aduce como origen de sus conocimientos. Entonces, si aceptamos seriamente esta última posibilidad, como una alternativa creíble y no la sometemos a una discusión negativa ni a una negación de plano; podemos pasar a comentar su obra; que vista su peculiar redacción y su alcance, abarca temas que trascienden a la geología y se introducen en la filosofía, la física, la parasicología y hasta en la religión.

## 2-La Física y las ideas de Guillermo Millán. La Materia y la Frecuencia.

Varios párrafos del preámbulo de la obra son empleados por Millán para establecer premisas que podrían calificarse como “fundamento teórico” de sus posteriores explicaciones sobre la constitución geológica y desarrollo dinámico del planeta. Estas premisas, como logro identificarlas en este comentario o como expresadas por su autor son las siguientes:

□ El planeta Tierra no es un cuerpo celeste, generado por una nebulosa de gas y polvo que dio origen a un astro central con su cortejo de planetas y cuerpos asociados; sino que resulta de un acto especial de creación, para cumplir el propósito específico de dar un hogar a la vida y un escenario para su despliegue mediante un programa preestablecido. A decir de Millán, una “*evolución programada*”, por cierto, excluyente para la totalidad del resto del sistema planetario solar.

□ Este “plan”, es anterior a la propia existencia de nuestro universo, tal como lo conocemos hasta hoy; incluso anterior a la “gran expansión”, más popularmente conocida como “Big Bang”.

□ La materia existe en dos formas físicas diferentes: La “materia manifiesta”; que integra los minerales y rocas, las estrellas y galaxias, los átomos y las partículas elementales y nuestras propias entidades biológicas. Esta materia vibra a una cierta frecuencia cuyo valor numérico, si nos atenemos al significado de la palabra “frecuencia”, es la frecuencia del cosmos. Y; la “materia no-manifiesta”, en que se transforma la primera cuando cesa de ¿vibrar? a la frecuencia del cosmos tornándose, de esta manera, en imperceptible, aunque sin perder su integridad existencial.

□ Ambas modalidades de la materia coexisten sin interferirse mutuamente, ya que obedecen a leyes físicas diferentes. Sin embargo, cualquiera de ellas puede transitar al estado de la otra, en tanto satisfaga o incumpla la frecuencia del cosmos; concretamente “la frecuencia de nuestro espacio cósmico”. No obstante, la materia no manifiesta posee una propiedad adicional que, según Millán, significa que puede trasladarse de un lugar a otro “instantáneamente”, sin importar cuan alejadas se encuentren dichas localizaciones.

¿Es posible apresurarse a rechazar, de plano, las interpretaciones del autor a causa de que se encuentran explicadas sobre la base de una terminología exótica y unos conceptos aparentemente novedosos, comunicados mediante una fuente, al parecer, parasicológica? El autor de estos comentarios opina, en cambio, que cualesquiera conclusiones sostenidas en el ensayo de Millán, aplicables al desarrollo geológico de la materia, las cuales parten de las premisas “teóricas” establecidas por él y sintetizadas anteriormente, debe ser discutida, antes que todo, desde el punto de vista de la ciencia y, en particular, de la física.

## 2.1- La ubicuidad de la materia no-manifiesta.

*Que la gravedad sea innata, inherente y esencial para la materia, de tal modo que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través del vacío sin la mediación de ninguna otra cosa por la cual y a través de la cual pueda transmitir la acción y la fuerza de estos cuerpos, del uno al otro, es para mí algo tan absurdo que creo que no puede acostumbrarse a ello ningún ser humano. “Isaac Newton, a Richard Bentley, 25 Feb 1692/1693.”*

¿Cabe la posibilidad de que una porción cualquiera de materia pueda trasladarse “instantáneamente” entre dos posiciones? La respuesta depende de cual “materia” estamos hablando y de que entendemos en la actualidad por “instantáneamente”. Tendremos que insistir sobre si “instantáneamente” significa “intemporal” y si, al fin, la materia no-manifiesta es, efectivamente “materia”.

Existen varias formas de energía que pueden recorrer grandes distancias, en forma de ondas-partículas. Ondas electromagnéticas, fotones y neutrinos se transmiten y mueven a velocidades lumínicas. El campo gravitatorio de Einstein como función de la deformación del espacio-tiempo, no puede superar la velocidad de la luz. Este resultado se deriva de las recientes mediciones del decaimiento de los pulsares binarios (PSR 1913+16 y B1534+12).

Mientras tanto, si como se supone, la velocidad de la luz es el límite máximo de la velocidad en el que la materia-energía puede desplazarse por el espacio-tiempo físico, incluso la misma propagación de la configuración “geométrica” del espacio físico; tendremos que concluir que se necesita un tiempo finito para que una misma entidad material o energética o estructura, se desplace de un lugar a otro. Aún incluso al considerar estructuras del tipo de puente de Einstein-Rosen, un tiempo entre una localización y otra, entre un estado y otro, podría ser necesario y lo es de acuerdo hasta lo que ahora sabemos o creemos saber.

Sin embargo, una propiedad cuántica basada en la Paradoja Einstein-Podolsky-Rosen, hoy día también llamado “Efecto de Dios”, establece que, cuando dos sistemas cuánticos estuvieron en contacto, permanecen conectados “instantáneamente”, como si fueran parte de un todo indivisible. Es decir, una única función de onda basta para describir dos objetos separados, no importa cualquiera que sea la distancia que los separa, incluso en los extremos del universo. Este es un fenómeno que Einstein llamó irónicamente “*acción fantasmal a distancia*”, ya que Einstein, concebía un límite inviolable de velocidad en el universo y no aceptaba posibles efectos superlumínicos de traslación, ya fuera de la materia-energía o de la configuración. En la física contemporánea, esto encuentra un eco asombroso en el entrelazamiento cuántico. Si bien en 2012 esto parecía limitado al micromundo, hoy experimentos con satélites (como el Micius) y objetos macroscópicos confirman que la información puede estar conectada instantáneamente a distancias de miles de kilómetros, validando la posibilidad teórica de la ubicuidad que Millán intuía.

Al fin el mundo físico es tan extraño y retador para la mente humana que los taquiones, partículas hipotéticamente admitidas en la teoría cuántica de campo y teoría de cuerdas, solo pueden moverse a velocidades supralumínicas, con las consecuencias en el curso del tiempo que se han supuesto. Estas partículas, de existir, tendrían un conjunto de propiedades extrañas y paradójicas.

- ☐ Si su energía y momento son reales, su masa en reposo sería un número imaginario.
- ☐ El tiempo propio que experimenta un taquión es también imaginario.
- ☐ Nunca puede ir a velocidades inferiores a la de la luz. Mientras su energía disminuye, su velocidad aumenta.
- ☐ Si los taquiones existen y pudieran interactuar con la materia ordinaria, podría violarse el principio de causalidad.

La discusión de estos temas, nos llevarían demasiado lejos del objetivo de examinar las tesis “millanescas”. Pero una de las consecuencias que se derivan del estudio teórico de estas partículas, hasta ahora, hipotéticas, es que el tiempo, esa condición o esencia que Platón llamó “*una imagen móvil de la eternidad*” y Aristóteles “*la medida del movimiento entre dos instantes*”; que puede ser que no sea otra cosa que una gran e incomprensible ilusión.

Wheeler y Spencer, de la Universidad de Utah, constituyen uno de los últimos equipos que ha intentado demostrarlo en el campo científico, a pesar de que el concepto de que el mundo es “maya” es tan viejo como la filosofía. En

efecto, según la filosofía Sankhya y Vedanta, “māyā” equivale a “prakriti” (“materia”) y se identifica con la “pradhana” (fuente de la materia), que según la filosofía Vedanta, es la fuente del universo que percibimos, o creemos percibir.

Pero si nos mantenemos en el dominio de lo que los simples mortales, que no recibimos iluminaciones de la “Gran Matrix”, como es el caso de Millán y el de Philip K. Dick; llamamos “el plano de la realidad racional” y si, igualmente, abandonamos las tesis de la filosofía vedántica sobre la pre-sustancia y dejamos a los taquiones continuar con su divagar supralumínico e intemporal por la vastedad de los universos y metauniversos; cabe concluir que, en el intento de realizar una “traducción” de las ideas de Millán; aún podríamos intentar aceptar que, “materia manifiesta y materia no-manifiesta”, parecen conceptualmente corresponder, en sus transiciones mutuas, a un especial sistema cuántico entrelazado, descrito con una terminología propia, aunque quizá Millán no lo ha entendido así.

Al fin, es posible que, en el ámbito de estas “ilusiones” o māyās, podamos concebir un universo “invertido”: un universo en el que la velocidad de la luz sea imposible; en el que todas las partículas sean taquiones; donde existan efectos sin causa y causas sin efecto; y en el que los “bosones de Higgs” no otorguen masa, sino que la sustraigan.

Aún queda pendiente el problema de que el entrelazamiento cuántico, que hasta ahora se ha probado en el experimento “Aspect” para el nivel del micromundo; la ubicuidad de uno de los “estados” de la materia, tal como lo concibe Millán, queda, sujeto al improbable, pero quizá posible, entrelazamiento cuántico de todas y cada una de las partículas constituyentes con el otro “estado”.

De manera que si el entrelazamiento cuántico es lo que Millán promulga para fundamentar la traslación instantánea y nuestra “traducción” de sus ideas es correcta, las entidades inmateriales no han comunicado a Millán algo nuevo que no pueda conseguir en una buena biblioteca de divulgación científica.

## 2.2- La naturaleza física de la materia no-manifiesta.

*Dios pone a funcionar el electromagnetismo de acuerdo a la teoría de ondas el Lunes, Miércoles y Viernes, y el Diablo de acuerdo a la teoría cuántica el martes, jueves y sábado. “Sir William L. Bragg” (¿The Physicists, 1978?)*

La primera exploración para encontrar un concepto equivalente al de materia **no manifiesta**, nos lleva intuitivamente a un candidato: la materia oscura. La existencia de enormes masas de materia, indetectable por instrumentos físicos disponibles fue propuesta por Fritz Zwicky en 1933. Es decir, esta materia, no emite ni absorbe radiación electromagnética, así como no interacciona con ella, de modo que se produzcan efectos secundarios observables y se ha inferido solo a través de sus efectos gravitacionales. Las evidencias de esta masa indetectable se derivaron de las inconsistencias en la velocidad orbital de las galaxias respecto a la distribución de masas, la distribución de temperaturas del gas galáctico caliente y las lentes gravitacionales de los objetos del fondo.

La materia oscura, aunque no sea perceptible, compone alrededor del 21% de la materia total del Universo. Solo el 4% residual es materia detectable por su radiación electromagnética. Si a esta relación se suma la energía oscura, cuya existencia se supone como energía repulsiva que expande continuamente el espacio, las “quintaesencias materiales y energéticas oscuras” componen el 96% del universo. Pero materia oscura y energía oscura y materia visible, sí realizan interacciones mutuas, al menos a través del campo gravitacional y la expansión geométrica. Entonces, ¿la materia **no-manifiesta** es acaso un tercer tipo de materia? ¿Una materia espiritual?, ¿fantasmal? Las propiedades de esta nueva “materia” serían: la ausencia de interacción con la materia corriente; la coexistencia (¿ocupan el mismo espacio?) y la ubicuidad (puede estar en dos lugares al mismo tiempo), si eso es lo que significa “instantáneo”).

