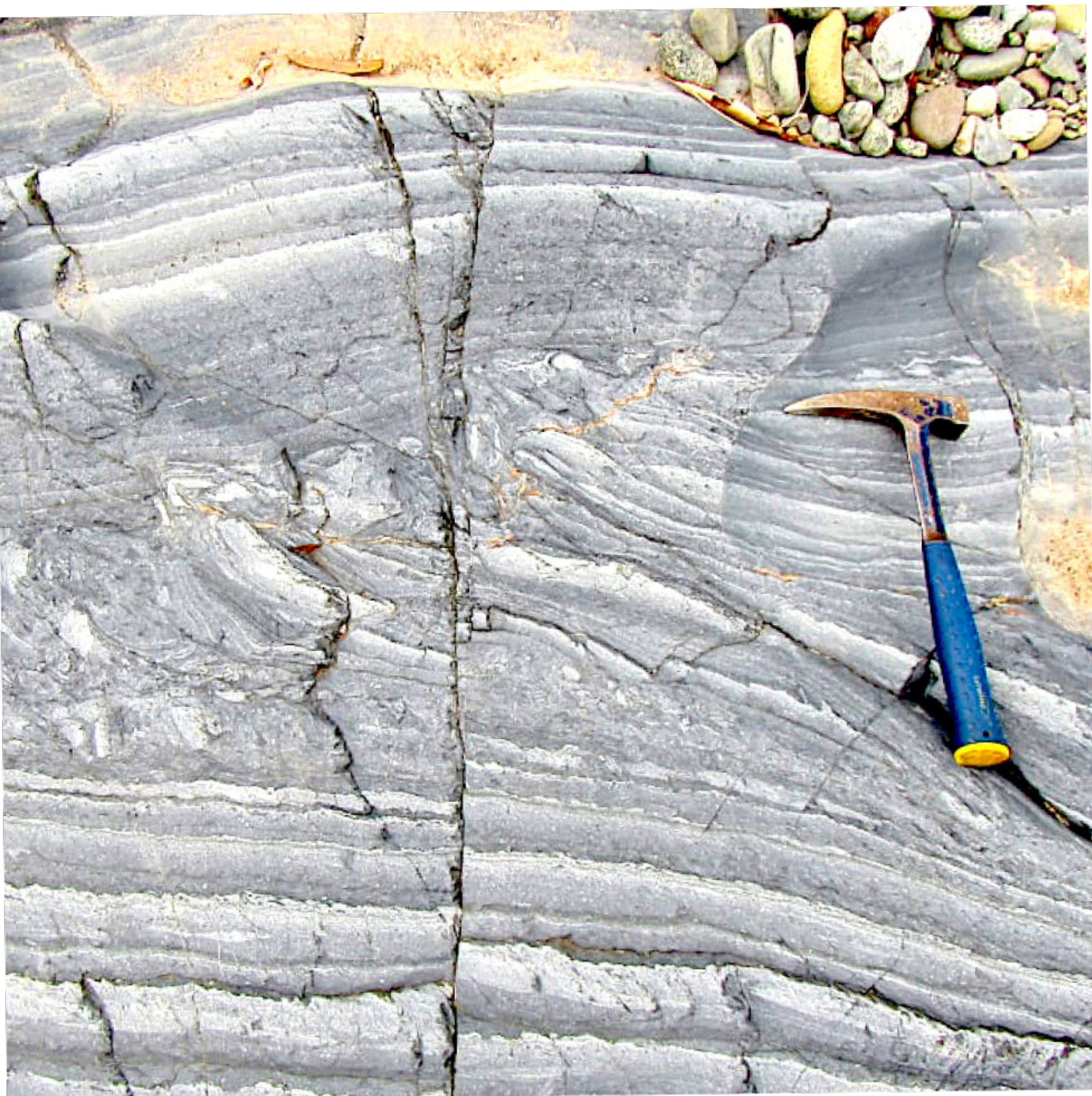


SEPTIEMBRE  
2022



# MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS







# 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 cual 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 deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comunícate 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:** Pliegue sin-sedimentario (slump) a escala centimétrica, típico de una sucesión de talud, que muestra laminación de areniscas de grano muy fino con limolitas, en una secuencia turbidítica. Además, se distinguen estructuras de carga y flama, pseudonódulos y laminación convoluta. (Rocas carboníferas siliciclásticas de la Formación Santa Rosa, en el Cinturón Plegado de Chicomuselo, Chiapas, sureste de México). Foto de: Betania Palacios-García.

**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 divulgación  
Geocientífica

# EDITORES



**Luis Angel Valencia Flores** (M.C.). Ingeniero Geólogo y Maestro en Ciencias en Geología, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Ticomán. Ha trabajado en el IMP, Pemex Activo Integral Litoral de Tabasco, Schlumberger, Paradigm Geophysical, Comisión Nacional de Hidrocarburos, Aspect Energy Holdings LLC, actualmente es académico del IPN (posgrado y licenciatura) y la UNAM (licenciatura) impartiendo las materias de Evaluación de formaciones, Caracterización de yacimientos, Geología de yacimientos, Geoquímica, entre otras del ramo petrolero. Cuenta con experiencia de 20 años trabajando en diversos proyectos de planeación y

perforación de campos, pozos costa afuera, petrofísica, geomodelado y caracterización de yacimientos entre ellos: Cantarell, Sihil, Xanab, Yaxche, Sinan, Bolontiku, May, Onixma, Faja de oro, campos de Brasil, Bolivia y Cuba. Como Director General Adjunto en la CNH fue parte del equipo editor técnico en la generación de los Atlas de las Cuencas de México, participó como ponente del Gobierno de México en eventos petroleros de Canadá, Inglaterra y Estados Unidos. Es Technical Advisor del Capítulo estudiantil de la AAPG-IPN.

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



**Bernardo García-Amador** es candidato a doctor en Ciencias de la Tierra por la UNAM. Su pasión es entender las causas y consecuencias de la tectónica. Actualmente se encuentra en proceso de graduarse del doctorado, con un trabajo que versa en la evolución tectónica de Nicaragua (Centroamérica). Además imparte el

curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Recientemente Bernardo ha publicado parte de su trabajo de doctorado en las revistas Tectonics y Tectonophysics, además de ser coautor de otros artículos científicos de distintos proyectos.

[bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu](mailto:bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu)



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

2002 on exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

[jhrosenfeld@gmail.com](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 is 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.

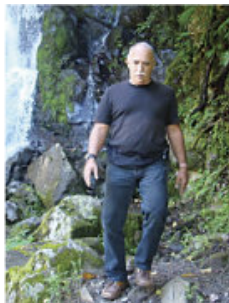
Claudio was made an Honorary Member of the AAPG in 2022 in recognition of his service to the Association, and his devotion to the science and profession of petroleum geology.

[bartolini.claudio@gmail.com](mailto:bartolini.claudio@gmail.com)

# COLABORADORES



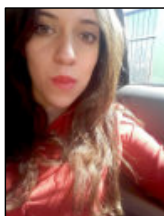
**Salvador Ortuño Arzate** received his M. Sc. from the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and his Ph.D. from the Université de Pau and Pays de l'Adour (UPPA) in France. He has been a researcher at the Instituto Mexicano del Petróleo and the Institut Français du Pétrole, focusing his work on the Exploration Petroleum field. Salvador has published several papers and a book, "El Mundo del Petróleo" (Petroleum's world),



El ingeniero cubano **Humberto Álvarez Sánchez** culmina 54 años como geólogo. Realizó estudios en la Cordillera de Guaniguanico y en su premontaña y en los macizos metamórficos, volcánicos y ofiolíticos de Cuba central. Autor de 18 formaciones y litodemas de la estratigrafía cubana. Descubridor del único depósito industrial de fosforitas marinas de Cuba. Miembro de la subcomisión Jurásico del primer Léxico Estratigráfico de Cuba. Como Country Manager y Senior Geologist de compañías canadienses, panameñas y de Estados Unidos, dirigió exploraciones en complejos del Paleozoico-Mesozoico en tres Estados de



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



**Laura Itzel González León**, es estudiante de la carrera de ingeniería en Geología ambiental, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería).

Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas hidrográficas y riesgos geológicos.

examining and shedding light on the history of petroleum and the implications for the society. Also, he has worked as an advisor for several universities and national corporations. Lastly, he has served as faculty and has taught different courses at the Secretariat of National Defense and at the Engineering School of U.N.A.M.

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

Brasil, en los greenstone belts de Uruguay; Andes de Perú y complejos volcánicos de Honduras y Panamá y otros países. Miembro de la Comisión Ministerial "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue Consultor Senior del Banco Interamericano de Desarrollo para el proyecto geocientífico del país. Formely Miembro del Consejo Científico de Geology Without Limits. Formerly Representante para América Central del Servicio Geológico de la Gran Bretaña. Retirado en Panamá, se ocupa de redactar estudios sobre la geología de Cuba.

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

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

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

Actualmente ejerce como prestadora de servicio social en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera haciendo divulgación referente a geopatrimonio.

[itzelleon2909@gmail.com](mailto:itzelleon2909@gmail.com)



**Marisol Polet Pinzón Sotelo** es Ingeniera Geóloga egresada de la Universidad Autónoma de Guerrero y Maestra en Ciencias Geológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León; ha colaborado en proyectos de investigación en el noroeste de México, siendo autora y coautora de publicaciones científicas; cuenta con 8 años



**José Antonio Rodríguez Arteaga** es un ingeniero geólogo con 31 años de experiencia en investigación de geología de terremotos y riesgo geológico, asociado o no a la sismicidad. Es especialista en sismología histórica e historia de los sismos en Venezuela, recibiendo entrenamiento profesional en Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos, Bogotá, Colombia. En sus inicios profesionales y por 5 años consecutivos, fue geólogo de campo, trabajando en prospección de yacimientos minerales no- metálicos en la región centro



**Rafael Guardado** es graduado en la Universidad de Oriente en 1970 como Ingeniero Geólogo. Cursó estudios de especialización en la Universidad Minera de St Petersburgo en Rusia, antigua U.R.S.S., 1972-1974. Defendió el doctorado en Geología en 1983. Es Académico Titular de la Academia de Ciencias de Cuba, Profesor Titular, Profesor Consultante y Profesor Emerito de la Universidad De Moa. Orden



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

de experiencia en exploración de hidrocarburos en PEMEX Exploración y Producción. Se ha desarrollado en el modelado de sistemas petroleros en Proyectos de aguas profundas y someras en el norte del Golfo de México.

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

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. 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)

Carlos J. Finlay. Ha publicado más de 70 artículos, y es Tutor de tesis de Doctorado y maestrías. Ha recibido múltiples premios y distinciones, y es un profesor reconocido en Cuba y el extranjero en la Ingeniería Geológica, la Reducción de los Riesgos Geológicos y el enfrentamiento al Cambio Climático.

[rafaelguardado2008@gmail.com](mailto:rafaelguardado2008@gmail.com)

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

[jonblickwede@gmail.com](mailto:jonblickwede@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.

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



**Jesús Roberto Vidal Solano** es doctor en Geociencias por la Universidad *Paul Cézanne* en Francia y realizó un postdoc en el Laboratorio Sismológico del *Caltech* en EEUU. Fue egresado de los programas de Geólogo y de la Maestría en Ciencias-Geología de la Universidad de Sonora en donde actualmente es profesor investigador desde hace 16 años. Es divulgador geocientífico y fundador del proyecto La Rocateca [www.rocateca.uson.mx](http://www.rocateca.uson.mx) y actualmente es secretario del Instituto Nacional de Geoquímica AC. Su investigación

científica de tipo básico se centra en la obtención de conocimiento sobre los procesos magmáticos y geodinámicos de la litosfera, en particular de los vestigios petrológicos y tectónicos de los últimos 30Ma en el límite transformante de las placas Pacífico-Norte Americana. Sus investigaciones científicas de tipo aplicado se enfocan en el estudio de geomateriales para la solución de problemas geoarqueológicos, paleoclimáticos y de yacimientos minerales no-metálicos en el NW de México.

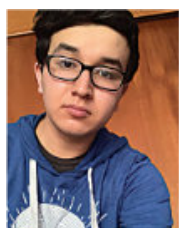
[roberto.vidal@unison.mx](mailto:roberto.vidal@unison.mx)



**Saúl Humberto Ricardez Medina** es pasante de Ingeniería Geológica, miembro activo del capítulo estudiantil de la AAPG del Instituto Politécnico Nacional, participó en el X Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra como Expositor del trabajo "Análisis de Backstripping de la Cuenca Salina

del Istmo". Actualmente, se encuentra trabajando en su tesis de licenciatura relacionada a identificar y reconocer secuencias sedimentarias potencialmente almacenadoras de hidrocarburos en las cuencas del sureste.

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



**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)



**Uriel Franco Jaramillo**, es estudiante de noveno semestre en la carrera de Ingeniería Petrolera en la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, sus principales áreas de interés son la simulación matemática de yacimientos y la conducción, el manejo y el transporte de

hidrocarburos. Actualmente está prestando su servicio social como colaborador en la Revista Maya de Geociencias.

[urielfranco.unam@gmail.com](mailto:urielfranco.unam@gmail.com)

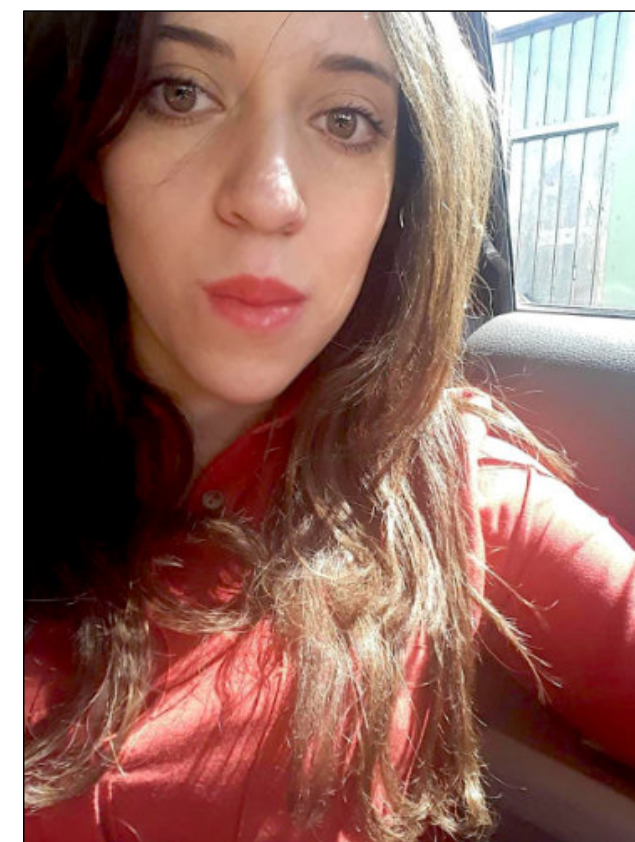
## Damos la Bienvenida a la nueva colaboradora de la revista

### Laura Itzel González León

**Laura Itzel González León**, es estudiante de la carrera de ingeniería en Geología ambiental, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería).

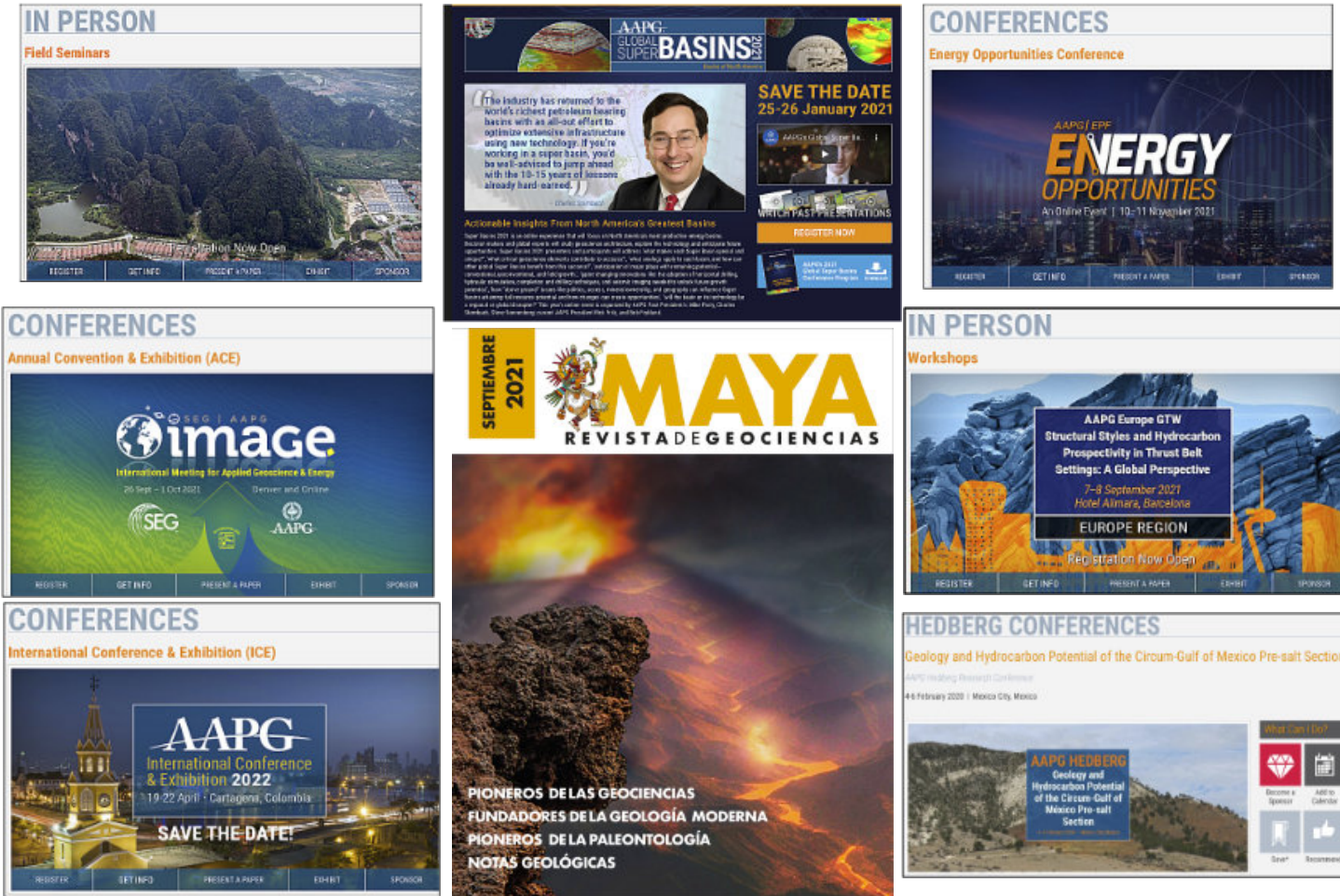
Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas hidrográficas y riesgos geológicos.

Actualmente ejerce como prestadora de servicio social en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera haciendo divulgación referente a geopatrimonio.





# Lazos de colaboración y amistad con la AAPG



Estimados colegas,

Es un gran placer informarles que ya tenemos una página web para 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 Mexico Petroleum Geoscience

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







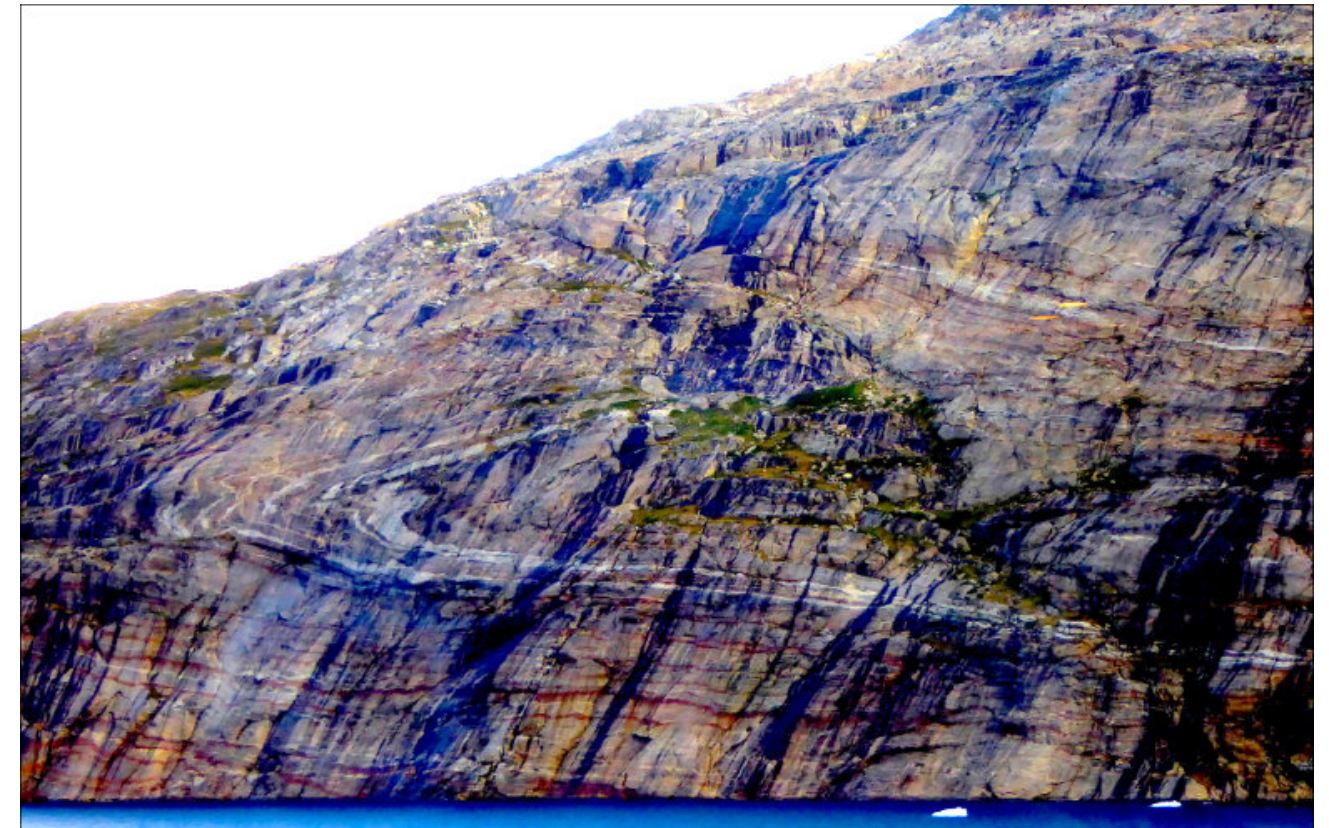
Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

### Estimados Colegas

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

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

Nuestro agradecimiento a **Manuel Arribas**, 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. <https://manuelarribas.es/>



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

### Esteemed colleagues

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

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

#### Basic Instructions for Authors

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

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

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

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

Geological notes: a maximum of 10 pages



# CONTENIDO

**SEPTIEMBRE  
2022**

Semblanzas.....	<a href="#">13</a>
Pioneros de las Geociencias.....	<a href="#">20</a>
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	<a href="#">23</a>
Los libros recomendados.....	<a href="#">31</a>
Temas de interés.....	<a href="#">34</a>
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	<a href="#">44</a>
Notas geológicas.....	<a href="#">48</a>
<b>Misceláneos</b>	
Museos de historia natural.....	<a href="#">65</a>
La casa de los manantiales.....	<a href="#">66</a>
Consortios de investigación.....	<a href="#">67</a>
Tesis selectas presentadas en el POLI en 2021.....	<a href="#">68</a>
Convención de Ciencias de la Tierra 2023.....	<a href="#">69</a>
Caverna del arte.....	<a href="#">70</a>
Glosario de términos geológicos.....	<a href="#">74</a>
La historia de un cuerpo de roca que se deforma.....	<a href="#">75</a>
Primeras imágenes del Telescopio Webb de NASA.....	<a href="#">76</a>
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	<a href="#">77</a>
Coyote Buttes, Arizona.....	<a href="#">78</a>
El plomo pardo de Zimapán.....	<a href="#">79</a>
VIII Jornadas Venezolanas de Geociencias 2023.....	<a href="#">81</a>
Asociaciones geológicas hermanas.....	<a href="#">83</a>

# SEMBLANZAS

## Ing. Eduardo J. Guzmán (1920 - 1989)

Nació en la Ciudad de Puebla en 1920. Cursó la carrera de geólogo en el Instituto de Geología de la Universidad Central de Venezuela (donde su padre el Dr. Salvador R. Guzmán, diputado constituyente de 1917 era embajador) graduándose con mención honorífica. Inició su experiencia profesional en 1942 con la Mene Grande Oil Company (Gulf) en San Tomé, Venezuela. Ingresó a Petróleos Mexicanos en 1943 donde realizó trabajos de geología superficial en Oaxaca y Guerrero. En 1948 fundó la primera brigada de geología de subsuelo en el Distrito Reynosa de Petróleos Mexicanos, donde contribuyó al desarrollo de esta importante provincia geológica. En 1949 fue nombrado jefe de geólogos y en 1954 se hizo cargo de la Subgerencia de Exploración, puesto que ocupó hasta 1967. En 1967 fue transferido al Instituto Mexicano del Petróleo como Subdirector de Tecnología de Exploración hasta 1976 y como asesor del Director General hasta 1982.

Aportó a las nuevas generaciones de geólogos su visión y sus claras ideas de lo que son y deben de ser la geología y la exploración petrolera, contribuciones que llevaron al Ing. Eduardo J. Guzmán éxito profesional a estar siempre al frente de la geología petrolera en México.

Su trabajo se caracterizó siempre por una comprensión amplia y profunda de la geología petrolera, aunado a un gran talento administrativo y de organización que le permitieron comunicarse con geólogos de todo el mundo, lo cual fue de un valor inestimable para Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

Fue miembro fundador en 1949 de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros de la que ocupó la presidencia en dos ocasiones y de la Asociación Americana de Geólogos



Petroleros (AAPG) de la cual fue electo vicepresidente en 1967 siendo el primer extranjero en ocupar este cargo y en 1972 se le nombró miembro honorario.

También fue miembro de la Sociedad Geológica Mexicana; la Sociedad de Geólogos Venezolana; del American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers; de la Society of Economic Paleontologists and Mineralogists; de la Geological Society of America y de la prestigiada Academia Mexicana de Ingeniería.

Durante más de 30 años impartió la cátedra de geología del petróleo y otras materias en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y en la ESIA del Instituto Politécnico Nacional.

Su ejemplo trasciende por su dedicación profesional, su nacionalismo, su liderazgo y su gran personalidad, fincados en su inteligencia, su fino sentido del humor e ironía, su sabiduría, amabilidad y elegancia, su eximio dominio del lenguaje y por ser, sin duda, uno de los mejores geólogos petroleros mexicanos.

Fue organizador del XX Congreso Geológico Internacional en México en 1956 y del Congreso Mundial del Petróleo en México en 1967, organizaciones en las que se mantuvo activo hasta después de su retiro.





**En los campos petroleros de San Tomé, Venezuela (1943).**



**Con el Ing. Teodoro Díaz en el Norte de México (ca. 1947).**



**Con el Ing. Federico Mina en la Cd. de México (ca. 1954).**



**Geología de campo en el Estado de Oaxaca (ca. 1944).**

## Ismael Ferrusquía Villafranca

**Ismael Ferrusquía Villafranca** cursó en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México su Licenciatura en Biología y en la University of Texas-Austin obtuvo el Ph. D. in Geology. Ha tenido una participación destacada en la Investigación y en la Formación de Recursos Humanos. Es Investigador Titular C de Tiempo Completo en el Instituto de Geología, UNAM, con una trayectoria académica de 60 años en esa Casa de Estudios, y Profesor en el Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM, donde imparte la Cátedra de Estratigrafía Avanzada, y tiene la distinción de Investigador Nacional Nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores.

Su interés científico se ha centrado en la Estratigrafía del Terciario Continental de México (el cual dista mucho de estar diferenciado) y en la Paleontología de Vertebrados, fundando de hecho esta Línea de Investigación en la UNAM y con ello en el País. Los resultados de su trabajo se han publicado en revistas de impacto y cuenta con 4,508 citas. Ha encabezado proyectos CONACYT, UNAM y National Geographic Society en los cuales han participado destacados investigadores nacionales y extranjeros, e incluyó a estudiantes para darles entrenamiento en trabajo de gabinete y de campo. En esta labor formativa de recursos humanos, ha dirigido 39 tesis de licenciatura y posgrado, es tutor de los Posgrados de Ciencias de la Tierra y de Ciencias Biológicas, UNAM. En otro aspecto de tal actividad, el Dr. Ferrusquía encabezó por muchos años la Comisión Coordinadora del Posgrado en Geología, Facultad de Ciencias, que sirvió de modelo a otros posgrados, y donde se generaron los primeros Maestros en Geología formados en México.

Su destacada contribución estratigráfica le llevó a encabezar la North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, entidad que publica el Código Norteamericano de Nomenclatura Estratigráfica, el cual norma la praxis geológica en Canadá, Estados Unidos y México; desde 2008 es Commissioner at Large, es decir por derecho propio, merced a sus aportaciones en esta Comisión.

Como fundador de la Línea de Investigación en Paleontología de Vertebrados en la UNAM, colaboró ampliamente en generar la infraestructura de investigación, particularmente en la creación de la Sección de Vertebrados Fósiles del Museo de Paleontología del Instituto de Geología. En su calidad de pionero, el Dr.



Ferrusquía y sus asociados, han abordado el estudio de grupos taxonómicos diversos de distintas edades procedentes de varios estados, he aquí algunos ejemplos: La primer selacifauna (tiburones y rayas) paleogénica de Mesoamérica, mamíferos y reptiles de Baja California, las primeras huellas de dinosaurios encontradas en México, la fauna del Eoceno más temprano del país (Baja California), precisar la datación biocronológica del Conglomerado Guanajuato, y la descripción del primer mamífero encontrado en los depósitos ámbar de Chiapas.

Asimismo, dicha labor ha permitido conocer la constitución taxonómica de numerosas faunas de vertebrados fósiles en los estados de Baja California, Chihuahua, San Luis Potosí, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas, cuya edad conjunta se extiende del Eoceno al Mioceno, encontrándose unas 10 especies, 7 géneros y una familia, nuevos para la Ciencia. Organizó con el Dr. Gabriel Dengo, distinguido geólogo guatemalteco, el Simposio sobre Conexiones Terrestres entre Norte y Sudamérica, de temática diversa, que incluía Tectónica de Placas, (entonces...) en su infancia, Geología Centroamericana, y distribución de grupos taxonómicos diversos; tal distribución mostraba que la comunicación interoceánica ocurría todavía en el Mioceno, y que la comunicación



terrestre entre Norte y Sudamérica era necesariamente posterior. Editó el volumen respectivo y publicó ahí la síntesis sobre las vertebrado-faunas de la región (Norte de Sudamérica, Centroamérica y Sur de Norteamérica), la cuál con sus más de 500 citas, es la obra más citada en esta disciplina elaborada por un mexicano. Sus estudios en el Mioceno de Oaxaca confirmaron la afinidad norteamericana de la fauna, extendida tentativamente hasta la Zona del Canal de Panamá, al encontrar y describir en ese estado mamíferos de la misma familia (Merycoidontidae) de los hallados en Panamá, a muchos miles de kilómetros al sur de sus localidades en Estados Unidos, sin ningún registro intermedio, y que la fauna panameña, a pesar de su cercanía con Sudamérica, no incluía ningún mamífero de ese subcontinente. El trabajo del simposio es el antecedente inmediato del estudio del Gran Intercambio Faunístico Americano (GAFI por sus siglas en Ingles), tema muy ampliamente tratado en la Paleontología de Vertebrados de finales del siglo XX.

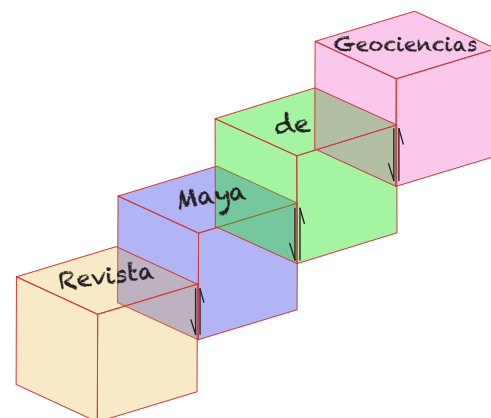
Ha realizado numerosas estancias de investigación en diversas instituciones tales como el American Museum of Natural History, New York, The Texas Memorial Museum,

Austin, Texas; Natural History Museum, Los Angeles, Museum of Paleontology, University of Michigan, Ann Arbor, Museum of Paleontology, University of California-Berkeley, Museo Nacional de Historia Natural, Madrid España. Especial mención merece su interés por la Profesión y la Comunidad Paleontológica del País, que le llevaron a encabezar el esfuerzo para fundar en 1986 La Sociedad Mexicana de Paleontología, A.C., que está celebrando su 35º Aniversario.

Por último, cabe señalar que el Dr. Ferrusquía ha recibido numerosas distinciones, entre las que destacan la John Simon Guggenheim Memorial Foundation Fellowship (New York), reconocimiento científico y humanístico internacional, segundo después del Premio Nobel, y el único entregado a un mexicano en el área de Ciencias de la Tierra; Diploma y Medalla de Reconocimiento por 50 Años de Servicios Académicos a la UNAM, y la designación de dos nuevas especies, *Sigmodon ferrusquiai* Carranza y Walton; y *Ferrocyon avius* Ruiz y Montellano. En fin, el Dr. Ferrusquía ha dedicado su vida al servicio de la Universidad y del País.

<https://www.researchgate.net/profile/Ismael-Ferrusquia-Villafranca>

<https://www.geologia.unam.mx/comunidad-igl/ferrusquia-villafranca-i#:~:text=El%20doctor%20Ferrusqui%C3%ADa%20desarrolla%20investigaci%C3%B3n,y%20Evoluci%C3%B3n%20Bi%C3%B3tica%20de%20M%C3%A9xico.>



## Raúl J. Estévez L.

### HABLEMOS DE UN SISMÓLOGO VENEZOLANO, RAUL J. ESTÉVEZ L.

José Antonio Rodríguez Arteaga

#### A manera de Introducción

“*Soy la oveja científica de mi familia*” así afirma el profesor Raúl Estévez (Briceño, 2004:54-5). Proveniente de una familia esencialmente musical, Estévez reforzó su crianza estimulado por el arte, que lo había y lo hay en su casa, e influenciado por el poeta Aquiles Nazoa, compañero de crianza y hogar quien levantó aún más su curiosidad por la ciencia a punta de preguntas sobre la misma. De manera que, Nazoa en cierta forma será el “culpable necesario” de su acercamiento a la geofísica y a sus fenómenos.

Los acápites que a continuación siguen, revelan las actividades de este hombre de ciencias que ha seguido, sigue y prosigue con ansias de conocer la actividad sísmica andina, muy habitual en la región caracterizada en algunos sitios por grupos concentrados de sismos, denominados tormentas o enjambres sísmicos<sup>1</sup>. Estos y los grandes eventos, siempre lo han atraído y preocupan, haciendo conocer en beneficio de la población emeritense en primer lugar, los terremotos históricos que la han aislado<sup>2</sup>.

#### Datos personales

Raúl Jesús Estévez Laprea verá la luz en tierras llaneras, al SO de Venezuela, en San Fernando de Apure, estado Apure un 5 de enero de 1942. Hijo único de Raúl Estévez Aponte y María Fulvia Laprea Sifonte<sup>3</sup>, ambos venezolanos.

#### Vida académica y entorno universitario internacional y nacional

Su *Curriculum Vitae* no dice todo lo que ha desarrollado, apenas son 2 apretadas páginas que sintetizan una actividad creadora. No se limita a lo estrictamente necesario, pero llama la atención por lo que manifiesta en referencia a los terremotos que conoce y las consecuencias devastadoras en suelo andino que han provocado en el lapso de 1610 a 1894 y del que existen variados testimonios. Su mente clara e ideas firmes, así lo corroboran.

Desarrolla una amplia y prolífica carrera en investigación científica, obteniendo una licenciatura académica con apenas 23 años de edad y mención *Summa Cum Laude* en Física Teórica, egresando de la *Patricio Lumumba University*, Moscú, URSS en 1965, junto a otros condiscípulos en la 1ª promoción en Física de esa casa de estudios. Para 1975 continuará preparándose en USA,



adonde viajará en pos de dos títulos adicionales. Será *Stanford University*, California, USA quien lo acreditará como MSc. mención Geofísica en el año 1975, actividad que extenderá por 2 años más hasta obtener un PhD. con distinción especial en la misma área, dos años después, 1977.

A su retorno de la URSS, luego de su licenciatura, será Instructor de Física en la Facultad de Ciencias, de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, desde 1965 a 1967, haciéndose Coordinador General de los cursos de Física del Ciclo Básico de la misma casa de estudios durante dos años consecutivos, 1966-1967. Entre tanto, integrará la Comisión Organizadora de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, en Mérida, siendo delegado por la Universidad Central de Venezuela (UCV). Por 4 años consecutivos, 1967 a 1971, es profesor asistente en la Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes (ULA), Mérida, para luego por concurso de oposición, ocupará el cargo de Profesor Agregado en la misma universidad, (período, 1971-77). Hará investigación desde la Física *sensu stricto*, pasando por la Geofísica y recalando en la Gestión de Riesgos y Administración de Desastres en la que obviamente, la sismicidad emeritense será su continua preocupación, como ya hemos expuesto. Así lo muestra en el III Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica (III CONVESIS) en la que presenta un trabajo junto a Jaime Laffaille titulado: “*Sismicidad y prevención sísmica en los andes Venezolanos*”.

#### Cargos académicos

Será *Teaching Assistant*, del *Geophysics Department*, *Stanford University*, USA por 3 años, 1974-77, y ya en Venezuela, Profesor Asociado, de la Universidad de los Andes, 1977-88; Profesor Titular, de la misma universidad, 1988-20, y Prof. Titular (jubilado) del Laboratorio de Geofísica, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes (ULA), Mérida, Venezuela, entre otros.

<sup>1</sup> (S/A) Raúl Estévez: este tipo de actividad es habitual en la región, [Documentación en línea], 2015, (agosto 13, 2020), <<https://comunicacioncontinua.com/raul-estevez-este-tipo-de-actividad-sismica-es-habitual-en-la-region-andina>>

<sup>2</sup> (Para mayores detalles se recomienda ver Estévez Raúl (2000) *El riesgo sísmico en la ciudad de Mérida*, [Archivo de Video] YouTube. <[https://youtu.be/n\\_7lfodHSYI](https://youtu.be/n_7lfodHSYI) | FUNDAPRIS - CIGIR

<sup>3</sup> (S/A) <<https://www.geni.com/people/Maria-Fulvia-Laprea-Sifonte/6000000041216730244>>



**Otros cargos académicos ejercidos en la Universidad de los Andes (ULA)**

El profesor Estévez durante el ejercicio activo de su profesión ha ocupado variados cargos de importancia no solo para la Universidad de los Andes, sino para otras instituciones, distinguiéndose en forma brillante en cada uno de las actividades que le ha tocado llevar bajo su responsabilidad, así ha sido entre 1967 a 1995: (1) Jefe-Fundador del Departamento de Física, Facultad de Ciencias, ULA, período 1967-72; (2) Jefe-Fundador del Laboratorio de Geofísica, Facultad de Ciencias, ULA, período 1967-83; (3) Miembro del Consejo de la Facultad de Ciencias de la ULA, Mérida, período 1969-72; (4) Director-Fundador de la Red Sismológica de los Andes Venezolanos, ULA, período 1978-1993 y (5) Presidente-Fundador de la Escuela Latinoamericana de Geofísica, ULA, 1988-1995.

**Actividades de asesorías profesionales, comisionadurías, directorios y membresías**

Desde el punto de vista profesional ha sido: (1) Miembro de *Stanford Exploration Project* (SEP), Stanford, California, USA, 1972-77; (2) Asesor por contrato del Instituto Venezolano de Investigaciones Petroleras (INTEVEP), 1975-78; (3) Miembro del Comité Asesor de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), 1977-85 (4) Miembro de la Comisión de Geología y Oceanografía Física del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), 1979-86; (5) Presidente-Fundador de la Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico del Estado Mérida FUNDAPRIS), 1979-86; (6) Miembro del Consejo Directorio de FUNVISIS en representación de CONICIT, Caracas, 1985-89/ 2001-2000; (7) Miembro del Directorio de FUNDAPRIS, Mérida, 1986-2000; (8) Miembro del Directorio del Centro de Investigaciones Astrofísicas de Venezuela (CIDA) en representación del organizador responsable de la exposición "TERREMOTOS", Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida 1997-2000; (9) Presidente de la Fundación Museo de Ciencia y Tecnología del Estado Mérida (MUCYT), Enero de 2000; (10) Coordinador Nacional del Programa de Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela, Junio 2000.

**La física en la ULA: una breve historia**

En 1967 las actividades conducentes a la licenciatura en Física empezarán ese mismo año (Bonalde, 2017:45) coordinadas por el profesor Marcelo Guillén y adscritas al Centro de Ciencias, coordinadas a partir de su creación en 1969 por el profesor Raúl Estévez, quien organiza en el novísimo departamento, tres grupos de investigación: Geofísica, Física del Estado Sólido y Física de Superficies. Posteriormente y ya instalado el Observatorio Astronómico de Llano Alto o CIDA (Centro de Investigaciones de Astronomía) se incorporará a esta última, un tema más dedicado, Física Teórica. Con la creación de la Facultad de Ciencias, Raúl Estévez es nombrado coordinador del departamento y las primeras áreas de investigación son diseñadas según las necesidades del país: Naturales, Geofísica, Física de los Materiales y Física de Superficie (Bonalde, 2017:55). De

esta manera empezarán a llegar docentes a la Facultad (e.g. Wasin, Joshi, y Giriati, de Paquistán, la India y Polonia, respectivamente).

**Trabajos académicos**

Si bien ha sido relativamente complicado hallar una bibliografía técnica del Dr. Estévez, hemos conseguido con importante auxilio alguno de sus trabajos, los cuales nos permitimos señalar:

(1) Liñayo, Alejandro y Estévez, Raúl (2000) *Hacia la formulación de una política científico-tecnológica en gestión de riesgos*; (2) Liñayo, Alejandro y Estévez, Raúl (2000) *Algunas consideraciones para la formulación de una política nacional en materia de gestión de riesgos*, entre otros.

**Reconocimientos, condecoraciones y afiliaciones académicas**

Como mérito a su trayectoria profesional, docencia universitaria y en el campo de pluridisciplinario, Estévez ha sido acreedor de reconocimientos premios, órdenes, medallas y membresías, que a continuación se enumeran: (1) Premio Regional de Ciencias Naturales y Exactas, Mérida 2001; (2) Coordinador Nacional del Programa de Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres, Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2000; (3) Miembro de Número (Sillón N° 13) de la Academia de Ciencias y Artes del Estado Mérida, Mérida, 1993; (4) Orden y Medalla "Fray Juan Ramos de Lora", otorgada por la Ilustre Universidad de Los Andes, Mérida, 1993; (5) Presidente del Premio Nacional de Tecnología Popular "Luis Zambrano", 1993; (6) Miembro del Jurado, Premio Nacional de Tecnología Popular "Luis Zambrano" 1991,92 (7) Premio "Francisco De Venanzi" en Ciencias Físicas, ULA, Mérida, 1991; (8) Premio Nacional de Geofísica, otorgado por la Sociedad Venezolana de Ingenieros Geofísicos, Caracas, 1986; (9) Miembro del Jurado, Premio Nacional de Ciencias en la Especialidad de Física y Matemáticas, CONICIT, Caracas, 1984.

**Agradecimientos**

El autor desea agradecer a la profesora e investigadora Reina Aranguren del *staff* del Instituto de Geofísica (IGULA) de la Universidad de los Andes, Mérida – Venezuela por la incondicional ayuda al localizar trabajos técnico-científicos del Dr. R. Estévez. La profesora Christl Palme de la misma institución aclaró conceptos erróneamente fundados. Sin la colaboración de ambas, habría sido imposible complementar este trabajo.

**Bibliografía mínima**

Bonalde, Ismardo (2007) *Física y su institucionalización en Venezuela*. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, 120 pp.

Briceño Romero, Ysabel (2004) *Raúl Estévez "Soy la oveja científica de mi familia"*, FundaCite-Mérida, [Documento en línea], 2004, (agosto, 12, 2022), <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/21163?show=full

Buroz, Eduardo y Machado, Antonio (2015) (Comité de Asesoría Técnica en Ambiente) *Desarrollo de los e, studios*

*ambientales en Venezuela 2000-2012*, Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Colección Documentos de la Academia, Caracas, 382 pp.

Estévez, Raúl y Laffaille, Jaime (1998) *Sismicidad y prevención sísmica en los andes Venezolanos*. III Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, <http://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/www.terremoto/Papers/Doc029/doc029.htm>

Liñayo, Alejandro y Estévez Raúl (2000) *Algunas consideraciones para la formulación de una política*

nacional en materia de gestión de riesgos y desastres, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Programa de Gestión de Riesgos (inédito).

Liñayo, Alejandro y Estévez Raúl (c2000) *Hacia la formulación de una política científico-tecnológica en gestión de riesgos*, 1-6 pp. [Documento en línea], 2000, (agosto 12, 2022), <http://cibbimena.desastres.hn/document/crid/Educacion/pdf/spa/dos12759/doc12759.htm>



Cartografía simplificada de la Falla de Boconó, SO de Venezuela (Sin escala, solo confines ilustrativos) Fuente: FUNDAPRIS (2015).



**José Antonio Rodríguez Arteaga** es un ingeniero geólogo con 31 años de experiencia en investigación de geología de terremotos y riesgo geológico, asociado o no a la sismicidad. Es especialista en sismología histórica e historia de los sismos en Venezuela, recibiendo entrenamiento profesional en Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos, Bogotá, Colombia. En sus inicios profesionales y por 5 años consecutivos, fue geólogo de campo, trabajando en prospección de yacimientos minerales no- metálicos en la región centro

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. 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)



# PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

## Albert W. Bally (1925 - 2019)

### Albert W. Bally (1925–2019)

Albert W. Bally was born in The Hague, Netherlands, on April 25, 1925, and passed away in Houston, Texas, on July 30, 2019. He spent his early years in Indonesia, Italy, and Switzerland. He received a Ph.D. in geology from the University of Zürich in 1952. The Maiella Mountain and adjacent areas of the Central Apennines were the subjects of his Ph.D. dissertation. As student he took a leave of absence in 1949 to work for Gulf Oil on a mapping assignment on southeast Sicily. On weekends and during semester breaks, he helped map the geology of several hydroelectrical projects in the Swiss Alps.

His postdoctoral research in 1953–1954 involved the micropaleontological study of deep-sea sediments of a large piston-core collection at the Lamont Geological Observatory of Columbia University. During this time, he also taught a course on Alpine geology for graduate students at the Geology Department at Columbia University. Whenever the students giggled, he knew that he had made an English mistake.

Bert, as he was renamed by a personnel manager in Shell, spent most of his career with Shell Oil in Calgary and Houston. He joined Shell Canada in 1954 and was one of the pioneers in the exploration of the Rocky Mountains and their foothills in Alberta. As a novel new exploration approach in a thrust-fold belt at that time, he started to integrate well, seismic, and surface data. From 1961 to 1966, he was the Chief Geologist of Shell Canada helping in the initial projects for the offshore exploration in British Columbia and Nova Scotia. In 1966, he was transferred to Shell Houston and progressed from Manager of Geologic Research to US Chief Geologist in 1968 and later to Senior Exploration Consultant in 1980. During this assignment, he was involved in the exploration of the United States offshore and onshore, and since 1972 with the study of the global geology. By this time,



Bert had gathered an enormous amount of experience working with reflection seismic data and regional geological information, which he synthesized into a global basin classification scheme that is still a major reference today.

After Bally retired from Shell, he accepted in July 1981, the position of Harry Carothers Weiss, Professor of Geology at Rice University. He also served as Chairman of the Department of Geology at Rice until 1986. He successfully managed to make the link between the petroleum industry and academia and brought his experience to the academic world. He supervised numerous M.S. and Ph.D. projects of students coming to Houston from different countries and regions of the world. His students coined the term “Bally’s Barrio” referring to the large group of geologists and geophysicists, often from Spanish-speaking countries, who graduated under his academic guidance. During his tenure at Rice University, Bert collaborated with numerous universities and many oil companies worldwide. His influence and impact on the transformation of the Geology and Geophysics Department at Rice University was crucial.

Bally’s principal research interest was the structural interpretation of seismic reflection profiles, and until his death, he was considered the world’s leading expert in using seismic data to interpret regional geology. His work aimed to show a better reconciliation of the complex structural geology of the upper crust with the presumably less complex nature of the underlying lithosphere (i.e., lower crust and mantle). His main focus was on the geologic definition of regional decoupling levels in compressional as well as extensional and strike-slip regimes. Bally is the father of concepts commonly used today as inversion tectonics, envelopment thrusting, orogenic float, and transfer and listric faults. He is also a pioneer not only in basin classification schemes, balanced cross sections and studies of folded belts, and their forelands, but also in understanding continental passive margins and salt tectonics.

Bert also did extensive work on the geology of the Caribbean. He had the opportunity at Rice University to be the director of multiple theses related to the tectonic setting of the Southern Caribbean boundary and the implications for the Venezuelan petroleum systems. This AAPG Caribbean Memoir reflects his contribution as a reviewer and author. After receiving an update on the progress of this book on February 2019, he wrote “This is going to be quite a publication .....I anticipate and hope that the publication of this AAPG volume will herald the beginning of a swift revival of petroleum exploration in Venezuela.”

Albert Bally had numerous publications, but perhaps his most cited article is the one he co-authored with Gordy and Stewart, on the structure and evolution of the southern Canadian Rocky Mountains in 1966. In this work, he introduced the use of regional seismic data to perform balanced cross sections and understand fold-and-thrust belts. With T. Cook he published the Stratigraphic Atlas for North and Central America in 1975, which includes more than 250 maps showing the entire Phanerozoic stratigraphy of North America. The same year, as an example of the integration of industry and academia, he wrote “A Geodynamic Scenario for Hydrocarbon Occurrences.” It is a worldwide look at types of sedimentary basins and explains the dynamics of the

hydrocarbon-bearing basins using the theory of plate tectonics. Two updated versions of this paper were published in 1980.

Most geoscientists are familiar with Bally’s work through his two three-volume sets of seismic atlases published by AAPG: one on structural styles in 1983 and one on seismic stratigraphy in 1987. These atlases highlighted the use of reflection seismic data not only for the petroleum industry but also for academic work. As a counselor with the Geological Society of America, Bert proposed the Decade of North American Geology project (DNAG), a large multivolume encyclopedia for the centennial celebration of the Geological Society of America. Bert co-edited the introductory volume, which many consider to this day the most comprehensive introduction to the geology of North America ever done.

In recognition for his contributions, Albert Bally received many honors, including the William Smith medal (Geological Society of London), the Gustav Steinmann Medal (Geologische Vereinigung), the Sidney Powers Medal from AAPG, the Structural Geology and Tectonics Career Contribution award of the Geological Society of America, and many others. He was also the President of the Geological Society of America in 1988 and President of the Commission of the International Lithosphere Program in 1990–1992. Additionally, he was member of numerous geological and geoscience national and international committees, geological societies, and scientific academic institutes worldwide. In 2016, he was awarded a *doctorate honoris causa* by the University of Fribourg, Switzerland.

However, his former students will not only remember Bally because of his impressive professional achievement and scientific advice, but also for his lessons of life. He had an extraordinary ability to make them realize how to approach any problem from a simple and practical side and capturing first the big picture. Bally’s wise advice will always be an eternal guide for them.



**Selected Publications**

Bally, A. W., 1975, A geodynamic scenario for hydrocarbon occurrences: 9th World Petroleum Congress, May 11–16, 1975, Tokyo, Japan.

Bally, A. W., 1981, Atlantic-type margins, in A. W. Bally, A. B. Watts, J. A. Grow, W. Manspeizer, D. Bernoulli, C. Schreiber, and J. M. Hunt, eds., *Geology of passive continental margins: History, structure and sedimentologic record (with special emphasis on the Atlantic margin)*: AAPG Course Notes 19, p. 1–48.

Bally, A. W., 1981, Thoughts on the tectonics of folded belts, in K. R. McClay and N. J. Price, eds., *Thrust and nappe tectonics*: Geological Society (London) Special Publication 9, p. 13–32.

Bally, A. W., 1982, Petroleum geology of the continental shelf of north-west Europe: *Journal of Geology*, v. 90, p. 745–746.

Bally, A. W. 1983, Seismic expression of structural styles: A picture and work atlas: AAPG Studies in Geology 15.

Bally, A. W., 1984, Tectogenèse et sismique réflexion: *Bulletin de la Société géologique de France*, v. 2, p. 279–285.

Bally, A. W., C. R. Allen, R. B. Geyer, W. B. Hamilton, C. A. Hopson, P. H. Molnar, J. E. Oliver, N. D. Opdyke, G. Plafker, and F. T. Wu, 1980, Notes on the geology of Tibet and adjacent areas; report of the American plate tectonics delegation to the People's Republic of China: USGS Open-File Report 80-501, 100p.

Bally, A. W., D. Bernoulli, G. A., Davies, and L. Montadert, 1981, Listric normal faults: *Oceanologica Acta*, Special issue, p. 87–101.

Bally, A. W., and T. Cook, 1975, *Stratigraphic atlas of North and Central America*: Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 272 p.

Bally, A. W., P. L. Gordy, and G. A. Stewart, 1966, Structure, seismic data, and orogenic evolution of southern Canadian Rocky Mountains: *Bulletin Of Canadian Petroleum Geology*, v. 14, no. 3, p. 337–381.

Bally, A. W., and A. R. Palmer, 1989, The geology of North America—An overview: *GSA Decade of North American Geology A*, 619 p.

Bally, A. W., R. A. Price, D. G. Roberts, M. F. Osmaston, 1982, Musings over sedimentary basin evolution (and discussion): *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 305, no. 1489, p. 325–338.

Bally, A. W., and S. Snelson, 1980, Realms of subsidence, in A. D. Miall, ed., *Facts and principles of world petroleum occurrence*: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 6, p. 9–94.

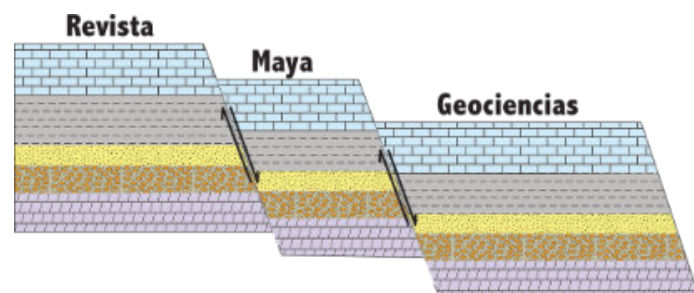
Roberts, D. G., and A. W. Bally, 2012, Phanerozoic passive margins, cratonic basins, and global tectonic maps: *Elsevier Regional Geology and Tectonics 1C*, 200p.

Roberts, D. G., and A. W. Bally, 2012, Phanerozoic rift systems and sedimentary basins: *Elsevier Regional Geology and Tectonics 1B*, 500 p.

Roberts, D. G., and A. W. Bally, 2012, Principles of geologic analysis: *Elsevier Regional Geology and Tectonics 1A*, 900 p.

<https://www.researchgate.net/profile/Albert-W-Bally>

\*Biography prepared by Raul Ysaccis, Joan Flinch, Juan Ignacio Soto, Felipe Audemard, Gabor Tari, y Enrique Hung.



# PUBLICACIONES

**TESIS &  
RESÚMENES**

**Luis A. Guerrero Murcias**

**Bioestratigrafía y paleoecología de  
dinoflagelados del Cretácico Superior  
en zonas tropicales**

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias, 2022

Director de Tesis: *Dr. Javier Helenes Escamilla.*

**Resumen**

Resultados de análisis estadísticos y probabilísticos de una base de datos de quistes de dinoflagelados tropicales del Cretácico Superior de Venezuela permiten reconocer 21 especies en la secuencia estratigráfica óptima. La recopilación de los quistes de dinoflagelados reportados en estudios de diez localidades tropicales del Cretácico Superior del norte de América del Sur y el Golfo de Guinea permite el reconocimiento de un conjunto rico (262 especies). Este conjunto tropical está dominado por taxones gonyaulacoides (129 spp), seguido por protoperidinioides (82 spp), areoligeroides (29 spp), gymnodinioides (12 spp) y ceratioides (10 spp). Setenta y tres especies en la base de datos tropical se reportan en ambas regiones, lo que permite la calibración de edad de la secuencia óptima de Venezuela. La secuencia final propuesta de bioeventos permite el reconocimiento de la mayoría de las etapas en los estratos tropicales del Cretácico Superior. La alta diversidad del grupo Spiniferites-Achomosphaera y la escasez de Impagidinium indican ambientes de depósito marinos poco profundos para la mayoría de las localidades tropicales del Cretácico Superior incluidas. El predominio gonyaulacoides tropicales sugiere que estos fueron los productores primarios dominantes en los océanos tropicales del Cretácico superior. Datos pertenecientes a cuencas de Baja California en México, atribuidas a una provincia subtropical del hemisferio norte, poseen una alta coincidencia de los taxos marcadores de la parte alta del Cretácico Superior, esto permite inferir ambientes depositacionales semejantes en condiciones tectónicas diferentes.

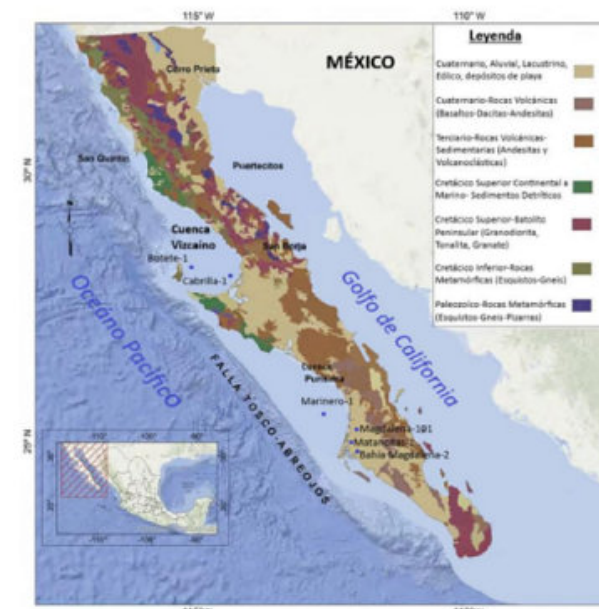


Figura 1.1. Ubicación de los pozos de estudio en Cuenca Vizcaíno y Purísima (Baja California-México). Geología según Campa y Coney (1983) y Sedlock et al. (1993). Modificado de Arango-Galván et al. (2015).



**Inversión tridimensional lateralmente restringida de datos sísmicos y electromagnéticos de fuentes naturales.**

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias, 2022.

Sustentante: **Favio Cruz Hernández**

Director de tesis: *Dr. Luis Alonso Gallardo Delgado.*

**Resumen.**

Los datos obtenidos con métodos geofísicos de fuente natural pueden ser captados en cualquier lugar y tiempo en la superficie de nuestro planeta. Las fuentes naturales producen perturbaciones de campos electromagnéticos y sísmicos que pueden alcanzar profundidades de metros hasta cientos de kilómetros. En particular, las mediciones de ondas electromagnéticas dan información sobre las propiedades eléctricas de las rocas, mientras que las ondas sísmicas lo hacen sobre sus propiedades mecánicas. El análisis de este tipo de mediciones sigue procesos muy similares por lo que aprovechar sus semejanzas ampliaría el conocimiento sobre procesos dinámicos en el interior de la Tierra. Hace 17 años surgió una nueva alternativa que hace uso de campos difusos en sismología, que incluyen al ruido sísmico ambiental o la coda sísmica. Este campo de ondas contiene información de las ondas superficiales para explorar o monitorear cambios en las propiedades elásticas e inelásticas de la Tierra. Sin embargo, existen muy pocas estrategias de inversión para este tipo de datos. En esta tesis, se diseñó una metodología denominada “inversión lateralmente restringida de ondas superficiales” (LCSWI, por sus siglas en inglés) que invierte tiempos de viaje de ondas superficiales de Rayleigh a diferentes periodos producidos por fuentes controladas o naturales (terremotos o ruido sísmico), para estimar la distribución 3D de la velocidad de onda S ( $V_s$ ). La metodología funciona en dos etapas, en la primera de ellas estima mapas de dispersión de velocidad de grupo o fase usando teoría de rayos, en la segunda, se aplica un esquema de gradientes conjugados no-lineales para estimar la distribución tridimensional de  $V_s$  usando todos los mapas de dispersión y su matriz inversa de covarianza. Esta matriz agrega la sensibilidad lateral de los mapas a la estructura de velocidad, mientras que la sensibilidad en profundidad se obtiene a través de teoría unidimensional de ondas superficiales. Para validar la metodología se realizó un algoritmo numérico y experimentos sintéticos que simulan la distribución de estaciones sísmicas a escala local. El algoritmo se probó en datos reales empleando una red temporal de 12 estaciones sísmicas que registraron ruido sísmico durante tres meses en la cuenca de Cerro Prieto, en Baja California, México. El modelo tridimensional estimado de  $V_s$  es comparado con diversos estudios geofísicos, sismológicos, geológicos, así como con la información de pozos mostrando buena correlación con la mayoría de ellos.

El modelo evidencia una zona con posibilidades de alojar fluidos fuera de la región actual de explotación del campo geotérmico que puede ser de interés para estudios futuros. Respecto a la teoría electromagnética, se desarrolló un algoritmo de modelado directo 3D de datos magnetotelúricos (MMT).

Las pruebas sintéticas y la comparación con un software comercial permitieron verificar que los resultados son confiables, por lo que en una investigación futura se pretende ligar el algoritmo MMT con la nueva metodología de LCSWI.

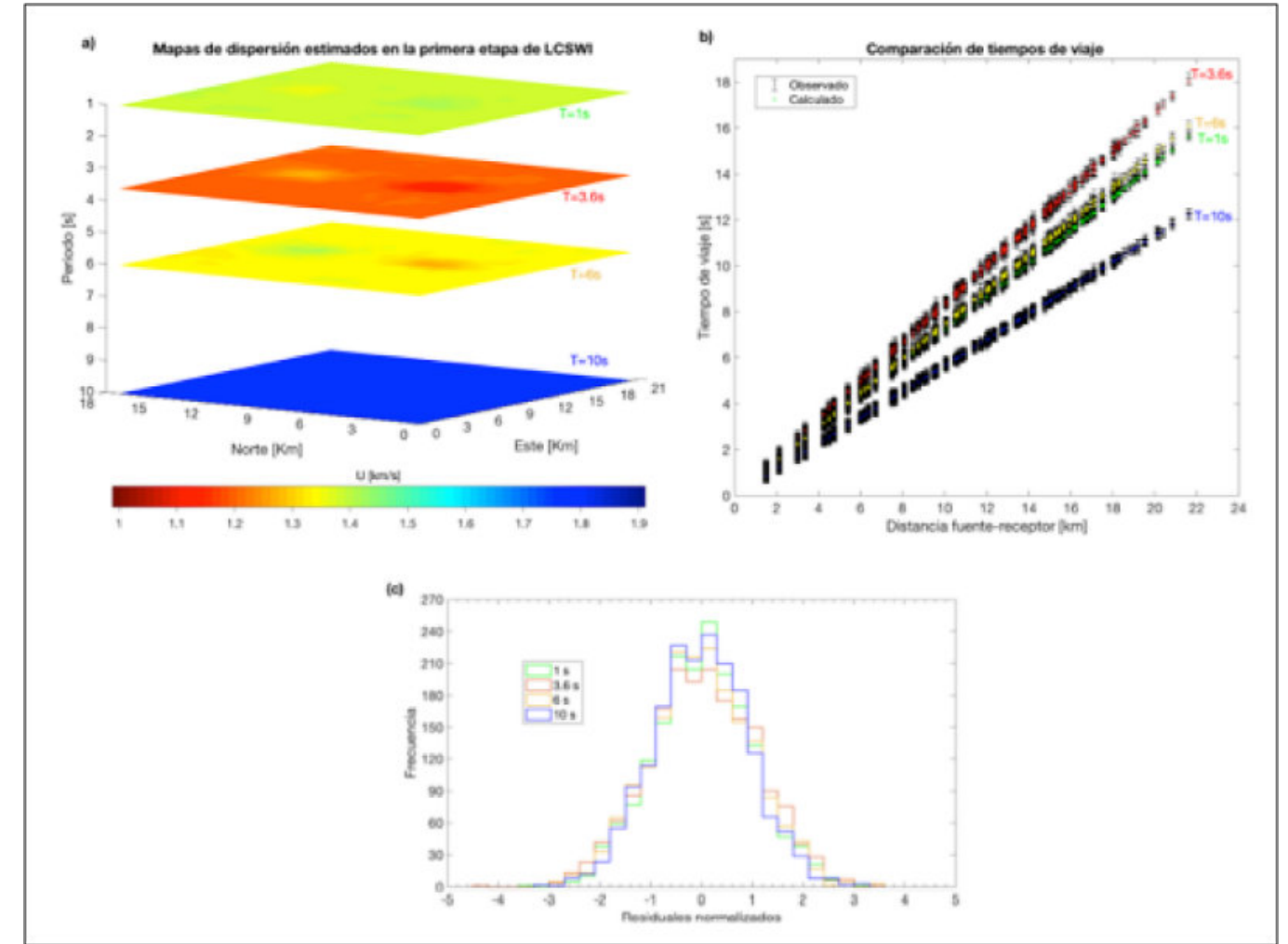
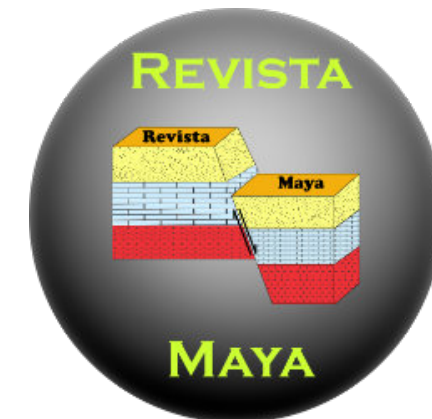


Figura 1.1. Ilustración de los resultados de la primera etapa de LCSWI para cuatro periodos. a) Mapas de dispersión estimados de la velocidad de grupo de ondas de Rayleigh. b) Tiempos de viaje observados y calculados para cada mapa. c) Histograma de los residuales normalizados de los tiempos de viaje.