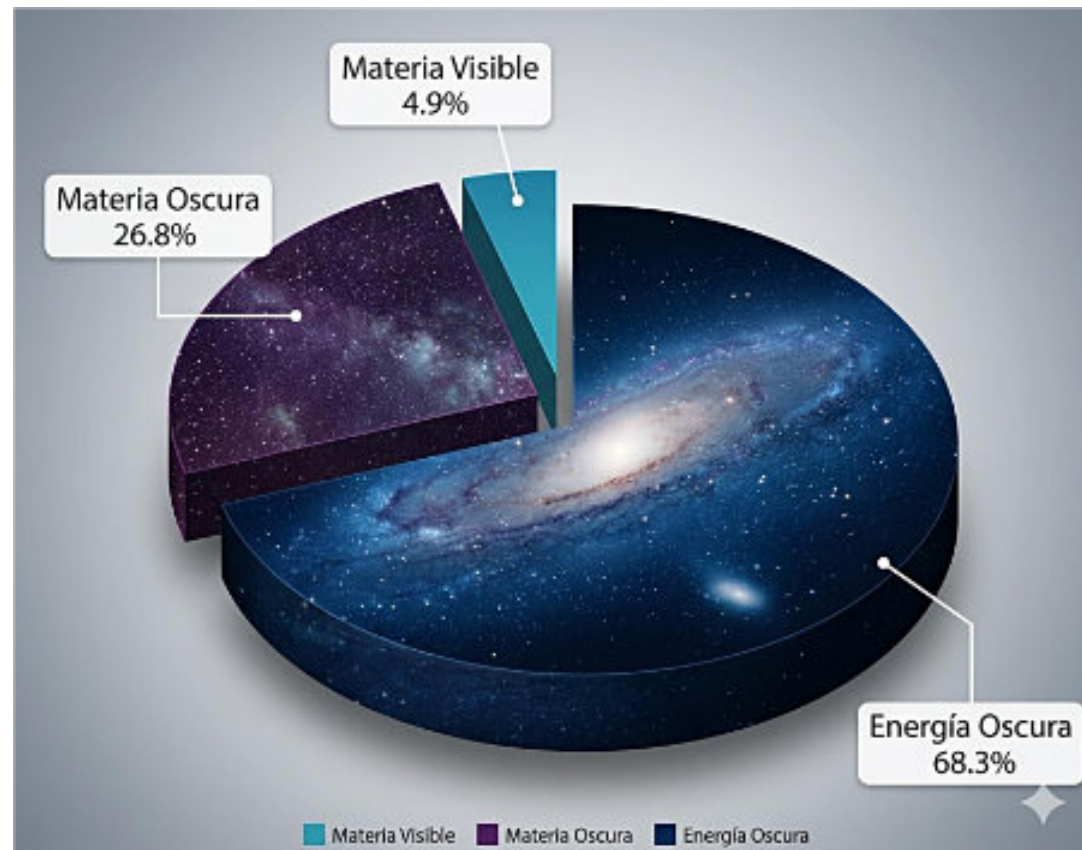


Figura.1. Distribución de materia y energía en el universo conocido.

Una posible comparación con la materia oscura parecía, a primera vista, una esperanza de encontrar un sentido análogo a la materia no-manifiesta; un punto de conexión. Pero vistas las propiedades de esta extraña “esencia”, inevitablemente surge la idea de que estamos en el campo de lo que modernamente se ha dado en llamar la “metaquantica”, o de que corremos el riesgo de tener que enfrascarnos en la discusión de lo que, en diferentes épocas y por diferentes filósofos, se ha llamado “la causa primera”, “la fuerza de la creación”, “el Logos” y otras términos de la teonimia. Ya que esta materia posee un conjunto de propiedades sugestivamente coincidentes con gran parte de los atributos correspondientes al Pantocrátor.

Finalmente no podemos encontrar en el artículo de Millán alguna pista que nos indique una definición de lo que Millán llama “materia no-manifiesta”. Algo que nos permita relacionarla con alguna entidad reconocida o hipotética de la física moderna.

### 2.3- La frecuencia de nuestro espacio cósmico.

*El universo no está hecho de cosas sino de redes de energía vibratoria, emergiendo de algo todavía más profundo y sutil. “Werner Heisenberg”*

La Teoría de las Cuerdas, en sus diferentes variantes, considera que la materia, en última instancia, está constituida por filamentos de energía que vibran a diversas frecuencias. Los más recientes adelantos de este modelo se deben a Edward Witten, con su teoría unificadora (Teoría M). En el ambiente de la Teoría M, un electrón, un fotón, un quark o cualquier “partícula” del Modelo Estándar, no es otra cosa que una cuerda vibrando a una determinada frecuencia. Examinaremos brevemente algunas posibles consecuencias del comportamiento de estas entidades en cuanto a su capacidad para explicar las transformaciones entre los estados de la materia y lo que podríamos llamar, desde este momento, como la “gran sinfonía universal”.

Los filamentos de energía, según Witten y seguidores vibran en un espacio de 11 dimensiones. Todo lo que conocemos como fuerzas y acciones físicas, gravitatorias, electromagnéticas, fuerzas nucleares débiles y fuertes resultan de esas tonalidades “musicales”. El siguiente paso en esta teoría fue la introducción del concepto de “brana”, una entidad de dimensiones mayores a la cuerda, denominada p-brana. Un universo completo, como nuestro universo, podría resultar entonces, como un tejido de filamentos que lo constituyen; es decir, una membrana (o p-brana) de cuerdas flotando en la incomprensible inmensidad, ejecutando lo que se podría describir como una gran sinfonía cósmica.

Mas, surge la inevitable pregunta de ¿cómo es posible que esta “sinfonía” cuántica de caos, de continuas mutaciones y vibraciones, en que una sola entidad describe un número de notas incomprensible para nuestra mente, puede integrarse en el flujo armonioso de nuestro cosmos? La respuesta posible se encuentra en la probable existencia de un “ajuste” realizado a la perfección, en tal medida que las constantes físicas básicas que confieren masa a la materia visible (¿y no visible o perceptible?) y mantiene las partículas unidas con las fuerzas nucleares fuertes y débiles y a las estrellas y planetas danzando unidas por la gravitación, en la armonía de la sinfonía cósmica; funcionara como si un gran director ejecutara con su batuta el único ritmo integrador de su sublime belleza. Algo así como la constante universal o, la “frecuencia del cosmos”, como dice Millán.

En la segunda década del siglo XX, Albert Einstein, en su Teoría de la Relatividad General propuso una Constante Cosmológica, con el fin de conseguir la imagen de un universo invariante, homogéneo y esférico, consistente con las nociones reinantes sobre su estructura en esa época y que compensara la tendencia gravitatoria al colapso que se produciría en un universo estático. Es conocida la queja de Einstein sobre su supuesto error al proponer esta ecuación, al producirse el descubrimiento por Hubble del corrimiento al rojo en 1929, que demostraban un universo en expansión, noción consistente con las soluciones propuestas por Friedman en 1922 y Georges Lemaître en 1927. La astrofísica teórica tiende a considerar que la mayor parte de la masa universal es invisible y no se conoce cual es su composición. La Constante Cosmológica de Einstein, recientemente resucitada actúa como una fuerza repulsiva que ejerce una acción de aceleración de expansión del cosmos.

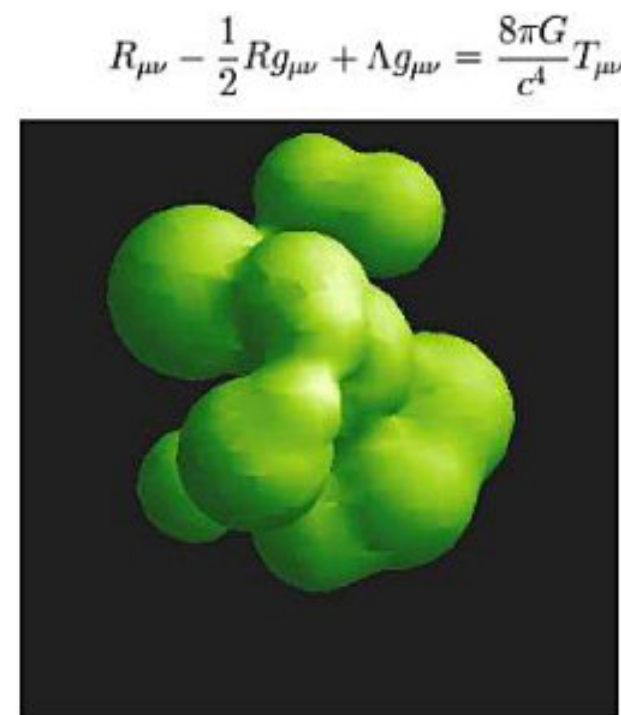


Figura.2. Representación de un universo globalmente in-homogéneo: regiones diferentes tienen tamaños y tasas de expansión distintas, dependiendo del valor inicial del inflatón. (Según Chaotic Inflation Overview).

3- La Tierra. ¿Un acto especial de creación?

*La probabilidad de un ensamblaje espontáneo de la vida; es equiparable a la de un tornado que a su paso por un patio lleno de material de deshecho, produjera un Boeing 747 listo para funcionar. “Fred Hoyle”*

El postulado de Millán: *El planeta Tierra no es un cuerpo celeste, generado por una nebulosa de gas y polvo que dio origen a un astro central con su cortejo de planetas y cuerpos asociados; sino que resulta de un acto especial de creación, para cumplir el propósito específico de dar un hogar a la vida y un escenario para su despliegue mediante un programa preestablecido.*

Entonces; ¿es finalmente nuestro planeta un cuerpo excepcional, exclusivo, pensado para dar habitación a una vida creada, inteligente? Existen diversas opiniones al respecto, como es de esperarse de un concepto tan radical.

Sorprendentemente, recientes investigaciones ponen en duda un paradigma que suministraba gran tranquilidad a nuestras mentes terrestres. Hasta ahora alimentábamos nuestra precaria serenidad en la creencia de la uniformidad del universo, de que los fenómenos físicos ocurrían en toda su inmensidad bajo una regularidad regida por valores constantes; leyes confiables y hasta cierto punto inamovibles. Al parecer esto no es cierto. Astrofísicos de las universidades de Cambridge y Nueva Gales del Sur, han mostrado evidencias de que la llamada “Constante de la Estructura Fina” (“ $\alpha$ ”), que establece el valor de la fuerza de la interacción electromagnética entre partículas cargadas, resulta que asume distintos valores para diferentes regiones del cosmos. Después de medir la “Constante  $\alpha$ ” sobre 300 galaxias se encontró una diferencia sustancial de su valor en partes del cosmos y un cambio continuo según un eje preferencial a través del universo. Estas inquietantes conclusiones, según el astrofísico John Webb, implican la posibilidad de un carácter “local” para las leyes de la física, que en la parte de nuestro universo favorecieron la aparición de la vida, mientras en otras podrían existir otros valores de las leyes que podrían contrarrestar su aparición, al menos en la forma en que la conocemos. Las leyes de la física ¿pueden cambiar de un lugar a otro de nuestro propio universo? ¿Pueden significar estos datos un nuevo argumento a favor de la excepcionalidad de nuestro planeta? ¿Es nuestro planeta un hogar diseñado especialmente para albergar la vida y, más allá, la vida inteligente, científica, tecnológica; capaz de mirar hacia el cosmos con una mirada comprensiva, tal como un niño que se mira, ensimismado, su propio ombligo?