**Análisis geomecánico y métodos de soporte en lamina San Rafael, Cosalá, Sinaloa, México.**

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para obtener el título de: Ingeniero Geólogo, 2021.

Sustentante: **Juan Ricardo Torales Capistran**

Directores de tesis: *Ing. Alfredo Victoria Morales*

**Resumen.**

Estadísticamente, el 35% de accidentes que ocurren en una mina subterránea son principalmente por caída de rocas, que en su mayoría resultan fatales. En tiempos antiguos la minería presentaba los índices más altos de fatalidades por caída de rocas, por lo que diversas personas preocupadas por estos índices, se dedicaron a estudiar el macizo rocoso en las minas, con casos reales y verificar su comportamiento, poder predecir su movimiento y por consiguiente predecir su colapso. Es así como nace la Geomecánica: que es el conjunto de disciplinas relacionadas con la geología para el estudio de las condiciones de deformación, resistencia y deformabilidad del macizo rocoso, siendo el objetivo principal: predecir el comportamiento del macizo rocoso para controlar la estabilidad de la mina, durante y después de su explotación, pero principalmente para evitar accidentes y pérdidas humanas. En el presente trabajo se explica la metodología que se lleva a cabo para predecir el comportamiento del macizo rocoso durante la etapa de desarrollo y explotación de la mina subterránea San Rafael ubicado en Cosalá, Sinaloa, asimismo se explica cuáles son los signos de inestabilidad que podemos observar, se explican las diferentes técnicas de cálculo para la predicción del comportamiento del macizo rocoso y así determinar el soporte más adecuado para su sostenimiento. Predecir el comportamiento del macizo rocoso permite optimizar el desarrollo de la mina y su explotación, proporciona seguridad en todas las etapas de minado, permite el ahorro de tipo monetario para la empresa al no perder áreas de producción ni equipos, pero principalmente evita accidentes del personal.

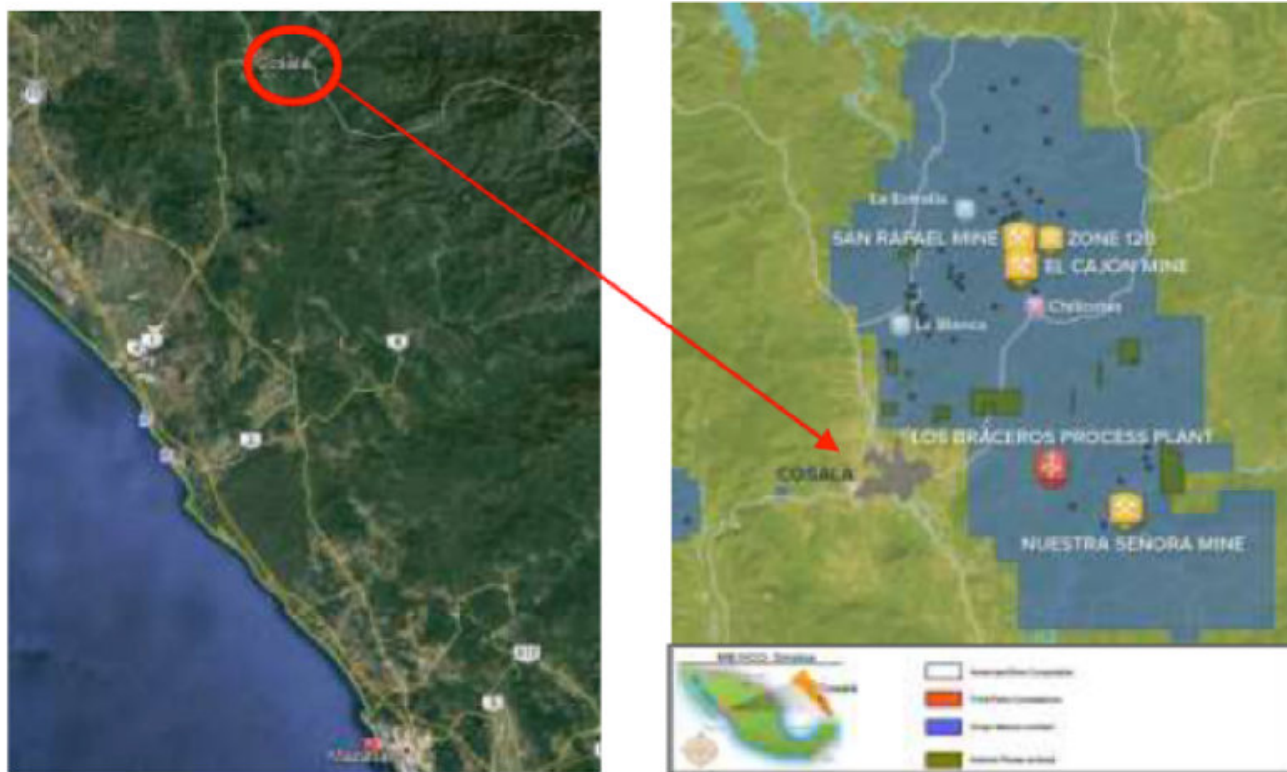


Figura 1.1. Ubicación de Cosalá, Sinaloa.

**Origen y evolución de los fluidos hidrotermales localizados en la caldera El Aguajito, Baja California Sur, México.**

CICESE.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2022

Sustentante: **Karina Montserrat Zenteno González**

Directores de tesis: *Dr. Efraín Gómez Arias.*

**Resumen.**

Actualmente no existe un modelo sobre el origen de los fluidos hidrotermales presentes en la caldera El Aguajito (CEA). En este trabajo, se propone un modelo conceptual para explicar el origen y evolución de los fluidos hidrotermales presentes en la CEA, el cual se correlacionó con la geología del área y modelos de geofísica (gravimétricos, sísmicos y de MT) publicados en la literatura. Para este modelo se realizó un análisis y caracterización geoquímica e isotópica de los fluidos (aguas) de las manifestaciones hidrotermales Agua Agria (AA), El Azufre (EA), La Reforma (LR) y los pozos domésticos de San Alberto (SA).

A partir de la caracterización geoquímica se concluye que los fluidos de la manifestación AA son de tipo ácidos sulfatados, formados por condensación de gases (geotérmicos/magmáticos) en aguas subterráneas y meteóricas someras muy cercanas a la superficie. Estos gases (mezcla de vapor y otros volátiles), fueron disueltos en el fluido geotérmico a profundidad y posteriormente se separaron del fluido clorurado por procesos de ebullición durante su ascenso a la superficie, para luego condensarse en las aguas someras.

Se propone que la manifestación AA es una salida del posible reservorio localizado bajo la CEA, la cual viaja lateralmente antes de emerger. La manifestación EA presenta fluidos de tipo neutro sulfatados sódicos los cuales pasan por procesos de evaporación ebullición y mezcla durante su ascenso a superficie, sus altas concentraciones de SO4 son un posible resultado de condensación de vapor en aguas someras. También en esta zona hidrotermal se estimó una temperatura geotermométrica de Na/K promedio de 190 °C. Para SA se infieren fluidos resultado de mezcla de aguas someras con aguas meteóricas. La manifestación LR presenta fluidos parcialmente equilibrados que pasan por procesos de evaporación ebullición y mezcla con agua marina (probablemente durante su ascenso a superficie), apoyando la hipótesis establecida previamente en la literatura de una intrusión salina.

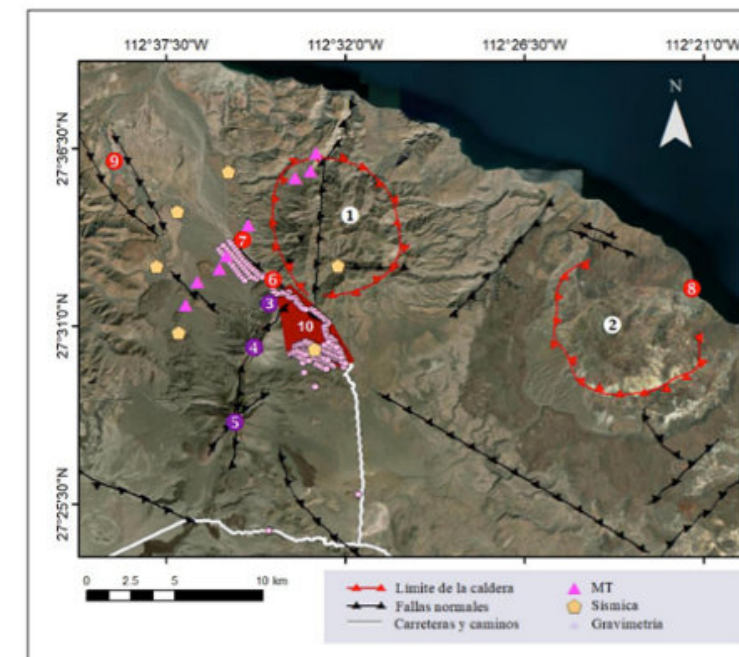


Figura 1.1. Zona de estudio y ubicación de estudios geofísicos. 1) Caldera El Aguajito; 2) Caldera La Reforma; 3) Volcán El Viejo; 4) Volcán El Azufre; 5) Volcán La Virgen; 6) Manifestación El Azufre; 7) Manifestación Agua Agria; 8) Manifestación La Reforma; 9) Manifestación San Alberto; 10) Campo geotérmico Las Tres Vírgenes. Datos de MT (triángulos rosas) reportados por Sagahón-Torres (2019), datos de sísmica (pentágonos naranjas) y de gravimetría (círculos violetas) reportados por Casallas-Moreno (2019). Información sobre las fallas y límites de caldera extraída de Avellán et al., (2018).



## Detección y clasificación automática de señales sísmicas del volcán Popocatépetl.

U.N.A.M. Tesis que para optar por el grado de: Maestro en Ciencias de la Tierra, Julio 2022.

Sustentante: **Karina Bernal Manzanilla**

Director de tesis: *Dr. Marco Calò.*

### Resumen.

Los volcanes activos son ambientes en los que se registra una gran variedad de eventos sísmicos. Esto se debe a la diversidad de procesos que ocurren en su interior y que involucran la interacción de materiales en fases sólidas y fluidas. La descripción de esos procesos, mediante el análisis de registros sísmicos, requiere de una etapa de preprocesamiento en la que se seleccionan eventos que son de interés para el fenómeno que se estudia. Sin embargo, la búsqueda de señales específicas en registros continuos y ruidosos es una tarea compleja, que consume tiempos considerables. En ese sentido, el objetivo de este proyecto es elaborar una serie de catálogos de las señales más frecuentes que se registran en el volcán Popocatépetl; estos servirán para complementar las técnicas tradicionales que se emplean en la selección de eventos de interés. Para elaborar los catálogos se usaron métodos de aprendizaje automático o machine learning, que son capaces de ordenar los registros, automáticamente, en distintas clases. En particular, se aplicaron dos algoritmos: bosques aleatorios y máquinas de vectores de soporte. El esquema de organización que se empleó está basado en la clasificación de eventos sísmicos que realiza el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como parte del monitoreo del volcán. Las clases que se consideraron son: señales de periodo largo (LP), tremores (TR), explosiones (EX), sismos volcanotectónicos (VT), sismos regionales (RE) y ruido (NO). El modelo clasificador que se encontró se aplicó en el análisis de señales continuas que van de noviembre del 2019 a julio del 2020. Para evaluar su desempeño y, en consecuencia, la calidad de los catálogos obtenidos, se comparó la clasificación de 2141 eventos con las etiquetas asignadas por personal especializado del CENAPRED. Se encontró que el modelo es capaz de identificar el 78% de los eventos reportados y, además, clasifica varios eventos no reportados en los catálogos oficiales. Con respecto a su desempeño en las distintas clases, se encontró que tiende a sobrevalorar el número de eventos de las clases EX y VT; sin embargo, logra detectar la mayoría de las señales de esas clases. Además, es particularmente eficiente en la detección de las clases LP y TR, que son las dominantes en la sismicidad del volcán.

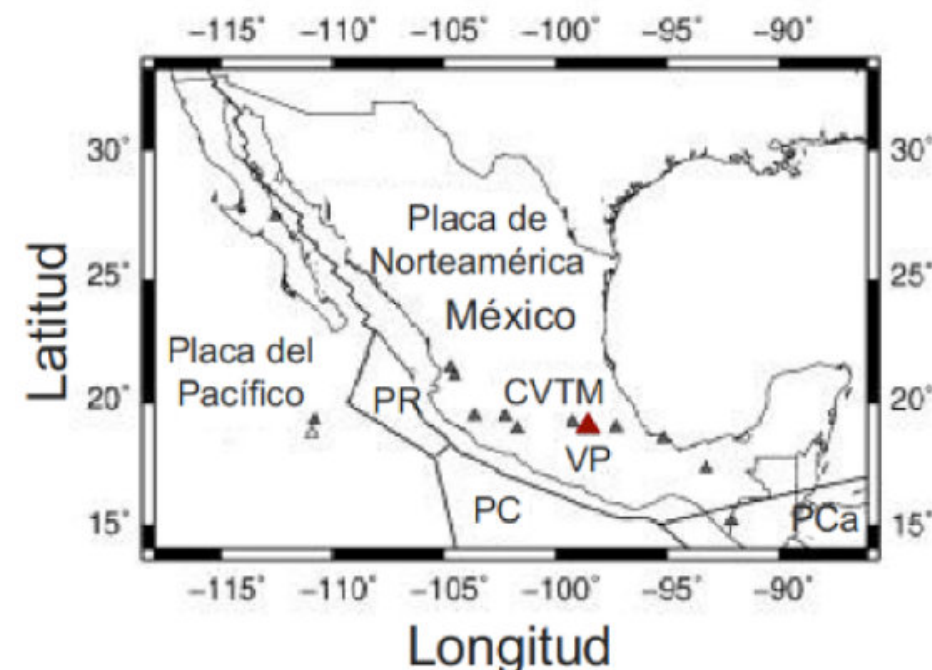


Figura 1.1. Ubicación del volcán Popocatépetl (VP) en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM). PC, PR y PCa son las placas de Cocos, Rivera y Caribe respectivamente. Los triángulos muestran los volcanes de México con actividad en tiempos históricos, el Popocatépetl se destaca con un triángulo rojo. Fuente: modificado de Arámbula-Mendoza y col., 2010.

## Geometría y estructura de sistemas hidrotermales sub-superficiales en la cuenca Pescadero Sur, Golfo de California, a partir de batimetría de alta resolución y perfiles acústicos someros.

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2022

Sustentante: **Isabela Macias Iñiguez.**

Directores de tesis: *Dra. Raquel Negrete Aranda y Dr. Usama Ismael Yarbuh Lugo.*

### Resumen.

El Golfo de California (GC) es el resultado de un sistema de deformación transtensional, caracterizado por un arreglo de fallas normales y de rumbo que conectan una serie de cuencas sedimentarias de tipo pull-apart. Aquí, el adelgazamiento de la corteza continental por la apertura del golfo, la actividad volcánica reciente (i.e., corteza oceánica joven), el desarrollo de fallas y fracturas que se propagan a lo largo del golfo y la rápida sedimentación, proveen las condiciones ideales para el desarrollo de sistemas hidrotermales. Estos sistemas necesitan tres componentes principales para su formación: (i) una fuente de calor, (ii) un medio sedimentario permeable y (iii) fluidos sometidos a altas temperaturas por tiempo prolongado. Estos sistemas se forman en zonas de fallamiento activo, donde se producen anomalías de calor que están asociados con la formación de nueva corteza oceánica, emplazamiento de cuerpos ígneos hipoabisales (sills) y deformación plástica del fondo marino. Estos sistemas están caracterizados por la formación de chimeneas hidrotermales y por la proliferación de un ecosistema extremófilo bastante diverso. La cuenca Pescadero Sur (CPS) está ubicada en la porción sur del GC, la cual presenta una morfología sigmoidal con una marcada asimetría en forma de Z delimitada por las fallas transformes de Pescadero Norte y Sur. En esta región, las cuencas se caracterizan por grandes tirantes de agua, bajas tasas de sedimentación y un fondo marino fuertemente fracturado por estructuras subsidiarias. El adelgazamiento cortical en esta parte del golfo y el flujo de calor cercano a la superficie del fondo marino, han generado las condiciones ideales para la formación de los campos hidrotermales Auka' y Jaichmaat' los cuales hacen de esta parte del GC un lugar megadiverso. Con el propósito de caracterizar la geometría del sistema térmico de la CPS, se llevó a cabo un análisis estructural a partir de batimetría de alta resolución y se interpretaron perfiles acústicos someros de alta resolución que cubren un área de ~60 km<sup>2</sup>. Se escogieron aquellos perfiles levantados de manera paralela, en donde se observaron un conjunto características como una zona transparente (i.e., material sedimentario que contiene el fluido hidrotermal), cobertura sedimentaria, basamento cristalino y zonas de fallas y fracturas.

Posteriormente se realizó un cálculo del volumen del acuífero a partir de un método simple conocido como triangulación Delaunay. Los resultados indican que el volumen total del fluido presente en el sistema es de  $228.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Se ha encontrado que en regiones cercanas a las chimeneas hidrotermales el volumen es mayor, lo cual posiblemente esté relacionado con inyecciones magmáticas o fluidos que percolan a través de las fallas y fracturas interpretadas en la región. Se infiere que existe un sistema de plomería compuesto por sills los cuales son emplazados a profundidades somera (~750 m). Aquí, el tiempo de residencia resultante del fluido en el sistema es de ~4600 años, lo cual se podría traducir en la una edad aproximada de los campos hidrotermales de la CPS.



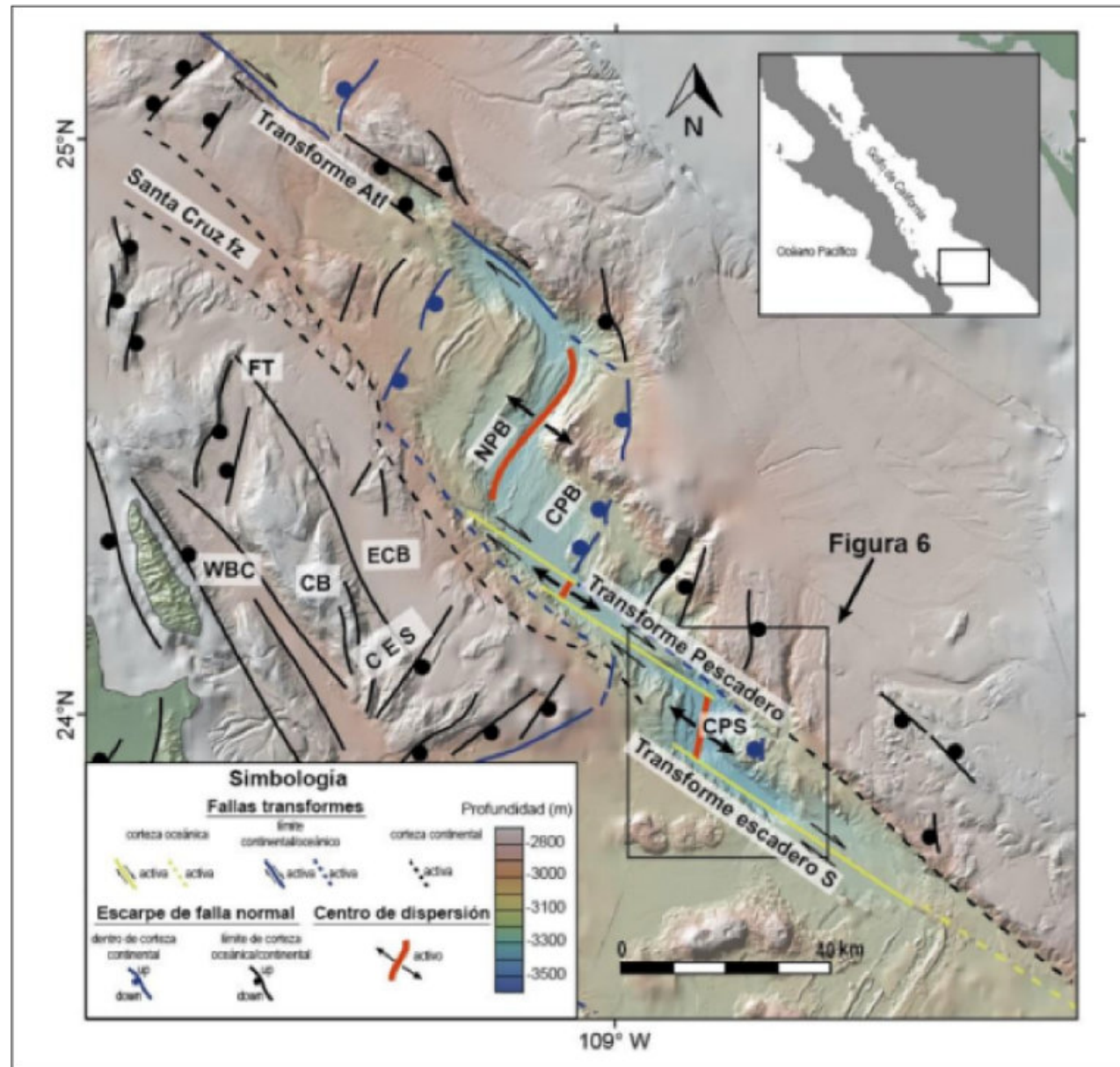
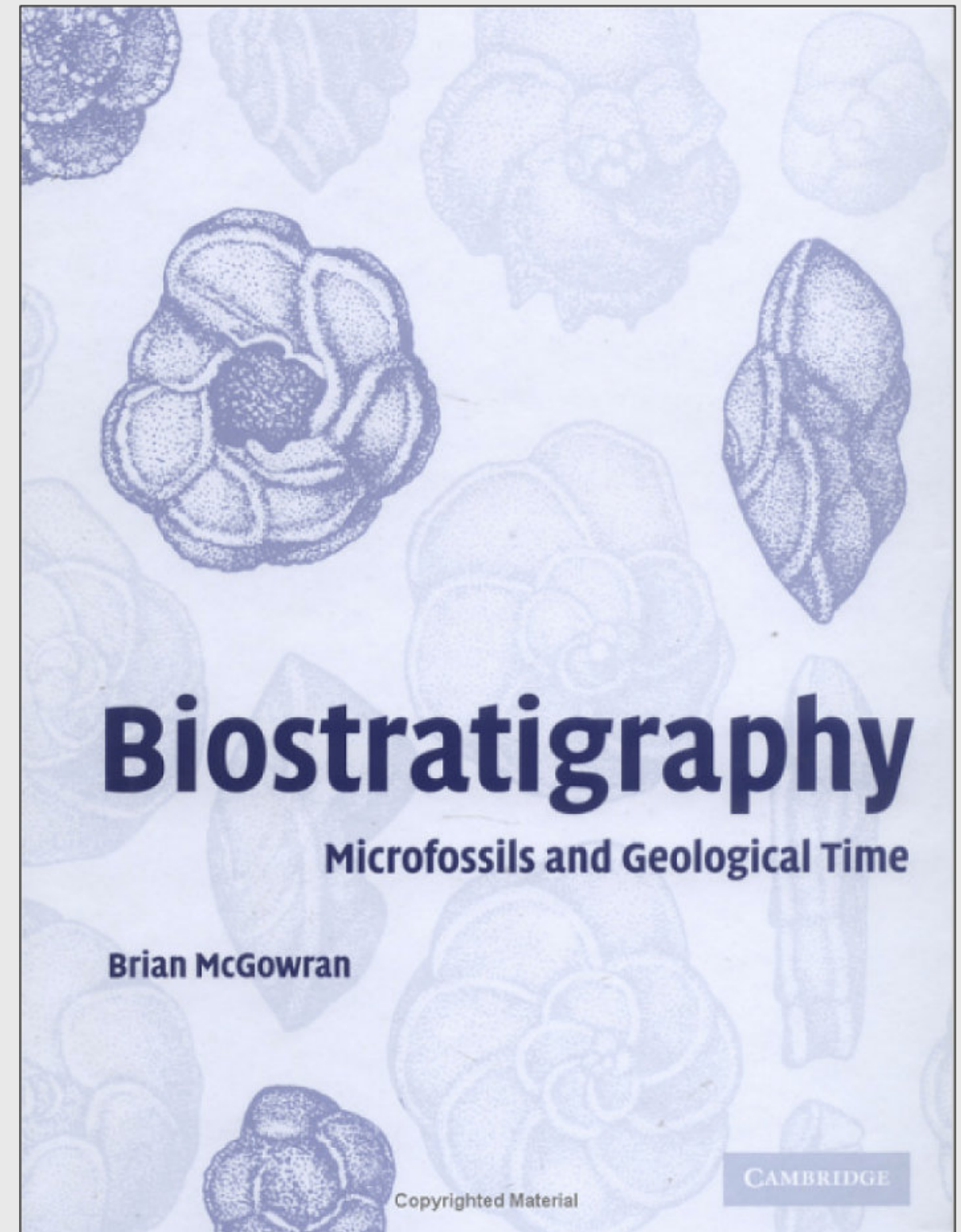


Figura 1.1. - Mapa regional que muestra la estructura del complejo de cuencas de la región de Pescadero, el cual forma parte del sistema de cuencas pull-apart del Golfo de California, caracterizado por una serie de depresiones delimitadas por fallas transformes con desplazamiento lateral derecho. En la figura se observa la arquitectura de las principales fallas y zonas de fractura de la cuenca Pescadero y zonas adyacentes (Modificado de Fletcher et al., 2007, Duque-Trujillo et al., 2015, Macías-Iñiguez et al., 2019; Ramírez-Zerpa et al., 2021). El cuadro de color negro muestra la ubicación de la cuenca Pescadero sur (ver Figura 4). La Cuenca Pescadero está delimitada por una serie de fallas oblicuas regionales como son la falla transforme Atl al noreste, y las fallas transformes Pescadero y Pescadero sur hacia el suroeste. Este último sistema de fallas se propaga hacia el noroeste a través de la zona de fractura Santa Cruz (fz). El modelo de elevación digital fue creado utilizando GeoMapApp (<http://www.GeoMapApp.org>). CPSCuenca Pescadero Sur, CPB-Cuenca Pescadero Centro; NPB-Cuenca Pescadero Norte, FT-Cuenca Foca, CES-Sistema Extensional Cerralvo, WBC-Cuenca Occidental de Cerralvo, CB-Banco de Cerralvo, ECB-Cuenca Oriental Cerralvo.

## El libro recomendado

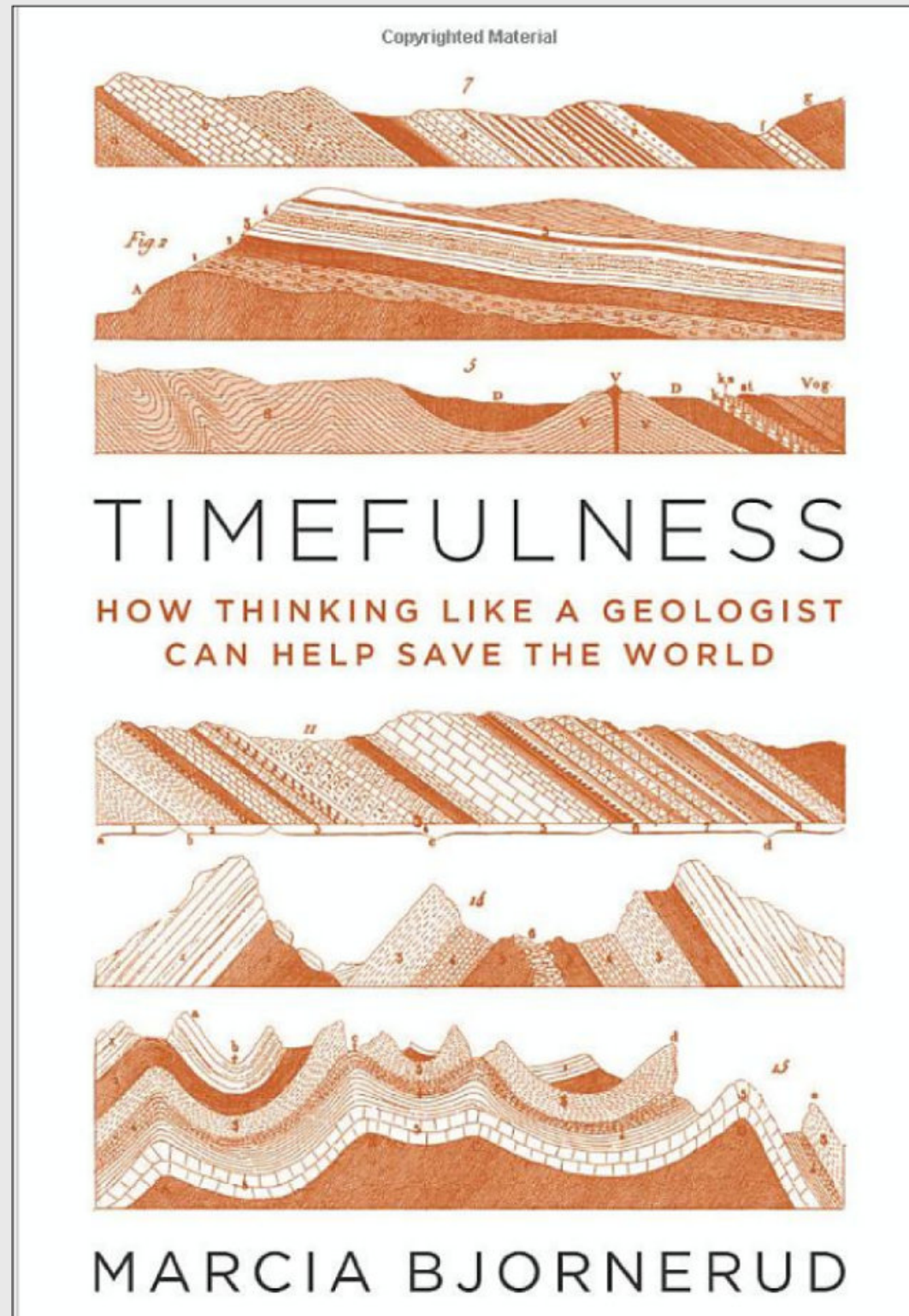
<https://www.amazon.com/Biostratigraphy-Microfossils-Geological-Brian-McGowran/dp/0521048176>





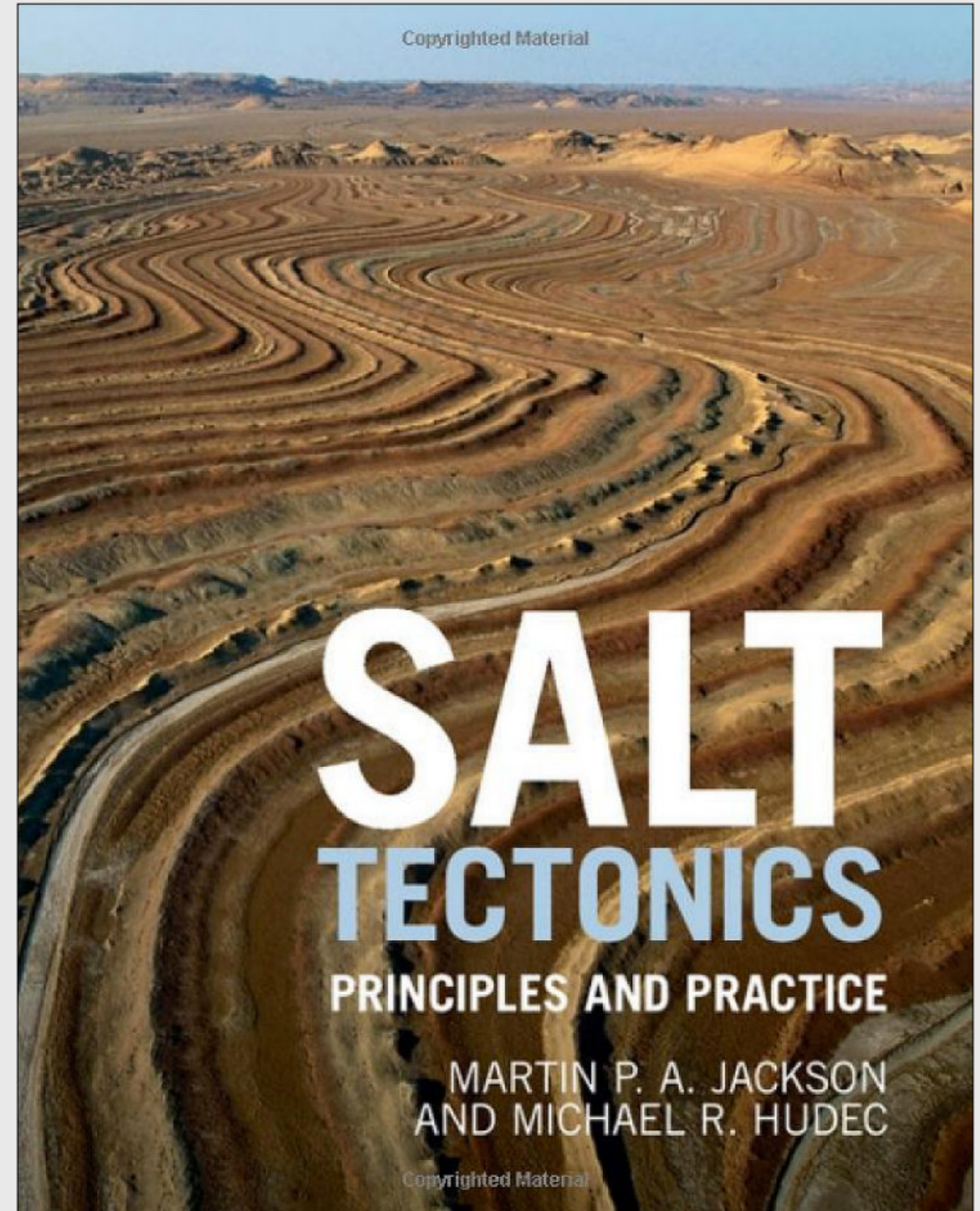
## El libro recomendado

[https://www.amazon.com/Timefulness-Thinking-Like-Geologist-World/dp/0691181209/ref=sr\\_1\\_1?crid=33HX24EEOQM00&keywords=timefulness&qid=1659303066&sprefix=timefulness%2Caps%2C141&sr=8-1](https://www.amazon.com/Timefulness-Thinking-Like-Geologist-World/dp/0691181209/ref=sr_1_1?crid=33HX24EEOQM00&keywords=timefulness&qid=1659303066&sprefix=timefulness%2Caps%2C141&sr=8-1)



## El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Salt-Tectonics-Principles-Martin-Jackson/dp/1107013313>





# TEMAS DE INTERÉS

## Oportunidad de Investigación

por Joshua Rosenfeld

Determinar si los echados del flanco oriental (hacia el mar Caribe) del “Anticlinal del Río Dulce” en Guatemala son estructurales o deposicionales.