De hecho, muchos conocen un conjunto de características de nuestra estrella central y de nuestro planeta que resultan muy extrañas y paradójicas.

Tabla 1.

| El Sol                                                                                                                                                         | Condiciones favorables para la vida                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No tiene estrella acompañante                                                                                                                                  | Tierra con una órbita estable                                                                                                                                                                       |
| Entre el 10% de las estrellas de mayor masa de su tipo.                                                                                                        | Posibilita que la Tierra esté lejos y aun así no se salga de la órbita y tal distancia impide que el Sol calcine la vida del planeta.                                                               |
| El Sol contiene un 50% más de elementos pesados que otras de su clase y edad. (Estrellas de Población I)                                                       | Los elementos pesados son esenciales a la vida, y son muy escasos. En la Tierra predominan los elementos más pesados.                                                                               |
| La órbita del Sol es menos elíptica respecto a otras estrellas de Población I, que describen órbitas casi circulares respecto al centro de la galaxia          | La forma de su órbita evita que se desplace hacia el centro de la galaxia, lugar de alta radiación, supernovas y agujeros negros.                                                                   |
| En comparación con otras estrellas, la variación del brillo es significativamente menor, es decir, su luminosidad es más estable y constante.                  | Dicha estabilidad es decisiva para la existencia de la vida en la Tierra.                                                                                                                           |
| Inclinación de la órbita. La inclinación de la órbita solar con respecto al plano de la Vía Láctea es muy pequeña, significa que forman un ángulo muy cerrado. | Si la orbita del Sol estuviera más inclinada respecto al plano galáctico; el Sol cortaría la Nube de Oort, perturbándola y causando una catastrófica lluvia de cuerpos gigantescos sobre la Tierra. |
| El Sol se encuentra justo en el punto medio del rango espectral                                                                                                | Estrellas de "clase media" como el Sol, poseen características                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| del Catálogo “HabStars”; que recorre desde el rango “F”; “G” y “K” (desde 7000 K hasta 4000 K; de temperatura de la fotosfera). El Sol es una estrella G | importantes para la habitabilidad planetaria, acentuadas por su posición intermedia en la escala de habitabilidad según la temperatura de su fotosfera. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabla 2.

| La Tierra                                                                                                                                                                                                                                      | Condiciones favorables para la vida                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La distancia orbital Tierra-Sol es de unos 150 millones de kilómetros                                                                                                                                                                          | Más cerca no podría existir agua líquida en la superficie. Más lejos la Tierra sería un mundo congelado.                                                                                                                                                                                                                        |
| La Tierra es el único planeta solar donde existe un eclipse total y su Luna es la mayor del Sistema Solar en comparación con su planeta.                                                                                                       | La gravitación lunar impide la oscilación del eje terrestre, con devastadoras y caóticas fluctuaciones del clima. Así una vida posible requiere una perfecta combinación de la distancia precisa al Sol, así como una luna del tamaño preciso.                                                                                  |
| Las masas planetarias con escasa gravedad no conservan atmósfera, son permeables a radiaciones ionizantes y ofrecen nula defensa contra el impacto de meteoritos. Sin una presión atmosférica mayor de 4,56 mmHg no puede existir agua líquida | La Tierra posee masa y densidad, matemáticamente necesarias para sostener una atmósfera gruesa y estratificada, con el espesor justo para proteger contra la mayoría de los meteoritos, retener agua líquida y formar una capa de ozono contra la radiación ultravioleta.                                                       |
| Los planetas rocosos estratificados de gran masa son los únicos capaces de generar un núcleo metálico con la propiedad de producir un campo magnético fuerte.                                                                                  | El núcleo metálico de la Tierra genera un intenso campo magnético que acoraza la superficie contra las radiaciones ionizantes del espacio y de las erupciones solares. Sin esta protección la superficie del planeta sería inhabitable para las formas de vida que conocemos.                                                   |
| Condición específica de la Tierra                                                                                                                                                                                                              | Los grandes planetas vecinos del nuestro nos protegen de asteroides sin desestabilizar la órbita terrestre.                                                                                                                                                                                                                     |
| Condición específica de la Tierra                                                                                                                                                                                                              | La distribución ideal de hidrosfera y continentes permitió el desarrollo masivo de vida inteligente. Un predominio absoluto de agua sobre escasos parches de Tierra emergida probablemente hubiera resultado en condiciones negativas para su desarrollo.                                                                       |
| Condición específica de la Tierra                                                                                                                                                                                                              | La ubicación galáctica de la Tierra es extraña e importante: No está en el centro de la galaxia ni en un cúmulo globular. No está cerca de una fuente activa de rayos gamma, ni en un sistema multiestelar, ni cerca de un púlsar ni cerca de estrellas muy pequeñas, grandes, o que estén prontas a convertirse en supernovas. |

El llamado “Principio Copernicano” al que John Richard Gott en 1969, amplió para llamarlo “Principio de Mediocridad” pretendía establecer, que la Tierra es un planeta ordinario, en orbita alrededor de una estrella común, perteneciente a una galaxia como otra cualquiera. En efecto; a fines del siglo XX, el equipo encabezado por Geoff Marcy realizó un trabajo pionero para el descubrimiento de una gran cantidad de planetas extrasolares. De este modo parecía tener fin la idea de que nuestra estrella central fuera un astro extraordinario rodeado de planetas mayormente rocosos y que la misma Tierra no fuera otro que un planeta ordinario, como pueden encontrarse cientos de ellos en nuestra propia galaxia.

Al plantear que la evolución, civilización, tecnología, etc., que existe en la Tierra no es nada fuera de lo común, algunos defensores de SETI toman el principio de mediocridad como una razón de peso para esperar abundancia de señales extraterrestres. Por ejemplo, Carl Sagan usaba el principio para sugerir que "podría existir un millón de civilizaciones en la Vía Láctea". Los seguidores de la Paradoja de Fermi toman los pocos hallazgos de la búsqueda de estas señales u otras evidencias como una indicación de lo erróneo del principio de mediocridad.

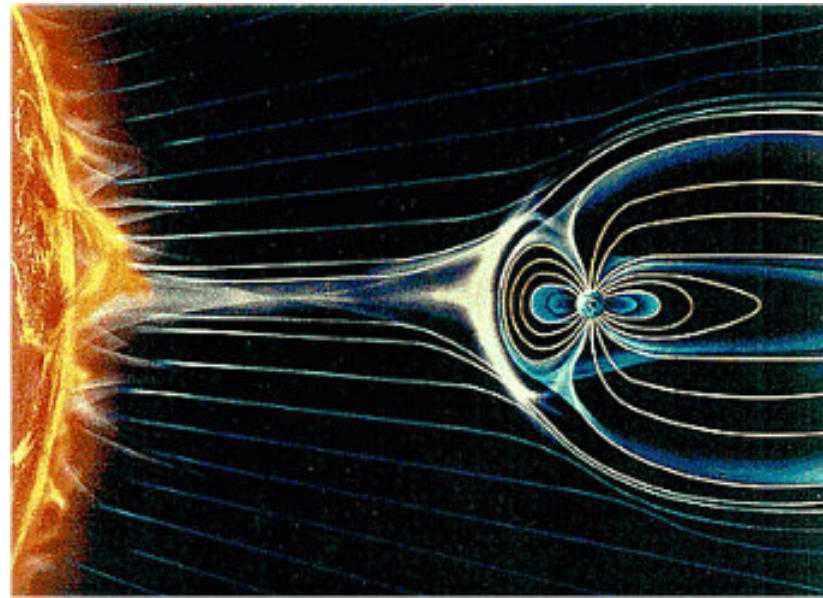


Figura.3. Una Tierra acorazada por su campo magnético.

La falta de contacto es interpretada a menudo como una escasez de inteligencia humanoide y no como una falta de planetas similares a la tierra, pero la carencia de cualquiera de las dos puede ser considerada como una refutación del principio de mediocridad, dependiendo de si el principio se aplica de manera estricta a la Tierra o, más vagamente, a sus habitantes. La **hipótesis de la Tierra Rara** asegura que el surgimiento de la vida en la Tierra es el resultado de la confluencia de numerosas circunstancias de orden astrofísico y geológico que poseen una muy baja probabilidad de repetirse en alguna otra parte del universo.

Dicho de otra forma, somos fruto de un afortunadísimo y prácticamente irrepetible accidente cósmico. Uno de los elementos centrales de la hipótesis es el llamado "*fenómeno Goldilocks*" (por el personaje Ricitos de Oro, a quien no le gustaba el potaje ni muy frío ni muy caliente). Según este principio la existencia de vida en la Tierra es posible sólo porque muchos parámetros físicos, como la temperatura, presión o niveles de radiación, se encuentran dentro de un rango muy preciso de valores admisibles.

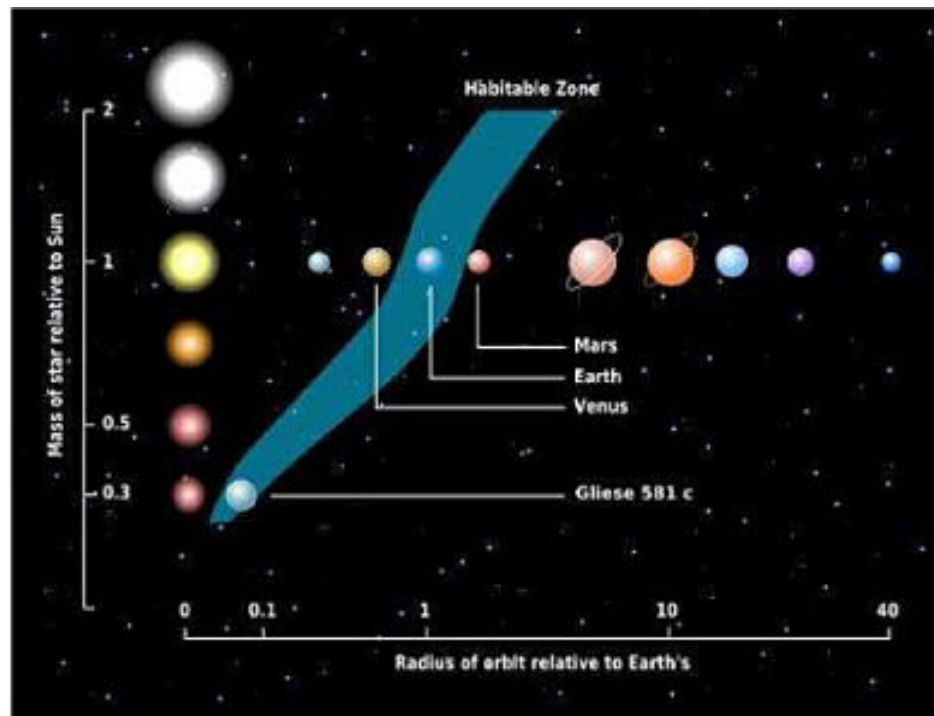


Figura.4. Zona de habitabilidad (<http://naukas.com>).

Negar el principio de mediocridad nos lleva a afirmar la Hipótesis de la Tierra Rara; por ejemplo, González y Richards (2004) presentan el caso de la unicidad de la Tierra en su libro *El Planeta Privilegiado*. En él se dice: "*No es que estemos en el centro del Universo, pero sí en la mejor ubicación para que florezca vida compleja y para observar lo que está más allá de nosotros*". Sus partidarios argumentan que el cosmos, como un todo, está finamente diseñado para la vida, y que dentro de él, las peculiaridades terrestres hacen de nuestro planeta un punto muy especial. Los avances en la detección de planetas extrasolares validarán, o no, muchos de estos puntos en el futuro cercano.

#### 4-A manera de Conclusión.

*A veces creo que hay vida en otros planetas, y a veces creo que no. En cualquiera de los dos casos la conclusión es asombrosa. "Carl Sagan"*

Muchos hoy día, legos y científicos, creen o imaginan que en otros planetas del universo existe, ha existido o existirá vida. Sin embargo, que civilizaciones tecnológicas como la nuestra coincidan en tiempo y no se comuniquen es muy extraño. A estas alturas ya debimos recibir al embajador del Imperio Romulano o al Canciller Gorkon del Imperio Klingon. Pero, tales ilustres visitas no han ocurrido. Para tranquilidad de nuestras mentes, mejor sería que los miles de millones de civilizaciones dibujadas por los imaginativos y jugosos relatos de ciencia ficción, existieran. Así no estaríamos tan desoladoramente solitarios en este inconmensurable océano de galaxias, sin conocer a ciencia cierta cual es nuestro papel en todo este inmenso juego. Un universo poblado de este modo, confortaría a una gran mayoría de los que prefieren creer que unos procesos antiestadísticos, matemáticamente improbables, bastan para originar las más variadas formas de materia viva, a partir de la existencia de una cierta parte de la tabla periódica de elementos y un poco de energía, en cualquier planeta perdido en los vastos espacios del universo.

Pero todo lo que sabemos nos hace sumirnos en una inquietud cada vez mayor. No tenemos respuestas a nuestros clamores electromagnéticos lanzados en todas direcciones. Nuestros radiotelescopios permanecen en silencio. Nadie nos habla.

La **Teoría de Millán** nos deja a frente a frente al gran Pantocrátor, inmenso, todopoderoso, incomprensible e inabarcable para nuestra mente. Ya antes del Big Bang, nuestro destino y finalidad estaba predeterminada. Lo único que nos quedaría emprender es la casi inútil indagación que suponemos que nos pueda conducir a conocer las finalidades de esta entidad incomprensible e inmutable. Si así fuera, si somos una creación; ¿porqué no pensar, que ya desde el principio, en nuestras mentes se encuentran todos los conocimientos posibles sobre nuestro origen y destino y sobre la esencia de todo lo que nos rodea? Así los conocimientos científicos, que lentamente nos va revelando la estructura de la materia y del cosmos, se "desprenden" de nuestras mentes, ya preexistentes, como el gotear de una clepsidra.

¿Son acaso irracionales los conceptos de Millán? No lo parecen así si nos atenemos a las teorías modernas de la física. Guillermo Millán Trujillo (1945–2021) no solo fue el geólogo que realizó el estudio más integral de las rocas metamórficas de Cuba; fue un hombre que se atrevió a mirar el abismo del misterio con honestidad.

La existencia de una materia "fantasmal" no es por cierto extraña a la física. Hablamos de "partículas virtuales"; "energía del punto cero"; "cargas de color", "bosones de gauge" y otras "entidades" imaginarias, matemáticamente necesarias en un universo cada vez más subjetivo y que nos antoja cada vez más "espiritual".

Juan Martín Maldacena, un famoso físico teórico de Princeton, ha dado un paso fundamental con la formulación de la "Conjetura de Maldacena", estableciendo un puente entre la teoría de la relatividad general y la mecánica cuántica que fortalece el llamado "principio holográfico" de Hooft y Susskind, que relaciona una teoría con interacciones gravitacionales con una teoría sin gravedad. De tal manera el panorama que se brinda a nuestras miradas en una noche estrellada no es otra cosa que un "holograma", en tanto que la realidad física, la verdadera "realidad" discurre bajo otras localizaciones dimensionales planas donde la gravedad no existe.

## Fuentes.

**Bekenstein, J.**, 1981, Universal upper bound on the entropy-to-energy ratio for bounded systems. *Physical Review*, January 1981 (Revision: August 25, 1980.)

**Lidsey, J. E., Liddle, A. R., Kolb, E. W., Copeland, E. J., Barreiro, T. and Abney, M.**, 1996, Reconstructing the Inflaton Potential-an Overview. *Sussex-Ast 95/8-3. Fermilab Pub-95/280-A*.

**Linde, A.**, 1982, "A New Inflationary Universe Scenario: A Possible Solution Of The Horizon, Flatness, Homogeneity, Isotropy And Primordial Monopole Problems", *Phys. Lett. B* 108, 389 (1982).

**Maldacena, J. M., Pimentel, G.L.**, 2011, On graviton non-Gaussianities during inflation. *Princeton, Inst. Advanced Study*,. Apr 2011. 50 pp.

**Maldacena, J. M.**, 2011, Einstein Gravity from Conformal Gravity. e-Print: *arXiv:1105.5632*

**Millán, G.**, 2011, Nuevas concepciones sobre la evolución del Caribe a partir de la ruptura de Pangea. Los eventos tectónicos manifestos en la geología cubana. *Instituto de Geología y Paleontología. Cuba. La Habana*.

**Millán, G.**, 2011, Nuevos conceptos sobre geología global y el interior del planeta. *Instituto de Geología y Paleontología. Cuba. La Habana*.

**Parthasarathi, M.**, 1998, Black Hole Entropy and Quantum Gravity. *arXiv: General Relativity and Quantum Cosmology*.

## Webs.

Hallan la primera “prueba física” de la materia oscura: <http://www.abc.es/20120905/ciencia/abci-pruebafisica-materia-oscura-201209050826.html>

Las leyes físicas no son las mismas en todo el Universo: [http://www.tendencias21.net/Las-leyes-fisicas-no-son-las-mismas-en-todo-el-Universo\\_a4825.html](http://www.tendencias21.net/Las-leyes-fisicas-no-son-las-mismas-en-todo-el-Universo_a4825.html)

<http://web.usal.es/~guillermo/publications/Popularscience/LaTierraExtra%C3%B1oPlaneta.pdf>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Geoffrey\\_Marcy](http://es.wikipedia.org/wiki/Geoffrey_Marcy)

La sinfonía del universo: <http://www.liberatuser.es/lasinfoniadeluniverso.html>

Teoría de cuerdas. El universo como una gran sinfonía cósmica: <http://www.8300.com.ar/2011/11/25/teoriade-cuerdas-el-universo-como-una-gran-sinfonia-cosmica/>

Materia Oscura: <http://www.portalciencia.net/enigmamate.html>

Materia Oscura: ¿un responsable en hechos de gravedad?: <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/~scellone/Divul/MatOsc/MatOsc.html>

<http://naukas.com>.



**Ing. Humberto Álvarez Sánchez.** Geólogo con más de cinco décadas de trayectoria profesional. Cartógrafo en los complejos metamórficos, ofiolíticos y sedimentario-vulcanógenos de Cuba occidental y central. Editor principal cubano del Informe Final de la Expedición Checoslovaquia-Cuba Escambray II. Autor y coautor de unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno. Descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Ha dirigido y gestionado proyectos de exploración y evaluación minera en Cuba, Panamá, Perú, Uruguay y Brasil para compañías latinoamericanas, canadienses y estadounidenses, ocupando cargos ejecutivos y técnicos superiores. Fue miembro ad honorem de la Comisión del Plan Maestro de Minería de Panamá, integrante de una Misión Especial del BID y asociado del Consejo Científico de Geology Without Limits (Federación Rusa). Reside en Panamá y es colaborador de la Revista Maya de Geociencias, donde publica artículos científicos sobre geología, historia y epistemología de las ciencias de la Tierra. [geodoxo@gmail.com](mailto:geodoxo@gmail.com)

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

**Ing. Rogelio Ramos Aracen**

[ramosrogelio51@gmail.com](mailto: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 lcnofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L..P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su 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.



Ramos Aracén

### Geomorfología de la S.M.O en la Región de Monterrey, N.L.

**Localidad;** Geográficamente está ubicada en el Frente oriente de la Sierra Madre Oriental en la región de Monterrey, N.L., el dibujo esta visualizado desde el poblado de San Antonio de las Alazanas, N.L., hacia su porción Norte, en la cual hacia al fondo se tiene a la cd. de Monterrey, N.L. la localidad esta ubicada en el área Noreste dentro de S.M.O.

Geológicamente, se ubica en el frente Nor Noreste de la S.M.O.

**Título:** *Geomorfología de la S.M.O en la Región de Monterrey, N.L.*

**Desarrollo del trabajo;** En varias visitas de trabajo en sendas excursiones geológicas, una, invitados por los geólogos de Reynosa, Tam. y otra en un curso taller de campo que realizamos por esas regiones, nos dimos a la tarea de conocer las morfologías que presentan las imbricadas cadenas de sierras de esa región compleja, en una zona de pliegues y cabalgamientos que hacen de esas sierras paisajes únicos y espectaculares como la Sierra y el Cañón de la Huasteca.

En primer plano tenemos a la Sierra de San Antonio, luego siguen las sierras del Potrero de Brego y de Rancho Nuevo, seguidas por las Sierras El Tarillal y Arteaga, siguiendo con las Sierras del Cañón de la Escalera, Cañón Huasteco Cañón de los Nuncios, y finalizando con las Sierras de Las Mitras y de La Silla.

**Descripción del Dibujo;** En la mayoría de las Sierras se tienen angostos anticlinales de abierto en sus núcleos de rocas de las formaciones Olvido y Zuloaga del Jurásico Superior, y en sus flancos, rocas de cuenca principalmente constituidas por las formaciones Taraies, Tamaulipas Inferior Cupido, Otates, La Peña, Tamaulipas superior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez.



Ramos Aracén

### Orografía espectacular de la S.M.O en la Huasteca Potosina.

**Localidad;** Geográficamente está ubicada en el Frente oriente de la Sierra Madre Oriental en la región de Aquismon, S.L.P. visualizando hacia el extremo oeste dentro de la misma S.M.O.

Geológicamente, se ubica en el frente oriental de la Plataforma Valles S.L.P. y de la S.M.O.

**Título;** *Orografía espectacular de la S.M.O en la Huasteca Potosina.*

En primer plano se presenta en tonos café claro, la morfología de la Sierra de La Pila, constituidas en parte por las facies post arrecifales de la Formación El Abra, en seguida, con tonos verdes y azules se muestran a las sierras de El Nacimiento, donde se encuentran el famoso “Sótano de las Golondrinas”, todas ellas pertenecen también a la Formación el Abra en sus facies lagunares o Post arrecifales de edad Cretácico Medio,

En el frente están las superficies de cultivos en las zonas de las formaciones Méndez del Cretácico superior y Chicontepec del Paleoceno. Como referencia se muestra el camino de terracería que conduce al poblado de Temapatz, S.L.P., y la camioneta donde transitamos.

**Desarrollo del trabajo;** En la búsqueda de hidrocarburos, se buscaba una localidad para un pozo exploratorio dentro de la S.M.O. y en este caso estudiamos y checamos las trazas y localidades de varias fallas de cabalgamiento, así como la morfología tipo de intemperismo, Kárstico en varias áreas y la región de posible mejor acceso a esa futura localización.