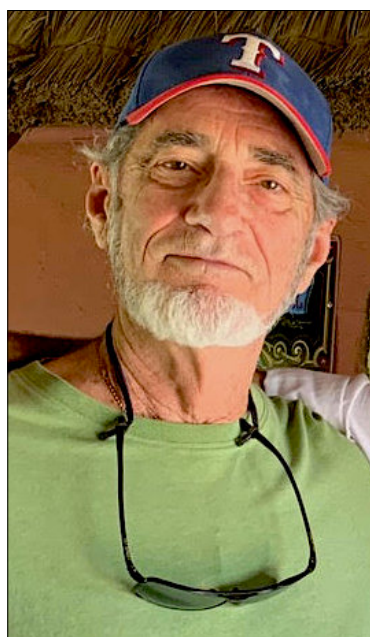
El anticlinal está expuesto sobre las laderas del Cañon Estuarino del Río Dulce en Guatemala oriental. Su eje continua hacia el noroeste y sureste (Figuras 1 y 2). Se desarrolla en calizas marinas de la Formación Río Dulce del Mioceno Inferior. Clásicamente se ha considerado esta estructura como un elemento levantado y deformado relacionado con las fallas de rumbo sinistral del Polochic y Motagua entre las Placas de Norteamérica y del Caribe (Figuras 1 y 2). El flanco occidental del anticlinal tiene echados de 0 a 5 mientras el flanco oriental tiene echados de ~30 (Figura 2). El eje del pliegue es amplio. Las capas del flanco occidental tienen varios metros de espesor consistiendo de micritas a calcarenitas finas (Figuras 3 y 4) mientras la mayoría de las capas del flanco oriental tienen centímetros de espesor (Figura 5). Algunas de esas capas contienen bloques redondeados de ripio, sugiriendo que hayan sido desplazados sobre un pendiente (Figura 6) que apoya la interpretación de echado deposicional. El flanco oriental de la estructura tiene frente hacia el mar y esas capas clásticas más jóvenes hacia el oriente que cubren la caliza son prácticamente horizontales. Por lo tanto, queda la posibilidad de que el Anticlinal de Río Dulce es actualmente un arrecife y las capas orientales inclinadas al mar preservan echados de deposición.

La zona, siendo ampliamente turística, tiene buena infra-estructura. Esto sería un proyecto interesante, requiriendo mapear el anticlinal en el cañon y al norte y sur donde hay buen acceso por ser zona agrícola.

### Dr. Joshua H. Rosenfeld

Independent Geologist, 7302 Ravenswood Rd.,  
Granbury, Texas 76049

**Josh Rosenfeld** received his B.S. in Geology in 1960 from the City College of New York. He served from 1963 to 1966 in the US Army on active duty in Guatemala. Upon discharge from military service he returned to Guatemala as both a mining and petroleum geologist, becoming the Chief Geologist of the government’s mining department. 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.



<https://www.researchgate.net/profile/Joshua-Rosenfeld>

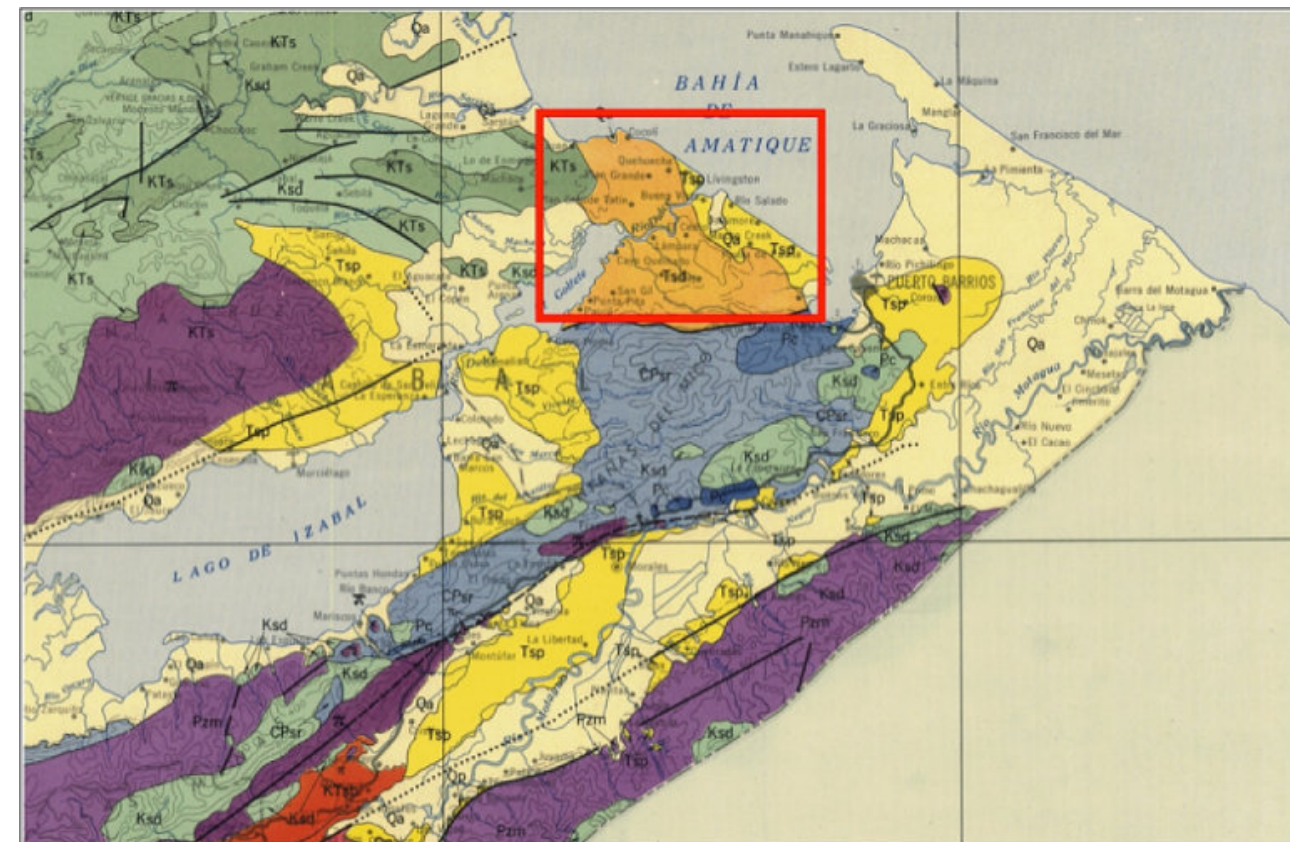


Figura 1. Área de interés entre la Bahía de Amatique y el Golfo marcado por el cuadrángulo rojo sobre el Mapa Geológico 1:500,000 de Guatemala. Tsd indica la Formación Río Dulce.



Figura 2. El área indicado en la Figura 1 mostrando el Cañon del Río Dulce atravesando el Anticlinal del Río Dulce con los echados generalizados marcados.





Figura 3. Caliza de la Formación Río Dulce de echados suaves del flanco occidental del anticlinal en el paredón del cañón.



Figura 5. Capas delgadas de la Formación Río Dulce al nivel del estuario del flanco oriental del anticlinal con echado hacia el oriente.



Figura 4. Formación Río Dulce al nivel de Estuario con echado suave en el flanco occidental del anticlinal. El largo del afloramiento en la foto es aproximadamente 15 metros.



Figura 6. Capas consistiendo de bloques de ripio al nivel del estuario con echado hacia el oriente en el flanco oriental del anticlinal.



## ¿El hidrógeno como fuente de energía limpia?

El hidrógeno es el primer elemento de la tabla periódica, es el elemento químico más ligero que existe con una masa atómica de 1.00784, se encuentra conformado por un protón y un electrón y es estable en forma de molécula diatómica (H<sub>2</sub>). En condiciones normales de temperatura y presión se encuentra en estado gaseoso, es insípido, incoloro e inodoro. Constituye el 75% de la materia del universo, pero en la Tierra no se encuentra en estado puro, siempre se encuentra combinado con otros elementos como el oxígeno formado por moléculas de agua o con carbono, formando compuestos orgánicos. Por tanto, no es un combustible que pueda tomarse directamente de la naturaleza, si no que es un vector energético y por ello se tiene que separar de los compuestos por distintas metodologías como la electrolisis, termólisis y con la utilización de la biomasa.

El hidrógeno es una de las primeras moléculas conocidas y es ampliamente utilizado en diversas industrias con una amplia variedad de aplicaciones. La mayor parte de su uso se basa en su reactividad y no tanto en sus propiedades físicas. Recientemente se ha incrementado su uso en la refinación de hidrocarburos debido a una combinación de los factores relativos a los cambios en el crudo, el medio ambiente y normas como los límites permitidos de azufre en el diésel, los límites permitidos de óxidos en N y S (NO<sub>x</sub> y So<sub>x</sub>), de las emisiones de gases de efecto invernadero, las concentraciones de hidrocarburos aromáticos y de la energía en la gasolina.

El hidrógeno promete ser una alternativa viable para procurar la energía del futuro comparando sus propiedades con la de los combustibles convencionales, apreciándose su gran poder calorífico, nula toxicidad entre otras. La gran ventaja que posee este elemento, es que su producción puede provenir de varias fuentes como el agua, residuos fósiles o utilizando materia de tipo orgánica. Cada una de estas vías a utilizar tiene sus ventajas y desventajas, en cuanto a porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero, costos de producción, transporte y logística.

	Hidrógeno	Gasolina	Metano
Poder calorífico inferior (kJ/gr)	120	43	50
Densidad gas (kg/Nm <sup>3</sup> )	0,090	-	0,717
Densidad energética gas	10,8	-	35,8
Densidad líquido (kg/l)	0,071	0,733	-
Densidad energética liq. (MJ/ l)	10,8	31,5	-
Límites de inflamabilidad (%)	4,0 - 75	1,0 - 7,6	5,3 - 15,0
Límites de detonación (%)	18,3 - 59	1,1 - 3,3	6,3 - 13,5
Mínima energía de activación (mJ)	0,02	0,24	0,29
Temp. de comb. espontánea (K)	858	501-744	813
Emisiones (mg CO <sub>2</sub> / kJ)	0	~80	55
Visibilidad de la llama	no	sí	sí
Toxicidad (combustible y emisiones)	no/no	sí/ sí	sí/ sí

Figura 1: Propiedades físicas del Hidrogeno Tomado de: Rivera, G. (junio, 2016).

## Colores del hidrogeno

Existen diferentes tipos de hidrógeno ligados a sus procesos de obtención los cuales son el verde, azul y gris

El hidrógeno puede clasificarse por colores de acuerdo al proceso y el tipo de energía utilizada en el proceso (y su procedencia, renovable o no) que se haya llevado a cabo para su obtención, dependiendo del autor la clasificación de colores de hidrogeno mas comunes son el verde, azul y gris, esta clasificación toma como indicador la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que genera en el proceso.



Figura 2: Clasificación de colores del hidrógeno Modificado de: MISION CAVENDISH.

## Métodos de producción/separación del hidrógeno

La mayor parte del hidrógeno producido en la actualidad es consumido en el mismo lugar de producción, y solo una mínima parte se utiliza en la generación de energía. El método más utilizado en la producción de H<sub>2</sub> es el reformado de metano (gas natural) con vapor (SMR), que supone el 48% de la producción mundial, seguido del reformado de aceites y naftas con el 30%, la gasificación de carbón con el 18% y la electrolisis de agua con el 3.9%, sumando en conjunto el 96% de la producción de H<sub>2</sub> la cual se obtiene de fuentes no renovables como combustibles fósiles.

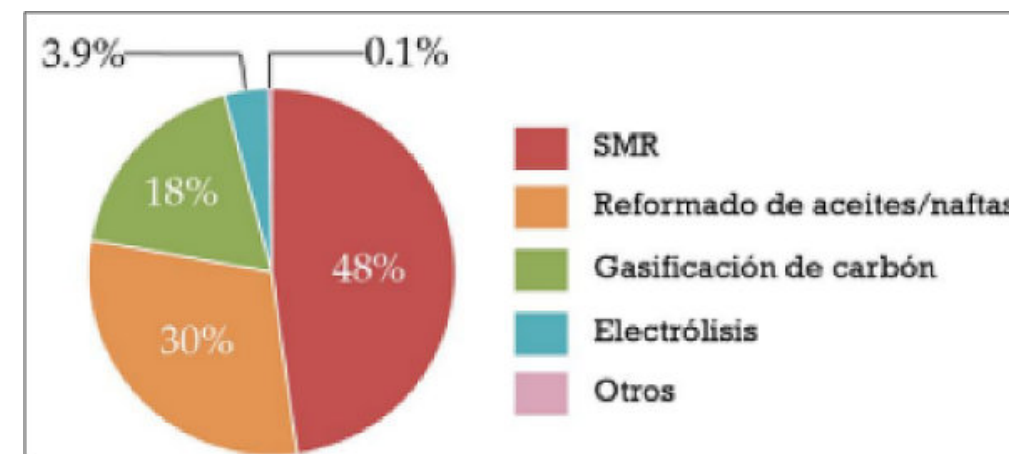


Figura 3: Distribución porcentual de los principales métodos de producción de H<sub>2</sub> Tomado de: Esteban, G. (2017).



**Electrólisis del agua**

Bajo este método se utiliza una corriente eléctrica a través del agua para separar los el hidrógeno y el oxígeno de la molécula de agua. Utilizando este método se tiene una disminución de gases contaminantes para la producción de energía limpia, se da mediante la reacción:



En el proceso se utilizan dos electrodos, expuestos a una diferencia de potencial en una solución acuosa (electrolito), el hidrógeno se recoge en el cátodo (polo cargado negativamente) y el oxígeno en el ánodo. La gran ventaja que aporta este proceso es que no elimina subproductos a base de carbono, pero implica un alto costo en energía siendo un proceso mucho más caro que el reformado con vapor, pero que produce hidrógeno de gran pureza. La utilización de energía solar e hidráulica son métodos sostenibles para la producción de hidrógeno de alta pureza mediante este método con un proceso libre de contaminación y la explotación de recursos renovables convirtiéndolo en un método económicamente rentable, siendo una de las opciones más llamativas para la producción de hidrógeno limpio.

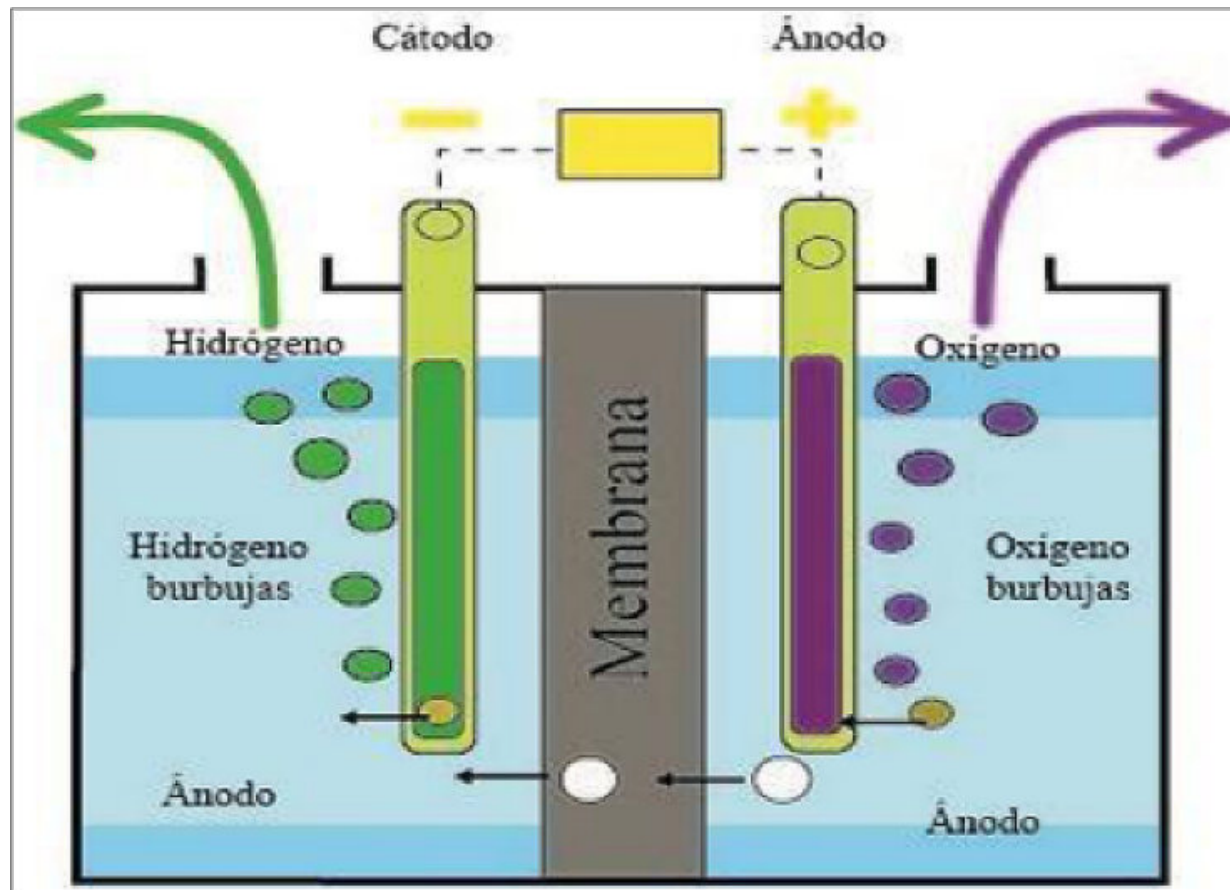


Figura 4: Esquema del proceso de electrolisis del agua Tomado de: Huilcatoma, K. (2022).

**Reformado de gas natural (SMR)**

Es la metodología más utilizada para la producción de H<sub>2</sub> es el reformado con vapor de agua conforme a la reacción:



El gas natural reacciona con vapor de agua en catalizadores de Níquel en un reformador primario a temperaturas próximas a 1200 K y presión total de 20-30 bares. La reacción (3) continua con un proceso exotérmico en donde el monóxido de carbono en presencia de agua da como producto hidrógeno molecular y dióxido de carbono, mediante la reacción denominada Shift (Water-gas). La limitante de este proceso es que se necesita posteriormente la purificación del hidrógeno obtenido.



**Gasificación de carbón**

Consiste en una transformación termoquímica, que da como resultado una mezcla de gases entre ellos hidrógeno molecular, monóxido de carbono y metano. Posee un alto consumo energético, es indispensable el uso de dos reactores esto se debe a las distintas temperaturas a las cuales se efectúan las reacciones, el diseño del gasificador está constituido de un lecho fluidizado circulante, el flujo ciclónico y el lecho fijo que puede ser ascendente o descendente, representado en la Figura 4. Es una técnica económicamente competitiva a nivel de la industria posee eficiencia del 45 %.

La reacción 4 se produce a una temperatura de 1273°K, por su parte la reacción (4) utiliza menor gasto energético su temperatura es inferior a 673°K en este paso se da la reacción de Shift, con la transformación del monóxido de carbono en dióxido de carbono. Esta metodología se la utiliza a nivel industrial, el perjuicio que ocasiona este método es la eliminación de gases de efecto invernadero que al no realizar un tratamiento adecuado del dióxido de carbono es una fuente de contaminación medioambiental. Al incorporar a este método una técnica de captura de CO<sub>2</sub> ocasionaría un 10% más de costos de inversión. (Ladislao, 2020).

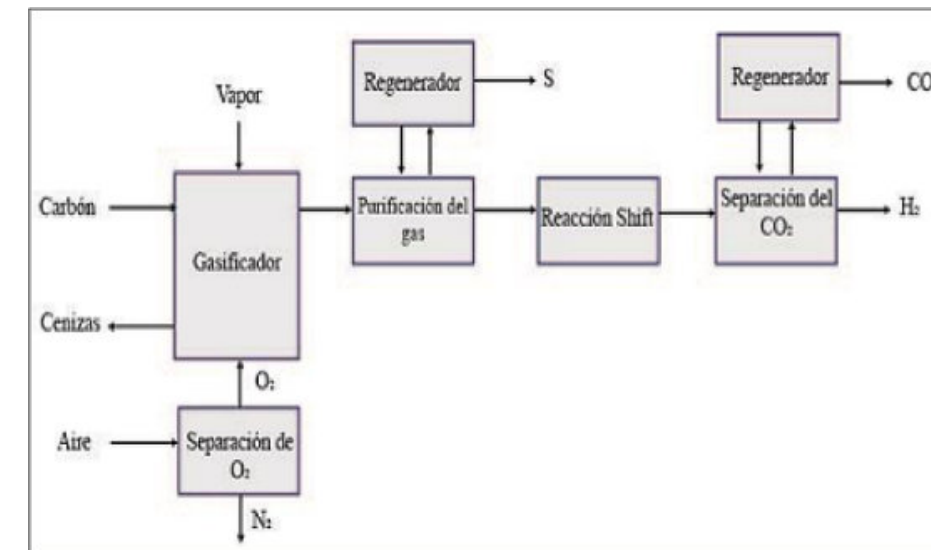


Figura 5: Flujo del proceso de gasificación de carbón para la producción de hidrogeno Tomado de: Huilcatoma, K. (2022).

**Almacenamiento de hidrógeno y su relación con la energía**

El hidrógeno contiene 2.6 veces más energía por unidad de masa que la gasolina y para liberar esa energía no emite dióxido de carbono, solo vapor de agua por lo que el impacto ambiental es nulo (siempre y cuando se hable de hidrogeno verde). Sin embargo, al ser un gas a temperatura ambiente este requiere 4 veces más volumen que la gasolina para almacenar la energía. El hidrogeno no es una fuente de energía en sí mismo, si no un vector energético (como la electricidad), siendo el almacenamiento de energía su aplicación más importante para su introducción en el mercado, existe diferentes formas de almacenamiento entre los más comunes son:

- Gas comprimido: Es la técnica más utilizada para suministrar hidrógeno hasta presiones de 700 bar. Es una técnica de disponibilidad general y de bajo coste. Sólo se almacenan cantidades relativamente pequeñas de H<sub>2</sub> a 200 bares; el almacenamiento a alta presión (700 bares) está aún en fase desarrollo.



- Hidrógeno líquido: Tecnología muy empleada y bien conocida, consiguiendo una buena densidad de almacenamiento. Se requieren temperaturas muy bajas y por ello un aislamiento mayor de lo normal, por lo que su coste puede ser elevado.
- Hidruros metálicos: Es un sistema muy seguro ya que el hidrógeno se almacena sobre un sólido (metal). La forma de los depósitos de almacenamiento puede adaptarse a las necesidades de cada aplicación. Al utilizarse metales para fijar el gas, los pesos se elevan considerablemente y su vida útil puede ser menor. Actualmente es una tecnología algo más cara.

Gracias a las pilas de combustible, puede utilizarse el hidrogeno como combustible para la generación de energía eléctrica, al introducir el hidrógeno presurizado ( $H_2$ ) por la parte del ánodo, forzando este gas a través del catalizador mediante presión. Cuando la molécula de  $H_2$  toma contacto con el platino del catalizador, se divide en 2 iones ( $H^+$ ) y 2 electrones.

Los electrones son conducidos a través del ánodo para llegar al circuito externo. Allí, realizan la labor necesaria (como alimentar un motor eléctrico) y vuelven a la pila por la parte del cátodo.

En el cátodo, el oxígeno ( $O_2$ ) pasa a través del catalizador y forma 2 átomos de oxígeno cargados muy negativamente. Eso atrae a los iones de antes ( $H^+$ ) y se combinan junto con 2 electrones que vuelven del circuito externo. Todo junto forma una molécula de agua ( $H_2O$ ).

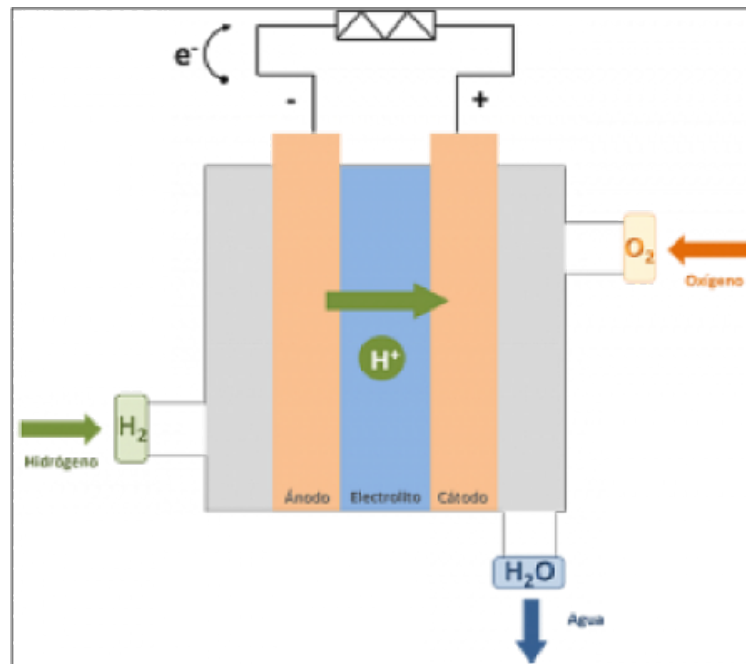


Figura 6: Esquema de una pila de combustible de hidrogeno Tomado de: CNH.

### Conclusión

Actualmente, el hidrógeno que se obtiene proviene de combustibles fósiles debido a que hasta ahora es la forma más económica y eficiente de generarlo. Esto supone unos 900 millones de toneladas de  $CO_2$  en emisiones en todo el mundo. El hidrógeno no es una fuente de energía sino un vector energético, es decir, es un medio que permite almacenar energía que ha sido producida de fuentes primarias y utilizarla cuando y donde se demande. Puede obtenerse a partir de cualquier tipo de energía primaria y si esta energía es renovable o contempla métodos de captura de gases de efecto invernadero como la captura uso y almacenamiento de  $CO_2$  (CCUS) entonces el hidrógeno producido será igualmente renovable. Esa energía eléctrica se queda acumulada como energía química en la molécula de hidrógeno, que se puede almacenar y usar de forma controlada. Por lo tanto, una alternativa en la ruta hacia el plan de cero emisiones para 2050 y la descarbonización podría ser un mayor desarrollo tecnológico e implementación del uso de baterías de combustible utilizando el hidrógeno como dicho combustible, resaltando que el punto clave de su sostenibilidad radicara en el modo en el que se haya producido el hidrogeno. Si se genera a partir de combustibles fósiles (aceite, carbón, gas natural), genera emisiones de gases contaminantes, pero si este por el contrario se genera a partir de fuentes de energía renovables (solar, eólica, hidráulica) dará lugar al denominado hidrógeno verde.

### Bibliografía

Centro Nacional del Hidrogeno (CNH). (S/n). El Hidrógeno. agosto 3, 2022, de Centro Nacional del Hidrogeno Sitio web: <https://www.cnh2.es/el-hidrogeno/#tab-id-5>

Centro Nacional del Hidrogeno (CNH). (S/n). Pilas de Combustible. agosto 3, 2022, de Centro Nacional del Hidrogeno (CNH) Sitio web: <https://www.cnh2.es/pilas-de-combustible/>

Enérgya VM. (febrero 1, 2022). La pila de hidrógeno: ¿Es el hidrógeno el combustible del futuro?. agosto 4, 2022, de Enérgya VM Sitio web: <https://www.energyavm.es/la-pila-de-hidrogeno-es-el-hidrogeno-el-combustible-del-futuro/>

Esteban, G. (2017). Producción de bio-hidrógeno mediante gasificación catalítica de biomasa con captura integrada de  $CO_2$ . agosto 5, 2022, de Universidad de Oviedo Sitio web: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/156819/1/TD\\_Esteban\\_D%C3%ADez\\_Gonzalo.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/156819/1/TD_Esteban_D%C3%ADez_Gonzalo.pdf)

EWAN, B., & ALLEN, R. (2005). A figure of merit assessment of the routes to hydrogen. International Journal of Hydrogen Energy, 30(8), 809–819. doi:10.1016/j.ijhydene.2005.02.003

Huilcatoma, K. (2022). El hidrogeno como fuente de energia del futuro. agosto 3, 2022, de Universidad Central de Ecuador Sitio web: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26522/1/FCQ-CQ-HUILCATOMA-KATTY.pdf>

MISION CAVENDISH. (s/n). COLORES DEL HIDRÓGENO. agosto 10, 2022, de MISION CAVENDISH Sitio web: <https://misioncavendish.com/hidrogeno-verde/wp-content/uploads/2021/11/infografia-colores-del-hidrogeno-2.pdf>

Parrila, A. & Grau, A. (mayo 27, 2022). El hidrógeno verde, un acumulador energético para catapultar las renovables. agosto 6, 2022, de Consejo Superior de Investigaciones Científicas Sitio web: <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-hidrogeno-verde-un-acumulador-energetico-para-catapultar-las-renovables#:~:text=La%20electr%C3%B3lisis%20es%20el%20proceso,as%C3%AD%20hidr%C3%B3geno%20sin%20emisiones%20contaminantes.>

Rivera, G. (junio, 2016). El hidrógeno como fuente alterna de energía. agosto 3, 2022, de CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL UNIDAD ZACATENCO Sitio web: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1453/SSIT0014060.pdf>

Satyapal, S. (febrero 21, 2017). Hydrogen: A Clean, Flexible Energy Carrier. agosto 3, 2022, de Office of Energy Efficiency & Renewable Energy Sitio web: <https://www.energy.gov/eere/articles/hydrogen-clean-flexible-energy-carrier#:~:text=Sources%20of%20Energy,currently%20used%20to%20produce%20hydrogen.>



**Saúl Humberto Ricardez Medina** es pasante de Ingeniería Geológica, miembro activo del capítulo estudiantil de la AAPG del Instituto Politécnico Nacional, participó en el X Congreso Nacional de Estudiantes de Ciencias de la Tierra como Expositor del trabajo “Análisis de Backstripping de la Cuenca Salina

del Istmo”. Actualmente, se encuentra trabajando en su tesis de licenciatura relacionada a identificar y reconocer secuencias sedimentarias potencialmente almacenadoras de hidrocarburos en las cuencas del sureste.

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

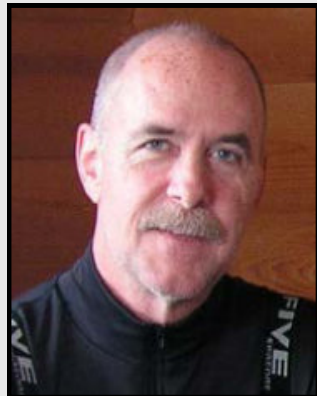


**“Pangean Folds” outcrop, NE inner flank of El Solitario Dome, Big Bend Ranch State Park (BBRSP), Trans-Pecos Texas.**

The outcrop exposes a tightly folded section of Upper Ordovician Maravillas Formation (black chert, limestone and shale) that is overlain by Silurian-Devonian Caballos Novaculite, the distinctive white band in the core of the main fold. Both of these units are interpreted to have been deposited in a marine setting off the southern margin of the paleocontinent Laurentia. The compressional folds display a NW vergence and have been overthrust by overturned Maravillas and Caballos units on the right (SE) side of the outcrop. The compressional structures in this outcrop, which also affect overlying Paleozoic units in the area as young as Pennsylvanian, are thought to have been created by the collision of Gondwana and Laurentia during the Appalachian/Ouachita/Marathon Orogeny, to create the supercontinent Pangea. This outcrop is the westernmost exposure of Appalachian/Ouachita/Marathon structures in the USA, and perhaps in all North America.