**Descripción del Dibujo;** En la mayor parte de la región se observaron rocas de tipo calizas en capas muy gruesas de 60 a 120 cm. de color crema claro típicas de la Fm. El Abra del Albeano-Cenomaniano.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Co Autor del Libro

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

#### Principales Conferencias Impartidas.

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

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

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

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

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

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

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

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

# Foro de discusión Discussion Forum

**A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de ahora, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.**

**Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.**

**At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.**

**Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geosciencias.**

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

## THE STATE DARWIN MUSEUM, MOSCOW

Haz click en la imagen





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](https://bit.ly/GeoSeminarios2025)

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

**¡TE ESPERAMOS!**

@GeoLatinas

YouTube, LinkedIn, Facebook, Instagram

Transmisión

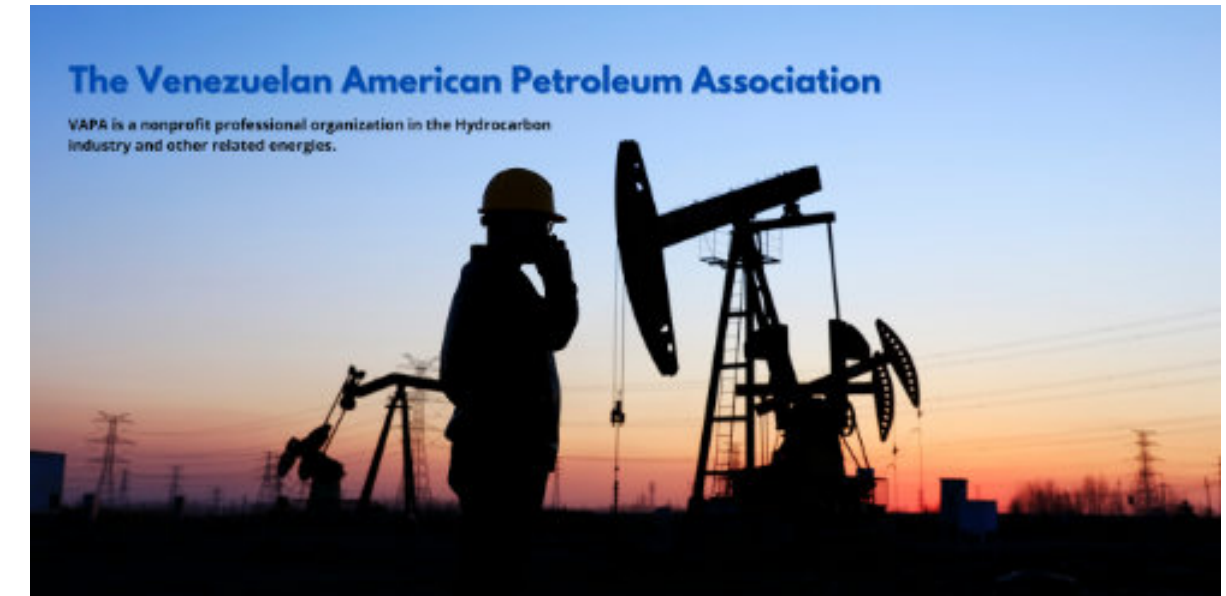
Checka nuestros GeoSeminarios en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

146



<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.

<https://svhgc.blogspot.com/>

<https://share.google/GpSn4qVCP6Scav65g>



La Junta Directiva de la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias los invita a visitar el Blog de la Sociedad donde encontraran información actualizada de nuestras actividades. Nuestra misión es preservar y difundir el legado de la Historia de las Geociencias en Venezuela.

¡Te invitamos al 1er ciclo 2026 de los Seminarios Institucionales del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGF-UNAM)!

Recuerda que los seminarios son tanto presenciales y online, y también puedes seguirlos por las redes sociales del IGF-UNAM: <https://www.geofisica.unam.mx/>

**SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026**  
INSTITUTO DE GEOFISICA

- 10 de febrero de 2026**  
**MTRO. OCTAVIO GÓMEZ RAMOS**  
Jefe del Servicio Mareográfico Nacional, IGF  
Colaboración internacional en el proyecto SATREPS para la modelación numérica de tsunamis en El Salvador
- 11 de marzo de 2026**  
**DR. ARTURO IGLESIAS MENDOZA**  
Jefe del Servicio Sismológico Nacional, IGF  
Fortalecimiento de la Red Sísmica Mexicana
- 7 de abril de 2026**  
**DR. LUIS X. GONZÁLEZ MÉNDEZ**  
Jefe del Servicio de Clima Espacial México, IGF  
Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX)
- 6 de mayo de 2026**  
**DR. ENRIQUE CABRAL CANO**  
Jefe del Servicio de Geodesia Satelital, IGF  
Contribuciones del Servicio de Geodesia Satelital al estudio de peligros geológicos
- 9 de junio de 2026**  
**MTRO. HÉCTOR R. ESTÉVEZ PÉREZ**  
Colaborador del Servicio Solarimétrico Mexicano, IGF  
Climatología de la capa de ozono estratosférico sobre la República Mexicana
- 12 de agosto de 2026**  
**DR. GERARDO CIFUENTES NAVA**  
Jefe del Servicio Magnético, IGF  
Objetivo y operación del Observatorio Geomagnético

**12:00 H** | Auditorio Tlayolotl  
Dr. Ismael Herrera Revilla  
**TRANSMISIÓN EN VIVO**  
@GeofisicaUNAM

¡Te invitamos al 1er ciclo 2026 de los Seminarios Institucionales del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (IGF-UNAM)!

Recuerda que los seminarios son tanto presenciales y online, y también puedes seguirlos por las redes sociales del IGF-UNAM: <https://www.geofisica.unam.mx/>



**SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026**  
INSTITUTO DE GEOFISICA

**Contribuciones del Servicio de Geodesia Satelital al estudio de peligros geológicos**

**DR. ENRIQUE CABRAL CANO**  
Jefe del Servicio de Geodesia Satelital, IGF

**6 de mayo de 2026 | 12:00 H.**  
**Auditorio Tlayolotl-Dr. Ismael Herrera Revilla**

Se entregará constancia  
Regístrate AQUÍ  
<https://luma.com/q4plc7t2>

**TRANSMISIÓN EN VIVO**  
f y @GeofisicaUNAM



**SEMINARIO INSTITUCIONAL 2026**  
INSTITUTO DE GEOFISICA

**Contribuciones del Servicio de Geodesia Satelital al estudio de peligros geológicos**

**DR. ENRIQUE CABRAL CANO**  
Jefe del Servicio de Geodesia Satelital, IGF

**6 de mayo de 2026 | 12:00 H.**  
**Auditorio Tlayolotl-Dr. Ismael Herrera Revilla**

Se entregará constancia  
Regístrate AQUÍ  
<https://luma.com/q4plc7t2>

**TRANSMISIÓN EN VIVO**  
f y @GeofisicaUNAM

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



**INSTITUTO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**

**INAGEQ**

El Instituto Nacional de Geoquímica *INAGEQ A. C.*, es una Asociación Científica que agrupa a Investigadoras(es), Científicas(os), Profesionistas, Estudiantes y especialistas en el área de la geoquímica y disciplinas relacionadas con las Ciencias de la Tierra en México.

**ÁREAS TEMÁTICAS**

- Biogeoquímica
- Geoquímica Ambiental y de Salud
- Química Atmosférica
- Geotermia
- Hidrocarburos
- Hidrogeoquímica e Hidrogeología
- Procesos contaminantes en cuencas hidrológicas y cuerpos de agua
- Geoquímica Marina
- Petroquímica
- Geoquímica de Isótopos y la Geocronología
- Petrología Ígnea y Metamórfica
- Vulcanología
- Minería y Metalurgia
- Química Analítica
- Geoarqueología
- Geoquímica en la Educación

**SEDE 2026**

**IPICYT**  
INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.

**CONGRESO INAGEQ-IPICYT 2026**  
Próximamente click aquí...

**COLABORADORES**

**REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS**  
ISSN-e: 2007-2902

**MAYA**  
REVISTA DE GEOCIENCIAS

**ROCA TECA**  
REVISTA DE GEOLOGÍA

**101 Geology**

<https://www.aggep.org/>



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



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



<https://sociedadgeologica.org/>



<https://geolatinas.org/>



**GeoLatinas**  
Latinas in Earth and Planetary Sciences

[HOME](#)
[ABOUT US](#)
[GET INVOLVED](#)
[INITIATIVES](#)
[SUBSCRIBE/NEWS](#)



**Latinas in Earth and Planetary Sciences**  
WEPA: GeoLatinas meeting at the 2023 AGU Fall meeting in San Francisco, CA

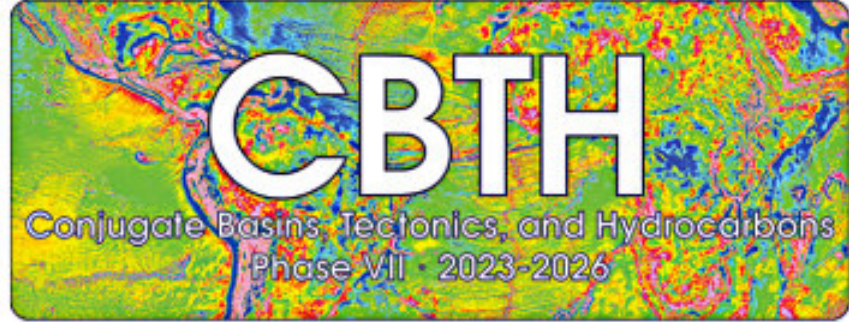


**Latinas en Ciencias de la Tierra y Planetarias**  
Sofía Barragán-Montilla en entrenamiento ECORD en el instituto MARUM (Alemania)  
Photo: Volker Diekamp

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



Department of Earth and Atmospheric Sciences  
College of Natural Sciences and Mathematics



**CBTH**  
Conjugate Basins, Tectonics, and Hydrocarbons  
Phase VII - 2023-2026



UNIVERSITY OF HOUSTON

[Home](#)
[Sponsor Login](#)
[Project Researchers](#)
[Sponsor Interest](#)
[Upcoming Meetings](#)
[Awards](#)
[Contributions List](#)
[Archive](#)
[Contact Us](#)
[Outreach](#)

**What's New**

- **New CBTH Newsletter - January 2026 edition (PDF)**
- The CBTH Project Phase VIII Proposal (2026-2029) is now available! [Click here to download the PDF.](#)
- The CBTH Project hosted its annual sponsor meeting on Thursday, October 9, 2025 at TotalEnergies in Houston. Thanks to the team at TotalEnergies for hosting this year's event. [Click here](#) to view the presentation schedule for this year's meeting.
- In September 2025, the CBTH Project celebrates its 20th anniversary! To commemorate this milestone, our research group is the subject of a new article in the Houston Geological Society Bulletin written by CBTH PhD and MS graduate Lucia Torrado. [Click here to read!](#)
- CBTH students and researchers recently presented at IMAGE 2025 on August 25-29 in Houston. [Click here to see a full list of CBTH presentations at this event.](#)
- The 2024 CBTH Annual Sponsor Meeting was held on Friday, October 11 at the Woodside office in west Houston. Thanks to everyone who was able to attend! Sponsor representatives can download this year's meeting presentations as a PDF portfolio by [clicking here.](#)
- CBTH students and researchers recently presented 21 presentations at IMAGE 2024 on August 26-28 in Houston. Sponsor representatives can use their login credentials to access these files on our website by [clicking here.](#)
- Juan Pablo Ramos recently received the 2023 Gordon I. Atwater Award for Outstanding Poster Presentation at the GeoGulf 2024 in April. In May, Juan Pablo completed his PhD study titled "Tectonostratigraphic Studies of the Paleogene Yucatan Back-Arc Basin, the Miocene-Recent Collisional Zone Between the Panama Arc and South America, and the Late Cretaceous

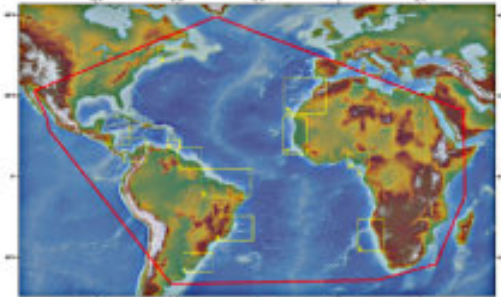


1 / 40 Presenters and attendees at the 2025 CBTH Annual Sponsor

**CBTH Proposal and Product Information**

Please feel free to browse a copy of our **new Phase VIII proposal (pdf now online!)**, our **project flyer (pdf)**, and our **Contributions List** of CBTH publications, theses, and presentations.

The CBTH study area for Phase VII is shown below. This area includes the oil-rich areas of the Mexican and US sectors of the Gulf of Mexico, the Caribbean, and northern South America, as well as the conjugate margins of Guyana, Suriname, Brazil, and west Africa.



[click map to enlarge](#)

<https://cujae.edu.cu/>

<https://www.facebook.com/mgcapitulomexico/>



# Caverna del arte

## Cuento: El vendedor de sombras

Durante un viaje para conocer pueblos abandonados, tres amigos decidieron visitar La Siberia, en Colombia. El lugar, antiguamente una fábrica de cemento fundada en 1933 en el Municipio de La Calera, había sido cerrada hacía varios años. La única construcción en pie es lo que fue la clínica de salud, actualmente convertida en una tienda muy extraña, con un gran letrero que anuncia: "se venden sombras". Los amigos no dudaron en entrar para averiguar sobre el asunto. Efectivamente, un tipo con semblante cadavérico les explicó el negocio: "ustedes pueden comprar la sombra de todos los seres humanos fallecidos en el mundo, siendo el precio de la sombra en función de la importancia social del personaje y de qué tan interesante fue su vida". Lo que no mencionó el tramposo vendedor de sombras, es que recientemente se había descubierto que en el mundo hay más sombras que seres humanos, por lo que, la competencia entre éstas era brutal. Para una sombra, la forma más común de apoderarse de un cuerpo ocurre cuando la persona se enferma o sufre un accidente, ya que su sombra original queda temporalmente desconectada del cuerpo, momento que es aprovechado por la sombra usurpadora para ser parte de una persona.

Quedó muy claro que una vez firmado el contrato no se podía rescindir, perderían las sombras con las que nacieron y la sombra que había sido comprada permanecería con ellos para siempre. Por ese motivo, era realmente muy importante escoger la sombra de alguien que hubiera sido una persona buena, de lo contrario se podrían correr riesgos. Pedro se decidió por la sombra de la Madre Teresa de Calcuta, Luis compró la sombra del Papa Juan Pablo II, y Jorge no tuvo ninguna duda al comprar la sombra de Jesús de Nazaret. Obviamente, las sombras seleccionadas por los tres amigos sería una experiencia espectacular.

La Madre Teresa de Calcuta dedicó su vida a fundar congregaciones para ayudar a los marginados, a los enfermos, y a las personas que no tenían hogar. Su gran acción humanitaria y la defensa de los pobres e indefensos, a lo largo de su vida, le valió el reconocimiento internacional de millones de personas, organizaciones, y gobiernos. Desafortunadamente, sufrió una grave enfermedad y cayó en coma, y para su desgracia, ese momento de desconexión fue aprovechado por la sombra de Rasputín, el malévolo brujo ruso que asesinó con cianuro a gran parte de la familia imperial, para entrar a su cuerpo, desplazando así, a la sombra natal de la Madre Teresa.

Juan Pablo II fue uno de los Papas más prestigiosos y queridos de la iglesia católica. Fue el soberano de la Ciudad del Vaticano desde octubre de 1978 hasta su muerte en el 2005. Fue, además, uno de los líderes más influyentes del siglo XX, y símbolo del anticomunismo y de la Teología de la Liberación. Fue beatificado y canonizado, y considerado venerable. Para su mala suerte, sufrió un atentado en 1981, y cuando recobró la conciencia después de una larga cirugía, su sombra ya había sido reemplazada por la de Harold Shipman el médico inglés que mató a más de doscientos cincuenta pacientes en hospitales de Londres, poniendo grandes dosis de morfina en sus sueros.

Jesús de Nazaret fue un predicador judío que vivió a principios del siglo I, en la región de Galilea. Acompañado por sus seguidores recorría las calles predicando a favor de los marginados y oprimidos y a favor de una nueva religión. Su popularidad se acrecentó rápidamente porque se creyó que tenía poderes sobrenaturales. Sus acusaciones de hipócritas e injustos a fariseos, sacerdotes y autoridades judías fueron denunciadas ante el gobernador Poncio Pilato, quien ordenó su crucifixión. Al momento de entrar en coma, la sombra con la que nació Jesús de Nazaret fue rápidamente reemplazada por la sombra del sádico asesino de los campos de concentración alemanes, Josef Mengele, quien inyectaba a los prisioneros con una sustancia química que les quitaba el hambre, y terminaban muriendo de inanición.

Habiendo comprado las sombras de tres personajes muy buenos y bondadosos, los tres amigos se fueron muy contentos a experimentar con sus nuevas sombras. Sin embargo, no tardó mucho para que las sombras mostraran su oscura naturaleza, y empezaran a cometer todo tipo de fechorías y crímenes con los cuerpos de sus nuevos dueños. Pedro empezó a sentirse mal de salud, particularmente durante el día. Tenía dificultades para respirar, fuerte dolor de pecho, vómitos y convulsiones. Otro raro síntoma es que se le estaba cayendo el pelo, así que fue al doctor de inmediato. Éste ordenó todo tipo de análisis sanguíneos indicando que Pedro estaba siendo envenenado con cianuro, y su muerte era inminente.

Luis por su cuenta, estaba todo el tiempo dormido y sintiendo una tranquilidad que no le permitía desarrollar su vida de manera normal. No podía trabajar ni estudiar, y se mantenía en cama la mayor parte del tiempo. Al principio pensó que era depresión, pero conforme pasaba el tiempo se sentía peor. Cuando el doctor le realizó un perfil sanguíneo detallado, descubrió un enorme contenido de morfina, que sin duda le causaría la muerte.

Jorge tuvo una recaída brutal, ya que, desde su regreso a casa hacia varias semanas, no había probado alimento. Había perdido completamente el apetito y estaba en piel y huesos. Intentaba comer, pero le daba asco y vomitaba los alimentos. En su visita al médico, éste le preguntó por las picaduras en sus brazos, las cuales eran típicas de los drogadictos, pero Jorge no tuvo una respuesta. La muerte por inanición estaba cerca.

Cuando los tres amigos se reunieron para hablar de sus problemas médicos, decidieron llamar al tipo que les vendió las sombras en La Siberia, Colombia, para conocer un poco más sobre el contrato, éste les explicó que el contrato al final, tenía un anexo que debieron haber leído en detalle, donde explicaba que las sombras no eran necesariamente las sombras originales de los personajes, ya que sombras criminales pudieron haberlas reemplazado en situaciones de enfermedades graves. Si no hacían algo, quedarían condenados de por vida a cuidarse de sus malévolas sombras, y salir sólo al medio día cuando el sol está en el cenit para que sus sombras no los atacaran, o en su defecto, tener que vivir sus vidas de noche, y dormir durante el día.

Sabiendo ahora como empezó todo, los tres amigos decidieron seguir caminos diferentes para deshacerse de las sombras criminales. Pedro se puso de acuerdo con sus médicos para que le indujeran un coma, momento que fue aprovechado por la sombra de un humilde campesino que había fallecido por la mordida de una víbora de cascabel, para integrarse a su cuerpo. Las drogas fueron la alternativa de Luis, quién tomó una sobredosis de fentanilo que casi lo llevó a la muerte, pero que permitió el reemplazo de su sombra por la de una simpática ama de casa, que murió electrocutada en su bañera. Jorge por su cuenta, decidió tirarse a una piscina aún sin saber nadar y casi morir ahogado, pero obtuvo la sombra de un barrendero de calles, quien había muerto recientemente atropellado por un autobús. Finalmente, los tres amigos recuperaron las sombras de tres buenos seres humanos.

### ***Loco a Veces***

## **A story: The Shadow Salesman**

During a trip to visit abandoned villages, three friends decided to visit La Siberia in Colombia. This town, previously a cement factory founded in 1933 in the Municipality of La Calera, had closed a few years earlier. The only structure still standing was the health clinic, now converted into a very strange store with a large sign that announced "Shadows for Sale". The friends had no doubts about entering the store to discover more about this subject. Effectively, a man with a cadaverous look explained the business. "You can purchase the shadow of any deceased person in the world and the price depends on the social importance of the person and how interesting their life had been." What the tricky shadow salesman neglected to say is that it had recently been found that there were more shadows in the world than human beings, and therefore competition among the shadows was brutal. For a shadow, the most common way to take possession of a body occurred when the person was ill or had suffered an accident because the original shadow was temporarily disconnected from the body; this was the moment that the usurping shadow took advantage of to become part of the person.

It was made clear that once the contract was signed it could not be rescinded, they would lose the shadows with which they were born and the shadow that they had purchased would always remain with them. For this reason it was very important to choose the shadow of someone who had been a good person and, if not, they could run risks. Pedro decided upon the shadow of Mother Teresa of Calcutta, Luis bought the shadow of Pope Juan Pablo II, and Jorge had no doubts about buying the shadow of Jesus of Nazareth. Obviously, purchase of the shadows selected by the three friends would be a spectacular experience.

Mother Teresa of Calcutta dedicated her life to the founding of congregations to aid marginal people, the sick and the homeless. Her great humanitarian actions in defense of the poor and helpless throughout her life earned her international recognition by millions of people, organizations and governments. Unfortunately, she suffered a serious illness and fell into a coma, and this moment of weakness was taken advantage of by the shadow entering her body of Rasputin, the malevolent Russian witch who assassinated a large portion of the imperial family with cyanide, and thereby displaced the original shadow of Mother Teresa.

Juan Pablo II was one of the most prestigious and loved of the Catholic Church. He was the leader of Vatican City from October, 1978 until his death in 2005. He was also one of the most influential leaders of the 20<sup>th</sup> century, and a symbol of anti-communism and Liberation Theology. He was beatified, canonized and considered venerable. By bad luck he suffered an assassination attempt in 1981 and when he recovered consciousness after a long surgery his shadow had been replaced by that of Harold Shipman, the English doctor who killed more than two hundred and fifty patients in the hospitals of London by putting large doses of morphine in their IV drips.