The images also illustrate the significant differences in resolution and utility of conventional, ground-based photography (the iPhone photo) vs. satellite imagery (in this case, from Google Earth™) vs. high resolution drone imagery. Drone imagery can capture outcrop details as small as 2 cm in diameter, and be used to create high resolution, georeferenced 3D “digital twins” of entire outcrops (even the difficult-to-access portions) that can subsequently be digitally analyzed and interpreted.

*Revista Maya* collaborator Jon Blickwede would like to acknowledge Texas Parks & Wildlife Department for granting Scientific Study Permit #106-21, under which he is carrying out the referenced drone survey work in El Solitario Dome. The drone imagery Jon is collecting will be made available, at no cost, to geoscience departments in Texas universities. For a comprehensive description of the geology of the area, see Henry, C.D, and W.R. Muehlberger (eds.), 1996, *Geology of the Solitario Dome, Trans-Pecos Texas: Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic Sedimentation, Tectonism, and Magmatism*: Texas Bureau of Economic Geology Report of Investigations No. 240, 182 pp.



**Jon Blickwede** egresó de la Universidad de Tufts en Boston, Massachusetts con un Bachillerato en Ciencias de la Tierra en 1977. Durante su programa del Bachillerato, fue introducido a la geología de México cuando trabajó un verano como asistente a los geólogos y topógrafos en las minas de plata en Real de Catorce, S.L.P.

Luego trabajó para la *United States Geological Survey* en Denver, Colorado en el Departamento de Recursos de Uranio y Torio.

Entró a la Universidad de New Orleans, Louisiana en el año 1979, donde hizo su tesis de Maestría en Geología sobre la Formación Nazas en la Sierra de San Julián, Zacatecas, México.

Jon comenzó su carrera en la industria petrolera en 1981, trabajando siempre como geólogo de exploración, para varias compañías tal como Amoco, Unocal, y últimamente la petrolera estatal noruega Statoil, de la cual se jubiló en el año 2017. Ha realizado proyectos de geología regional de Mexico, Centroamerica y el Caribe para todas estas empresas.

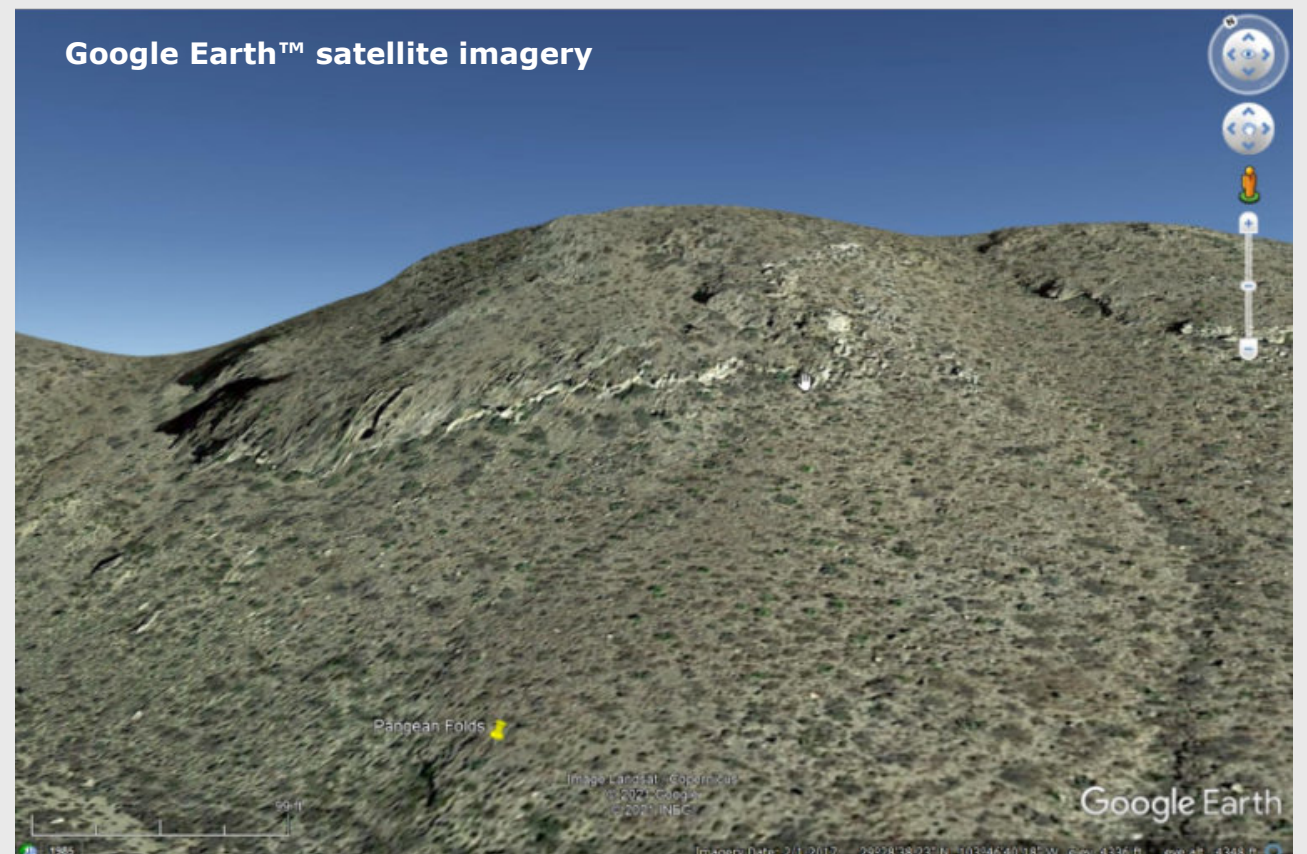
Durante 2018, Jon fundó la empresa Teyra GeoConsulting LLC ([www.teyrageo.com](http://www.teyrageo.com)), basado en Houston, Texas.

Ahora Jon está realizando proyectos geológicos enfocados en la región del Golfo de México, incluyendo un proyecto de crear afloramientos digitales y excursiones geológicas virtuales en EEUU y México, utilizando imágenes ortofotográficas de drones, integrados con otros datos geoespaciales como imágenes de satélite, mapas geológicos, etc.

**iPhone photo**



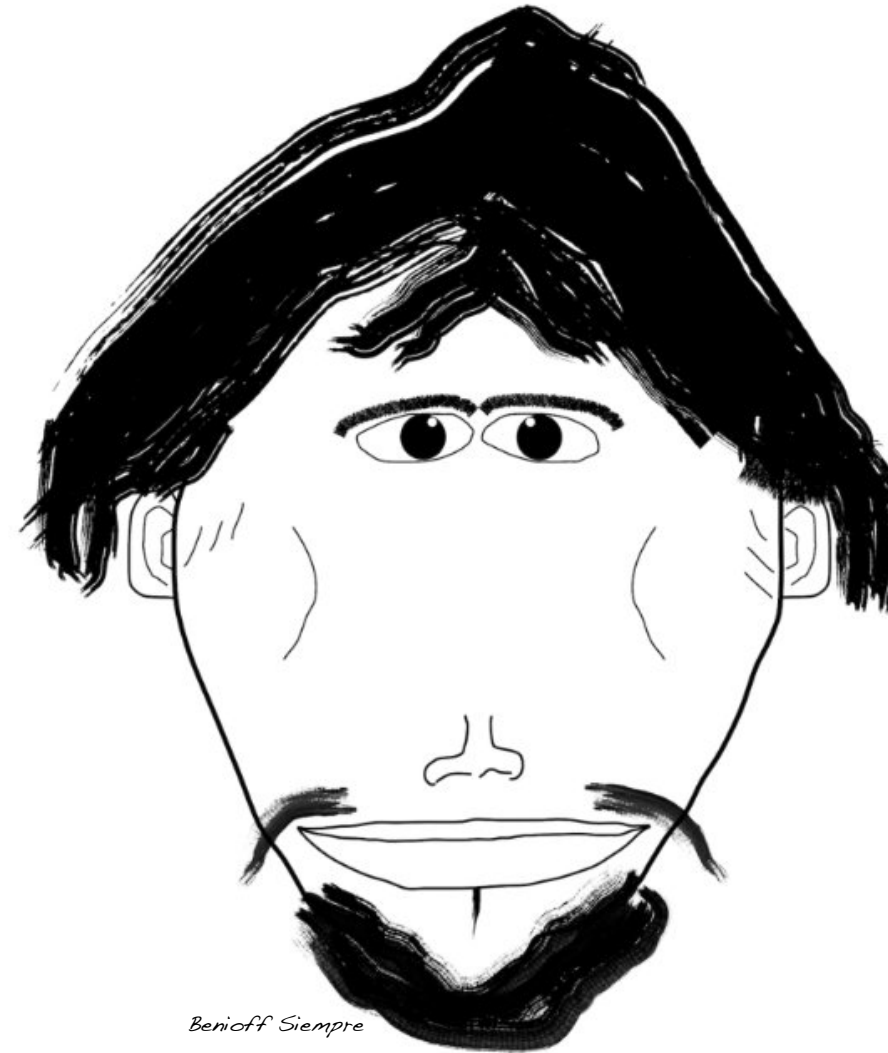
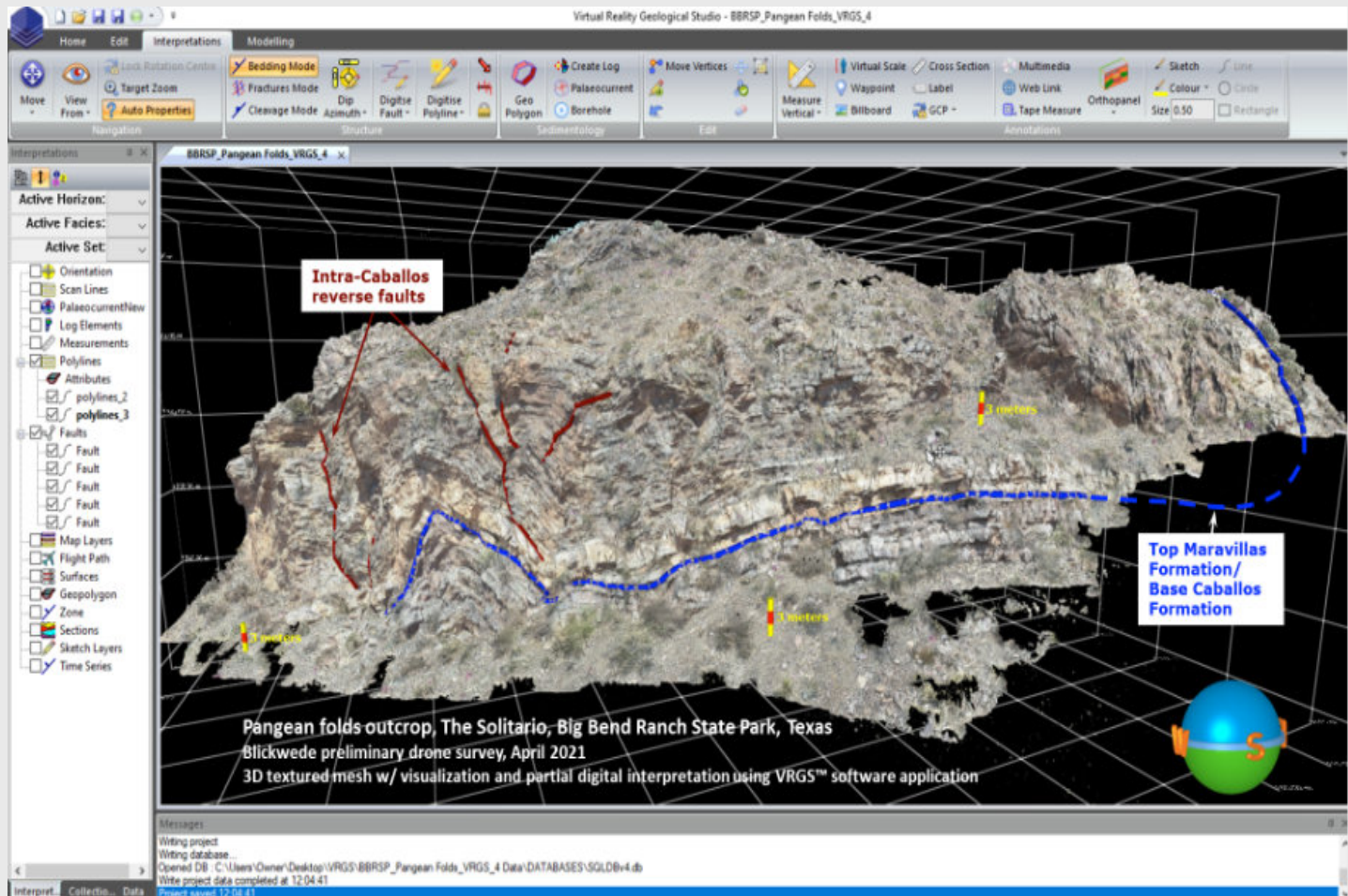
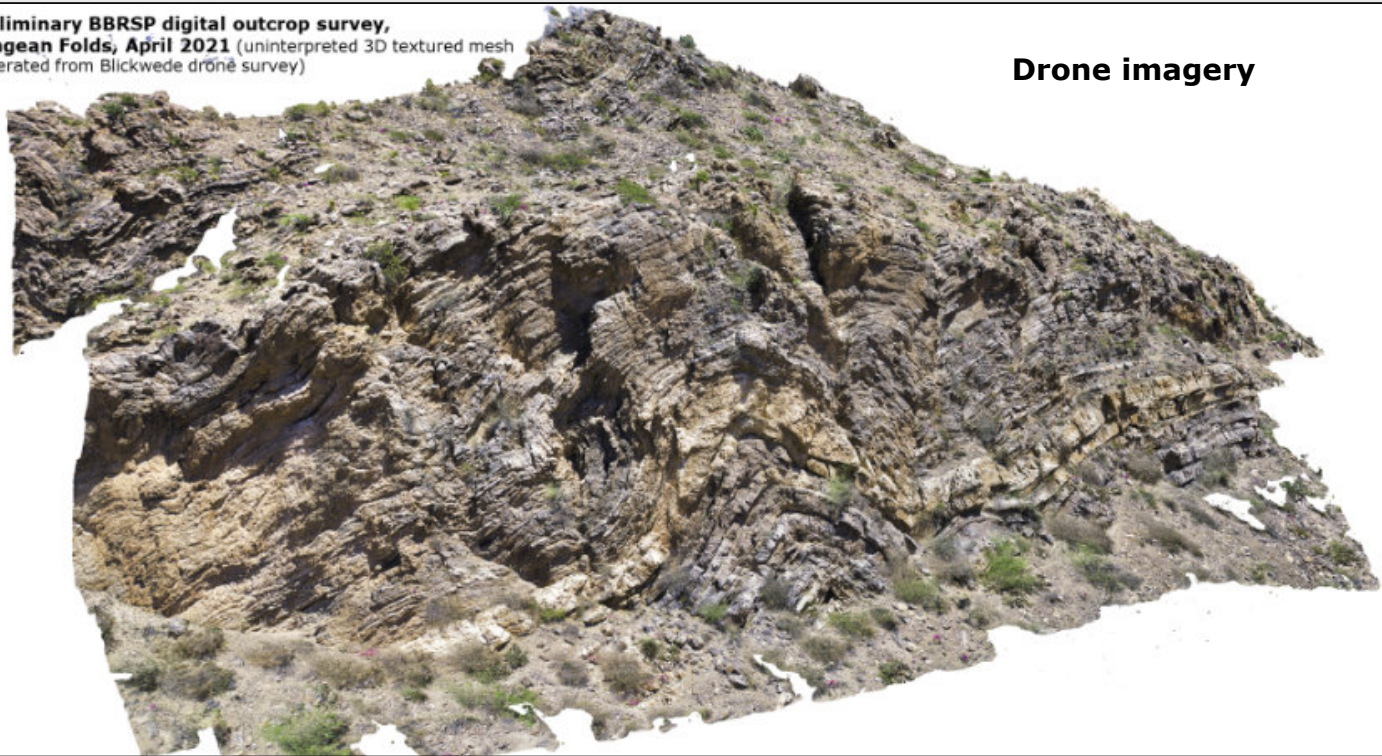
**Google Earth™ satellite imagery**





Preliminary BBRSP digital outcrop survey,  
Pangean Folds, April 2021 (uninterpreted 3D textured mesh  
generated from Blickwede drone survey)

Drone imagery



Berloff Siempre

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

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

Comunícate con

**Saúl Humberto Ricardez Medina**

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

quien está a cargo de organizar esta información.



# NOTAS GEOLÓGICAS

## Los depósitos de rocas sedimentarias que hacen posible las guerras de hoy día

Ramón López Jiménez

Rusia ha invadido Ucrania. Hemos leído y visto en las noticias sobre algunos equipos y armamento de última generación que han sido fundamentales para que Ucrania haya logrado contener la invasión rusa. Los misiles guiados, drones o satélites con tecnología novedosa solo se pueden fabricar si se dispone de los elementos químicos llamados tierras raras. Esto supone que el país agresor y el invadido, o sus aliados, necesitan desesperadamente de estas tierras raras para asestarse golpes que esperan sean decisivos en la guerra. Distintos componentes de estos equipos y armas de guerra se compran en ciertos países que son líderes en su manufactura; este es el caso de Taiwán y su liderazgo en la manufactura de chips de última generación. En cualquier caso, las tierras raras se obtienen de minerales, y gran parte de estos proceden de depósitos de rocas sedimentarias. Las tierras raras son un grupo de 17 metales que son usadas hoy día en todo tipo de componentes tecnológicos para fines no solo militares: como láseres de alta precisión o imanes usados en dispositivos ópticos. Sin embargo, no podemos olvidar el otro elemento clave para la fabricación del arma más destructiva hasta la fecha: el uranio. Este elemento también se obtiene de depósitos de rocas sedimentarias. Antes de seguir con las tierras raras, el uranio merece una mención especial.

El uranio, es un elemento que no forma parte de los componentes de alta tecnología, pero está presente en espectaculares afloramientos de rocas sedimentarias. Hace años pude visitar los afloramientos de donde se obtuvo el uranio con el que el famoso Proyecto Manhattan desarrollo las primeras bombas atómicas; aquellas que devastaron las ciudades de Hiroshima and Nagasaki en 1945. Estos afloramientos se encuentran en Colorado y Utah, y existe un museo en Grand Junction (Colorado) donde se puede conocer toda la historia sobre la fiebre del Uranio en esta región (<https://museumofwesternco.com/virtual-exhibits/uranium-boom-in-grand-junction/>). Los afloramientos que contienen el uranio son secuencias de los depósitos preservados de antiguos canales fluviales con un carácter variable de entrelazado. Se trata de secuencias de areniscas con intercalaciones de arcillas del miembro Salt Wash dentro de la formación Jurásica Morrison (Figura 1). En la zona donde estos afloramientos son más imponentes hay una mina de uranio aún en activo. Cuando estuve recogiendo información de estos afloramientos, ingenieros de la mina me explicaron que el uranio se encuentra concentrado en capas que van desde varios milímetros a unos pocos centímetros de espesor. La mineralización consiste principalmente en coffinita, y en menor medida en uraninita, esta última en asociación con vanadio.

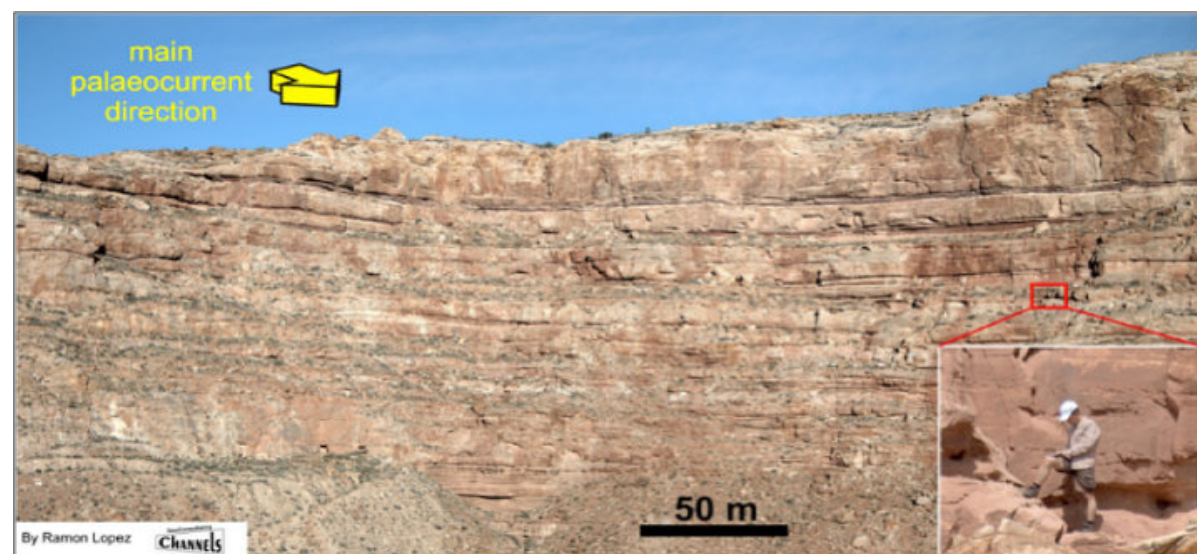


Figura 1. La Salt Wash Formation ha sido interpretada como un sistema antiguo de canales distributarios (anastomosados y meandiformes). Foto: Ramon Lopez. [www.channelsgeo.com](http://www.channelsgeo.com).

Afortunadamente, las armas atómicas o nucleares no se usan, pero las tierras raras hacen posible la manufactura de otras que tienen también gran poder destructivo. Curiosamente, estos metales no son realmente 'raros', sino fáciles de encontrar. El adjetivo 'rare' en inglés, hace referencia a que están muy dispersos en la corteza terrestre, pero no que sea difícil de encontrarlos. Las 17 tierras raras se agrupan mayormente en los llamados lantánidos, más dos elementos algo distintos: el escandio y el itrio. Estos dos últimos se han definido como tierras raras por encontrarse normalmente en los mismos depósitos que los lantánidos (Figura 2).

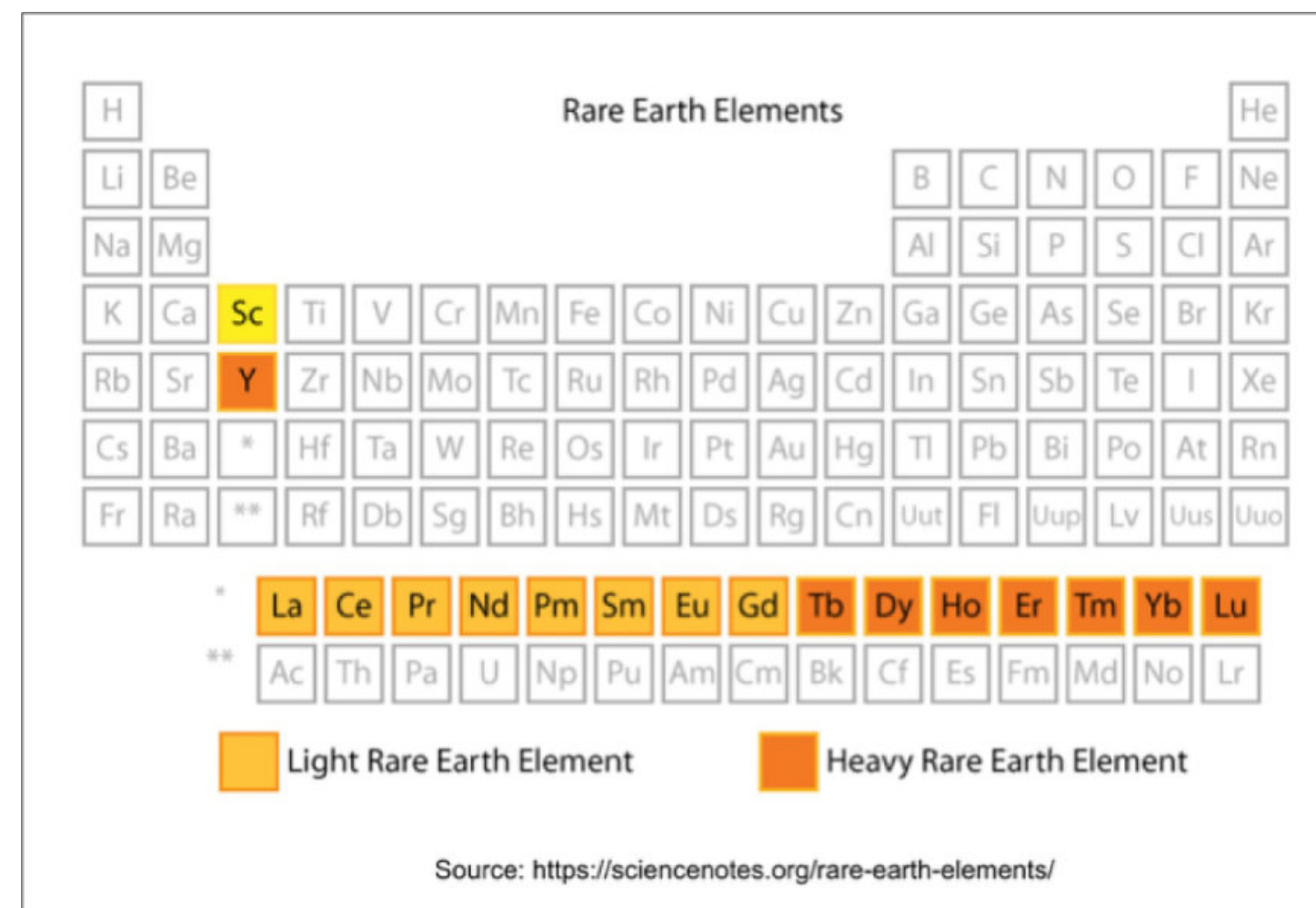


Figura 2. Las tierras raras son aquellas coloreadas en la tabla periódica.

Como buen ejemplo de lo importante que son las tierras raras para armamento de última generación, un avión de 5ª generación F-35 Lightning II necesita 417 kg/920 libras de tierras raras para su fabricación (Figura 3). Designadores laser, baterías de gran capacidad, microimanes, y los mejores cables de fibra óptica solo se consiguen fabricar gracias a las tierras raras. Cualquiera puede suponer como de crítico se ha vuelto el acceso a estos metales. Para el sector militar, la cadena de suministro de tierras raras es un asunto de gran importancia y preocupación (<https://www.airforcemag.com/article/rare-elements-of-security>).



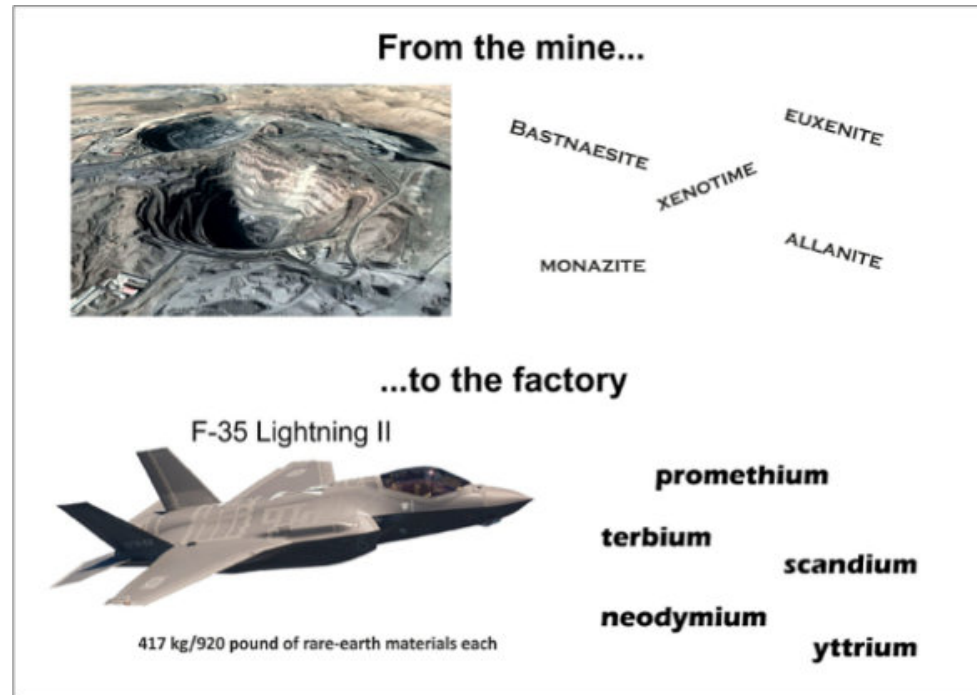


Figura 3. De la mina a la industria militar: minerales con tierras raras como la monzonita se encuentran en depósitos de rocas sedimentarias. La monzonita y otros minerales contienen itrio, neodimio que se necesitan para fabricar armas de última generación como el F-35 Lightning II.

¿Y en qué depósitos de rocas sedimentarias se encuentran las tierras raras? En muchos tipos diferentes: depósitos salinos, de tipo placer en arenas de origen marino, volcano-sedimentarios y en sedimentos del fondo marino. Pero, no todo son tierras raras en la fabricación de equipo y armamento militar; hay una lista de los llamados 'elementos críticos' que son indispensables y también encontramos en los tipos de depósitos anteriores, por ejemplo: aluminio (bauxita), antimonio, arsénico, barita, berilio, bismuto, cesio, cromo, cobalto, galio, germanio y otros ([https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE%20Critical%20Minerals%20and%20Materials%20Strategy\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2021/01/f82/DOE%20Critical%20Minerals%20and%20Materials%20Strategy_0.pdf)). El antimonio, por ejemplo, es clave para la fabricación de balas perforadoras de chaleco antibalas, gafas de visión nocturna, sensores infrarrojos, óptica de precisión, componentes de explosivos, detonadores, bengalas, vestimenta militar o equipo de comunicaciones.

Está claro que la conexión entre la sedimentología y el sector militar es muy estrecha en tiempos modernos. Cualquier batalla empieza mucho antes de que se dispare la primera bala, comienza en las minas y centros de innovación tecnológica.



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

[www.channelsgeo.com](http://www.channelsgeo.com)

[www.linkedin.com/in/ramon-lopez-jimenez](https://www.linkedin.com/in/ramon-lopez-jimenez)

[www.twitter.com/Montxolopez](https://www.twitter.com/Montxolopez)

[www.researchgate.net/profile/Ramon-Lopez-Jimenez](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Lopez-Jimenez)

## CARACTERÍSTICAS PETROMINERALÓGICAS DE LAS IGNIMBRITAS DE LA QUEBRADA DE AÑASHUAYCO, AREQUIPA (PERÚ)

Marla Alvarez <sup>(1)</sup>, Pablo Meza <sup>(1)</sup>

(1): Unidad de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú.

### RESUMEN

En la ciudad de Arequipa, afloran cuatro depósitos ignimbríticos: 1) ignimbrita "Rio Chili" (~13 Ma), 2) ignimbrita "La Joya" (~4.8 Ma), 3) ignimbrita "Aeropuerto" (~1.65 Ma), 4) ignimbrita "Tufos Yura" (~1.02 Ma). Para la presente nota geológica, se analizaron las ignimbritas que se encuentran a lo largo de la quebrada de Añashuayco, que corresponden a las ignimbritas "Aeropuerto", en las cuales se diferencian dos unidades, debido principalmente al color: rosado y blanco. Sobre estas ignimbritas se asienta casi la mitad de la ciudad de Arequipa, y de donde se extrae una de las principales rocas ornamentales: "el sillar".

Para un mejor conocimiento de dichas ignimbritas se ha realizado la caracterización petromineralógica, a fin de poder clasificarlas de acuerdo a las características texturales observadas y a la relación con la fuente de emisión según su composición química.

Dicha caracterización se realizó en base a; descripción macroscópica, microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido, donde se obtiene que las ignimbritas tienen una composición ácida de dacítica a riolítica, correspondiente a la misma composición de la fuente de emisión del flujo piroclástico; además se tiene la presencia de cuatro texturas: (1) piroclástica - vitroclástica, (2) porfídica, (3) vitrofídica y (4) esferulítica - vacuolar.

**Palabras clave:** características petromineralógicas, ignimbritas, textura, SEM, Añashuayco.

### ABSTRACT

In the city of Arequipa, there are four ignimbritic deposits: 1) ignimbrite "Rio Chili" (~13 Myr), 2) ignimbrite "La Joya" (~4.8 Myr), 3) ignimbrite "Aeropuerto" (~1.65 Myr), 4) ignimbrite "Tufos Yura" (~1.02 Myr). For the present publication, we studied the ignimbrites found along the Añashuayco gorge, which correspond to the "Aeropuerto" ignimbrites, which are divided into two units mainly due to their color: a) one pink in color and the other one white. Almost half of the city of Arequipa is built on top of these ignimbrites, from where one of the main ornamental rocks is extracted: "el sillar".

For a better knowledge of these ignimbrites, a petromineralogical characterization has been carried out, in order to classify them according to the textural characteristics observed, and the relationship to the emission source Based on their chemical composition.

This characterization was conducted based on macroscopic description, optical microscopy and scanning electron microscopy, concluding that the ignimbrites have an acid composition that varies from dacitic to rhyolitic, corresponding to the same composition of the emission source of the pyroclastic flow. In addition, the following four textures were identified: (1) pyroclastic - vitroclastic, (2) porphyritic, (3) vitrophidic and (4) spherulitic - vacuolar.

**Keywords:** petromineralogical characteristics, ignimbrites, textures, SEM, Añashuayco.

### UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en el segmento norte de la Zona Volcánica de los Andes Centrales (ZVC), en la parte norte de la Quebrada Añashuayco perteneciente al distrito de Cerro Colorado en la región y provincia de Arequipa – Perú, sobre una altitud de 2375 msnm. (Fig. 1).

Actualmente a raíz de los últimos estudios y dataciones realizados por Paquereau (2006) se ha detallado con mayor precisión a estos depósitos volcánicos ignimbríticos, que en conjunto se les ha denominado "Formación Sillar de Arequipa".

### TRABAJO DE CAMPO

Para las características petromineralógicas se tomaron 18 muestras de ignimbritas en 6 columnas, ver Fig. 2, en cada columna se tomaron tres puntos de muestreo a lo largo de la quebrada, siendo los puntos a muestrear; la base, medio y el techo de la columna levantada (tabla 1).



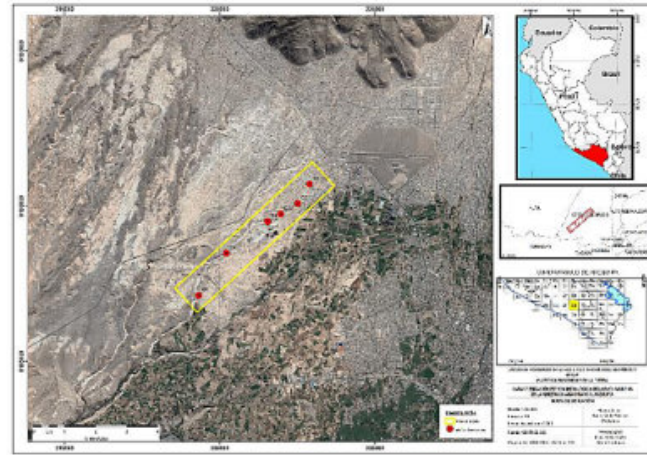


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

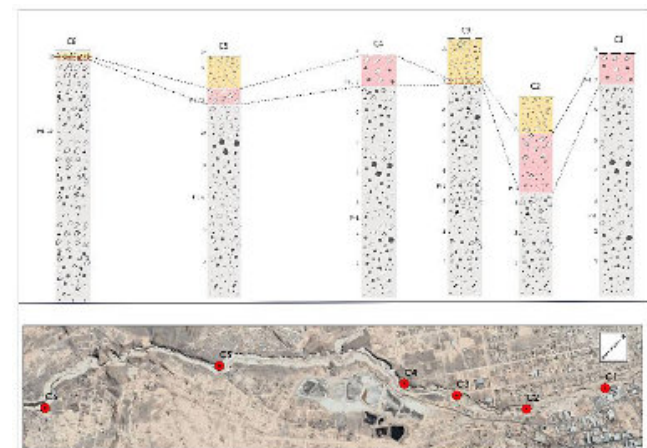


Figura 2: Columnas estratigráficas en la Quebrada de Añashuayco

Tabla 1: Puntos de donde se extrajeron las muestras.

Muestra C - 01	Base (B)	Toba "ignimbrita" soldada de color blanca	
	Medio (M)		
	Techo (T)		
	Muestra C - 02		Techo (T)
	Muestra C - 03		Base (B)
	Muestra C - 04		Techo (T)
Muestra C - 05	Base (B)	Toba "ignimbrita" no soldada de color rosado	
	Medio (M)		
Muestra C - 06	Base (B)		
	Medio (M)		
Muestra C - Esp.	TbR (toba rosada)		

**Descripción macroscópica**

Para la descripción macroscópica se utilizó una lupa de geólogo en campo (20x), con la cual se determinó e identificó poco contenido de cuarzo (1%), presencia de cristales de plagioclasas (10%) algunos bien conservados y otros alterados (arcillas) y como minerales accesorios la biotita (<5%) en menor cantidad de contornos algo alterados. También, se tiene la presencia de fragmentos líticos (5 - 10%) que varían de 0.1 - 1.2 cm de color gris a marrón rojizo, los clastos de pómez (10%) de 0.1 - 0.5 cm. de color marrón claro de textura fibrosa formando pequeñas

oquedades. La matriz (70%) es afanítica de color blanco de aspecto pulverulento algo alterada y de forma puntual se aprecia al vidrio en proceso de desvitrificación a posibles arcillas u otros. Finalmente, se concluye que es una toba "Ignimbrita" de composición andesítica - dacítica.

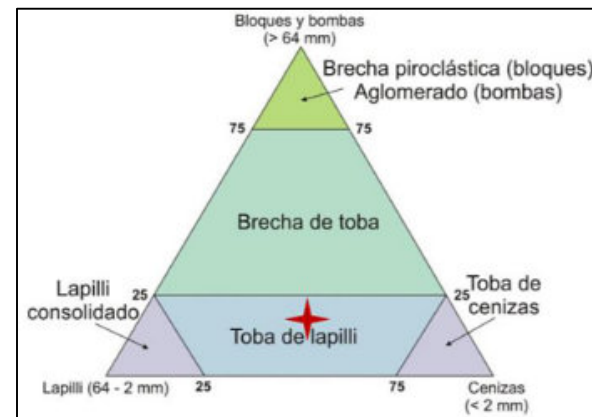


Figura 3: Diagrama granulométrico de elementos piroclásticos (Schmid, 1981).



Figura 3: Afloramientos y muestras de mano.

**ANÁLISIS PETROGRÁFICO Y QUÍMICO**

**Metodología**

Se realizó la descripción petrográfica de las secciones delgadas de 9 muestras, siendo mostradas las más representativas, con un microscopio petrográfico de luz polarizada, modelo Leica DMLP, asimismo, fueron fotografiadas con la cámara fotográfica automática LEICA. Además, se proporcionó imágenes de electrones retrodispersados y algunos microanálisis por espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDX) para cada muestra, con el objetivo de complementar el estudio petrográfico bajo luz transmitida.

Para la clasificación de estos depósitos piroclásticos, se tomaron en consideración el patrón textural y composición mineralógica de cada componente constituyente de las muestras en estudio; donde se desarrollaron las siguientes etapas:

- Preparación de las secciones delgadas
- Reconocimiento preliminar de los minerales existentes a través de las secciones delgadas.
- Descripción de los **principales parámetros petrográficos** tales como: textura, tamaño, forma e identificación de los cristales. (fotos 1 a 16).
- **Descripción mineralógica y determinación porcentual modal** según la abundancia de los componentes como: esenciales, accesorios y secundarios, según se describe en la descripción microscópica.

**Análisis petrográfico**

Se realizó la petrografía microscópica de las muestras (C1 - C6)

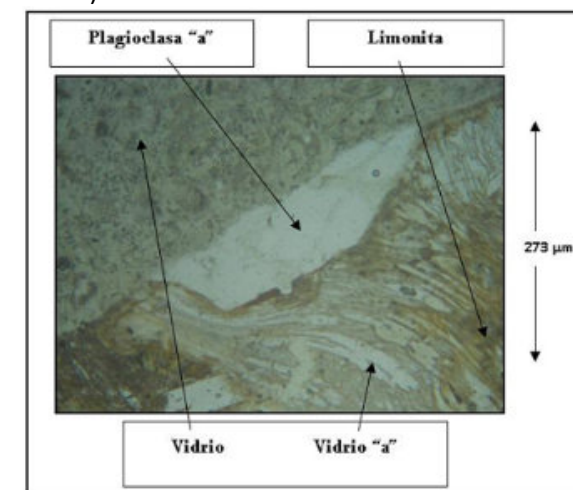


Foto 1: Luz transmitida, nicols paralelos. Algunos fragmentos líticos de tobas soldadas (ignimbritas) con cristales de plagioclasas "a" en una matriz de vidrio "a" volcánico mostrando textura eutaxítica. Nótese el vidrio del lítico con impregnaciones de limonitas.

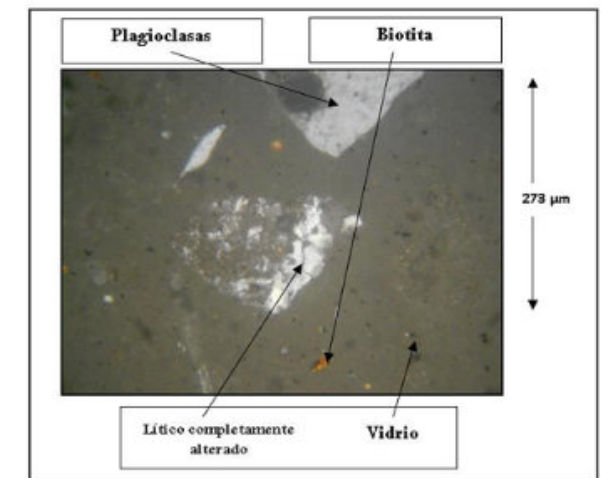


Foto 2: Luz transmitida, nicols cruzados. Nótese fragmento lítico completamente alterado a cuarzo policristalino y arcillas.

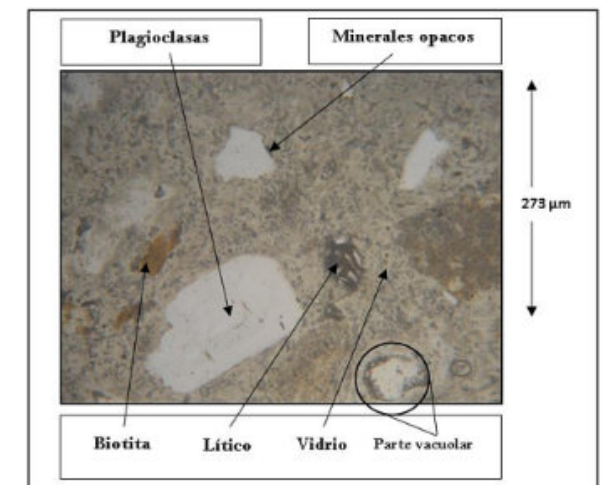
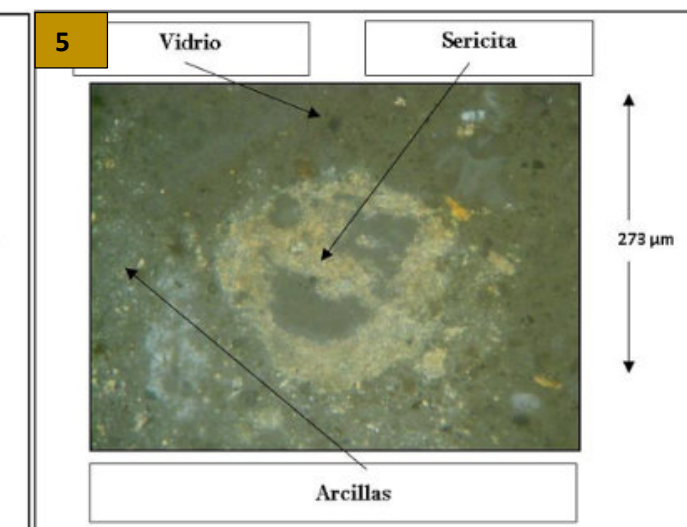
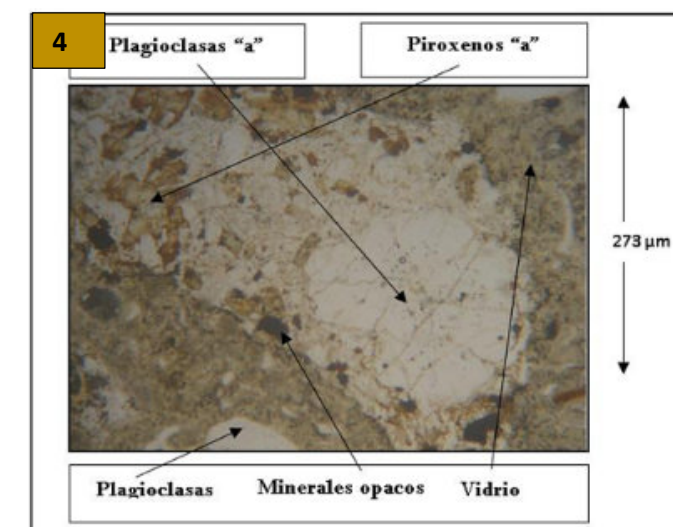
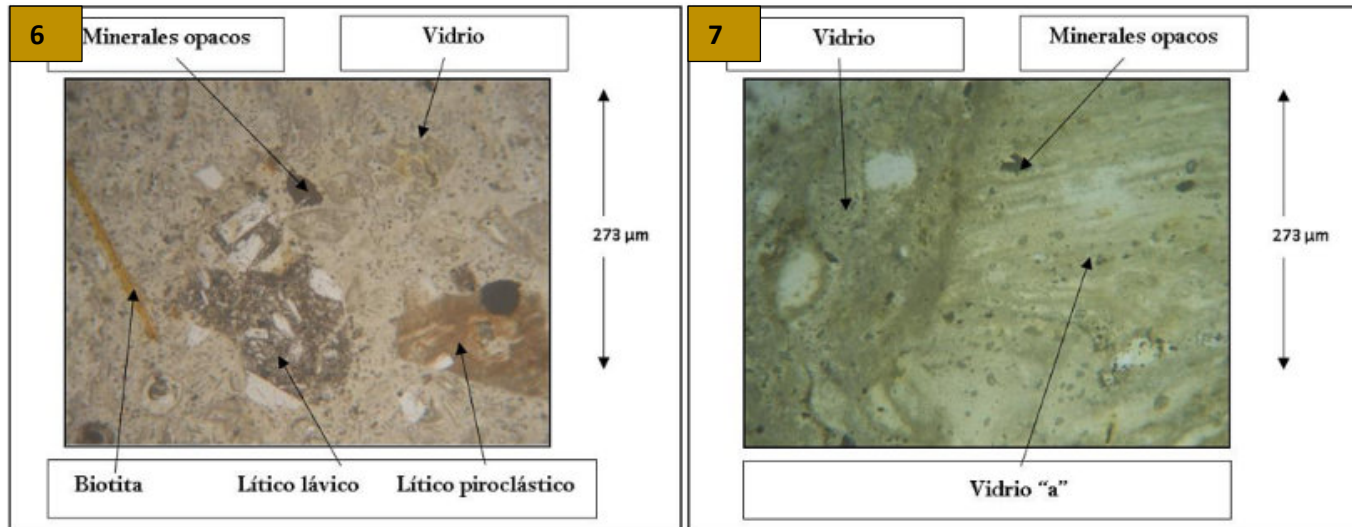


Foto 3: Luz transmitida, nicols paralelos. Roca de textura vitrofídica y fragmental, en parte vacuolar (ver elipse), conformado por cristales de plagioclasas y biotita, además líticos variados, en una matriz de vidrio volcánico parcialmente desvitrificado a material arcilloso. Nótese minerales opacos diseminados.







**Foto 4:** Luz transmitida, nicoles paralelos. Fragmento lítico plutónico de textura fanerítica inequigranular compuesta esencialmente de plagioclasas "a" y menor piroxenos "a" (diorita). Nótese minerales opacos diseminados.

**Foto 5:** Luz transmitida, nicoles cruzados. Fragmentos líticos sericitizado.

**Foto 6:** Luz transmitida, nicoles paralelos. Nótese la diferencia entre fragmentos líticos lávicos y piroclásticos.

**Foto 7:** Luz transmitida, nicoles paralelos. Fragmento lítico constituido esencialmente por vidrio "a" mostrando textura eutaxítica.

Los puntos más representativos en la zona de estudio fueron aquellos con características petrográficas de una roca volcánica piroclástica de litología, toba vitrocrystalolítica de cenizas>lapillis con un patrón textural hialocristalino y textura esencialmente vitrofídica, presencia de cristales de plagioclasas y biotita en una matriz de exclusivamente vidrio volcánico ácido (desvitrificado a material arcilloso), parcialmente perlítica y en partes vacuolar.

Bajo el microscopio de polarización se logró identificar:

**Tabla 2:** Resumen porcentual de la descripción mineralógica de las Ignimbritas

Muestras/Composición mineralógica	C - 01			C - 02	C - 03	C - 04	C - 05	C - 06			
	B	M	T					B	M	T	
Minerales esenciales	Cuarzo (%)	--	1	--	--	1	--	--	Traza	Traza	--
	Plagioclasas (%)	13	15	13	13	12	13	9	10	12	12
Minerales secundarios	Biotita (%)	4	3	3	3	2	3	1	2	3	3
Minerales opacos		0.5	--	--	--	--	0.5	--	--	--	--
Fragmentos	Líticos (%)	6.5	10.5	10.5	8	14	10	10	8	8	8
	Pómez (%)	--	--	6	--	--	3	3	--	--	--
Matriz	Vidrio volcánico	76	70.5	67.5	76	71	70.5	77	80	77	77
Total	(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En promedio las muestras presentan plagioclasas y biotitas en una matriz de exclusivamente vidrio volcánico ácido (desvitrificado a material arcilloso), parcialmente perlítica y en partes vacuolar. Algunos fragmentos líticos del tamaño de lapillis de rocas volcánicas de textura porfídica (lava) y eutaxítica (ignimbrita), a veces impregnados por limonitas, trazas de líticos alterados completamente a cuarzo policristalino y arcillas.

Y como complemento el microanálisis EDX y las proporciones de sus elementos mayores, mineralógicamente la ceniza puede tratarse de feldespatos y zeolitas, probablemente más cuarzo; y el mineral desvitrificado anortoclasa, igual probablemente más cuarzo.

**Texturas observadas**

Las principales texturas identificadas (Kopylova, 2018) fueron:

- a) Textura piroclástica: Es la más típica en este tipo de rocas volcánicas de origen explosivo, caracterizadas por la acumulación de fragmentos de roca o líticos, pómez y cristales, cuyas formas angulosas e irregulares que muestran especialmente las trizas de vidrio (partículas de vidrio volcánico pequeñas < 2mm), los cristales de plagioclasas, biotitas, cuarzo, etc; son de formas euhedrales a subhedrales, asimismo, los fragmentos de pómez tienen formas angulosas o

redondeadas (aspecto vesicular) y de formas aplanadas (fiames).

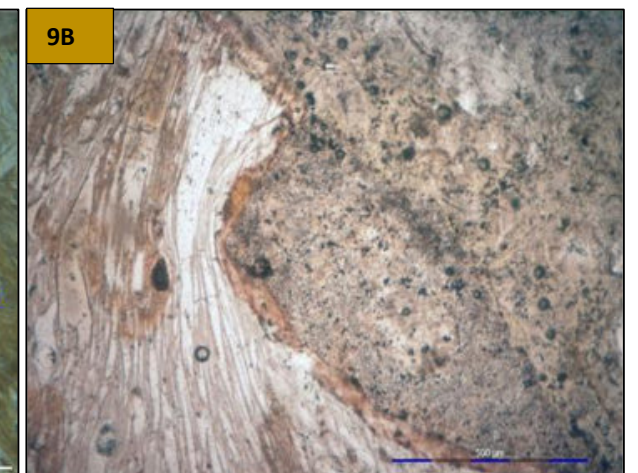
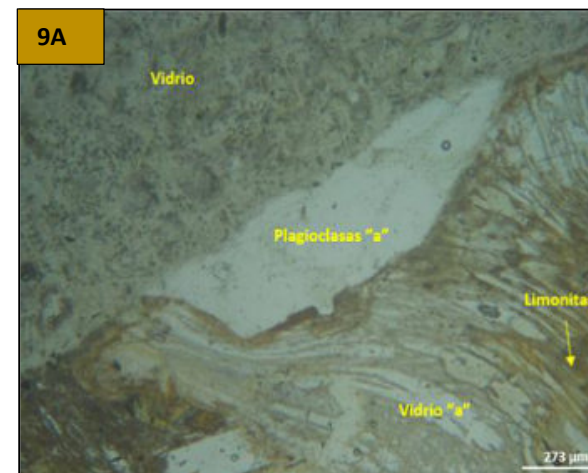
En rocas piroclástica, se tiene un caso particular de una textura "Vitroclástica", que se caracteriza por tener esquirlas y microfragmentos angulosos de vidrio procedentes de la proyección explosiva de lava que muchas veces se observa en la matriz (Foto 8).

- b) Textura Eutaxítica: Observadas más en las muestras C-01 a C-06, se caracteriza por la presencia de "glass shards" y otras estructuras causadas por la compresión y deformación resultante durante la acumulación de ceniza caliente (Foto 9).
- c) Textura Porfídica: Se caracteriza por la existencia de fenocristales de tamaños relativos englobados en una matriz afanítica formada a veces por microcristales y vidrio. Las muestras estudiadas presentan fenocristales de plagioclasas macladas tipo I "a" y tipo II "b" (C-01T, C-02, C-03, C-05 y C-06), en algunos casos zonadas de formas subhedrales a euhedrales (Foto 10 y 11).
- d) Textura Vitrofídica: Formada principalmente por vidrio y esquirlas de vidrio. Se observa en la muestra C-01T fragmento lítico perteneciente a la muestra C-01, C-02, C-03, C-04, C-05 y C-06 (Foto 12 y 13).
- e) Textura Esferulítica: Caracterizada por la presencia de productos característicos de alta temperatura de desvitrificación del vidrio. Estas pequeñas fibras de cristales consisten generalmente de feldespatos alcalinos y/o cuarzo. Cristales más o menos globulares de hábito acicular fibroso que presentan una disposición radial, estas esferulitas se distinguen bien de los agregados minerales que rellenan las vesículas ó amígdalas. Típicamente de tamaños de 1 a 5 mm, pero pueden ser mayores en ignimbritas soldadas. Observado en la muestra C-03 y 05 (Foto 14 y 15).

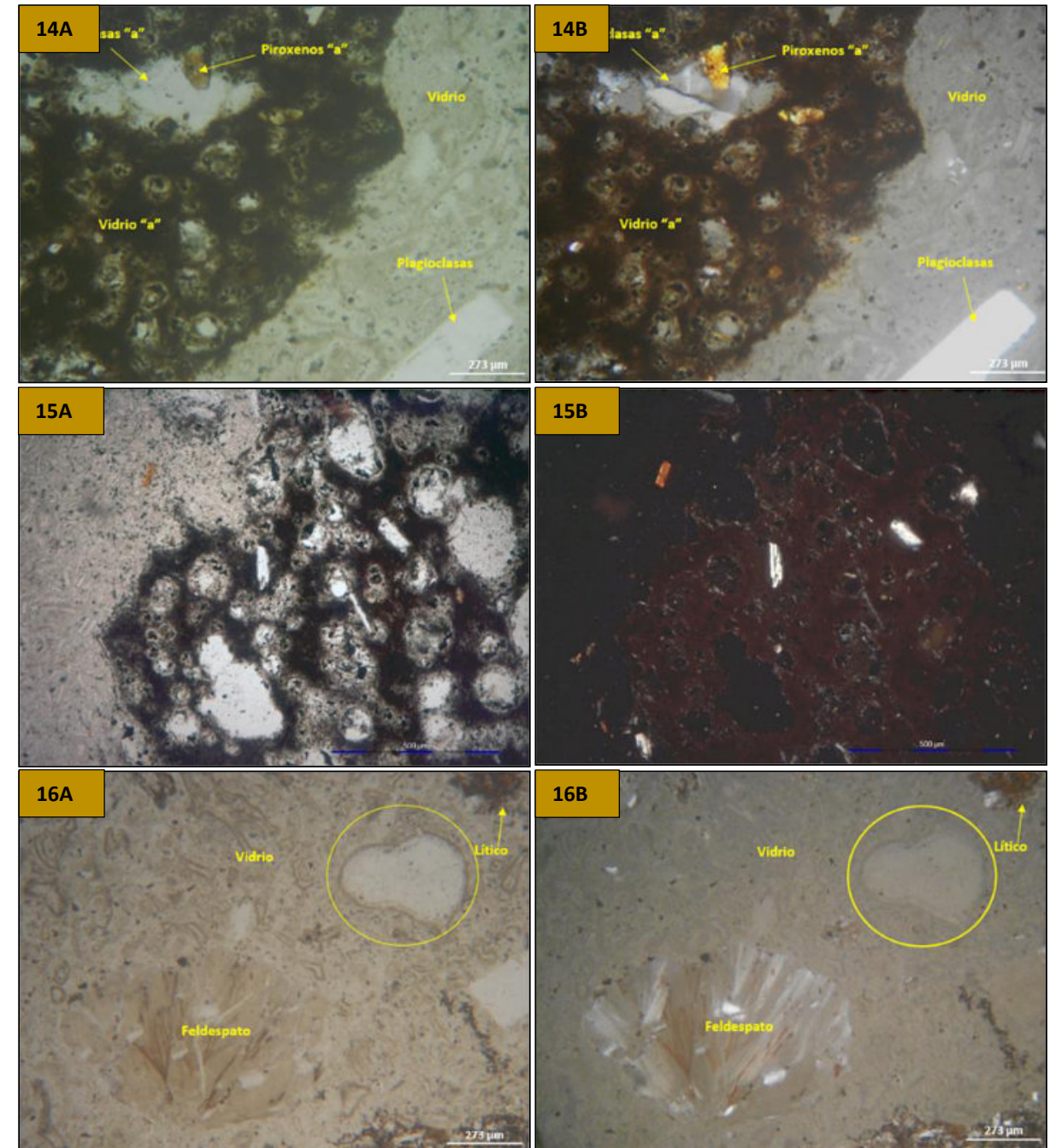
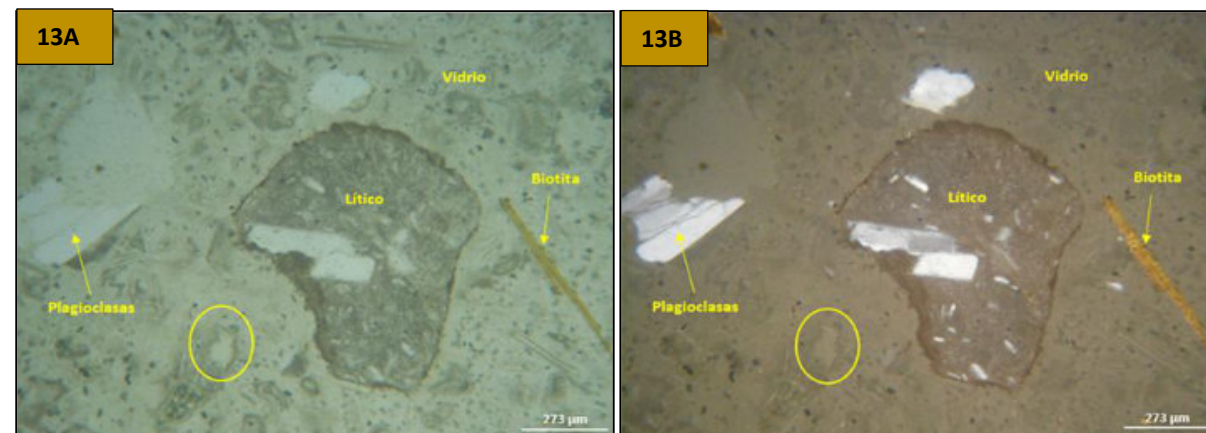
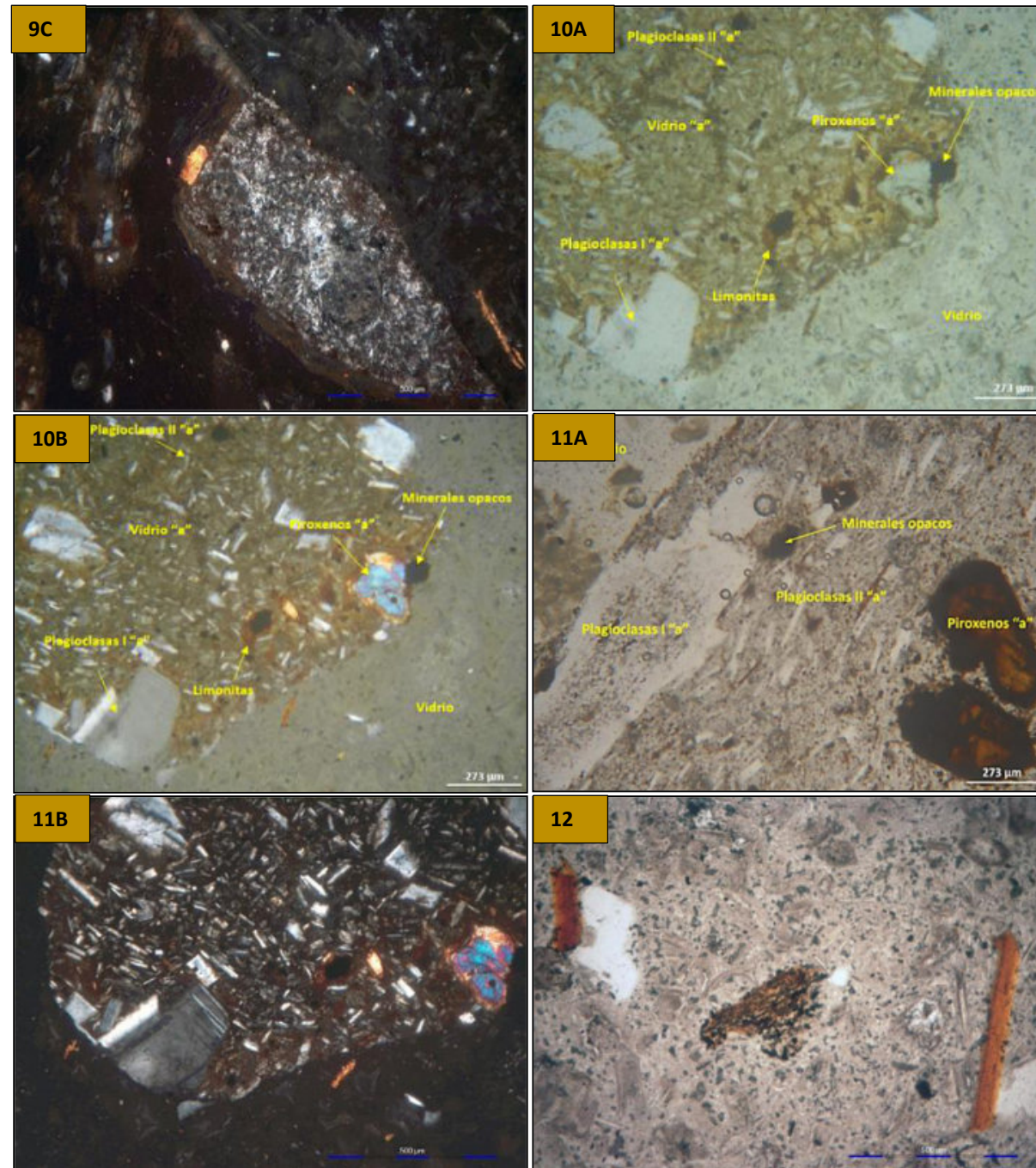
Un caso particular de que el vidrio se desvitrifica a feldespato radial como se muestra en la Foto 12, también nótese en la parte derecha superior de ambas vistas (círculo amarillo) se puede observar el aspecto **vacuolar** del vidrio en la matriz (Foto 16) (Jones, C., 2013).



**Foto 8:** Fragmentos líticos de rocas piroclásticas con textura piroclástica - vitroclástica y microfragmentos (shards) de vidrio, ver elipse amarilla en nicoles paralelos (muestra C01-B).







**Foto 9:** Luz transmitida, nicoles paralelos (imágenes superiores). Algunos fragmentos líticos de tobas soldadas (ignimbritas) con cristales de plagioclasas "a" en una matriz de vidrio "a" volcánico mostrando textura eutaxítica, con impregnaciones de limonitas en el vidrio "a" y en nicoles cruzados (imagen inferior) (muestra C01-M).

**Foto 10:** Luz transmitida, nicoles paralelos (imagen izquierda). Los líticos presentan textura porfídica con matriz muy fina y abundantes impregnaciones de limonitas. En nicoles cruzados (imagen derecha) fragmentos líticos de rocas volcánicas lávicas con fenocristales de plagioclasas I "a" y menor piroxenos "a" en una matriz vítrea (vidrio "a") a microcristalina de plagioclasas II "a" impregnada de limonitas (muestra C02-T).

**Foto 11:** Luz transmitida, nicoles paralelos y cruzados (10x y 40x). Fragmento lítico volcánico de textura porfídica (lava) con fenocristales de plagioclasas I "a" y piroxenos "a" en una matriz microcristalina de plagioclasas II "a" (muestra C05-B).

**Foto 12:** Luz transmitida, nicoles paralelos. Roca de textura vitrofídica y fragmental, conformado en una matriz de vidrio volcánico (muestra C01).

**Foto 13:** Luz transmitida, nicoles paralelos y cruzados. Roca de textura vitrofídica y fragmental, en parte vacuolar (ver elipse amarilla), conformado por fragmentos de cristales de plagioclasas y biotita, presencia de líticos volcánicos de textura porfídica (lavas), en una matriz de vidrio volcánico parcialmente desvitrificado a arcillas (muestra C03-B).

**Foto 14:** Luz transmitida, nicoles paralelos y cruzados. Textura esferulítica conformado esencialmente por vidrio "a" vesicular con algunos fragmentos de cristales de plagioclasas "a" y piroxenos "a" (muestra C03).