Jesus of Nazareth was a Jewish preacher who lived at the beginning of the first century in the region of Galilee. Accompanied by his followers he went through the streets preaching for rejected and oppressed people, and in favor of a new religion. His popularity grew quickly because it was believed that he had supernatural powers. His accusations against hypocrisy and injustice of the pharisees, priests and Jewish authorities was denounced before the Governor Pontius Pilate who ordered that he be crucified. At the moment of entering in coma, the birth shadow of Jesus of Nazareth was rapidly replaced by the shadow of the sadistic assassin of the German concentration camps, Josef Mengele, who injected prisoners with a chemical substance that deleted their hunger and they died of starvation.

Having purchased the shadows of three very good and kind people, the three friends happily left to experiment with their new shadows. However, it didn't take long for the shadows to show their dark natures, and they began to commit all sorts of mischief and crimes in their new owners' bodies. Pedro's health began to suffer, especially during the day. He had difficulty breathing, bad chest pains, vomiting and convulsions. Another strange symptom was hair loss. He immediately went to the doctor who ordered blood tests that indicated Pedro had been poisoned with cyanide, and that his death was imminent.

Luis, in his case, was always sleepy and felt so tranquil that he couldn't develop his life normally. He couldn't work or study and stayed in bed most of the time. At first he thought it was depression, but he felt worse as time passed. When the doctor did a detailed blood profile he discovered an enormous quantity of morphine that no doubt would lead to death.

Jorge had a brutal descent, and since his return home several weeks earlier he hadn't eaten any food. He had completely lost his appetite and was now skin and bones. He tried to eat but it gave him nausea and he threw up the food. In his visit, the doctor asked about the puncture wounds on his arms which seemed like those of a drug addict. Jorge had no answer as his death by starvation approached.

The three friends reunited to talk about their medical problems and decided to call the person in La Siberia, Colombia who sold them the shadows in order to understand more about the contract. The man finally explained that there was an addendum to the contract stating that their shadows were not necessarily those of the original owners, and that the shadows of criminals may have replaced them during grave illnesses. If they did nothing, they would be condemned for life to be aware of the malevolent shadows and must go out only at noon when the Sun was at its zenith and the shadows couldn't attack them or sleep all day and live their lives only at night.

With the knowledge of how it all began, the three friends decided to follow different paths to rid themselves of the criminal shadows. Pedro made an agreement with the doctors to put him in an induced coma, and at that moment his body was invaded by the shadow of a humble farmworker who had died from a rattlesnake bite. Drugs were the alternative of Luis who took an overdose of fentanyl that almost killed him but allowed his shadow to be replaced with that of a likeable housewife who was electrocuted in her bathtub. Jorge, for his part, decided to go into a pool without knowing how to swim and almost drowned, but he obtained the shadow of a street sweeper who had recently been run over by a bus. Finally, the three friends had recovered the shadows of three good human beings.

*Crazy Sometimes*

## Línea del tiempo de la evolución geológica de México

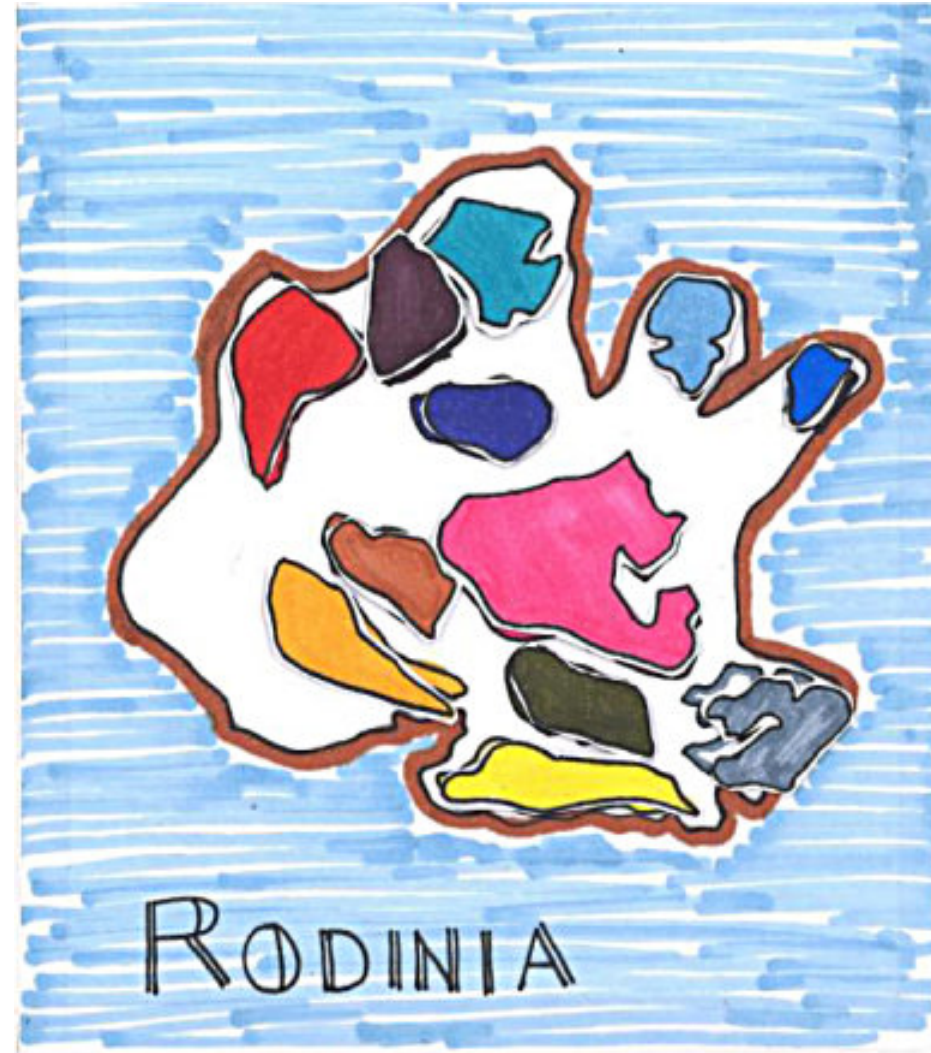
En el desarrollo de las actividades prácticas de la asignatura de estratigrafía en el grupo 1 de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se tiene contemplada la construcción de una línea del tiempo que incluya los principales eventos geológicos de carácter mundial y específicos para el territorio de México, con el objetivo de que el estudiantado se vaya familiarizando en ubicar en el tiempo la evolución geológica de la región. El ejercicio promueve el desarrollo de la creatividad y síntesis de la información tratando de que el estudiantado lo asocie con una imagen significativa que le permita recordarlo a largo plazo. A continuación se muestra un ejercicio de la estudiante de Ingeniería Geológica: Jimena Itzel Ramírez Zavala, quien realizó las siguientes ilustraciones bajo la tutoría de Isabel Domínguez. **Agradecimientos:**

Al Ing. Javier Arellano Gil por compartir el material que se utilizó como base para el desarrollo de la actividad y al Dr. Enrique Alejandro González Torres por apoyar en la actualización de las fechas de los eventos incluidos, profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

### Rocas más antiguas de México: el Complejo Bámmori en Sonora – ~1800 – 1700 Ma



## Formación de Rodinia – ~1100 Ma



**Jimena Itzel Ramírez Zavala** Estudiante de la carrera en Ingeniería Geológica de la UNAM. Ha participado en la elaboración de cartografías para proyectos Estatales y corrección de textos, de manera conjunta para la empresa Defensegrid y Oleum.

Su área de interés profesional es la Geología Ambiental y uno de sus intereses profesionales/personales es la divulgación de las ciencias naturales para todas las edades.

[jimenarz1@hotmail.com](mailto:jimenarz1@hotmail.com)



**Isabel Domínguez Trejo** Ingeniera Geóloga y Maestra en Ingeniería Petrolera y Gas Natural egresada de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Su línea de trabajo es el área de la Exploración de Hidrocarburos, ya que conjunta la aplicación de ramas de la Geología con la finalidad de comprender la evolución geológica de una región. Se dedica principalmente a la interpretación sísmica y de estratigrafía de secuencias enfocada en la industria petrolera.

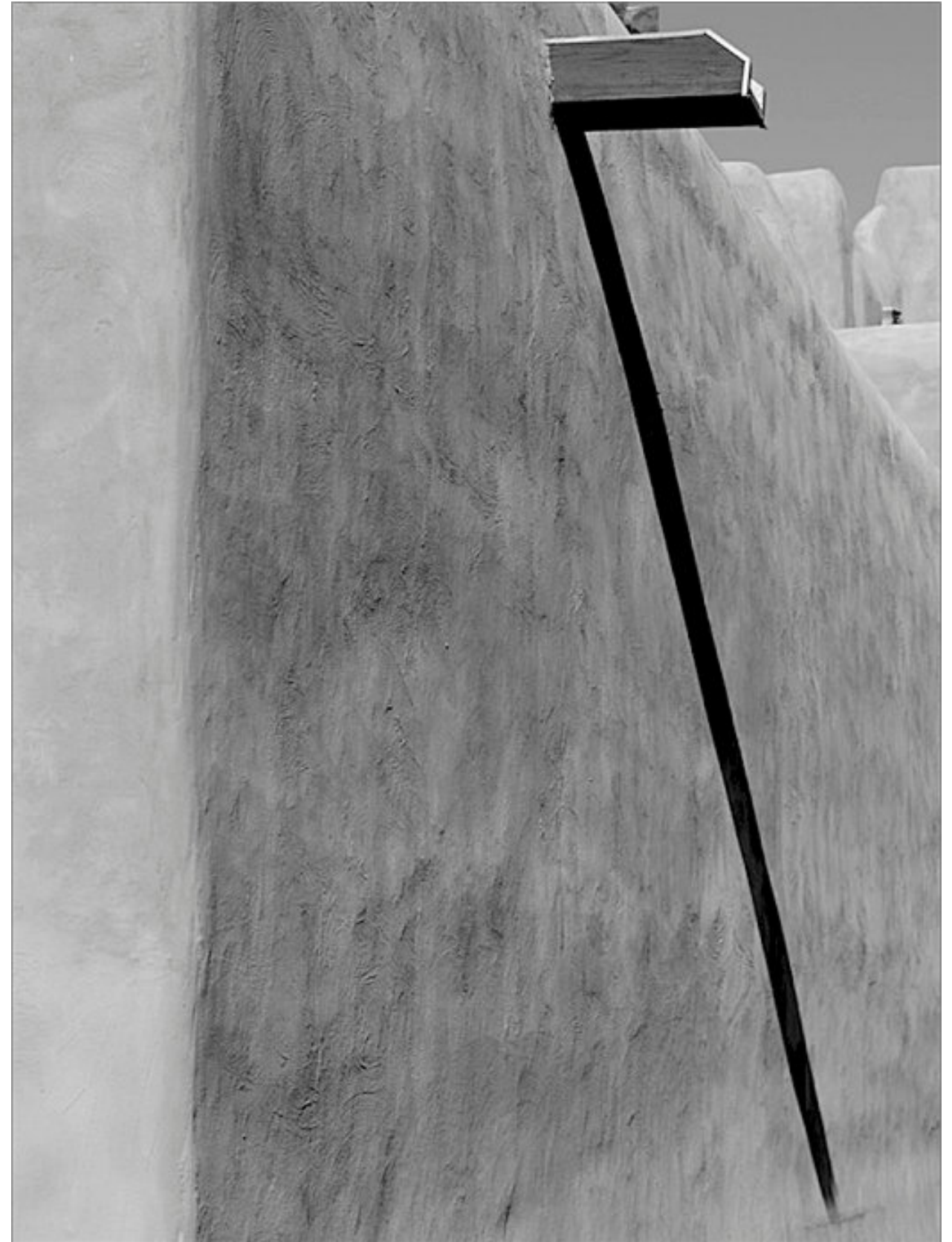
Desde 2013 es profesora en la Facultad de Ingeniería a nivel licenciatura para las carreras de Ingeniería Geológica y Geofísica, así como en la Especialidad de Exploración Petrolera y Caracterización de Yacimientos. Coordinadora de la carrera de Ingeniería Geológica en la Facultad de Ingeniería.