**Foto 15:** Luz transmitida, nicoles paralelos y cruzados. Textura esferulítica conformado esencialmente por vidrio "a" vesicular conformado (muestra C03).

**Foto 16:** Luz transmitida, nicoles paralelos y cruzados. En parte el vidrio se desvitrifica a feldespato radial, nótese también en la parte vacuolar (círculo amarillo) (muestra C06-M).



**Microscopía electrónica de barrido**

La técnica utilizada en el análisis de las muestras fue “Espectrometría de energía dispersiva de Rayos X (EDS)”, la cual detecta cualitativamente los rayos X característicos de los elementos químicos presentes en la superficie de la muestra, mostrando un análisis semi-cuantitativo de la composición química detectada.

Lo que permitió determinar los elementos químicos que forman la muestra y apreciar su disposición interna con una alta resolución, para así observar los minerales y compararlos.

Para la clasificación se utilizó términos compuestos indicando la mayor o menor proporción de algún componente, tener en cuenta que se utilizó lo propuesto por la IUGS.

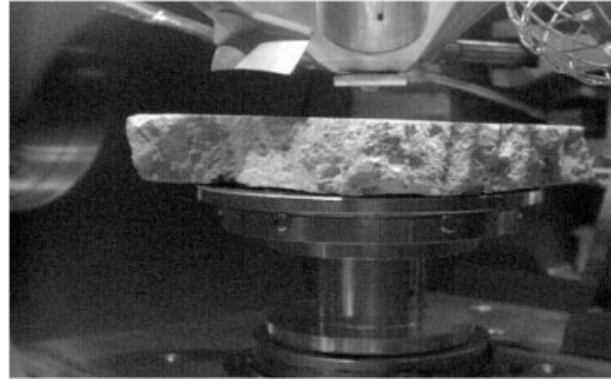


Foto 17: Ubicación de muestras en platina para el Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido C- 02 T.

Tabla 3: Composición Elemental en Wt % de roca total (100X).

N° MUESTRA		O	Na	Mg	Al	Si	K	S	Ca	Fe	Ti
C - 01	B	48.25	3.79	0.26	8.16	35.4	2.83	--	0.67	0.64	--
	M	47.43	3.45	--	8.02	36.19	3.37	--	0.79	0.75	--
	T	48.05	2.74	0.36	6.81	31.9	3.39	2.63	3.11	0.81	0.20
C - 02	T	45.16	3.22	0.2	7.99	36.06	3.57	1.01	1.56	1.03	0.20
C - 03	B	47.14	3.43	0.26	8.01	35.71	3.25	0.36	0.87	0.77	0.20
C - 04	T	46.94	3.57	0.28	8.18	34.9	2.93	0.56	1.48	0.96	0.20
C - 05	B	47.12	3.75	0.22	8.28	35.22	2.87	0.39	1.09	0.78	0.28
	B*	46.57	4.19	0.39	8.77	34.97	2.61	0.03	0.95	0.99	0.16
C - 06	M	47.04	4.23	--	9.06	35.24	2.57	--	0.97	0.89	--
	T*	46.92	4.5	0.26	7.48	32.96	2.92	1.44	1.99	0.59	--
M - Especial	TbR*	49.6	3.66	--	8.83	32.9	2.73	0.25	0.69	0.89	0.17

(\*) Microanálisis EDX donde se muestra cantidades menores de 0.37- 0.94 y 0.28 respectivamente de Cl, dando 100% total.

Tabla 4: Composición de la Matriz Total en Wt %.

N° MUESTRA		O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe
C - 01	B	48.82	3.73	8.41	34.4	3.94	--	0.7
	M	45.98	2.84	6.35	41.56	2.35	0.92	--
	T*	51.27	2.24	8.47	32.24	5.39	--	--
C - 02	T	45.42	3.17	8.62	36.46	5.65	0.68	--
C - 03	B	47.35	3.29	8.09	36.59	3.32	0.81	0.55
C - 04	T	48.4	4.62	9.72	32.76	3.42	1.08	--
C - 05	B*	44.79	3.60	15.3	31.47	3.28	0.68	0.34
C - 06	B	46.45	2.51	7.26	39.1	3.85	--	0.83
	M	47.82	4.3	7.34	38.89	1.65	--	--
	T*	45.69	3.09	9.51	32.52	6.78	1.17	0.48
M - Especial	TbR	47.34	3.1	9.09	36.28	3.7	--	0.49

(\*) Microanálisis EDX donde se muestra cantidades menores de 0.39 de S, 0.31 de Mg, 0.20 de Ti y 0.76 de S, respectivamente dando 100% total.

Tabla 5: Composición en Óxidos en Wt % de roca total (100X).

N° MUESTRA		Na2O	Al2O3	SiO2	SO3	K2O	CaO	TiO2	MgO	Fe2O3
C - 01	B	5.05	14.55	74.58	--	3.52	0.78	--	0.45	1.07
	M	5.22	15.17	73.26	--	3.61	1.67	--	--	1.07
	T*	3.84	12.53	65.39	7.15	3.81	4.84	0.41	0.77	1.26
C - 02	T*	4.16	14.87	67.99	2.11	--	--	0.36	0.2	1.12
C - 03	B*	4.51	14.63	73.88	0.58	3.74	1.19	0.35	1.12	--
C - 04	T*	4.45	14.65	71.1	1.52	3.38	2.18	0.48	0.62	1.62
C - 05	B	5.22	14.93	72.1	1.05	3.1	1.5	0.38	0.63	1.1
C - 06	B	5.43	16.04	70.67	0.42	3.3	1.52	0.32	0.46	1.4
	M*	5.81	16.31	72.37	--	3.3	1.25	--	--	0.96
	T*	6.01	14.03	67.95	3.34	3.4	2.58	0.25	0.56	0.69
M - Especial	TbR*	4.76	16.89	71.43	0.63	3.43	0.98	0.36	--	1.16
Total										100

(\*) Microanálisis EDX donde se muestra cantidades menores de 0.19 de In2O3, 0.43 de CuO, 1.19 y 0.36 de Cl2O respectivamente, dando 100% total.

Tabla 6: Composición en Óxidos en Wt % de la Matriz Total.

N° MUESTRA		Na2O	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	Fe2O3	SO3
C - 01	B	5.50	16.20	72.35	4.46	--	1.49	--
	M	4.14	11.68	80.16	--	1.33	--	2.69
	T	3.19	16.95	71.82	6.60	--	--	1.44
C - 02	T	4.56	15.9	72.37	6.12	1.05	--	--
C - 03	B	4.27	14.76	75.32	3.81	1.05	0.79	--
C - 04	T	6.09	16.68	72.76	3.39	1.08	--	--
C - 05	B*	5.61	18.68	67.83	4.21	0.97	0.64	--
C - 06	B	3.11	12.23	79.18	4.49	--	0.99	--
	M	6.20	16.26	73.68	3.86	--	--	--
	T	4.55	17.29	65.73	8.12	1.58	0.69	2.04
M - Especial	TbR	4.26	16.31	74.64	4.17	--	0.62	--
Total								100

(\*) Microanálisis EDX donde se muestra cantidades menores de 0.21 de TiO2 y 1.85 de MgO respectivamente, dando 100% total.

Tabla 7: Composición de la Matriz desvitrificada.

N° MUESTRA		O	Na	Al	Si	K	Ca	Fe
C - 01	B	52.13	6.61	9.71	29.45	1.14	0.96	--
	M	47.29	4.84	9.03	36.03	1.31	1.50	--
	T	45.24	1.92	9.17	36.17	7.50	--	--
C - 02	T	43.52	2.88	8.47	38.82	5.69	0.62	--
C - 03	B	47.78	4.63	10.36	32.97	4.27	--	--
C - 04	T	48.40	4.62	9.72	32.76	3.42	1.08	--
C - 05	B	50.04	4.12	10.06	31.6	4.19	--	--
C - 06	B	46.45	2.51	7.26	39.10	3.85	--	0.84
	M	47.82	4.30	7.34	38.89	1.65	--	--
	T*	46.68	12.99	3.46	15.71	2.30	4.71	0.56



**RESULTADOS**

Los resultados se presentan en las tablas 8 y 9, donde se observan que en los resultados de roca total y matriz total presenta a nivel de composición mayores coincidencias o cercanía de valores con las muestras C- 01 a C- 06, que hacen referencia al proceso de desvitrificación que corresponde a la neoformación como resultado de los feldespatos cristalizados determinados como la anortoclasa (C -06).

**Tabla 8:** Composición elemental en Wt% roca total

Elemento	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	Promedio	Desviación estándar	Desviación Relativa
O	47.91	45.16	47.14	46.94	47.12	46.84	46.85	0.910481	2
Na	3.33	3.22	3.43	3.57	3.75	4.31	3.60	0.393365	11
Mg	0.31	0.20	0.26	0.28	0.22	0.33	0.27	0.050464	19
Al	7.66	7.99	8.01	8.18	8.28	8.44	8.09	0.271268	3
Si	34.50	36.06	35.71	34.90	35.22	34.39	35.13	0.664349	2
K	3.20	3.57	3.25	2.93	2.87	2.70	3.09	0.314367	10
S	2.63	1.01	0.36	0.56	0.39	0.74	0.95	0.858356	91
Ca	1.52	1.56	0.87	1.48	1.09	1.30	1.30	0.274711	21
Ti	0.19	0.21	0.21	0.19	0.27	0.16	0.21	0.036742	18
Fe	0.73	1.03	0.77	0.96	0.78	0.82	0.85	0.119233	14

En relación a la Tabla 8, se observa que el Si y Al tienen una variabilidad menor al 5% mientras que otros como el sodio (Na) y el potasio (K) tienen una variabilidad de 10% y Mg, Ca, Fe, Ti mantienen una variabilidad de 18% a 21%, teniendo como mayor variabilidad el azufre (S), probablemente estos elementos hayan formado una mezcla de feldespatos más zeolitas y sulfatos.

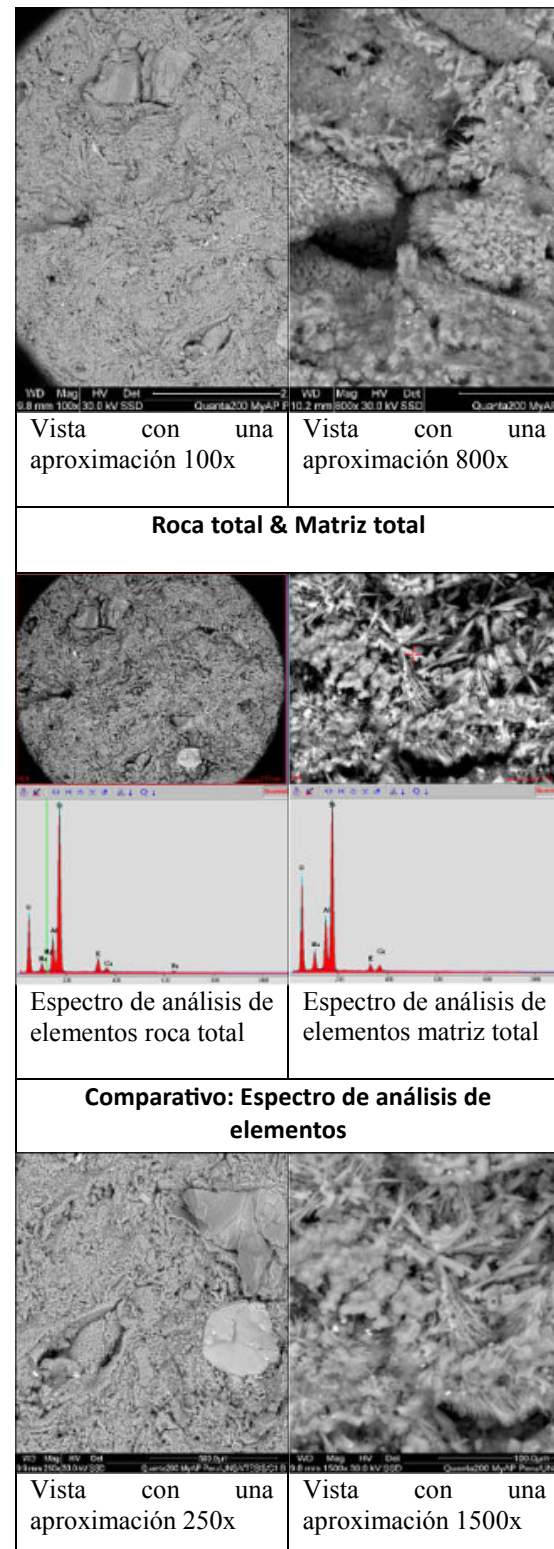
**Tabla 9:** Composición de la matriz total en Wt%.

Elemento	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	Promedio	Desviación estándar	Desviación Relativa
O	48.69	45.42	47.35	48.4	44.79	45.69	46.72	1.647782	4
Na	2.94	3.17	3.29	4.62	3.60	3.30	3.49	0.594967	17
Al	7.74	8.62	8.09	9.72	0.00	8.04	7.04	3.516610	50
Si	36.07	36.46	36.59	32.76	31.47	36.84	35.03	2.309228	7
K	3.90	5.65	3.32	3.42	3.28	4.09	3.94	0.898725	23
Ca	0.92	0.69	0.81	1.08	0.68	1.17	0.89	0.202920	23
Fe	0.70	0.00	0.55	0.00	0.34	0.66	0.38	0.316211	84

De la Tabla 9, se observa que la cantidad de Fe y Al aumenta en relación a la tabla anterior y el Ca, K y Na se mantienen con una variabilidad de 18% a 23% y en menor variabilidad están el O y Si <10%, presentando la matriz el proceso de desvitrificación a material arcilloso o feldespatos.

**Análisis comparativo de roca total**

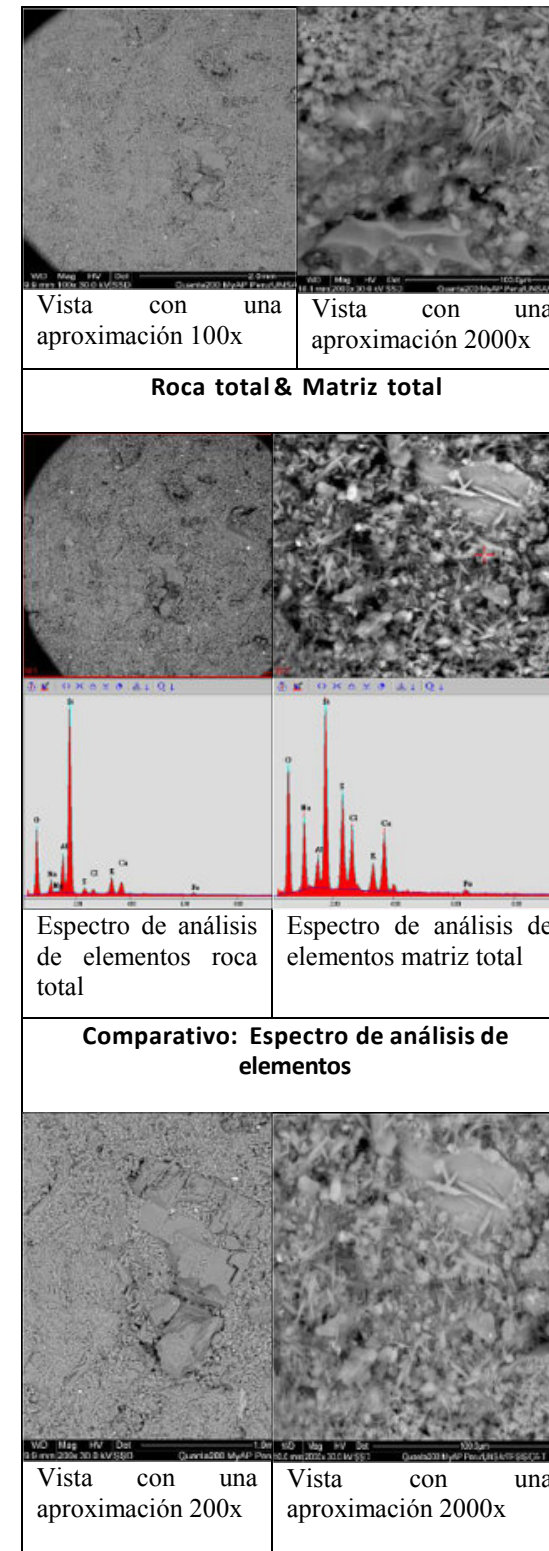
a) Análisis de resultados roca total & matriz total (C-01): En apariencia y composición ambas imágenes presentan notables similitudes, se observa en la tabla de análisis de elementos presentes, incluso los porcentajes de presencia son casi iguales, muestra C - 01, observándose que el vidrio volcánico pasa por un proceso de desvitrificación a arcillas y sericita, pero débilmente, cuando se hace mención a arcillas se hace referencia a material muy fino (Fig. 4).



**Figura 4:** Análisis de resultados roca total & Matriz total. Muestra C-01.

b) Análisis de resultados roca total & matriz total (C-06): En apariencia y composición ambas imágenes presentan algunas similitudes, se observa en la tabla de análisis de elementos presentes, incluso los porcentajes de presencia son casi iguales, observándose la desvitrificación a material arcilloso o feldespatos, donde se hace

más notoria en la muestra C- 06, confirmándose con las imágenes de electrones retrodispersados donde se observa material fragmentado desordenado (ceniza en sí) desvitrificándose a material fino cristalizado (Fig. 5).



**Figura 5:** Análisis de resultados roca total & Matriz total. Muestra C-06.

- En los minerales opacos, se refieren a los minerales que no dejan pasar la luz bajo luz transmitida, normalmente son óxidos y/o sulfuros que para su correcta identificación necesitan ser identificados bajo luz reflejada usando una lámina pulida. Sin embargo, dos microanálisis de EDX muestran que se trata de un miembro intermedio de la solución sólida magnetita (Fe) - ulvoespinela (Ti)-Jacobsita (Mn), pero más pegado al miembro de Fe con Ti>>Mn, por lo que se denominó titanomagnetita, además las elevadas proporciones de O indicarían que el mineral se estaría alterando a hidróxidos (limonitas) esto si se había observado en el espectro de análisis por elementos.
- En las plagioclasas, en su mayoría se tratan de oligoclasas se observó con mayor magnificación en las muestras C-05 y C-06, y sólo dos resultados de microanálisis EDX caen en andesinas (son muestras especiales de la Ignimbrita rosada) pero con mayor cercanía a la oligoclasa.
- En relación al cuarzo como fragmento de cristales, solo se ha apreciado en algunas muestras con tamaños muy pequeños <<1mm y en proporciones muy bajas <<1%, esto también se confirmó con un microanálisis EDX.
- Si se trata de minerales de alteración, no se ha observado minerales alterando los fragmentos de cristales de plagioclasas. Se ha observado que el vidrio volcánico pasa por un proceso de desvitrificación a arcillas y sericita, pero débilmente, cuando se hace mención a arcillas se hace referencia a material muy fino que puede o no estar cristalizado. Con respecto a alteración supérgena, los minerales opacos (titanomagnetita) son alterados a limonitas, además las limonitas ocurrían impregnados en el vidrio y en menor cantidad en biotitas.
- El cuarzo policristalino, se refiere al agregado (más de un cristal) en mosaico de cuarzo que ocurre como componente esencial de escasos líticos (ver foto 2), muestra C - 01 T, como todo lítico la mineralogía es preexistente a la formación de la roca que incluye al lítico, dos posibles orígenes para este agregado, un lítico sometido (1) a metamorfismo o (2) a alteración hidrotermal, lo más probable que sea lo último.
- En todas las muestras estudiadas tienen más matriz que fragmentos, esto quiere decir que es matriz soportada y estas rocas cuentan con más de 50% de matriz. La matriz ha sido descrita como vidrio volcánico a veces con fracturamiento concéntrico o con vacuolas, incluso con fragmentos (shards) y aplastados (eutaxítico), además presentando desvitrificación a material arcilloso o feldespatos



(ver fotos 16 A y B), muestra C- 06. Todo este material es considerado como cenizas, por eso se clasificó como toba ceniza>lapilli. Esto es confirmado con las imágenes de electrones retrodispersados donde se observa material fragmentado desordenado (ceniza en sí) desvitrificándose a material fino cristalizado.

- De acuerdo a los primeros registros del levantamiento por columnas en la descripción macroscópica con las muestras de las ignimbritas de Añashuayco, se clasificó como una Toba (ignimbritas) de composición andesítica de matriz afanítica y en los estudios petrográficos se determina que su composición se aproxima de una intermedia a ácida al igual que se llega a determinar con la microscopía electrónica de barrido MEB - EDX, cuya composición se aproxima a ácida.
- Finalmente, con ayuda del microanálisis EDX se conoce que la matriz es de composición ácida (Si>>>Al>>>K>Na>>Ca>Fe>Mg>Ti), al ser un material de mezcla las abundancias de los elementos no son muy precisas, por lo que dificulta cualquier estequiometría, pero teniendo en cuenta las abundancias con ciertas tolerancias se puede inferir que se trata de mezcla de feldespatos más zeolitas, además no se descarta cuarzo ya que la Si es bastante alto. Además, este material se desvitrifica a feldespatos cristalizados como la anortoclasa.
- En general se puede inferir que su composición es aproximada de dacita-riolita

#### AGRADECIMIENTO:

Los autores agradecen a la Dra. Gladys Ocharán de la empresa Microscopia Electrónica y Aplicaciones (MyAP Perú) por los análisis de microscopía electrónica de barrido (MEB).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aramaki, S. (1961). Classification of pyroclastic flows, *International Geology Review*, 3 (6): 518-524.
- Jones, C. (2013). Pyroclastic Textures. Recuperado del Departamento de Geología y ciencias planetarias - Universidad de Pittsburgh. Sitio web: <https://sites.pitt.edu/~cejones/Geolimages/index.html>
- Kopilova, M. (2018). Pyroclastic rocks and their textures. In: course of Igneous Petrology (EOSC 321). Recuperado de University of British Columbia, Canada. Sitio web: ([https://www.eoas.ubc.ca/courses/eosc321/lab\\_pyroclastic.htm](https://www.eoas.ubc.ca/courses/eosc321/lab_pyroclastic.htm)).
- Paquero, P., et al. (2006). Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa,

Southern Peru: Stratigraphical and petrological correlations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.

- Schmid, R. (1981). Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks.



**Marla Alvarez;** Ingeniera Geóloga, maestría en Ciencias de la Tierra con Mención en Exploración Geológica. Especialidad en Mineralogía, Petrología y Microscopía de Minerales. Jefe de Prácticas en la Facultad de Geología, Geofísica y Minas de la UNSA.



**Pablo Meza;** Ingeniero Geólogo, maestría en Geotecnia, doctor en Geografía, investigador Renacyt, con investigaciones en geomorfología, geotecnia, mecánica de rocas, mecánica de suelos, geología estructural, geoturismo, hidrogeología, geomateriales, evaluación de riesgos geológicos, geoprosamiento. Docente de pre-grado y pos-grado en la Facultad de Geología, Geofísica y Minas de la UNSA.

# Foro de discusión Discussion Forum

**A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.**

**Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.**

**At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.**

**Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geociencias.**



# MISCELÁNEOS

Ixtab , Diosa del suicidio



Los antiguos mayas creían que los suicidas se iban directamente al paraíso. Tenían una diosa especial que era la patrona de los que se habían privado de la vida ahorcándose, la llamaban Ixtab, diosa del suicidio. Puede verse esta diosa en el Códice de Dresde donde aparece pendiente del cielo por medio de una cuerda que está enrollada a su cuello. Tiene los ojos cerrados por la muerte, y en sus mejillas un círculo negro que representa la descomposición de la carne.

## Museo de Historia Natural, Lima, Perú

Haz click en la imagen





# La casa de los manantiales

<https://es.wikipedia.org/wiki/Manantial>

<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/springs-and-water-cycle>

<https://www.geoenciclopedia.com/manantiales/>

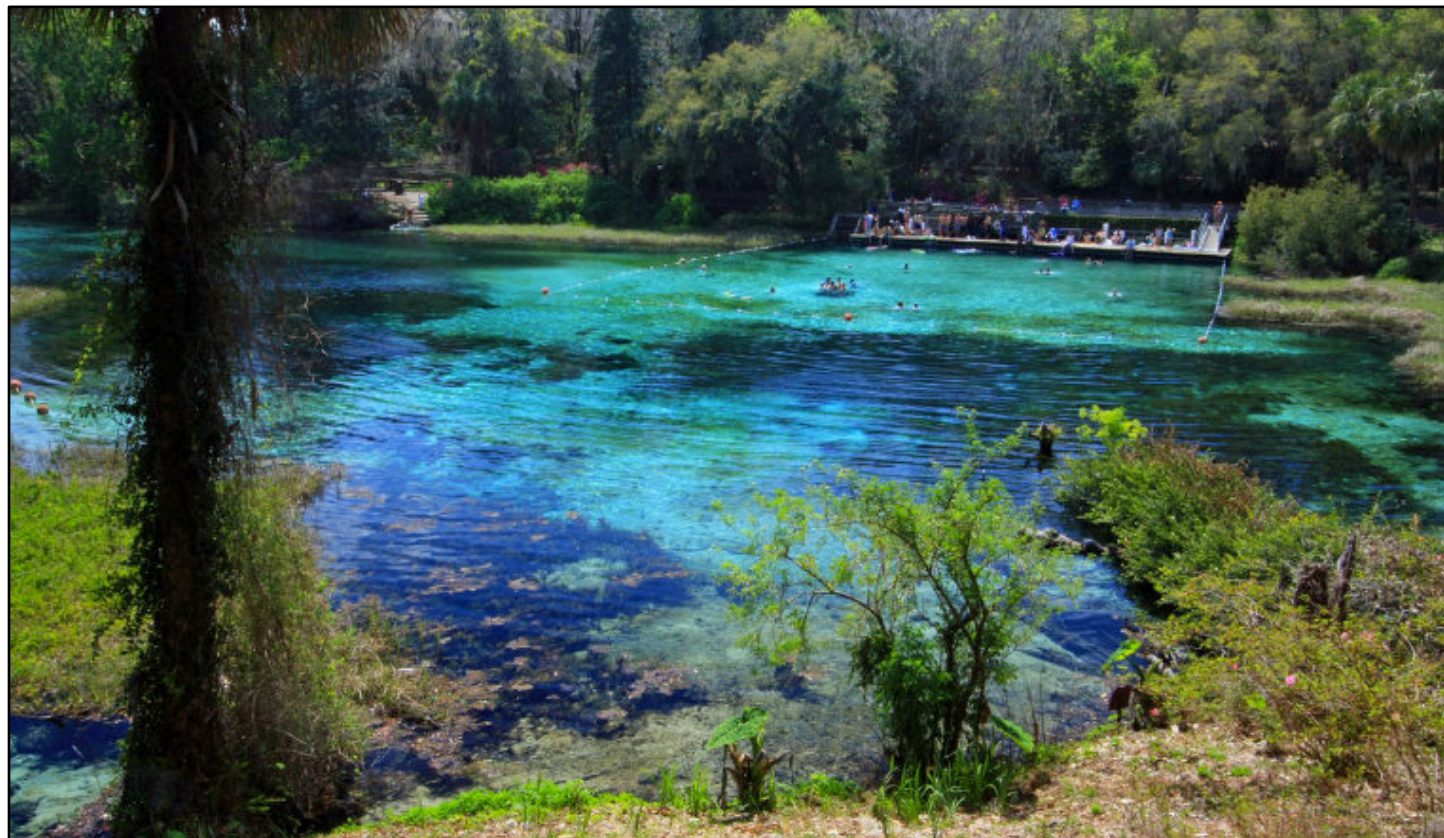
<https://study.com/learn/lesson/water-spring-types-examples-natural-spring.html>

[http://www.atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=139:l](http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=139:l)

<https://www.britannica.com/science/spring-water>

<https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manantiales-los-pozos/>

<http://www.waterencyclopedia.com/Re-St/Springs.html>



## Consortios de Investigación

En varias universidades de Estados Unidos se han establecido numerosos consorcios para atender la demanda de especialidades geológicas de la industria del petróleo. Esto ha permitido que los grupos de investigación y académicos en dichas universidades, perciban ingresos económicos que utilizan para el desarrollo de proyectos de investigación, y la financiación de equipos y materiales.

A continuación listamos algunos de esos consorcios, para que tengamos una noción de cómo se se organizan sus capacidades en relación con la industria petrolera.

Consortio Interdisciplinario de Carbonatos de Kansas: <https://carbonates.ku.edu/>

Consortio de Cuencas Conjugadas, Tectónica, e Hidrocarburos: <http://cbth.uh.edu/>

Programa de Bases de Datos de Análogos Sedimentarios: <https://geology.mines.edu/research/sand/>

Consortio para Modelado Electromagnético e Inversión: <http://www.cemi.utah.edu/>

Consortio de Investigación de Interacción Sal-Sedimento: <https://www.utep.edu/science/its/>

Consortio de Laboratorio de Geodinámica Aplicada: <https://www.beg.utexas.edu/agl>

Proyecto de Síntesis Depositional: Golfo de México: <https://ig.utexas.edu/energy/gbds/>

Consortio de Investigación de Fracturas y su Aplicación: <https://www.beg.utexas.edu/frac>

Consortio para la Energía Avanzada: <https://www.beg.utexas.edu/aec>

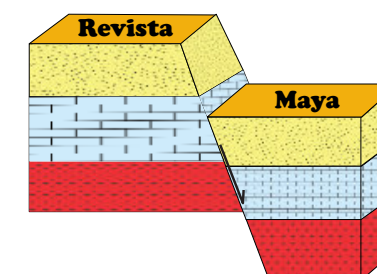
Laboratorio de Sedimentología Cuantitativa: <http://www.qsc.uh.edu/>

Consortio: Análisis Tectónico: <https://www.tectonicalysis.com/#top-bar>

Investigación por Hidrocarburos (EGI): <https://egi.utah.edu/research/hydrocarbon/>

Procesado Sísmico e Interpretación Atributos: <http://mcee.ou.edu/aaspi/>

Laboratorio Registros de Pozo: [https://www.spwla.org/SPWLA/Technical/Software/WELL\\_LOGGING\\_LABORATORY.aspx](https://www.spwla.org/SPWLA/Technical/Software/WELL_LOGGING_LABORATORY.aspx)





## Tesis selectas presentadas en Instituto Politécnico Nacional en 2021

Compilación realizada por Miguel Vázquez Diego Gabriel, Colaborador de la Revista

**Diseño de una metodología basada en una correlación de registros para detectar arcillas problemáticas presentes en pozos petroleros**

Cerino Reynoso, Jhon Antonio; Macías Moreno, Julio Cesar; Ortega Pérez Bolde, Saul Isaac

**Modelo estratigráfico del campo Poseidón 3D como complemento a la caracterización petrosísmica**

Ramírez Castillo, Sara Araceli; Rosales Lumbreras, Ulises; Quiñones Beraza, Arturo

**Generación de escenarios probabilísticos para conocer la incertidumbre y las variables con mayor impacto en el cálculo de volumen original de hidrocarburos de un yacimiento**

Osornio Solís, Adriana

**Estimación de reservas y evaluación petrosísmica en el campo Poseidón 3D, Australia**

Herrera Reyes, Claudia Gabriela; Vázquez Zuñiga, Elizabeth Viridiana; Cano Aznar, Esteban Rodrigo

**Estimación de la mineralogía compleja del campo Poseidón 3D marino en apoyo en la caracterización petrosísmica**

Guzmán Munguía, Montserrat; Hernández Castillo, Luis Enrique; Pérez Arguello, Fernando; Ramírez Jarquín, Christian Jacob; Salgado Cabrera, Thalia

**Análisis geológico-geohidrológicos de las zonas geotérmicas La Primavera, cerro Prieto y Acapulco**

Castillo Ramírez, Athenea

**Diseño y planeación de la perforación de un pozo inyector térmico**

Padrón McElhaney, Christopher Manuel

**Correlación de cubos petrofísicos y petrosísmicos del campo Cloudspin 3D en profundidad**

Delgado Castro, Víctor Estephan; Maceda Urbano, Yanel; Maya Benítez, Stefania; Pensabé Chávez, Luis; Zarate Sánchez, Joaquín

**Amalgamación de oro en Pueblo Nuevo, Durango. Geología médica y metalurgia alternativa**

Rivero Romero, Erick Emmanuel

**Interpretación y modelado 2D de datos magnéticos y gravimétricos para la exploración de una zona geotérmica en la región de Mexicali-Algodones, Estado de Baja California, México**

Sánchez Flores, Gabriela

**Caracterización petrofísica del campo C en la formación Chicontepec**

Luna Luna, Francisco Jesús

**Interpretación geológica del pozo MB3, ubicado en la sonda de Campeche, utilizando los registros FMI, DSI y CMR**

Pérez Torres, Karen Daniela

**Selección de fluidos de perforación de acuerdo a la columna geológica**

De la Cruz Loera, José Alfredo; Espejel Pichardo, María Monserrath; Herrera Cortes, Emma Mireya; León Sánchez, Adrián; Santiago Zarco, Bibiana Janett

**Estudio multitemporal para la detección de cambios en la laguna Villa Victoria en el Estado de México**

Gutiérrez Saucedo, Andrea; Jiménez Rubio, Jorge Luis; Ramírez Salinas, Diana Valeria; Ramírez Velasco, Oscar Samuel

**Clasificador de imágenes sísmicas para el reconocimiento de características geológicas aplicando inteligencia artificial**

Cruz Reyes, Ana Katya

**Uso del modelo WRF para monitoreo de huracanes en México**

Morales Meza, Lourdes Georgina

**Prospección geofísica con GPR y sísmica en la zona arqueológica de Peralta, Guanajuato**

Cruz Cruz, Ildelfonso Xocoyotzin; Cruz Segundo, Alejandro

**Atenuación de múltiples para la inversión sísmica con el algoritmo de optimización por enjambre de partículas**

Espino López, Giovanni



**X EARTH SCIENCES CONVENTION**  
Exhibition of Products, New Technologies and Services  
International Convention Center of Havana, Cuba  
April 10<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup>, 2023

**GEOLOGIA ' 2023**  
XV Geology Congress

**GEOFISICA ' 2023**  
XII Geophysics Congress

**MINERIA ' 2023**  
X Mining Congress

**PETROGAS ' 2023**  
IX Oil And Gas Congress

**GEOINFO ' 2023**  
XVI Informatics and Geosciences Congress

The Cuban Geological Society (SCG) is pleased to invite scientists, professionals, technicians and university students of Geology, Geophysics, Mining and related Geosciences, to participate in the X Earth Sciences Convention, and Exhibition of Products, New Technologies and Services, to be held at the International Conference Center of Havana, Cuba on April 10<sup>th</sup> - 14<sup>th</sup>, 2023.

The convention welcomes presentations about Cuba, the Caribbean and other regions or in general about the geology, geophysics and mining experiences in the search and management of natural resources, including minerals (metals, industrial), water, oil and gas, construction, earthquake research and other geohazards, education of geosciences; as well as any other related to the sustainable exploitation of natural resources.

We invite professional societies, institutions and non-government organizations to organize workshops, round tables and meetings during the Convention.

  
MSc. Kenya E. Núñez Cambra  
President of the Cuban Geological Society

**“Geosciences at services of Society and Development”**

[www.scg.cu](http://www.scg.cu)  
[www.cubacienciasdelatierra.com](http://www.cubacienciasdelatierra.com)  
[geociencias.cuba.scg@gmail.com](mailto:geociencias.cuba.scg@gmail.com)  
[geociencias@mnhnc.inf.cu](mailto:geociencias@mnhnc.inf.cu)  
[geociencias@igp.minem.cu](mailto:geociencias@igp.minem.cu)



# Caverna del arte

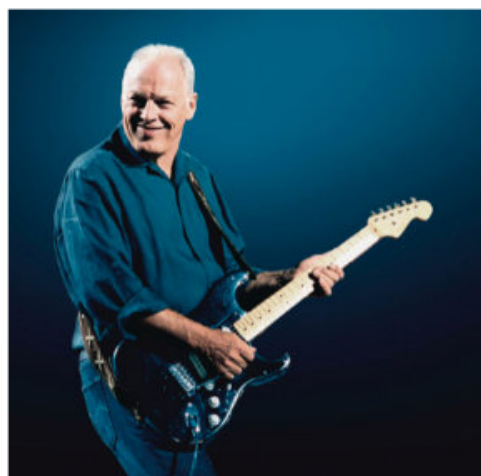
## LAS MÍTICAS GUITARRAS FENDER

Información recopilada y editada por Luis Valencia.

Editor de la Revista

Si se mencionan las palabras "guitarra eléctrica", no hay duda de cuál es el modelo que suele venir a la mente de la mayoría de los guitarristas: la icónica *Fender Stratocaster*. Innumerables músicos de todos los géneros han hecho de la "Strat" su guitarra preferida. He aquí algunos de los guitarristas más populares que han estado ligados una:

- Jeff Beck (con su característico uso de la barra de trémolo).
- Buddy Holly (uno de los primeros en adoptar una Strat como guitarra principal).
- Jimi Hendrix (¿quién podría olvidar Woodstock?).
- Eric Clapton (un devoto usuario de la Strat desde mediados de los años 70).
- David Gilmour (principalmente tocando la Strat durante toda su carrera).
- Buddy Guy (un bluesman con una misión).



David Gilmour, guitarrista de Pink Floyd y su mítica "Black Strat"

Con esa lista, tiene que haber una buena razón para que la Stratocaster sea la guitarra preferida de muchos músicos a nivel mundial. En el caso de Buddy Holly, que cambió una Gibson Les Paul para hacerse con una stratocaster. La leyenda dice que el peso más ligero de la Strat, su diseño futurista (para la época) y su facilidad de ejecución fueron las razones por las que hizo el cambio, éstas son las mismas razones por las que muchos guitarristas prefieren una Stratocaster hasta el día de hoy. La Stratocaster (a menudo llamada "Strat") tiene una larga y fascinante historia, y sigue siendo uno de los modelos de guitarra eléctrica más populares del mercado, simplemente el rock no existiría tal y cual lo conocemos al día de hoy sin una de éstas .

Clarence Leonidas Fender (inventor de la guitarra Fender), considerado el padre de la guitarra eléctrica, es reconocido a nivel mundial como un gran héroe de la música de todos los géneros, ya que gracias a sus experimentos e inventos, logró desarrollar la tecnología necesaria para la invención de una guitarra eléctrica producida en serie.

Leo Fender, nacido en agosto de 1909, establece un taller de reparaciones electrónicas con tienda de radios en 1939, a pesar de tener antecedentes netamente campesinos (por su familia) y estudios de contabilidad que abandona al inicio de la gran depresión económica norteamericana, la electrónica fue siempre su hobby y, aunque nunca aprendió a tocar ningún instrumento, siempre fue un entusiasta del diseño de guitarras y amplificadores; a esta la tienda la nombró "Fender Radio Service" y siendo recién casado, se veía optimista en su comunidad de Fullerton, CA. con el negocio de

"electrodomésticos, discos fonográficos, partituras, instrumentos musicales y reparaciones" como lo decía su tarjeta de presentación.

Leo Fender inició formalmente los trabajos de lo que conoceríamos después como la Fender Telecaster en 1949, a la que podríamos en definitiva llamar, la primera guitarra eléctrica de cuerpo sólido fabricada en serie con fines comerciales. Era un instrumento dirigido al músico que trabajaba todos los días, que podía ajustar y reparar con refacciones compradas y un desarmador si fuese necesario. El primer género musical que se vio beneficiado de este sonido tan novedoso fue el Western Swing, que inició su popularidad también en la década de los treinta y que vivió su génesis en salones de square dance en Texas, con exponentes como Spade Cooley, Los Brazos Valley Boys, y sobre todo, un músico brillante que hubiera sido todo un rockstar de haber aparecido 10 años después: Jimmy Bryant. Unos meses después, a principios de 1950, surgió el famoso diseño que algunos incrédulos llamaron "un bastón de hockey" "un remo" o incluso "una pala para nieve" y que era una tabla de casi dos pulgadas de ancho, sin contornos y con una austeridad casi espartana, incluso en su esquema de color original, llamado Butterscotch Blonde, que no es más que un amarillo crema oscuro con un golpeador (Pickguard) de color negro; el diseño con una sola pastilla (la del puente) se le llamó Squier, y la de dos pastillas se llamó Broadcaster, nombre que causó un incidente con la marca Gretsch, la cual demandó a Fender por usar ese nombre, mismo que usaba en un set de batería de Fred Gretsch fabricado a partir de 1949. Pero el éxito comercial le pertenecería a la Telecaster, nombre adoptado de una vez por todas a partir de abril de 1951. La que inició costando \$189.50 USD, con construcción de madera de fresno (ash), con estuche rígido de tweed (pana), tahalí de piel natural y cable conector. El sonido de esta guitarra es típico en los géneros del Rock, Rockabilly, Western Swing, Blues, Country y Sonido Memphis.



La Fender Telecaster



Keith Richards, guitarrista de The Rolling Stones y su Telecaster

La Telecaster es una guitarra de sonido muy agudo, sobre todo con su pastilla del Puente, que al combinarla con la pastilla lipstick del cuello se suaviza y balancea el sonido, y se produce su mejor tonalidad. Su selector es de tres posiciones permite escuchar en solitario la pastilla del cuello, la del puente y la combinación de ambas.

### La consagración definitiva.

Y llegó el momento de evolucionar para siempre, Dios dijo hágase la excelencia y le dio la luz a Leo Fender para inventar la Stratocaster. La Stratocaster es la guitarra eléctrica por excelencia. Su invención en 1954 no fue solo un desarrollo significativo en la evolución de la guitarra, sino también un momento fundamental para el diseño en la música del siglo XX. Marcó el momento en que la guitarra eléctrica cortó los lazos con la guitarra acústica para convertirse en una entidad completamente nueva y única.

Como muchos grandes inventos, las motivaciones para crear la Stratocaster fueron de naturaleza práctica, fue precedida por la Telecaster (originalmente llamada Broadcaster) en 1948, muchas de las características innovadoras de la "Strat" llegaron de intentar mejorar la "Tele".



La Telecaster fue la primera guitarra eléctrica de cuerpo sólido producida en masa y comercialmente exitosa. Si bien disfrutó del éxito comercial, el equipo de Fender Guitars sintió que la Telecaster era demasiado básica, necesitaban un modelo actualizado para competir con otros fabricantes de gama alta.

El trabajo en la Stratocaster comenzó en 1951 y, a fines de 1952 habían surgido muchas de las características distintivas de la Stratocaster, como las pastillas y el puente. Curiosamente, Leo Fender nunca aprendió a tocar el instrumento del que fue pionero y del que su nombre se convertiría en sinónimo, para compensar, a menudo confiaba en un equipo de guitarristas a su alrededor para darle consejos prácticos sobre diseño y uso.



La Fender Stratocaster

La primer producción de la Stratocaster fue en octubre de 1954, sorprendentemente el impacto de ésta no fue inmediato. No fue hasta la década de 1960, cuando fue adoptado por músicos de alto perfil como Jimi Hendrix y Eric Clapton, que la Stratocaster comenzó a penetrar la cultura en general.

Hay dos elementos centrales que hicieron que la Stratocaster fuera innovadora: su forma y su tono, específicamente, la ergonomía y la amplitud de sus capacidades tonales. Antes de la Stratocaster, las guitarras eléctricas en su mayoría se parecían a las guitarras acústicas en forma física, proporciones y diseño. La "Strat" rediseñó la forma y agregó contornos para satisfacer las necesidades del guitarrista moderno.

Las guitarras de cuerpo sólido no tienen las limitaciones físicas que tienen las guitarras acústicas o semihuecas, debido a que no hay una cámara de sonido, lo eléctrico de cuerpo sólido puede ser más versátil en su forma. Sin embargo, ningún modelo de cuerpo sólido antes de la Stratocaster aprovechó esta nueva libertad, sus predecesores todavía tenían los bordes cuadrados al estilo de las guitarras acústicas. La Stratocaster ajustó la forma para aumentar la facilidad y la comodidad de tocar, agregó contornos al cuerpo, lo que significa tocar de manera muy natural.

La Stratocaster introdujo varias características funcionales innovadoras que la ayudaron a encontrar su voz única. Fue el primer producto Fender en tener tres pastillas, enriqueciendo el tono general de la guitarra. Tres pastillas también significaban que los músicos podían controlar su tono con mayor precisión. En la Telecaster, dos cuerdas compartían la misma sección del puente, en la Stratocaster se le dio a cada cuerda su propia y única posición en el puente, mejorando la entonación.

Otro logro técnico significativo de la Stratocaster es su sistema de vibrato de tensión de resorte, comúnmente conocido como barra de golpe o barra de trémolo. El nuevo dispositivo alteraba temporalmente el tono y agregaba vibrato, brindando a los músicos, modos de tocar y expresión completamente nuevos. Se convirtió en una herramienta básica para innumerables guitarristas.

Un testimonio único de la calidad de la Stratocaster es la resistencia de su diseño, apenas ha cambiado en casi siete décadas. En lugar de volverse obsoletas o pasarse por alto, las Stratocasters siguen estando entre las guitarras más buscadas tanto por guitarristas como por coleccionistas. Leo Fender y Fender Guitars continuarían inventando y desarrollando muchas otras guitarras y amplificadores icónicos, pero ninguno tendría el impacto cultural duradero de la "Strat".

A partir de su creación, Fender se convirtió en una marca asociada con el nacimiento del Rock. Por ello, hoy a más de 100 años del natalicio de Leo Fender, estos son algunos datos concluyentes sobre esta legendaria marca constructora de guitarras eléctricas:

1.- Fender Musical Instruments Corporation (FMIC) es el fabricante de guitarras más importante del mundo. Hasta hoy FMIC considera distintas marcas, una línea de equipo de audio profesional, amplificadores, otros instrumentos además de las guitarras, una línea de accesorios y ropa.

2.- La Stratocaster es la guitarra que, desde 1954, es el modelo más vendido, pues a pesar de que las guitarras eléctricas ya existían desde la década de 1930, Fender mejoró características que hacen a esta guitarra única en el mundo, como la variedad de tonos. Aunado a ello, la popularidad de la "Strat" reside en ser la preferida de rockeros como Eric Clapton, Jimi Hendrix, David Gilmour, Chuck Berry, Keith Richards, Buddy Holly y decenas de muchos músicos más.



Eric Clapton y su famosa Blackie



Diversos modelos de guitarras Fender en el mundo



## Glosario de términos geológicos

Compilado por:

**E.P Saul Humberto Ricardez Medina**

Colaborador de la Revista

Esta compilación selecta de términos geológicos que utilizan regularmente los profesionistas de las Ciencias de la Tierra tiene la intención de apoyar a aquellos estudiantes que requieran de una referencia sobre el tema.

**Descarbonización:** Es el proceso mediante el cual los países u otras entidades tratan de lograr una economía con bajas emisiones de carbono, o mediante el cual las personas tratan de reducir su consumo de carbono.

**Eficiencia energética:** La eficiencia energética hace referencia al uso eficiente de la energía. Un dispositivo o una instalación es más eficiente energéticamente cuanto menos energía consume para realizar una actividad. Una persona, un servicio o un producto eficiente precisa menos energía para realizar el mismo trabajo.

**Gases de efecto invernadero:** Gases que causan un efecto invernadero en la atmósfera terrestre y, por lo tanto, son responsables del calentamiento global que se está desarrollando y de sus consecuentes cambios climáticos

**Generador:** Dispositivo que produce energía eléctrica a partir de diferentes formas de energía: mecánica, química, lumínica o térmica. Los diferentes tipos de generadores incluyen la dinamo, para producir corriente continua, y el alternador, para generar corriente alterna.

**Hidrógeno:** El hidrógeno es el primer elemento de la tabla periódica y el más ligero que existe. Es el elemento más abundante en la Tierra. Constituye aproximadamente el 75 % de la materia del Universo, pero se encuentra combinado con otros elementos como el oxígeno formando moléculas de agua, o al carbono, formando compuestos orgánicos. Por tanto, no es un combustible que pueda tomarse directamente de la naturaleza, sino que es un vector energético (como la electricidad). Existen distintos tipos de hidrógeno, en función de las fuentes y sus métodos de producción.

**Hidrógeno verde:** Es el hidrógeno obtenido del agua a través de un proceso de electrólisis alimentado por electricidad producida a partir de fuentes de energía limpia.

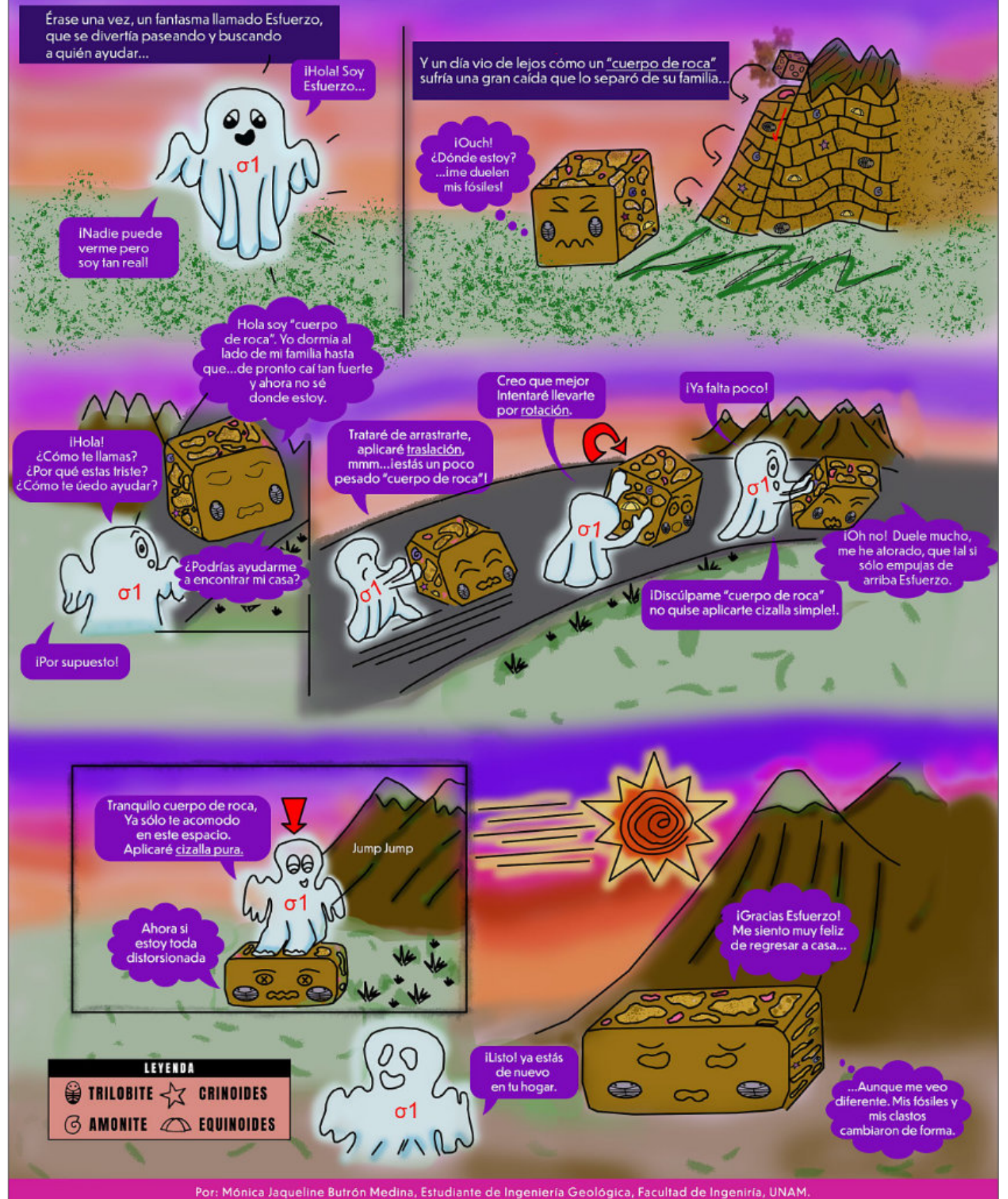
**Huella ambiental:** Medición del impacto ambiental que provoca un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, es decir, antes, durante y tras su cese de actividad.

**Huella de carbono:** La huella de carbono es un indicador ambiental que refleja la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto. Se mide en masa de CO<sub>2</sub> equivalente y permite identificar la cantidad de GEI que son liberados a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad.

**Seguridad energética:** La Agencia Internacional de la Energía define la seguridad energética como la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio asequible. La seguridad energética tiene muchos aspectos. A largo plazo se refiere principalmente a las inversiones oportunas para suministrar energía en función de la evolución económica y las necesidades medioambientales. Se centra en la capacidad del sistema energético para reaccionar con prontitud ante cambios repentinos en el equilibrio entre la oferta y la demanda.

**Vector energético:** Se considera un vector energético a las sustancias o dispositivos capaces de almacenar energía que posteriormente puede ser liberada de forma controlada. Las baterías, las pilas o los condensadores son ejemplos de vectores energéticos. Pero también la electricidad y el hidrógeno.

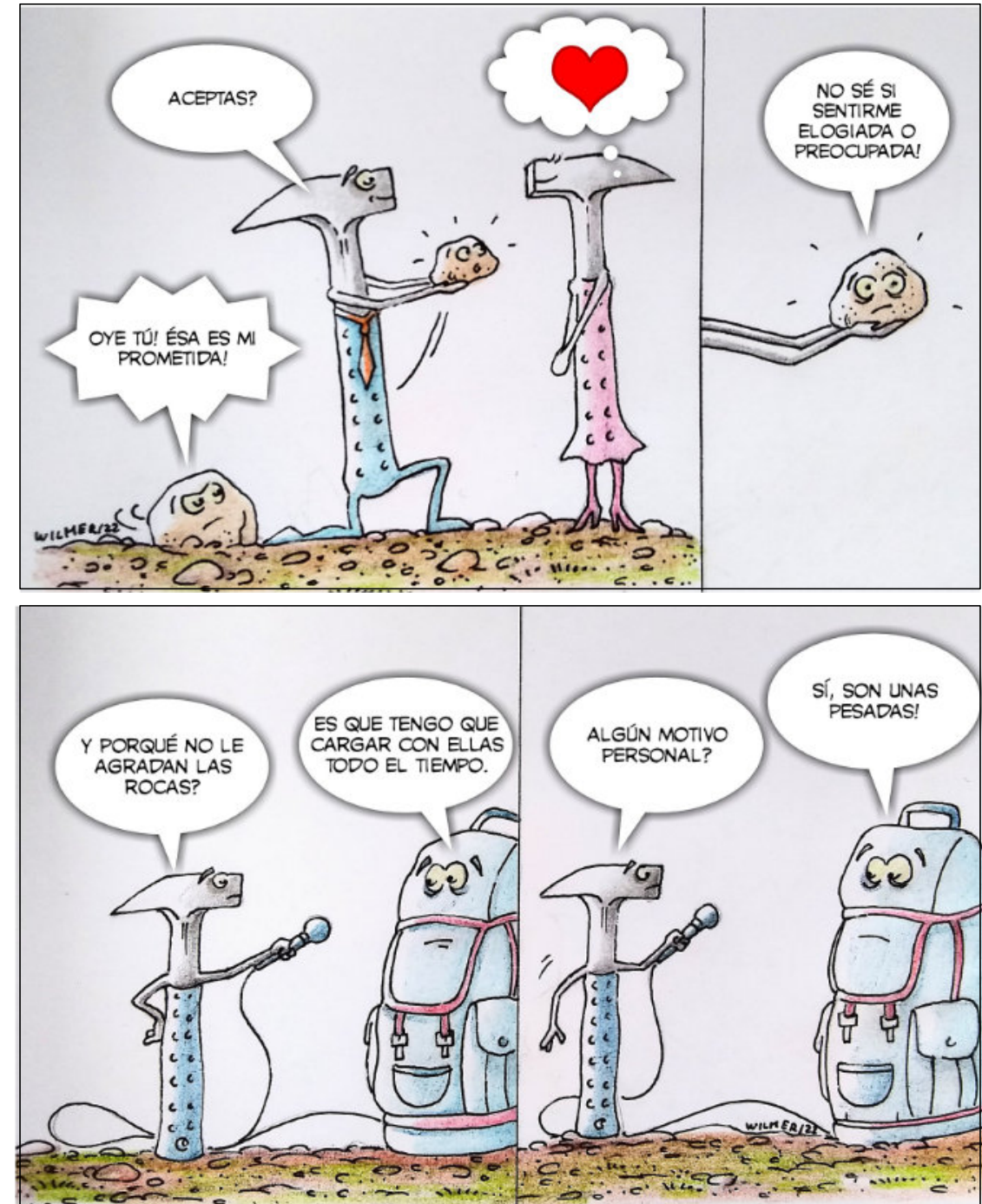
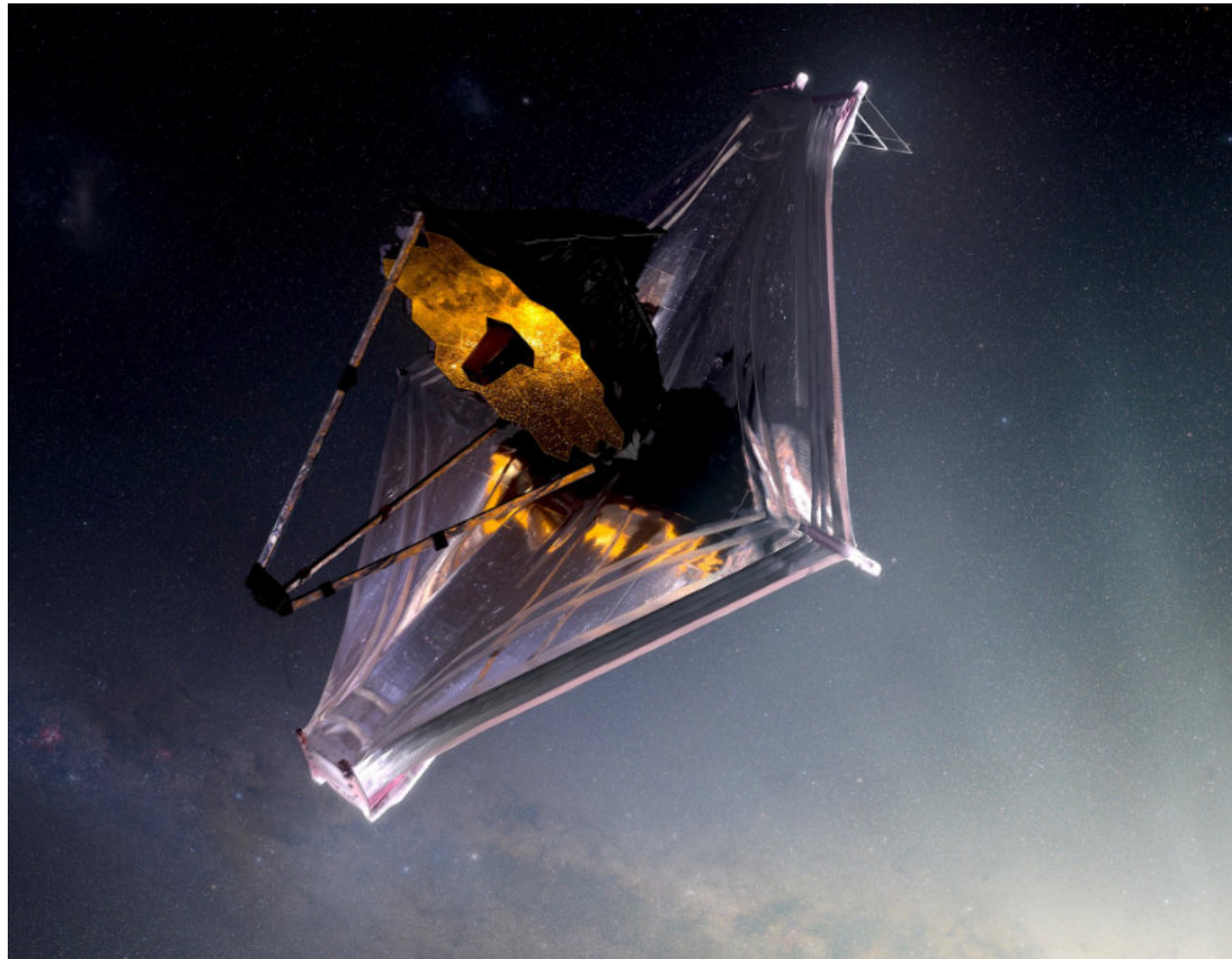
## LA HISTORIA DE UN "CUERPO DE ROCA" QUE SE DEFORMA (una simple explicación al esfuerzo de deformación)





## Primeras imágenes del Telescopio Webb de NASA

<https://www.nasa.gov/webbfirstimages>



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.



## Coyote Buttes, Arizona

**Coyote Buttes North (The Wave)** and **Coyote Buttes South** are a small part of the 112,500-acre Paria Canyon-Vermilion Cliffs Wilderness and have some of the most visually striking geologic sandstone formations in the world.

Coyote Buttes permit areas are within a backcountry, undeveloped wilderness area and do not contain any developed trails or facilities. To preserve wilderness character and limit damage to the fragile area, the Bureau of Land Management limits visitation to Coyote Buttes through a permit system. You must have a permit to visit Coyote Buttes North and Coyote Buttes South.

[https://www.americansouthwest.net/arizona/coyote\\_buttles/index.html](https://www.americansouthwest.net/arizona/coyote_buttles/index.html)

<https://www.youtube.com/watch?v=WYf3ebBaogU>

<https://www.youtube.com/watch?v=BKBrc4xi9Tw>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Coyote\\_Buttles](https://en.wikipedia.org/wiki/Coyote_Buttles)

<https://www.recreation.gov/permits/274309>

<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/vermilion-cliffs-national-monument>

<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/vermilion-cliffs-national-monument>

Compilado por Nimio Tristán,  
Geólogo,  
Houston, Texas







Actualmente ya no se encuentra el mineral de Plomo pardo en la localización.

Humboldt visitó México en 1803 y obtuvo muestras del mineral de Plomo pardo.

Muestra original conservada en el Museo de Historia Natural de Berlín

Ahora sabemos que el Plomo pardo de Del Rio de Zimapán era el mineral vanadinita.  
 $Pb_5[Cl(VO_4)_3]$



La nota original de Humboldt dice:  
"Mineral de plomo pardo (en alemán) de una veta en Zimapán de la parte norte de México. Cromo de plomo. El señor del Río había creído reconocer un nuevo metal al que había llamado 'eritronio', luego 'pancromo', pero finalmente se reconoció como cromo ordinario".

Vanadinit - Natural History Museum, Berlin, Germany - CC BY-SA.  
<https://www.europeana.eu/item/11622/MFNXMINERALOGYXMFNXXG/ERMANYXMFNXXMINX1997X0095>  
Dr. James L. Marshall and Virginia R. Marshall  
GONZALES REYNA, J., 1956-SEE USGS BULL. 1316, REF. NO. 00108

Por: Víctor U. Cortés  
Estudiante de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Contacto: viurcohe@gmail.com



## VIII JORNADAS VENEZOLANAS DE HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS Primera Circular

En el marco del  
**II CONGRESO VENEZOLANO DE GEOCIENCIAS (Marzo 2023)**  
Caracas, Campus de la UCV

En conmemoración del **85 aniversario** del Decreto de Creación del *Instituto de Geología*, predecesor a la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela

### COORDINADOR

MSc. Crisanto Silva Aguilera (SVHGc-DCT.USB). silvaguilera@usb.ve

### COMITÉ CIENTÍFICO

Prof. Andre Singer (SVHGc-FIUCV)  
Ing. Geol. Noel Mariño (SVHGc-CONSULTOR)  
Ing. Geol. Jose Antonio Rodriguez (SVHGc-CONSULTOR)  
Prof. Franco Urbani (SVHGc-FIUCV)  
MSc. Iván Baritto (SVHGc, INTEVEP)

### COMITÉ LOGÍSTICO

Ing. Geol. Lucia Barboza (Doctorante Arquitectura UCV - Consultora)  
MSc. Oswaldo Marín (ARQUSB)  
Estudiantes de la UCV y USB, miembros de capítulos estudiantiles AAPG, SEG y SOVG

### TEMÁTICA

Todos los tópicos relacionados con la historia de las geociencias de cualquier país.

### ESTRUCTURA PROPUESTA:

Presentaciones orales de 15 a 20 min y 5 min para discusiones  
Concurso mejores trabajos tesis de grado y postgrado.  
Charlas magistrales



**RESÚMEN (Requerimiento para todo el II Congreso Venezolano de Geociencias)**

Título: Mayúsculas, *negrita y centrado*, Times New Roman 12.

Autor (es): *Mayúsculas y minúsculas*, Times New Roman 11, *centrado*.

Empresa o Institución: *Times New Roman 10, centrado, con los números de autores en súper índices*

Correo del expositor: *Times New Roman 10, centrado*.

Palabras clave

Resumen: **Máximo 300 palabras**, Times New Roman, 11 puntos, *justificado*.

Keywords (en inglés): *Times New Roman 10*.

Abstract (en inglés): *Máximo 300 palabras, Times New Roman, 11 puntos*

**RESUMEN EXTENSO.** Específicamente para las **VIII Jornadas de Historia de la Geociencias**, además de los resúmenes con las características ya citadas (que es lo mínimo), los autores a su elección podrán continuar en una sección separada, hasta un máximo de tres páginas con más detalles de métodos, resultados y conclusiones, incluyendo bibliografía, figuras y tablas).

La 2da. **CIRCULAR** informativa con los detalles operativos será enviada luego que el II-CGV emita la 2da. Circular oficial del evento, para adaptarnos a ella (probablemente octubre 2022)

Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias

José Antonio Rodríguez. Presidente  
André Singer. Vice-presidente  
Crisanto Silva. Secretario  
Noel Mariño. Tesorero  
Franco Urbani. Vocal



**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.**

Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE - <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/>



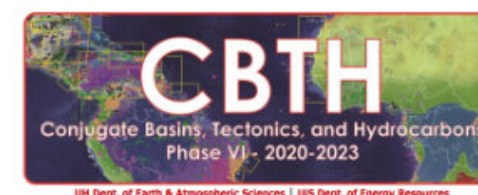
**Sociedad Cubana de Geología**

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



**Sociedad Dominicana de Geología**

<http://sodogeo.org/>



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

**Universidad Tecnológica  
del Cibao Oriental,  
República Dominicana**

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







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