[isabeldt@unam.mx](mailto:isabeldt@unam.mx)

## Rapid City, South Dakota, USA. Photo by Gilda Yolid Muñoz.



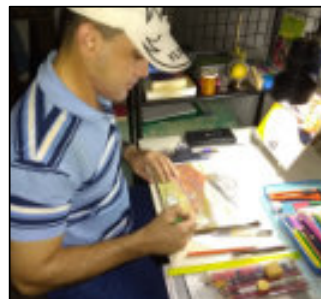
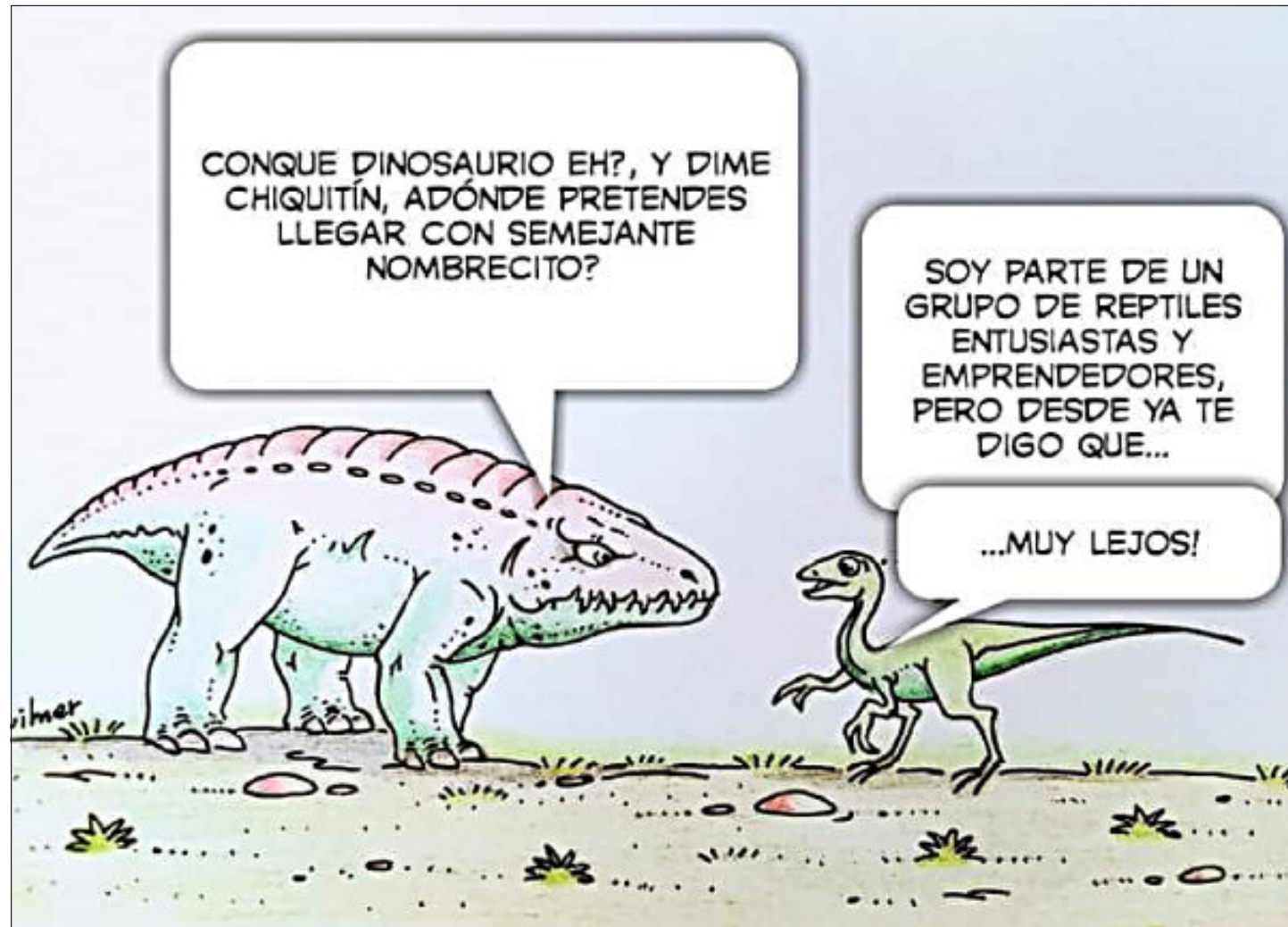
Santa Fe, New Mexico, USA. Photos by Claudio Bartolini - 2015.





**Basílica de El Pilar de Zaragoza y Río Ebro. Zaragoza(España)© Manuel Arribas Andrés.**





M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: [wilmerperezgil5@gmail.com](mailto:wilmerperezgil5@gmail.com)

# La casa de los relámpagos

<https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A1mpago>

<https://cloudatlas.wmo.int/es/lightning.html>

<https://www.pbs.org/wnet/nature/por-que-caen-los-rayos/33532/>

[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/como-se-forman-rayos\\_19710](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/como-se-forman-rayos_19710)

[https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/que-son-los-rayos-y-los-relampagos-y-en-que-se-diferencian\\_25795](https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/que-son-los-rayos-y-los-relampagos-y-en-que-se-diferencian_25795)

<https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiversidad/los-truenos-y-relampagos>

<https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2023/10/que-son-los-superrayos-los-relampagos-mas-potentes-del-mundo>

<https://www.fii.gob.ve/como-se-forman-los-rayos-relampagos-y-truenos-la-ciencia-detras-de-estos-fenomenos-naturales/>



## The Burgess Shale

More than half a billion years old, the fossils of the Burgess Shale preserve an intriguing glimpse of early life on Earth. They were first discovered in 1909 by Charles D. Walcott, then Secretary of the Smithsonian Institution. This group of fossils takes its name from the Burgess Shale rock formation, named by Walcott after nearby Mount Burgess in the Canadian Rockies. The Smithsonian's National Museum of Natural History currently houses over 65,000 specimens. The museum also has a permanent exhibit of the Burgess Shale fauna near the Dinosaur Hall. Since Walcott's original discovery, fossil deposits like these have been found in such widely dispersed areas as China, Greenland, Siberia, Australia, Europe, and the USA.

<https://www.burgess-shale.bc.ca/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess\\_Shale](https://en.wikipedia.org/wiki/Burgess_Shale)

<https://burgess-shale.rom.on.ca/main-gallery/>

<https://www.britannica.com/topic/Burgess-Shale>

<https://www.wesleyan.edu/ees/museum/burgess.html>

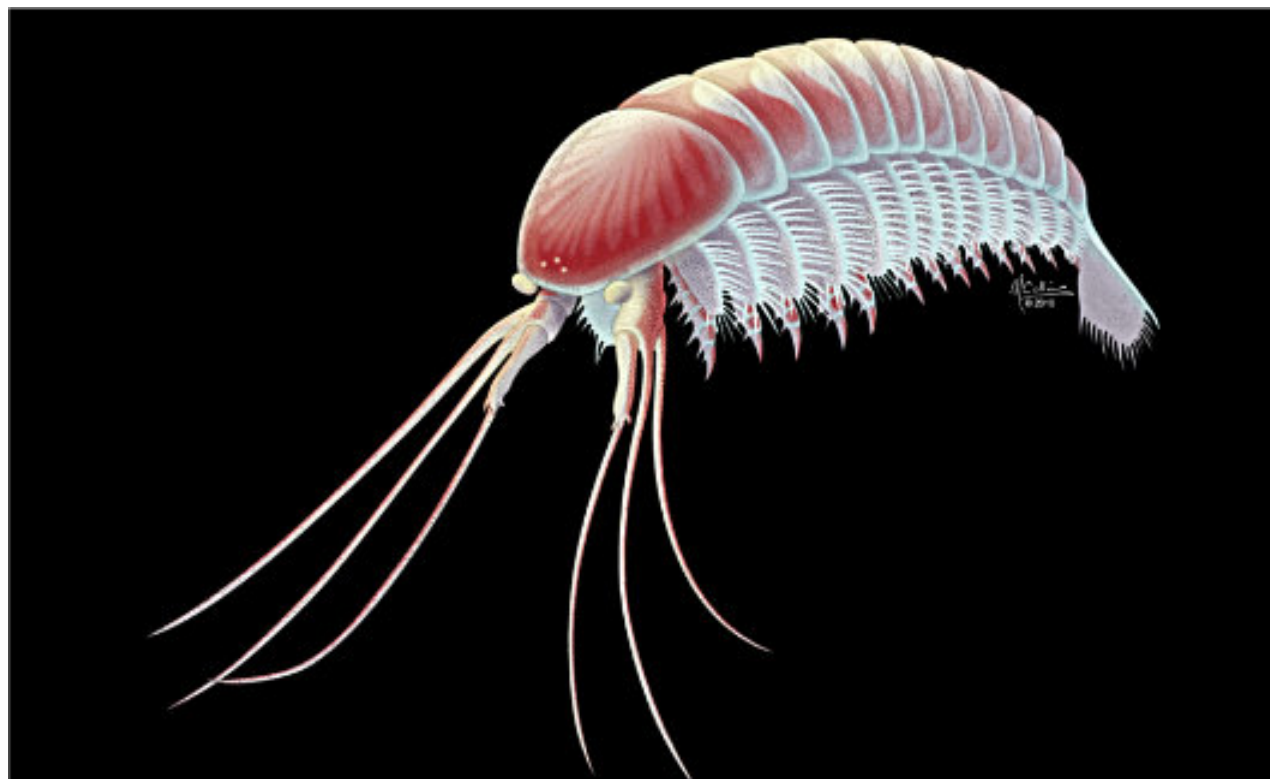
<https://naturalhistory.si.edu/research/paleobiology/collections-overview/burgess-shale>

<https://www.smithsonianmag.com/history/the-burgess-shale-evolutions-big-bang-33813957/>

[https://iugs-geoheritage.org/geoheritage\\_sites/burgess-shale-cambrian-palaeontological-record/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/burgess-shale-cambrian-palaeontological-record/)

<https://www.open.edu/openlearn/nature-environment/natural-history/life-the-palaeozoic/content-section-1.2>

Compilado por Nimio Tristán,  
Geólogo,  
Houston, Texas



**Como parte de las actividades de difusión de nuestra revista de geociencias, tenemos una relación de buena fe y amistad con las escuelas, sociedades y asociaciones geológicas en otros países del mundo.**

Instituto Nacional de Geoquímica  
(México). <https://www.inageq.com/>



Geología Médica

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



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



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

Sociedad Venezolana de Historia  
de las Geociencias.  
[SVHGc@yahoo.com](mailto:SVHGc@yahoo.com)



Universidad Tecnológica de la Habana,  
- <https://cujae.edu.cu/>

Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>



Asociación de Geólogos y Geofísicos  
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica  
del Cibao Oriental,  
República Dominicana

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





Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA