

**ABRIL
2025**



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



ABRIL
2025



MAYAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

Portada de la revista: Perforación de núcleos someros (1.5 m) en la parte central del Glaciar de Jamapa (Citlaltepētli o Pico de Orizaba) a 5350 msnm para estudios de Geoquímica Glaciar Ambiental, variaciones en las concentraciones de metales pesados y geoquímica de isótopos de zinc como trazadores medio ambientales, en diferentes niveles del hielo y en la nieve superficial. Trabajo de campo de Proyectos PAPIIT y SECIHTI desarrollados en el Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla. El trabajo de campo se apoya en el Grupo de Núcleos de Hielo UNAM (varios Institutos y Guías de Alta Montaña). Fotografía por **Dr. Jaime Carrera**, Instituto de Geociencias UNAM Juriquilla. Perforando; **Gabriela Ponce (Gaby), Raúl Gómez (Rulas) y Alejandro Carrillo (Alex).**

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

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

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

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

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

Revista de difusión y divulgación geocientífica.

EDITORES



Luis 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



Bernardo García-Amador obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM en 2024. Su geo-pasión es entender la evolución tectónica de Centroamérica, así como del sur y este de México antes, durante y posterior a la fragmentación de Pangea. Además imparte el curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería

de la UNAM. 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



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



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



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



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

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

geodoxo@gmail.com

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk

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

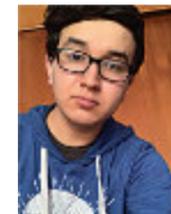
rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

ensilvacruz@gmail.com



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de 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



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

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

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

tenreyro2015@gmail.com



Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

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

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

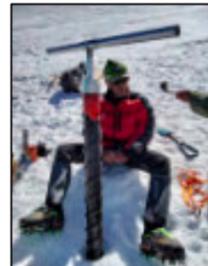
gleon.laura@gmail.com



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

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

r.avalos@astrocamp.mx



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

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



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

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

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

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

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

norma.olvera@atmosfera.unam.mx

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

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

Estimados colegas,

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

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

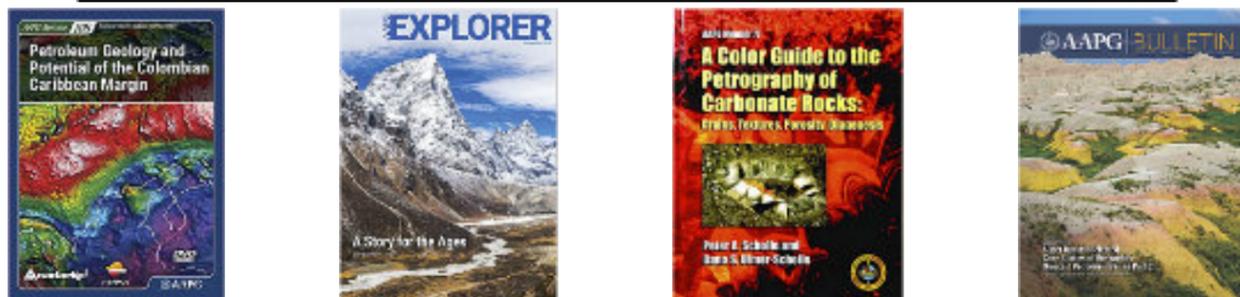
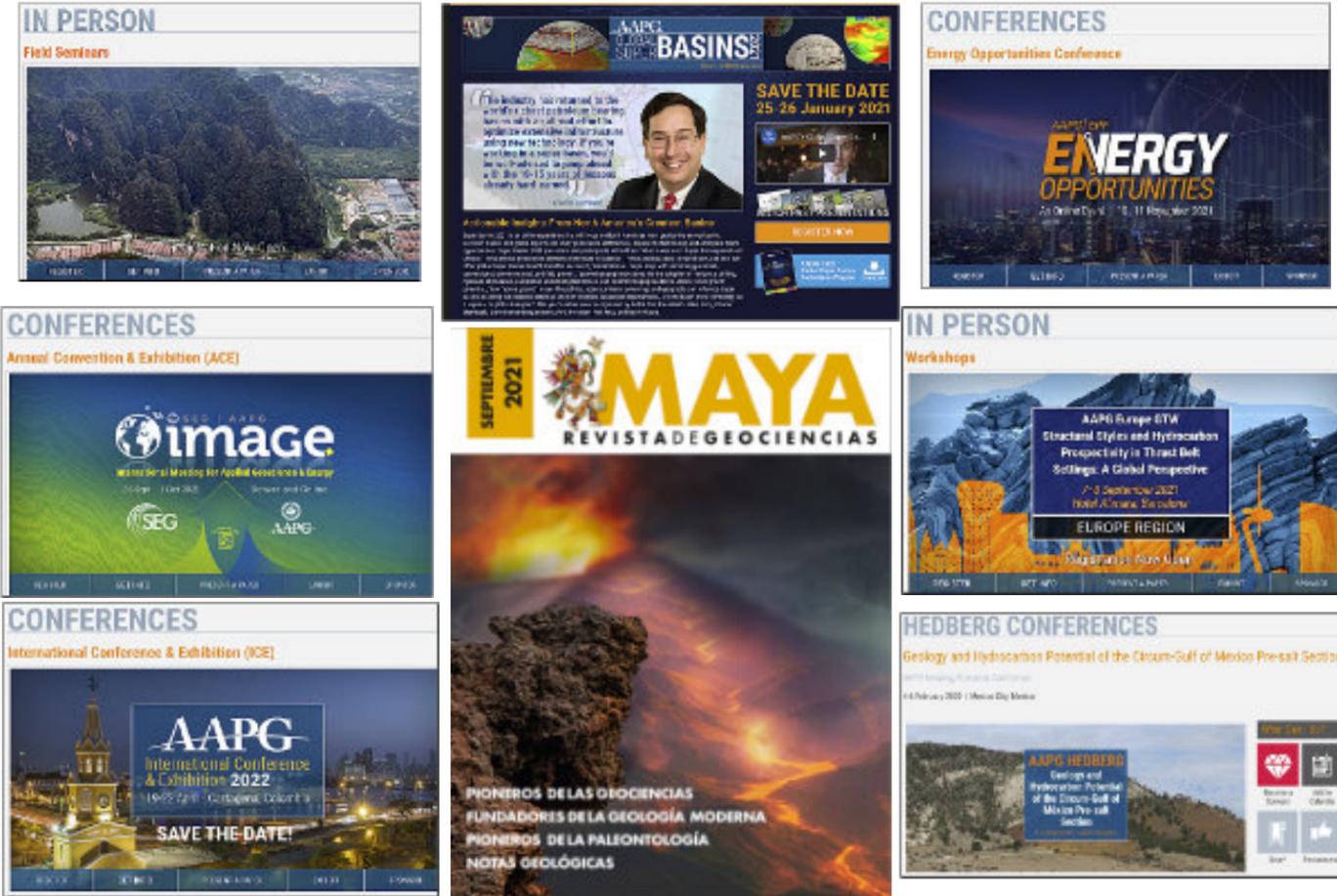


Visítanos en Revista Maya de Geociencias

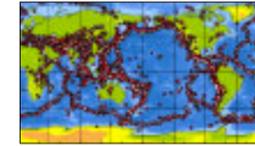
<https://www.facebook.com/groups/430159417618680>



Lazos de colaboración y amistad con la **AAPG**



EN ESTOS SITIOS PUEDES ENCONTRAR INFORMACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO.
Información compilada por el **Dr. Antonio Olaiz** (Repsol, Madrid).



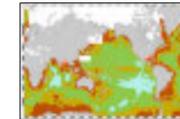
MECANISMOS FOCALES.

- <https://www.globalcmt.org/>
- <https://geofon.gfz-potsdam.de/old/eqinfo/list.php?mode=mt>



TERREMOTOS USGS.

- <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/earthquakes>



DATOS BATIMETRIA DE EUROPA DE ALTA RESOLUCIÓN.

- <https://emodnet.ec.europa.eu/en/bathymetry>

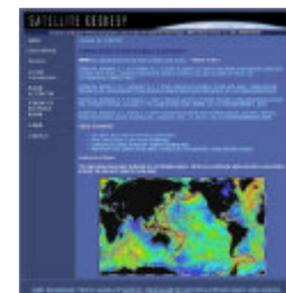


INFORMACIÓN GRAVIMÉTRICA TERRESTRE.

- <https://ggos.org/item/bgi/>

Modelo digital del terreno a 30 metros para todo el mundo.

- https://gdemdl.aster.ispacesystems.or.jp/index_en.html

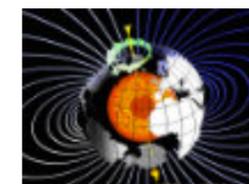


INFORMACIÓN GRAVIMÉTRICA MARINA.

- https://topex.ucsd.edu/marine_grav/mar_grav.html

DEM SRTM

- <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1#overview>



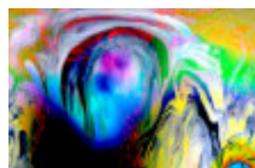
INFORMACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA.

- <https://geomag.us/index.html>

- <https://wdmam.org/>

Revista Maya de Geociencias ya tiene cuenta de Instagram. Visítanos en:

<https://www.instagram.com/revistamayadegeociencias/#>



El futuro depende de lo que hacemos en el presente.

Mahatma Gandhi

CONTENIDO

ABRIL 2025

Semblanzas.....	12
Miscelanea de imágenes.....	30
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	34
Los libros recomendados.....	43
Temas de interés.....	46
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	80
Notas geológicas.....	87
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	144
Una cara fósil en Atapuerca – España.....	145
A dinosaur found in the Gobi Desert.....	146
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	147
Venezuelan American Petroleum Association.....	150
Mujeres en la ciencia.....	151
New Director – Bureau of Economic Geology, TX.....	152
Emmy Noether – madre del álgebra abstracta.....	154
2025 Woman Power – AAPG professionals.....	157
Caverna del Arte.....	159
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	165
La casa de Homo sapiens.....	166
Earth’s oldest impact crater – Australia.....	167
Asociaciones geológicas hermanas.....	168

SEMBLANZAS

Germán Jiménez Ureña: 1861 - 1929

VIDA Y OBRA DEL INGENIERO GERMÁN JIMÉNEZ UREÑA (1861-1929)

José Antonio Rodríguez Arteaga

rodriguez.artega@gmail.com

Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias, SVHGc

Felipe Jiménez Artiles natural de San Carlos estado Cojedes y de Concepción Ureña de Jiménez. Convivirá con 8 hermanos y se unirá en matrimonio con María del Rosario Mujica Pelayo con quién criará 7 hijos (Delfino, 2022) razón por la cual una familia numerosa no le era extraña.

Nace en Caracas el 26 de julio de 1861, falleciendo el 16 de mayo de 1929 a la edad de 67 años. Sus primeros estudios los realiza en el Colegio Pedro Fontes de la parroquia La Vega, de Caracas dedicándose al estudio de la ingeniería civil de donde egresa en 1861. (Figura 1).



Figura 1. Ingeniero Germán Jiménez U.

Luego de egresar de la carrera de ingeniería civil y 4 años más tarde, en 1865, cursará en la misma UCV, un doctorado en Ciencias Filosóficas y Jurisprudencia. Por ello, su obra se combina entre la Ingeniería, una fracción de las Geociencia y el Derecho, escasamente practicado. Ellos lo harán un singular y estudioso individuo. No tardará mucho tiempo en ejercer la política, trabajando en 1890 como representante por el Distrito Federal, durante la presidencia de Juan Pablo Rojas Paúl. En julio obtiene un contrato con la municipalidad de Caracas y labora en la distribución de agua potable, así como en la construcción de las cloacas de la ciudad capital, contrato que luego traspasa a una empresa belga, la Compañía de Aguas de

Caracas en la cual hizo de asesor (Diccionario Polar, 1997). En el ejercicio de la Presidencia de Raimundo Andueza Palacio (octubre 1890-1892), ejercerá el papel de Ministro de Obras Públicas en el cual participará en la defensa de los intereses nacionales en una disputa con la Compañía Inglesa del Tajamar de La Guaira.

Jiménez, del Ferrocarril Central de Venezuela al Ministerio de Obras Públicas

Una de las características especiales que este profesional universitario y conocedor de su oficio fue la participación activa y efectiva en el Sistema Ferroviario Nacional,

esencialmente público, y del que no trataremos en este ensayo por lo extenso del tema. Apenas dedicaremos un par de ejemplos en el que necesariamente se fue involucrando dados los estrechos nexos que ligaban la ingeniería civil y aquellos lugares donde trabajó, unido a la minería.

Colaboró en la construcción del Ferrocarril de La Guaira (Figura 2) y luego en el Ferrocarril Central de Venezuela, pero antes que los trabajos de éste terminasen, fue llamado al ejercicio de labores públicas en el MOP por el ingeniero Jesús Muñoz Tébar (1847-1909), ingeniero, militar y político, desempeñándose en la misma entidad

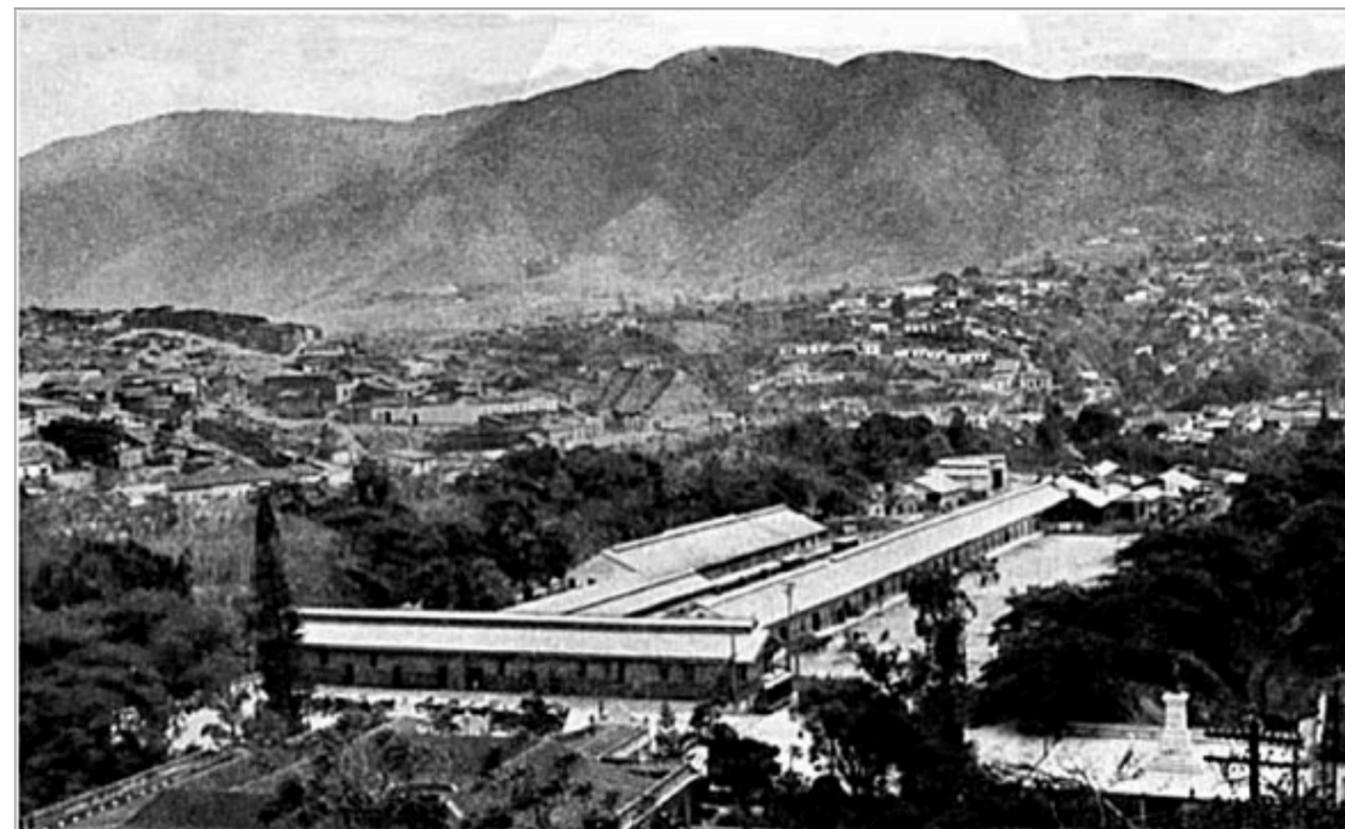


Figura 2. Estación Caracas. Ferrocarril Caracas-La Guaira, vista al norte (Fuentes: Morrison, 2008 y Febres, Cordero, 1990).

gubernamental, donde ejercerá funciones técnicas y de representación. Sea pues esta dualidad el ejercicio de funciones, a título de ejemplo: participaría en la inauguración del Ferrocarril de Naricual y el transporte de carbón, e igualmente representaría al Senado de Venezuela en un informe sobre el proyecto ferrocarrilero noroccidental, entre Mérida y Maracaibo. En 1892, cansado del "continuismo" presidencial de Raimundo Andueza Palacio (1846-1900) manifiesta su desacuerdo

con éste y renuncia al ente ministerial, Así ejercerá libremente la ingeniería en asociación con Félix Martínez Espino, fundando la *Oficina de Ingeniería Jiménez y Martínez* (Morón, 1997).

En el año 1911 se desempeña como inspector de vías del Ferrocarril Central de Venezuela (Figura 3) y en el año 12' es comisionado para investigar las causas del descarrilamiento de la línea férrea Caracas-La Guaira.

A MANERA DE RESUMEN

El 27 de diciembre de 1917 fue impreso el ejemplar dos correspondiente al *Pan American Scientific Congress (2d: 1915-1916: Washington, D. C.)*; bajo la dirección de Swiggett y Glen Levin, originalmente elaborado en Washington D.C., 1867. Un congreso excepcionalmente de ciencias que salía a la luz en un momento culminante para la creación de una tendencia científico-intelectual panamericana que reconocía la igualdad entre los científicos del continente. Estos *Proceedings*, once volúmenes en su totalidad, integraron las memorias del evento con variedad de temas esencialmente dedicados a la ciencia.

Hemos de destacar el 7^{mo} volumen en que el ingeniero venezolano Germán Jiménez Ureña incursionó particularmente en la minería, la metalurgia, la geología económica y la química aplicada en un ensayo de su propia cosecha titulado: *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela* artículo técnico-geo-minero de casi 50 páginas, redactado con admirable precisión y muy prolijo en detalles para un profesional no-geólogo, pero que manejaba ese campo del saber como parte de su actividad. A 25 años del siglo XXI se ha considerado necesario dar a conocer esta actividad tan diferente de la primigenia actividad de Germán Jiménez cuya síntesis biográfica apenas se conoce (Grases, 2016:126).

UNA VISIÓN DE CONJUNTO

De entre muchos de los egresados de la Universidad Central de Venezuela, UCV que hicieron carrera profesional en el Ministerio de Obras Públicas, MOP, bien podemos destacar la figura de Germán Jiménez U., hijo del



Figura 3. En 1890, la cartografía general del Gran Ferrocarril de Venezuela, rutas Puerto Cabello-Valencia-Caracas-La Guaira. (Fuente: <https://miferrocarriles.blogspot.com/2013/02/gran-ferrocarril-de-venezuela.html>).

En 1908, el gobierno nacional adquiere el Ferrocarril de La Vela a Coro pasando a ser tras su inauguración en febrero del siguiente año y hasta su desaparición, un bien de utilidad pública en apoyo a la extracción de carbón de Coro. Sin embargo, un informe del Ingeniero Jiménez advierte su progresivo deterioro en infraestructura y las limitaciones de ciertos materiales empleados en el tendido de sus rieles (de Lima, 2004:22). Por otra parte, el auge en el uso del petróleo como combustible da al traste con el uso del carbón y su consecuente quiebra. Entre 1911 y 1914 Jiménez Ureña es director de la Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas, fundado en 1911 durante el gobierno del General Juan Vicente Gómez (1908-1935) y continuará como Inspector de vías del Ferrocarril Central de Venezuela. En su devenir histórico, esta importante publicación técnica tendrá 4 etapas, de las que nos ocuparemos tan solo de la primera (1911 a

1914) con 48 ejemplares publicados, época básica para el ingeniero Jiménez.

En 1915, publica un tratado sobre *El derecho y la ingeniería* junto con el abogado caraqueño José Loreto Arismendi (1898-1979) (Sosa de León, 1997) y 2 años después será corredactor para la representación de los Estados Unidos en Caracas de un estudio general sobre los ferrocarriles de Venezuela, el cual completa junto con el ingeniero e historiador Vicente Lecuna, para su publicación en 1923. (Rojas, 2014).

En ese sentido Vicente Lecuna ingeniero e historiador dirá de su pupilo:

(...) [Jiménez] *descolló en sus informes para el MOP y diversas empresas que con frecuencia lo empleaban en estudios especiales. La habilidad y laboriosidad para*

reunir datos, su sagacidad en el estudio de las cuestiones más difíciles y el método y claridad de la exposición, hacían de sus informes verdaderas obras maestras. Así escribió sobre nuestras minas, muelles, ferrocarriles, canales y muchos otros asuntos interesantes a la nación y al público (...).

Don Vicente (Figura 4) verá publicado en el Boletín de la Cámara de Comercio de Caracas artículos sobre diversos temas de industria y comercio y en particular seguirá la



Figura 4. Vicente Lecuna, ingeniero e historiador Fuente: <https://curadas.com/2020/09/14/efemerides-14-de-septiembre-2020/>.

consultadas en la elaboración de este ensayo. A partir de 1920, Jiménez Ureña ocupará el cargo de *Director del Banco de Venezuela* siendo un destacado vocero para la construcción de nuevas líneas férreas en el país.

DE LOS APUNTES SOBRE LA RIQUEZA MINERALÓGICA DE VENEZUELA

Este título poco conocido, con cuyo título fue publicado el ensayo de Jiménez para las memorias del año 1917 en un único ejemplar y que fue incluido en un grueso volumen de casi 1045 páginas, fue replicado a su vez en el *Boletín de la Cámara de Comercio de Caracas*, y en 5 números entre las páginas 209 a 247, ambas inclusive y de 1919 a 1920. Los mismos están considerados como históricos y cada editorial escrita por Jorge Bracho, representante de dicha entidad comercial (véanse las fuentes consultadas para este trabajo).

En el primer número (71):

causa principal que Germán Jiménez trabajaba, la necesidad de más y mejores vías de comunicación y en particular el tema ferrocarrilero (Marín Primera, 2015) además de un tema muy poco tratado, como interesado en la geología general y la geología minera que si bien no se le señala como autor directo en forma directa, son veladamente mencionados y presentados en un trabajo separado en 5 números de la biblioteca digital de la empresa desde el número 71 al 75. Sus referencias han sido convenientemente colocadas en las fuentes

(...) se comenzó a presentar un ilustrativo artículo acerca de la minería, explotación y sus proyecciones en Venezuela, el cual seguiría apareciendo en ediciones posteriores. El artículo fue tomado de una edición presentada de una publicación correspondiente al *Congreso Científico Panamericano*. En esta primera entrega su autor, el doctor Germán Jiménez, examinó la minería de los metales, en este caso, la relacionada con la explotación del oro. Su disertación la inició expresando que la explotación del oro se había ralentizado durante los tiempos coloniales, en Venezuela. Luego de esbozar lo que de esta actividad se llevó a cabo en el país, aseveró que era una industria que requería de un capital para su extensión y desarrollo. Sólo su despliegue se estaba realizando en Guayana, al sur del río Yuruary.

De acuerdo con este estudio las potencialidades de su explotación se dieron a conocer, entre los habitantes de Guayana, el año de 1845, por parte del brasileño Pedro Joaquín Ayres. Para el año de 1849 se establecieron

lavadoras de arena en las riberas del río Yuruary. Las ganancias que generó para 1875 ascendieron a los 1.500.000 bolívares de la época. A raíz de la explotación se estableció una legislación que permitió, entre otras cuestiones, el ingreso de maquinaria a vapor.

Los sucesivos minerales expuestos en la conferencia de ciencias han sido transcritos según su orden de aparición: minería de los metales: oro, cobre, hierro, otros metales ([que] se hallan diseminados en el territorio de la República muchos yacimientos de diversos metales, de plata, platino, plomo, etc., los cuales no han sido objeto todavía de explotaciones formales). Minería de las sustancias no metálicas: carbón, asfalto, petróleo (...).

Una bibliografía

40 referencias bibliográficas fueron empleadas por Jiménez para su artículo publicado en 1917; tres de ellas (Minas de carbón del Estado Anzoátegui, Venezuela, 1912; Minas de carbón del Estado Falcón, Venezuela, 1912 y El lago de asfalto de Guanoco, perteneciente a la "New York & Bermudez Company," 1913, respectivamente son de su autoría intelectual, sin que el resto vaya en detrimento del resto). Una lectura de esta obra no muestra, *sensu stricto*, actividades ingenieriles, pero sí geomineras, de allí su título con los siguientes puntos. Ello muestra que el mismo profesional manejó otra actividad muy diferente al título de ingeniero civil. Por otra parte, y a título de ejemplo hemos encontrado en la bibliografía de Jiménez Ureña lo que a continuación insertamos:

(...) Terminamos aquí estos apuntes, en los cuales apenas hemos bosquejado someramente las condiciones actuales de las principales minas que están hoy o han estado en explotación en el territorio de la República; prescindiendo de la multitud de yacimientos de diversos minerales, descubiertos en el país, y que sólo esperan, para constituir nuevas fuentes de riqueza, la acción beneficiosa del explotador (...) (Jiménez, 1917:246-247).

Por otra parte, y de M. E. Palacio:

(...) quien fuera inspector técnico de minas y fundador de la Primera Escuela de Minas en Guayana para 1893 (...). Esto es realmente importante. Palacio elaborará 2 importantes artículos igualmente en minería (e. g.: El Informe sobre las minas de Aroa, Titiara norte y sur, Pozones y Cumaragua, pertenecientes a la compañía inglesa The Quebrada Railway Land & Copper Company Limited, 1891 y los Informes sobre las minas de carbón de la compañía inglesa "The Guanta Railway, Harbour and Coal Trust Company Limited," en idéntica fecha.

Por su novedad pese a los años transcurridos a Palacio, bien vale la pena leer y citar el artículo de (Mariño y Urbani. Es así que tendremos un ingeniero civil trabajando en sistemas ferrocarrileros y un especialista en minería y fundador de la primera Escuela minera del Yuruary. Nuestro profesional, Jiménez Ureña, bien utiliza sus "apuntes", teniendo como premisa:

CONCLUSIONES

Una investigación como la actual muestra lo polifacético de nuestro biografiado. A tal punto que hemos considerado dedicar tiempo y esfuerzo en encontrar otros profesionales dedicados a temas geológicos, geomineros y de Ciencias de la Tierra en general, convencidos como estamos, que su experticia entremezclada con "viejos papeles técnicos" permitan encontrar aspectos ocultos de un buen número de personajes como el que hemos presentado.

Esperamos que este trabajo de Germán Jiménez Ureña tenga la oportunidad de verse transcrito en su totalidad para beneficio de la geología nacional e internacional además de numerosos estudios en esta ciencia.

FUENTES CONSULTADAS

de LIMA, B. 2004) *El Ferrocarril Nacional La Vela-Coro*, Presente y Pasado. Rev. de Historia. 9(9):28.

DELFINO MARTÍNEZ H. V. 2022. *Ing. Germán Mariano Jiménez Ureña, Ministro de Obras Públicas (1861 - 1929)*. [Documento en línea], (febrero 17, 2025). <https://www.geni.com/people/Germ%C3%A1n-Jim%C3%A9nez-Ure%C3%B1a-Ministro-de-Obras-P%C3%BAlicas/600000032867152651>

FEBRES CORDERO, L. 1990. *La Venezuela del viejo ferrocarril*. Ediciones de la Presidencia de la República, 289 pp.

FUNDACIÓN POLAR. 1997. *Jiménez, Germán*. [Documento en línea]. (febrero 12, 2025). <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/dhv/entradas/j/jimenez-german/>

JIMÉNEZ, G. 1917. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, Proceedings of the second Pan American Scientific Congress, Section VII: Mining, Metallurgy, Economic Geology Washinton D.C. 209-247 pp.*

JIMÉNEZ, G. 1919. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, año VIII, octubre 1919, número 71, 617-621 ... (continuará)*, [Documento en línea], (febrero 17, 2025).

<https://camaradecaracas.com/biblioteca-digital/boletines/boletin-volumen-71/>.

JIMÉNEZ, G. 1919. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, año VIII, noviembre 1919, número 72, 627-631... (continuará)*, [Documento en línea], (febrero 17, 2025). <https://camaradecaracas.com/biblioteca-digital/boletines/boletin-volumen-72/>.

JIMÉNEZ, G. 1919. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, año VIII, diciembre 1919, número 73, 639-643, ... (continuará)* [Documento en línea], (febrero 17, 2025). <https://camaradecaracas.com/biblioteca-digital/boletines/boletin-volumen-73/>.

JIMÉNEZ, G. 1920. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, año IX, enero 1920, número 74, 651-656, ... (culminación)* [Documento en línea], (febrero 17, 2025). <https://camaradecaracas.com/biblioteca-digital/boletines/boletin-volumen-74/>

JIMÉNEZ, G. 1920. *Apuntes sobre la riqueza mineralógica de Venezuela, año IX, febrero 1920, número 75, 665-672, ... (culminación)* [Documento en línea], (febrero 17, 2025).



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

<https://camaradecaracas.com/biblioteca-digital/boletines/boletin-volumen-75/>

MARÍN PRIMERA, E. 2015. *Vicente Lecuna Salboch*. [Documento en línea], (febrero 17, 2025). <https://eglycolinamarinprimera.blogspot.com/2015/06/vicente-lecuna-salboch.html>.

MORÓN, G. 1997. *Andueza Palacio, Raimundo*. [Documento en línea] (enero 11, 2025, <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/dhv/entradas/a/andueza-palacio-raimundo/>).

MORRISON A. 2008. *La Guaira and Caracas railway Venezuela*. (Miller, K. trad.), Documento en línea], (febrero 12, 2025).

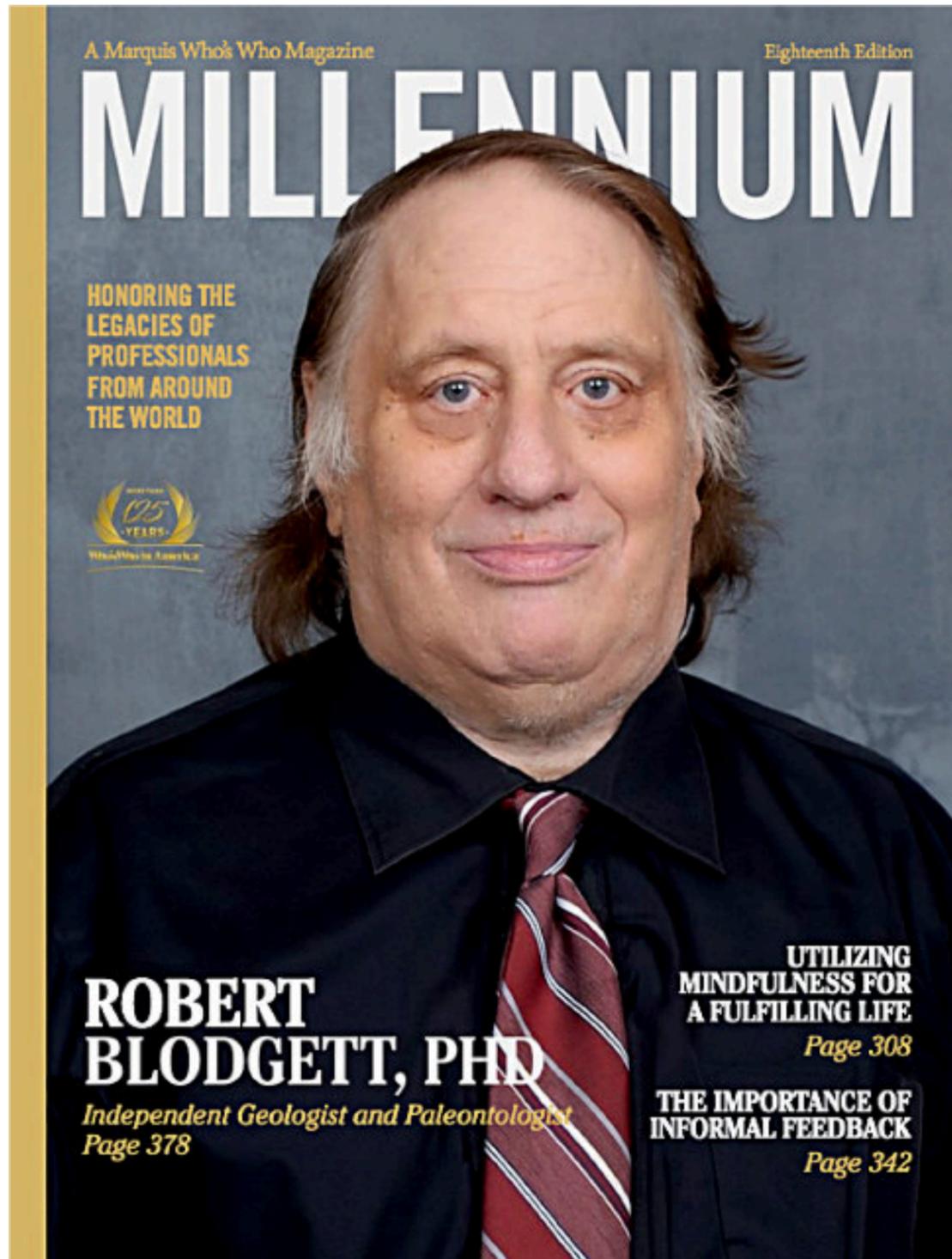
ROJAS, R. 2014. *Entre rieles. Historia del Ferrocarril en Venezuela*. Ediciones Moon, Valencia, estado Carabobo, Venezuela, 158 pp.

SOSA de LEÓN, M. 1997. *José Loreto Arismendi* [Documento en línea], (febrero 12, 2025, <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/dhv/entradas/a/arismendi-arismendi-jose-loreto/>).

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

rodriguez.arteaga@gmail.com

https://marquismillennium.com/18th_Ed/robert-blodgett/378/



Baranov Valeryi Vasil'evich

Baranov Valeryi Vasil'evich (17. 05. 1944), Doctor of Geological and Mineralogical Sciences is a famous Russian paleontologist who studies the systematics and paleobiogeography of Phanerozoic brachiopods of the Northern Hemisphere of the Earth and Early Paleozoic conodonts of northeastern Eurasia. In 1966, he graduated from the Yakutsk State University (Russia) and since 1970 has been studying the Silurian and Devonian brachiopods of northeastern Asia. From 1969 to 1990, he conducted 24 expeditions to various, mainly polar, regions of East Asia. In 1984, he defended his dissertation for a candidate of geological and mineralogical sciences on the topic "Rhynchonellids and biostratigraphy of the Lower Devonian of East Yakutia" (Northeastern Russia). From 1984 to 1997 he worked as the head of the stratigraphic-paleontological party in the production and geological association "Yakutskgeologiya". In 2004, he defended his doctoral dissertation. From 1997 to the present, he has been working as a leading researcher of Diamond and Precious Metals Geology Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Yakutsk) in the Laboratory of Stratigraphy and Paleontology. From 2008 to the present, he has been working with Dr. R.B. Blodgett and other American paleontologists in a joint project to study the Devonian brachiopods of North America. In 2012 and 2014, he took part in two expeditions to describe sections and collect brachiopods from the Lower and Middle Devonian of Alaska. Based on the results of these studies, together with Dr. R.B. Blodgett and other American paleontologists published 48 publications, of which the most significant are:

Baranov, V.V., Blodgett, R.B., 2018. Stringocephalid brachiopods in the Upper Givetian (Late Middle Devonian) of Southeastern Alaska (Coronados Islands) and their paleobiogeographical significance. *Journal of Paleontology*. **Baranov, V.V., Blodgett, R.B.**, 2019. New Rhynchonellides (Brachiopoda) from the Lower Pragian (Soda Creek Limestone) of West-Central Alaska. *Paleontological Journal*. **Baranov, V.V., Blodgett, R.B.** 2022. New Taxa of the Superfamily Ambocoelioidea George (Order Spiriferida) from the Eifelian of West-Central Alaska. *Paleontological Journal*. **Baranov, V.V., Blodgett, R.B.**, 2022. Early Pragian Rhynchonellids (Brachiopoda) of West-Central Alaska and Northeastern Eurasia and Their Paleobiogeographic Significance. *Paleontological Journal*.



In 2019, V. Baranov took part in a joint project with Iranian and English colleagues to study the Paleozoic brachiopods of Iran. In the same year, an expedition was conducted to describe sections and collect fossils from the upper Famennian of the Alborz Range. The first results of these studies were published in two articles: **Leonid E. Popov, Shaahin Zaman, Baranov Valeryi. et al.** 2021. Silurian (Aeronian) rhynchonelliform brachiopods of Shabdjereh, southwest Central Iran and their significance for early spiriferide evolution. *Journal of Systematic Palaeontology*. **Baranov Valeryi, Mohammad-Reza Kebria ee Zade and Blodgett, R.B.**, 2024. Late Famennian rhynchonellides (Brachiopoda) of northeast Iran. *Historical Biology*.

In 2019, the joint work of the Chinese project resulted in an article on Givetian terebratulids of southwest China: **Baranov Valeryi, Li Qiao, Blodgett R.B.**, 2020. Givetian Stringocephalid brachiopods from eastern Yunnan of Southwest China with notes on global distribution of the family Stringocephalida. *Paleoworld*.

In total, in more than two hundred publications, from the Ordovician, Silurian and Devonian deposits of the northern hemisphere, V.V. Baranov personally and together with other colleagues described about two hundred new taxa of brachiopods of family, subfamily, generic and species rank.

In addition to brachiopods, V.V. Baranov made a significant contribution to the study of late Silurian, Devonian and early Carboniferous conodonts of Northeast Asia. One of the significant works: **Baranov Valeryi, Slavik Ladislav, Blodgett, R.B.**, 2014. [Early Devonian polygnathids of Northeast Asia and correlation of Pragian/Emsian strata of the marginal seas of Angarida](#). *Bulletin of Geosciences*.

Grover E. Murray: 1916–2003

Grover E. Murray, a Charter Member of the Gulf Coast Section of SEPM, its first vice president and an Honorary Member, died on May 22, 2003, in Lubbock, Texas. He was 86 years old. Dr. Murray's long life was filled with outstanding achievements as a geologist, teacher, researcher, petroleum consultant, prolific writer, and a visionary administrator. He was an internationally renowned scientist.

Grover Murray was born in Maiden, North Carolina. Soon afterwards, the family moved to Newton, N.C. where Grover went to public schools. Although his parents wanted him to go to Davidson College and become a Presbyterian minister, Grover chose to enroll at the University of North Carolina at Chapel Hill to earn a degree in geology. In his senior year, one of his professors recommended that he pursue his advanced degrees at Louisiana State University where the geology department was staffed with prominent professors such as Drs. Henry V. Howe, Richard J. Russell, and Harold N. Fisk.

Grover received his M.S. in 1939 and Ph.D. in 1942 from LSU. He was employed by the Magnolia Petroleum Company in Jackson, Miss., as an explorationist until 1948. At that time he was approached by the departmental chairman of geology at LSU who asked that he return to the university as a professor of stratigraphic geology to replace Dr. H.N. Fisk who had resigned to set up Humble Oil's research center in Houston. It was common knowledge among the geology faculty that Grover excelled at unraveling complex stratigraphic sequences as demonstrated in his Ph.D. dissertation. On his return to LSU, he took the opportunity to have his dissertation published in 1948 by the Louisiana State Geological Survey as Bulletin No. 25 titled *Geology of DeSoto and Red River Parishes*. This was the first Louisiana State Survey bulletin which dealt with Cretaceous and Jurassic formations that produced prolific amounts of oil and gas in the northern part of the state. Grover also unraveled the complex stratigraphy of the overlying Tertiary sequences. It was here that he began to explore the complexities of basin-wide facies distributions. In addition to his teaching, he was also Director of Research



for the State Geological Survey and was the Geology Department Chairman 1950-55. Recognizing his exceptional talents as a geological researcher and administrator, the university elevated him to the rank of Boyd Professor, the university's highest academic rank, in 1955.

In that year Murray began work in earnest on his epic 692-page treatise titled *Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America*. This writer enrolled in his Geology 106 Introduction to Gulf Coast Geology class in the spring of 1955. Dr. Murray would come into the lecture room with a reel-to-reel tape recorder, turn it on and proceed with his lecture. Afterwards, his secretary would transcribe the lecture. These lecture notes formed the framework of the book. The following year he took sabbatical leave to work on the book and continued to add to it until it was published in 1961. (Harper & Brothers published it in their Geoscience Series and sold it for a mere \$24.00.) By this year, he had already published 55 papers on stratigraphy or stratigraphy-related studies. In his lifetime he published over 150 articles and books. His works are masterpieces, and because of this, it is no surprise that the GCAGS/GCSSEPM Transactions Best Published Paper Award is named in his honor. Although his seminal Gulf Coast text is now four decades old, it is still referenced in many modern-day publications-clear

testimony to his diligence in his research for this volume. His contributions to the principles of lithostratigraphy, chronostratigraphy, and geochronology were many.

It should be noted that his geologic interests extended beyond the U.S. Atlantic and Gulf Coastal plains. In the mid-1950s, Grover spent several years deciphering the lithostratigraphic units and the chronostratigraphy of Triassic/Jurassic red beds and late Cretaceous/early Tertiary strata in northeast Mexico. He also drew attention to the presence in the Precambrian of sufficient life forms and favorable sedimentary rock types to generate and entrap indigenous petroleum. His thesis proved to be correct when sizable reserves were discovered in sediments of this age in Australia. He worked as a geological consultant for over four decades, including work on all continents and participated in oil and gas discoveries in central Australia, Arkansas, Louisiana, and Mississippi. While he was president of Texas Tech, he served on the National Science Board and made numerous trips to Antarctica.

In 1963, in further recognition of his administrative and leadership abilities, Dr. Murray was promoted to Vice President and Dean of Academic Affairs at LSU. Two years later he became Vice President for Academic Affairs for the entire LSU system. While serving in this position, in 1966, he was approached to accept the presidency of Texas Technological College in Lubbock, Texas. After eighteen years on the faculty at LSU, Grover accepted the position on September 1, 1966, and left for the high plains of Lubbock. At this time, Texas Tech was a small regional school, but Grover had bigger plans for this academic unit of the Texas university system. In his ten-year presidency, he transformed the school into Texas Tech University by significantly increasing the physical size of the campus, by increasing its enrollment and faculty, by establishing and building a Law School and Medical School, and by creating the International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies. By the time he retired in 1976, he had transformed the university into one of true international stature. For a period of time, he served as president of the university and of the TTU School of Medicine. After his retirement, he continued to teach a geology course and returned to geologic consulting.

During his long career as a geology professor, he served as the major professor and/or supervisor for over fifty students receiving masters and/or doctoral degrees. Many

of these went on to have successful careers in the petroleum industry, academia, and government. Grover's philosophy concerning teaching was that if the teacher created the right "learning environment," the student taught him/herself. Above all, he insisted on excellence and was a strong advocate for "professionalism" in geologic endeavors.

Although he maintained heavy obligations in his academic life, he thoroughly believed in the worthiness of fully participating in professional organizations. Grover was Editor of both the AAPG Bulletin and of SEPM's Journal of Paleontology, a distinction he shared with one other individual. He served as vice chair and secretary of the American Commission on Stratigraphic Nomenclature; trustee of the AIPG and director of the SEPM foundations; a fellow of the GSA; member of the IUGS International Subcommittee on Stratigraphic Classification; member of several commissions and committees of the National Association of State Universities and Land-Grant colleges and the national Science Board; and chair of U.S. National Committee on Geology. He served as president of AAPG, SEPM, AGI and of the AIPG.

Being the activist and visionary individual he was, recognition and highest honors naturally flowed his way. Grover received AAPG's Sidney Powers Memorial Award, SEPM's Twenhofel Medal, the Ian Campbell Medal of the American Geological Institute, and the Ben H. Parker Medal of the American Institute of Professional Geologists. He also received the Hollis D. Hedberg Award in Energy, the Antarctica Service Medal, and Distinguished Alumni Awards from the University of North Carolina and Louisiana State University. He was designated as a Texas Distinguished Scientist in 1986. Grover held memberships in several honor societies including the Golden Key, Sigma Xi, Sigma Gamma Epsilon, Omicron Delta Kappa, and Phi Kappa Phi.

It is fitting to close this memorial with a quote from Grover's citation for his SEPM Twenhofel Medal Award written by James M. Coleman, "This summary of Grover's activities and honors does not begin to describe the man or to hint of the esteem in which he is held." Indeed, his life was one of intense dedication to the science of geology, a fervent desire to improve the institutions he served, and to instill in all his pursuit of excellence in every endeavor. He left a legacy which will endure forever.

*Source: Edward B. Picou, Jr. Gulf Coast Section SEPM

SELECTED PUBLICATIONS

1938, Claiborne Eocene species of the Ostracoda genus *Loxocochoa*: Journal of Paleontology, Z. 12, p. 586–595.

1945, (with Thomas, E.P.) Midway-Wilcox surface stratigraphy of Sabine uplift, Louisiana and Texas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 29, p. 45–70.

1948, Geology of De Soto and Red River Parishes: Louisiana Geological Survey Geological Bulletin No. 25, 312 p.

1952, Volume of Mesozoic and Cenozoic sediments in central Gulf Coastal Plain of United States, Pt. 3 of Sedimentary volumes in Gulf Coastal Plain of the United States and Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 1177–1191.

1955, Midway stage, Sabine stage, and Wilcox group: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 39, p. 671–696.

1956, Geologic occurrence of oil and gas in Gulf Coastal Province of the United States, in Symposium sobre yacimientos de petróleo y gas: 20th International Geological Congress, Mexico City, 1956, v. 3, p. 235–290.

1959, (with Mixon, R.B., and Diaz Gonzales, T.E.) Age and

correlation of Huizachal group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 43, p. 757–771.

1961, Geology of the Atlantic and Gulf Coastal Province of North America: New York, Harper and Brothers, 692 p.

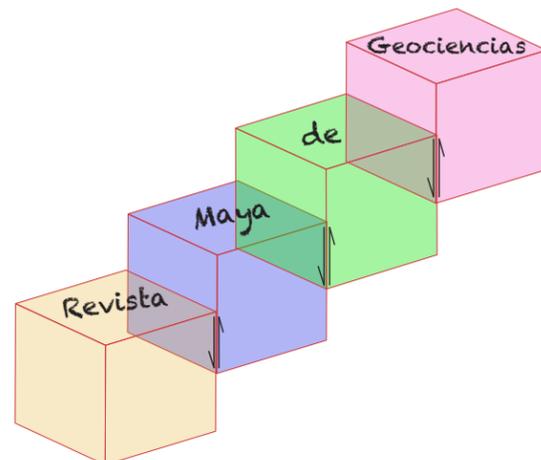
1961, (with Wall, J.R., and Diaz Gonzales, T.E.) Geologic occurrence of intrusive gypsum and its effect on structural forms in Coahuila marginal folded province of northeastern Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 45, p. 1504–1522.

1962, (with Weidie, A.E., Boyd, D.R., Forde, R.H., and Lewis, P.D.) Formation divisions of the Difunta group, Parras Basin, Coahuila and Nuevo Leon, Mexico: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 46, p. 374–383.

1965, Cambrian and Precambrian petroleum—an appraisal: Australian Petroleum Exploration Association Journal, a Keynote Address, p. 9–17.

1967, (with Durham, C.O. Jr.) Tectonism of Atlantic and Gulf Coastal Province, in Symposium on the chronology of tectonic movements in the United States: American Journal of Science, v. 265, p. 428–441.

1980, (and Kaczor, M.J., and McArthur, R.E.) Indigenous Precambrian petroleum revisited: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 64, p. 1681–1700.



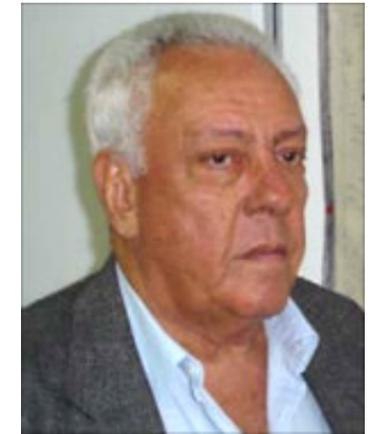
Nesin Benaim Chocrón: 1928 - 2021

Nesin Benaim Chocrón

Su valor e importancia en el estudio del Cratón de Guayana

Mariato Castro Mora
notasgeologiavenezuela@gmail.com

y
José Antonio Rodríguez Arteaga
rodriguez.arteaga@gmail.com



Nesin Benaim Chocrón. Foto tomada de Urbani, 2008

Este artículo es un homenaje a un geólogo considerado como uno de los decanos de la geología del sur de Venezuela. Trabajador incansable, comprometido con su labor, su contribución y apoyo han sido fundamentales para el conocimiento de la geología, especialmente del sur del país. Su carácter y profesionalismo le granjeó la confianza y el respeto de la comunidad geológica venezolana.

Nesin nace en Higuerote, Estado Miranda el 29 de octubre de 1928. Se gradúa de geólogo en la ilustre Universidad Central de Venezuela, en la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia, en el año 1959. Perteneció a la catorceava promoción de geólogos de esta distinguida casa de estudios, compartiendo grado con Antonio Anderson, Kepa Achurra Allende, Alex Lorenz, Manuel Méndez Arocha, Rubén Núñez Burgos, Domingo Antonio Padilla, Julio Rodríguez y Luis Rodríguez.

Su tesis de grado se tituló “Estudio topográfico – geológico de la zona V al sur de la Península de Mochima”. La zona asignada formaba parte del área total de 66 km² que fue estudiada por los alumnos del 5° año de Geología en 1959, entre los meses de abril y junio, en la región de la Bahía de Santa Fe del estado Sucre. La zona cubría una superficie de 7 kilómetros cuadrados al sur de la Península de Mochima, topográficamente muy accidentada, con abundante vegetación, especialmente en toda la parte norte y con elevaciones que llegaban hasta 350 metros.

En su trabajo de grado indica que “las rocas que afloran en el área son todas sedimentarias, consistentes en intervalos de areniscas y lutitas presentando una sección de calizas hacia la base. Las areniscas son las más conspicuas y ellas forman filas agudas, las cuales corresponden a zonas estructuralmente levantadas. El control estructural de los rasgos topográficos es evidente, pues el relieve predominante en toda el área sigue el rumbo general de las estructuras. El drenaje es del tipo enrejado y las costas son típicas costas hundidas. Por todas las características descritas se le ha asignado una

Foto de Nesin Benaim Chocrón (1964).

edad a la región entre juventud avanzada y madurez temprana. Todos los sedimentos que afloran en la zona V son las de la Formación Barranquín, la más vieja de las que afloran en el Oriente de la República. Describe las areniscas como generalmente bien estratificadas, presentando todos los tipos de texturas, desde el grano fino hasta el grano muy grueso, con fuerte estratificación cruzada, interestratificadas con lutitas y lutitas arenosas de varios colores y con unos 100 metros de calizas del tipo biostrómicamente hacia la base de la sección, bien estratificadas, fosilíferas y con intercalaciones de lutitas. La Formación Barranquín ha sido dividida en cuatro miembros, pero el autor solo considera tres, de más viejo a más joven son: Venado, Morro Blanco y Picuda-Taguarumo. En la zona V solo afloran los miembros Morro Blanco con unos 100 metros de calizas y Picuda-Taguarumo (incompleto) con unos 1.275 metros de areniscas y lutitas. La Formación Barranquín en el área estudiada muestra en particular con su litología y su fauna, la gran variedad de facies, producto de los cambios eutécticos que produjeron cambios constantes en las condiciones de sedimentación. Los sedimentos de Barranquín en la zona V son principalmente de agua salobre, como lo indica la fauna arenácea encontrada; y sedimentos de ambiente marino, lo cual está evidenciado por las calizas del Miembro Morro Blanco que son fosilíferas. A la Formación se le puede asignar una edad que oscila entre el Neocomiense y Aptiense-Inferior. Estructuralmente la zona V está ubicada en el flanco sur del Anticlinal de Mochima, presentando dos pliegues pequeños y dos fallas oblicuas en echolón en su parte más occidental”.

Su vida profesional la dedicó al sur de Venezuela, a través del Ministerio de Minas e Hidrocarburos que posteriormente pasó a denominarse Ministerio de Energía

Minas obtuvo sus mayores logros y publicaciones reconocidas tanto nacional como internacionalmente.



Foto de "Barrabás" cuando tenía poco más de 70 años (1988). Pastrana, 2021.

Formó parte de una élite de ilustres geólogos entre los que se pueden mencionar a Alirio Bellizzia, Cecilia Martín Franchi, Nelly Pimentel de Bellizzia, Alfredo Menéndez, Juan Humberto Ríos, Vicente Mendoza, Víctor Tepedino, Emilio Herrero, Jean Pasquali, Santosh Ghosh, Suhas Talukdar, Ramón Sifontes, Pablo Colvée, Juana María Iturralde, Peter Motiska entre muchos otros. El Dr. Alirio Bellizzia fue su jefe durante muchos años, primero en el Ministerio de Minas e Hidrocarburos y posteriormente en el Ministerio de Energía y Minas.

En el año 2008 con motivo de conmemorarse diez años de la desaparición física de Alirio Bellizzia. Nésin expresó: "Alirio Bellizzia G. se entregó en cuerpo y alma al desempeño de su función como geólogo, para el cual todos los días podrían ser días de trabajo, no sólo por la cantidad de informes que produjo, muchos de los cuales se conservan inéditos, sino también por su dedicación a tiempo completo en el proceso de formación de todos los profesionales jóvenes que ingresaban al Servicio Geológico de Venezuela, razón por la que éste se transformó en una institución de prestigio y relieve a nivel nacional e internacional". Para Nésin siempre fue un orgullo y un honor formar parte de esta institución

El Cerro Impacto fue descubierto por el equipo de la División de Investigación Aplicada de CODESUR, en el último trimestre de 1971 e inmediatamente se planificaron las primeras campañas de exploración geológica. Sobre la base de las primeras observaciones de campo, los geólogos infirieron la existencia de un complejo de carbonatitas en el Cerro Impacto porque no observaron ni localizaron una exposición visible de material litológico por una gruesa recubierta laterítica, salvo un único afloramiento de baritina (BaSO₄) masiva. Los resultados de la campaña de exploración evidenciaron enriquecimientos anómalos de niobio (Nb), bario (Ba) masivo y en forma de nódulos, estroncio (Sr), torio (Th), uranio (U), con presencia de tierras raras (REE): lantano (La), cerio (Ce) e itrio (Y). Sin embargo, en marzo de 1972 por razones no técnicas, CODESUR cerró las labores de

investigación en Cerro Impacto, para ser traspasadas al Ministerio de Minas e Hidrocarburos y, en agosto de ese mismo año la Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos inicia los estudios de Cerro Impacto (Colvée y Szczerban, 1991). A continuación, los comentarios de uno de los integrantes pioneros en visitar Cerro Impacto: "El Ministerio de Minas e Hidrocarburos designó una comisión que visitó el sitio integrado por Nésin Benaim, Emilio Herrero y Jean Pasquali. Las pocas muestras tomadas fueron analizadas en el Ministerio de Minas e Hidrocarburos y el informe Benaim - Pasquali concluyó, por primera vez, que Cerro Impacto contenía una carbonatita meteorizada con una gran cobertura laterítica. Posteriormente, Ramón Sifontes fue nombrado jefe de la obra para continuar el estudio de Cerro Impacto" (Jean Pasquali, com. per., 28/09/2016). El Ministerio de Minas e Hidrocarburos siguió el programa exploratorio hasta 1974, cuando cesaron las operaciones del Grupo de Trabajo de Impacto (GTI).

La narrativa de la historia de "Barrabás" el diamante mas grande encontrado en Venezuela incluye a Nésin Benaim Chocrón. Se dice que el geólogo venezolano Manuel Méndez Tepedino tenía 18 años de edad la mañana que le presentaron a 'Barrabás'. Se encontraba en El Callao, una población minera del sur del país, de camino a la Gran Sabana. Nésin Benaim Chocrón, considerado el decano de los geólogos del sur de Venezuela y amigo de su familia, tomó a 'Manuelito' del brazo y le dijo: "Mirá muchacho, este es "Barrabás". Dale la mano. Conócelo, que es parte de la historia minera de este país" ese día de 1988, "Barrabás" tenía poco más de 70 años. Los cronistas del Estado Bolívar narran que la mañana del Sábado 10 de Octubre de 1942, 'Barrabás' Hudson y su compañero de faena, conocido como 'Indio' Soler, trabajaban en la mina "El Polaco", ubicada a orillas de la carretera que comunica a las poblaciones de Santa Elena de Uairén con Icabarú. "Barrabás" halló el diamante, en una desviación del Río Surukun, lavando el material (rocas) desechadas por otros mineros. Lo cierto es que Hudson, aquel día del año 1942, tenía en sus manos un diamante en bruto que pesaba 155 quilates (31 gramos), hasta el momento, el más grande jamás encontrado en el país. Sirva esta historia para reseñar el grado de conocimiento técnico e interpersonal que tenía Nésin del sur de Venezuela.



Foto de "Barrabás" cuando tenía poco más de 70 años (1988). Pastrana, 2021.

A continuación, una síntesis de su obra a través de sus publicaciones, el Léxico Estratigráfico de Venezuela y su colaboración con la Sociedad Venezolana de Geólogos.

PUBLICACIONES

Se presenta un listado en orden cronológico de algunos de los trabajos publicados por Nésin Benaim Chocrón. Es importante resaltar que gran parte de su acervo bibliográfico, son reportes inéditos de difícil acceso:

BENAIM, N. 1959. **Estudio topográfico-geológico de una zona al sur de la península de Mochima, Estado Sucre, Venezuela.** Tesis de Grado

MARTIN DE BELLIZZIA, C.; RAMIREZ, C.; MENENDEZ, A.; RIOS, J. H.; BENAİM, N. 1968. **Reseña geológica y descripción de las muestras de rocas Venezolanas sometidas a análisis de edades radiométricas.** Dirección de Geología, Boletín de Geología, Volumen 10, Número 19, pp. 339 – 355.

BENAIN, N. 1969. **Geología de la Región de Botanamo, Estado Bolívar.** Memorias del IV Congreso Geológico Venezolano, Caracas, Noviembre 1979

ARAUJO, E.; BENAİM N.; GONZALEZ CONDE J. 1969. **El auge y la decadencia de la minería del oro en El Callao.** Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología. Reporte interno.

MENENDEZ V., V.; BENAİM, N. 1969. **Mapa geológico de la zona minera de El Callao y alrededores.** IV Congreso Geológico Venezolano, Caracas, Venezuela.

BENAİM, N. 1972. **Geología de la región de Botanamo, Estado Bolívar.** IV Congreso Geológico Venezolano, Caracas, 1971. Memoria, Publicación Especial 5, Volumen 3, pp. 1291-1314.

MENENDEZ, V.; BENAİM, N, y ESPEJO A. (1972) **Estratigrafía de la Provincia de Pastora, al este del río Caroní. Correlación tentativa con las Guayanas.** IX Conf. Geol. Interguayanas, Ciudad Guayana, 1972.

BENAİM, N., 1974. **Geología de la región El Dorado – Anacoco - Botanamo, Estado Bolívar, Venezuela.** Dirección de Geología, Boletín de Geología, Publicación Especial Número 6, Memoria de la Novena Conferencia Geológica Inter-Guayanas, Ciudad Guayana, Venezuela, pp. 198-206.

BENAİM, N.; RIOS, J. H. 1975. **Excursión Número 7, Ciudad Guayana - El Pao – Upata – Guasipati -Tumeremo - Santa Elena de Uairén – Canaima.** Boletín de Geología, Publicación Especial Número 7, Segundo Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo 1, pp. 389-423.

MENDOZA, V.; RIOS, J. H.; MORENO, L.; BENAİM, N.; TEPEDINO, V. 1975. **Evolución geoquímica de rocas graníticas de la Guayana Venezolana.** X Congreso Geológico Inter-Guianas, Belem do Para, Brasil, Memoria, pp. 558-575.

PIMENTEL DE BELLIZZIA, N.; BENAİM, N.; SANCHEZ DE PARDO, A.; PADILLA, J. 1988. **Mapa Geológico de Venezuela, escala 1:100.000. 7836, El Dorado.** Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, Caracas, Venezuela.

PIMENTEL DE BELLIZZIA, N.; BENAİM, N.; ALARCON, F.; CAICEDO, G.; COVA, J.; MEDINA, L.; SANTIAGO, J. 2015. **Guía metodológica para el procesamiento digital y edición de las cartas geológicas, escala 1:100000.** Boletín de Geología XXI, Número 34, Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería, Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN).

LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA

El impacto de la labor de Nésin Benaim Chocrón en el sur de Venezuela queda evidenciada por la descripción de unidades estratigráficas y su activa participación en los Léxicos Estratigráficos de Venezuela de los años 1970, 1997 y la edición digital revisada de Agosto del año 2021 (publicada posterior a su fallecimiento).

- **Grupo Botanamo del Precámbrico del Estado Bolívar.** Nésin en el año 1972 publica el término y designa la localidad tipo en el Río Botanamo, para agrupar originalmente la Formación Caballape y la Formación Los Caribes. Más tarde, en 1997, describe la Formación Venamo, una secuencia de lavas andesíticas que suprayace transicionalmente a la Formación Caballape en el Río Venamo, y la incluye en el grupo. La Formación Caballape ocupa su parte inferior y consiste de rocas epiclásticas, con estructuras sedimentarias primarias que indican una sedimentación por corrientes de turbidez y rocas volcánicas (tobas, brechas y lavas) generalmente de composición intermedia, dacítica a andesítica. El grupo representa la secuencia supracortical más joven en los cinturones de rocas verdes de El Dorado y Guasipati que aflora extensamente en la parte sur y oeste de la provincia geológica de Pastora, cubriendo discordantemente al Supergrupo Pastora (MENENDEZ, 1968; 1972; 1994; BENAİM, 1972).

- **Formación Caballape del Precámbrico del Estado Bolívar.** KOROL (1965) designó con este nombre a un conjunto de rocas sedimentarias que afloran en las sabanas al noroeste del pueblo de El Callao y la considero como la parte superior de su Grupo Pastora. MENENDEZ (1968) separa la unidad del Grupo Pastora al indicar su relación de discordancia con las otras formaciones del Grupo, Yuruari y El Callao, y, a su vez, eleva el Grupo Pastora a la categoría de supergrupo en la región de Guasipati. BENAİM (1972) la reconoce al oeste y sur de la Provincia Geológica de Pastora en la región de Botanamo y la integra a la parte inferior del Grupo Botanamo. Benaim define su localidad tipo en las Sabanas situadas a ambos lados de la quebrada dividida por 10 km de distancia hacia el norte a partir de su desembocadura en el Río Caballape. BENAİM (1972) señala una sección de referencia para la unidad en el Río Cuyuní (sector Isla de Anacoco), entre el sitio denominado Los Portones y el rápido de Turumbán.

- **Formación El Callao del Precámbrico del Estado Bolívar.** La formación aflora en escala kilométrica en el Estado Bolívar, al oeste y sudeste de La Pastora en una franja de hasta 3 km de ancho, al sur y sudeste de El Callao; al noreste y noroeste de la región de Guasipati; al noroeste de El Dorado en la región Yuruán-Ave Chica (BENAÍM, 1982).

- **Formación Los Caribes del Precámbrico del Estado Bolívar.** Este nombre fue introducido por BENAÍM (1972) para designar una secuencia de rocas predominantemente sedimentarias, de color rojo, generalmente bien estratificadas.

- **Supergrupo Pastora del Precámbrico Inferior del Estado Bolívar.** El término Grupo Pastora fue empleado formalmente por ZULOAGA y TELLO (1939) para sustituir el original de NEWHOUSE y ZULOAGA (1929). A partir de los trabajos de BENAÍM (1972; 1974) las unidades del supergrupo han sido identificadas, fuera del cinturón de rocas verdes de Guasipati, hacia el este, hasta la frontera con Guyana y hacia el sur hasta las cabeceras del Río Cuyuní, en los cinturones de rocas verdes de La Introducción y de El Dorado (MENÉNDEZ, 1994; 1995), donde infrayace discordantemente al Grupo Botanamo.

- **Complejo de Supamo del Precámbrico del Estado Bolívar.** MENÉNDEZ (1968) introdujo originalmente este término para designar el conjunto de unidades cuarzo feldespáticas, ígneas y metamórficas, pobres en feldespato potásico, que constituyen cuerpos dómicos mayores en la Provincia Geológica de Pastora y tienen una relación concordante con la secuencia supracortical que intrusionan. BENAÍM (1972) reconoció la unidad hacia el este, en la cuenca del Río Botanamo, donde describió el domo de La Introducción.

- **Formación Venamo del Precámbrico del Estado Bolívar.** BENAÍM (1997) propone este término para designar una secuencia de rocas volcánicas, generalmente lavas andesíticas, intercaladas con algunas tobas de igual composición, que afloran en el Río Venamo (al sur de la Isla de Anacoco). Se designó como sección tipo el sector a lo largo del Río Venamo, en el centro de un sinclinal abierto, cuyo eje tiene un rumbo este-oeste, entre un punto cuyas coordenadas son: Norte, 6° 35' 00", Este, 61° 13' 53" y otro de coordenadas: Norte, 6° 28' 57" y Este, 61° 11' 55".

- **Batolito de Vuelvan Caras del Precámbrico del Estado Bolívar.** BENAÍM (1972) introduce este término tomado de la mina Vuelvan Caras, para designar una masa intrusiva ácida ovalada ubicada en la región de Botanamo. Se designa como localidad tipo la Mina Vuelvan Caras en el municipio autónomo Sifontes del estado Bolívar. (Hoja Número 8037, escala 1:100.000, Dirección de Cartografía Nacional MARNR). Se describe como una unidad cuarzo-monzonita biotítica de color rosado, grano medio y medio a grueso, maciza sin elementos de flujo visible; presenta algunas cavidades miarolíticas que indican su emplazamiento a poca profundidad. La textura es hipidiomórfica granular, con la siguiente composición mineralógica: plagioclasa andesina (40-45%) en cristales

subhédricos o euhédricos maclados, microclino perítico (30-35%) en granos anhédricos, comúnmente con textura poiquilítica, con inclusiones de cristales de plagioclasa, cuarzo fuertemente pleocroico, y como accesorios sericitita por alteración de los feldespatos, circón, apatito y óxido de hierro.

- **Formación Yuruari del Precámbrico del Estado Bolívar.** KOROL (1965) propone este nombre para designar la parte basal, constituida esencialmente de rocas sedimentarias de grano grueso de la Serie Pastora (hoy Supergrupo). KALLIOKOSKI (1965) describe la unidad con mayor detalle, toma en consideración sus variaciones litológicas en escala regional y describe rocas volcánicas ácidas como componentes principales. La unidad aflora irregularmente desde la frontera con Guyana al este, hacia la zona ubicada 30 km al oeste de Guasipati y a lo largo del Río Caroní hasta las inmediaciones de La Paragua al oeste y San Pedro de las Bocas al este; también aflora en la parte noreste de la región Botanamo del estado Bolívar (BENAÍM, 1972). La unidad ofrece buenas perspectivas en la búsqueda de oro, metales básicos (Cu, Pb y Zn) y manganeso (BENAÍM, 1972). Los metasedimentos feldespáticos de esta formación podrían constituir buenos depósitos de caolín por su bajo contenido de componentes ferruginosos.

En sus visitas de campo buscó evidencia de la asociación uranio – oro. En reportes se indicaba que: *"no se conocen depósitos de uranio-oro en discordancia en Venezuela; sin embargo, el entorno geológico y la edad de las rocas sedimentarias pre-Roraima en muchas partes de Venezuela, incluyendo la Formación Cinaruco (McCandless, 1962), la Formación Esmeralda (Sellier de Civirieux, 1966), la Formación Los Caribes (Benaim, 1972), y los sedimentos pre-Roraima descritos por Briceño (1982), indican la posibilidad de que este tipo de depósitos puedan estar presentes"*.

Para la Tercera Edición del Léxico Estratigráfico de Venezuela y la Comisión Venezolana de Estratigrafía y Terminología (CVET), Nesin Benaim formó parte de los grupos de trabajo de las comisiones del Escudo de Guayana junto con Juan Humberto Ríos.

SOCIEDAD VENEZOLANA DE GEOLOGOS

Una importante contribución fue la guía de la excursión Cuidad Guayana–El Pao-Upata-Guasipati- Tumeremo-Santa Elena de Uairén- Canaima. La excursión salió y regresó a Caracas, desde Aeropuerto de Maiquetía. El coordinador de logística fue el geólogo Juan Humberto Ríos y los guías Nesin y Juan Humberto con el soporte y apoyo del Ministerio de Energía y Minas.

La motivación de realizar esta excursión geológica era que la Guayana Venezolana había sido siempre, más que todo por su localización geográfica y sus dificultades de acceso, la región menos conocida del país, en cuanto a su aspecto geológico-minero.

Hasta el año 1958, fueron muy pocos los trabajos realizados en esta vasta región, pero a partir de esa fecha

se les dio un gradual impulso a las exploraciones geológicas y ya para la fecha se tenía un conocimiento bastante amplio de los diferentes tipos litológicos que afloran en parte de esta extensa región al sur del río Orinoco. No quería decir esto, sin embargo, que se tenía al momento todos los problemas resueltos ni que se hubieran descrito todas las unidades que podrían encontrarse en las cuatro provincias geológicas en la región, pero se le estaba brindando apoyo y recursos para los estudios geológicos regionales.

El área de Escudos Precámbricos en Sur-América se ha dividido en esta guía en dos porciones: el Escudo de Guayana y el Escudo Brasileiro, se indicaba que ambos pueden representar un solo cuerpo, separado por la cuenca del río Amazonas. En Venezuela, la región conocida con el nombre de Guayana, se extiende al sur del río Orinoco y comprende aproximadamente un 25 % del Escudo de Guayana, el cual se extiende hacia Guyana, Surinam, Guayana Francesa y parte norte del Brasil.

Durante el recorrido de esta excursión, se observaron los rasgos litológicos, estructurales y geomorfológicos que distinguen a cada una de esas provincias. La ruta a seguir atravesó de norte a sur la parte centro-oriental de la Provincia de Imataca. Partió del Aeropuerto de Ciudad Guayana y de allí siguió por la carretera que cruza el río Caroní y luego se desvió al sur pasando cerca de la planta hidroeléctrica de Macagua, en cuyas cercanías se encuentran los maravillosos saltos de La Llovizna. Siguiendo al sur llegaron a las minas de hierro de El Pao, de allí continuaron al sur y sur-este, entrando en la Provincia de Pastora, hasta llegar a Tumeremo, donde pernoctaron. Al día siguiente continuaron hacia el sur hasta Santa Elena de Uairén y pasaron de la Provincia Geológica de Pastora a la de Roraima, en ese trayecto observaron el contraste morfológico entre ambas provincias. Desde Santa Elena volaron hacia el noroeste hasta el Salto más alto del mundo, el Salto del Angel (Auyantepuy) y aterrizaron en Canaima, siempre dentro de la Provincia Geológica de Roraima, para continuar vuelo hacia el norte hasta Ciudad Guayana, pasando sobre la Represa de Guri y salieron de la Provincia Geológica de Roraima para entrar en las de Pastora e Imataca. La importancia de esta excursión es que se dio a conocer la riqueza mineral de cada una de estas provincias: Imataca, rica en hierro cuya producción podría elevarse a gran escala y en menor proporción: manganeso, bauxita, caolín y dolomita; Pastora, que se conoce por su producción de oro. En esta provincia hay la posibilidad de encontrar yacimientos de cobre y de zinc, dadas las condiciones geológicas y los resultados obtenidos en los estudios geoquímicos que se adelantan para tal fin. También existe mineralización de sheelita de origen hidrotermal en las vetas de cuarzo aurífero y manganeso de origen sedimentario, aunque este último en los sitios que se conoce no tiene importancia económica, estos datos pueden servir de estímulo para continuar la búsqueda; Cuchivero, de esta provincia se extraía por lo

menos el 50 % de la producción diamantífera para aquel momento, aun cuando el origen de estos diamantes estaba claro y se suponía que procedían de la Provincia de Roraima, la cual aflora más al sur. Se había encontrado en los estudios regionales, mineralización de dumortierita, y para aquel momento, en el Cerro Impacto (en estudio), se descubrió una veta de barita, tierras raras y torio. Asimismo, extensos yacimientos de lateritas alumínicas se han reportado en el granito del Parguaza; Roraima, Se conocía por ser la tradicionalmente productora de diamantes y en menor proporción oro. A través de toda la provincia existen grandes cuerpos de rocas básicas lateritizadas, las cuales son potencialmente yacimientos para la producción de aluminio, existiendo, además, la posibilidad de encontrar yacimientos de minerales radioactivos y de explorar los grandes yacimientos de caolín, de arena para vidrio y de cuarzo cristalino (cristal de roca). Como se puede ver, la importancia de esta excursión es que dio a conocer un área poco explorada, difundió los conocimientos que hasta el momento tenían los equipos de trabajo allí asignados y motivó a los asistentes a ver la potencialidad minera del sur de Venezuela.

VII Congreso Geológico Venezolano, celebrado en la ciudad de Barquisimeto, estado Lara entre el 12 y el 18 de Noviembre de 1989. Nesin actuó como representante del Ministerio de Energía y Minas junto a Gustavo Ascanio, Luis Atay, Nelly Pimentel de Bellizzia, Juan Humberto Ríos, Piero Feliziani, Ignacio Fierro, Julieta Juaregui, Peter Motiska, José Méndez Zapata, Marcos Narváez, Aura Neuman, Oscar Odreman, Hugo Sorondo, Víctor Tepedino y Armando Useche. El evento versó sobre los temas de tectonismo, modelaje geológico, geomorfología, geotecnia, recursos de hidrocarburos, recursos minerales, gerencia y recursos humanos.

Nesin también fue integrante junto con Oliver Macsotay, Saúl Osuna y Víctor Vivas de la Comisión de Excursiones del IX Congreso Latinoamericano de Geología, celebrado en Caracas entre el 5 y el 8 de Noviembre de 1995.

IX Conferencia Geológica Interguayanas

Formó parte del comité organizador de la IX Conferencia Geológica Interguayanas celebrada en la ciudad de Puerto Ordaz en el estado Bolívar entre los días 7 al 14 de Mayo de 1972. Este importante evento estuvo presidido por Enrique M. Araujo; la secretaria general estuvo coordinada por Cecilia Martín de Bellizzia; los secretarios de organización Cecilia Petzall y Juan Humberto Ríos; secretario de relaciones públicas e institucionales Luis J. Candiales; coordinador de sesiones de trabajo Aníbal Espejo y Coordinador de Excursiones Nesin Benaim. El temario científico de este evento estuvo relacionado con la geología de la región de Guayana incluyendo estratigrafía, geofísica, geoquímica, geología económica y minerales.



Excursión geológica de Los Andes realizada en el año 1979. Entre los asistentes: Dugar Rivas, Oscar Odreman, Nelly Pimentel de Bellizzia, Carlos Ferrer, Mario Alfaro, Fernando Rondón, Víctor "El Gocho" Vivas, Juan Luis Benedetto, Raúl García Jarpa, Ignacio Fierro, Nesin Benaim (primero a la izquierda, en la primera línea), Ernie Echart, Gustavo Canelón, Viterbo Guedez, Aníbal Espejo. (Fuente: Foto cortesía del Dr. Santosh Ghosh).

Nesin Benaim Chocrón nos dejó en tiempos de la pandemia, sus restos fueron sepultados en el Cementerio del Este, Caracas, el 29 de Abril de 2021.

AGRADECIMIENTOS

Para los autores es un honor, mediante este trabajo, difundir la labor de Nesin Benaim Chocrón. Un gran geólogo venezolano que junto a un distinguido equipo dedicó su vida al conocimiento de la Guayana venezolana, tierra que tomó como suya. Su carácter afable, amable le granjeó el respeto de las comunidades del sur de Venezuela y el gremio de las ciencias de la tierra nacional e internacional.

REFERENCIAS

Alirio Bellizzia: Guía insigne de la geología en Venezuela 2008. Publicación Especial dedicada a la memoria del geólogo Alirio Bellizzia. INGEOMIN, Publicación Especial Número 15, Caracas, Venezuela.

"Barrabás", la historia del diamante más grande encontrado en Venezuela. <https://actualidad.rt.com/actualidad/282094-barrabas-diamante-encontrado-venezuela>

Boletín Geos. 1964. **Lista de los geólogos egresados de la Escuela de Geología desde su fundación.** Número conmemorativo al 25 aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, (10): 82 p.

Código Geológico de Venezuela 1997. PDVSA INTEVEP

Léxico Estratigráfico de Venezuela. Dirección General Sectorial de SERVIGIOMIN, Dirección de Geología, Ministerio de Energía y Minas, República de Venezuela. Versión digital revisada de Agosto 2021, 1251 p. <https://www.academia.edu/96551124/LEXICO ESTRATIGRAFICO DE VENEZUELA VERSION DIGITAL>

MARIÑO PARDO, N. 2024. **CERRO IMPACTO. Una riqueza mineral inaccesible en el Escudo de Guayana, municipio Cedeño, estado Bolívar, Venezuela: Síntesis de su descubrimiento y exploración inicial.** Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. ISSN 1317-6781 Caracas, N° 62. Enero-Marzo 2024

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS 1970. **Léxico Estratigráfico de Venezuela.** Boletín de Geología, Publicación Especial Número 4, 756 p., MMH, Caracas,

Venezuela. (Alirio Bellizzia, coordinador; Clemente González de Juana, Frances Charlton de Rivero, Cecilia Martín Bellizzia y Cecilia Petzall, editores).

Ministerio de Energía y Minas 1997. **Léxico Estratigráfico de Venezuela.** Dirección General Sectorial de SERVIGIOMIN, Boletín de Geología, Publicación Especial Número 12, Ministerio de Energía y Minas, Caracas, 829 p.

PASQUALI, J. 1972. **Interpretation of the soil geochemical expression of the mineralization within the El Callao Gold Mining District.** Colorado School of Mines, PhD Thesis. <https://repository.mines.edu/entities/publication/120485d1-ca6a-4ee4-ae9e-8dcb65a75800>

PASTRANA, A. 2021. **La historia de Barrabás: el diamante venezolano más grande de la historia (y que, al parecer, lo tiene la reina Isabel II).** Ocean Drive, Venezuela. <https://oceanrive.com.ve/joyas-y-relojes/la-historia-de-barrabas-el-diamante-venezolano-mas-grande-de-la-historia-y-que-al-parecer-lo-tiene-la-reina-isabel-ii/>



Marianto Castro es graduada en la Universidad Central de Venezuela en el año 1980; Master en Geología Sedimentaria en la misma universidad en 1983; Especialización en nannoplancton calcáreo en el programa Lagoven – Total CFP Burdeos, Francia - Centro Nacional de Investigación Científica, Orleans, Francia en 1989; Especialización en Proyectos de Gerencia de Ingeniería en el año 1997 en la Universidad Católica Andrés Bello.

Veintidós años de experiencia en la industria petrolera venezolana trabajando para Lagoven S.A. en el laboratorio de geología; INTEVEP S.A. como estratígrafo y encargada del Código Geológico de Venezuela; y Petróleos de Venezuela S. A. formando parte del equipo de trabajo de la Gerencia del Conocimiento.

Profesora en la Facultad de Ciencias, Escuela de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela.

Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

[/oceanrive.com.ve/joyas-y-relojes/la-historia-de-barrabas-el-diamante-venezolano-mas-grande-de-la-historia-y-que-al-parecer-lo-tiene-la-reina-isabel-ii/](https://oceanrive.com.ve/joyas-y-relojes/la-historia-de-barrabas-el-diamante-venezolano-mas-grande-de-la-historia-y-que-al-parecer-lo-tiene-la-reina-isabel-ii/)

RIOS, J. H.; BENAIN, N. 1977. **Guía de la excursión Maiquetía-Ciudad Guayana-El Pao-Upata-Guasipati-Tumeremo-Santa Elena de Uairén-Canaima-Maiquetía.** V Congreso Geológico Venezolano, Memorias, Tomo V, 1977, pp. 77-124.

ROBINSON D.J. 1965. **The development of gold mining in Venezuelan Guayana.** Ph D Thesis, University College, Londres. Inédito

URBANI P., F. 2008. **Los Mapas Geológicos de Venezuela: 1850 – 2006 (The Geological Maps of Venezuela: 1850 - 2006).** UCV, Escuela de Geología y Geofísica y FUNVISIS, 2008. <https://mariantoc.github.io/maps.html#Map>

Diecinueve años de experiencia en Canadá en empresas mineras de exploración y en el sector financiero trabajando para Crystallex International Corporation, geólogo asistente del vicepresidente de exploración; U308Corp, gerente técnico de la base de datos y encargada de control de calidad de las muestras y Marrelli Support Services Inc., como oficial para el cumplimiento de pago o devolución de impuestos; revisión de documentación por parte del Gobierno de Canadá y revisión de reportes financieros a ser presentados por pequeñas empresas mineras (exploración) ante las autoridades competentes en Canadá.

Actualmente, consultor independiente; representante por Venezuela ante la Comisión Norteamericana de Estratigrafía y miembro de la Sociedad de Historia de las Geociencias en Venezuela.

notasgeologiavenezuela@gmail.com

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

rodriguez.arteaga@gmail.com

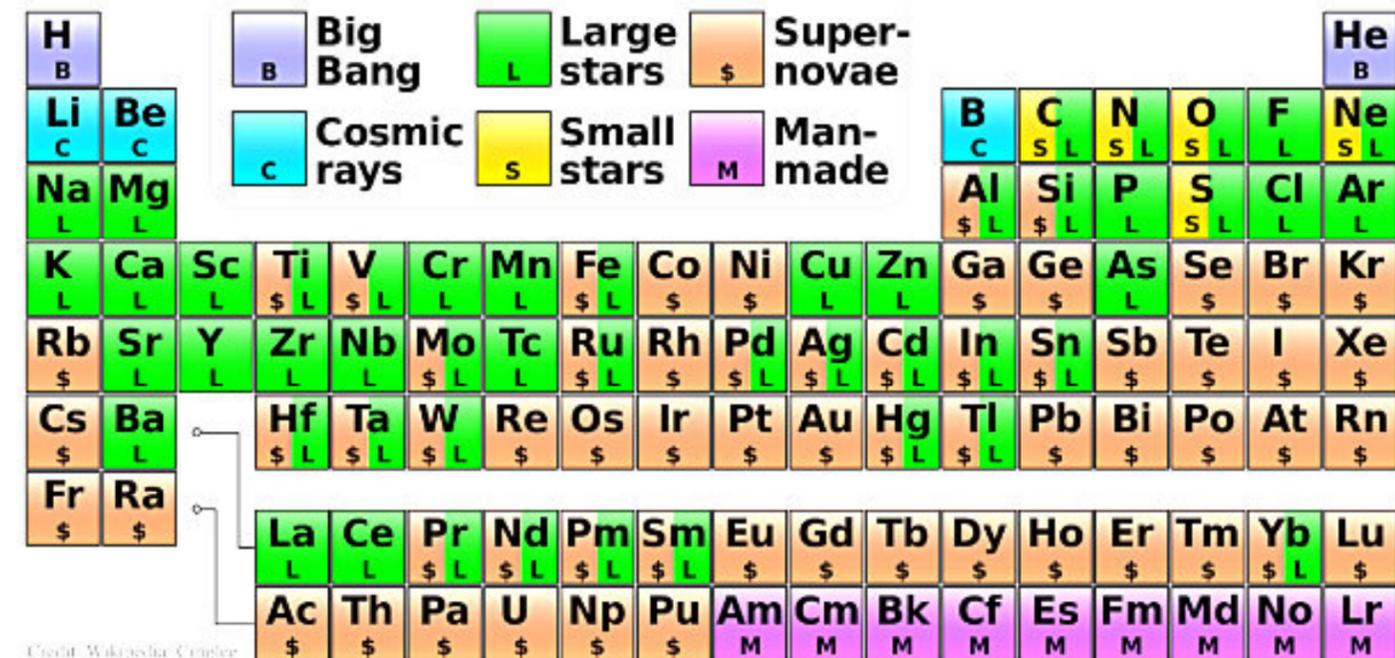
Miscelanea de Imágenes



Layered Rocks near Mount Sharp on Mars

Image Credit: NASA, JPL-Caltech, MSSS. February 9, 2015

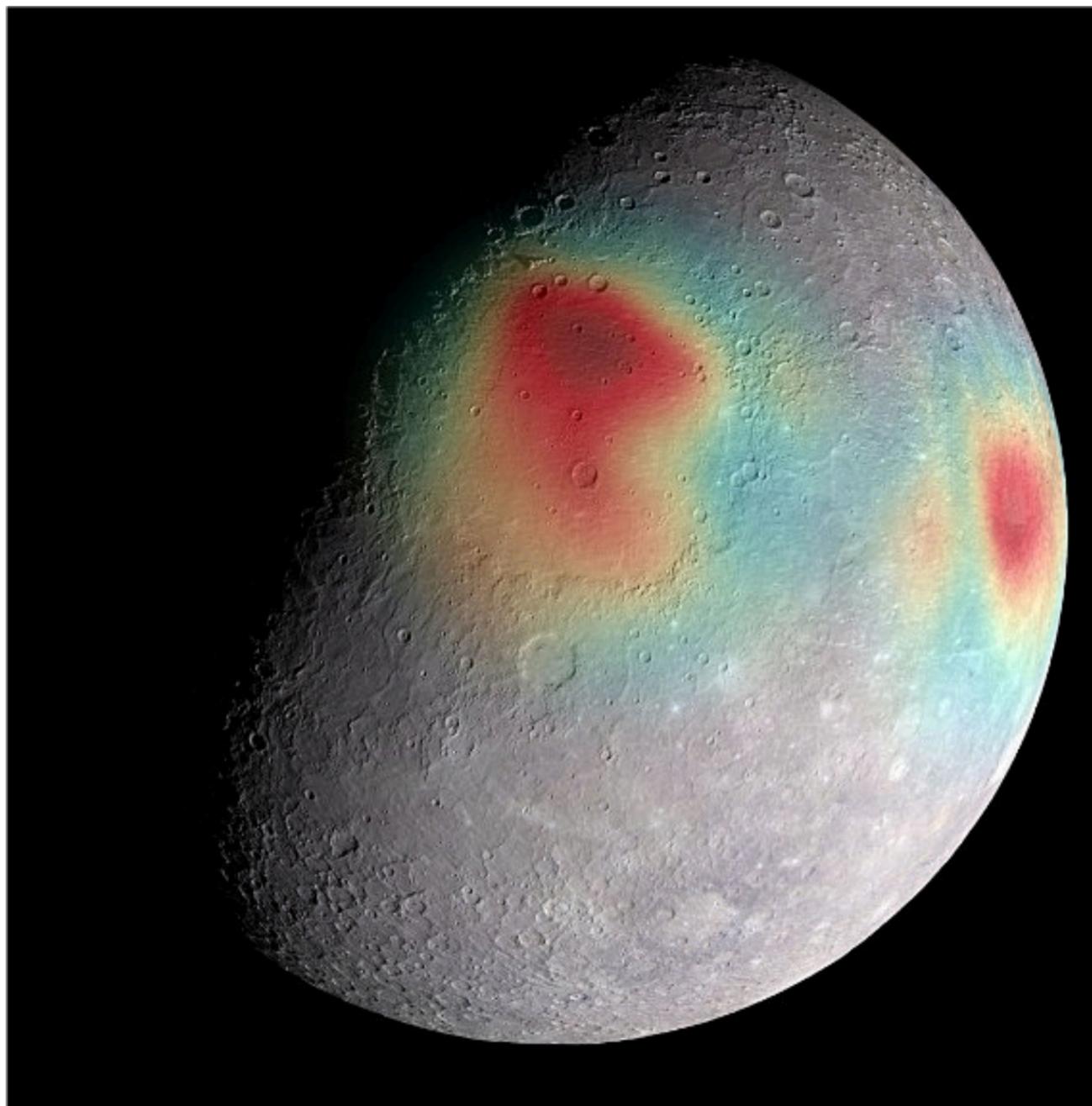
Explanation: What caused these Martian rocks to be layered? The leading hypothesis is an ancient Martian lake that kept evaporating and refilling over 10 million years -- but has now remained dry and empty of water for billions of years. The featured image, taken last November by the robotic Curiosity rover, shows one-meter wide Whale Rock which is part of the Pahrump Hills outcrop at the base of Mount Sharp. Also evident in the image is cross-bedding -- rock with angled layers -- which were likely facilitated by waves of sand. Curiosity continues to find many layered rocks like this as it continues to roll around and up 5.5-km high Mount Sharp.



Where Your Elements Came From.

Image Credit: Cmglee (Own work) CC BY-SA 3.0 or GFDL, via Wikimedia Commons. January 25, 2016.

Explanation: The hydrogen in your body, present in every molecule of water, came from the Big Bang. There are no other appreciable sources of hydrogen in the universe. The carbon in your body was made by nuclear fusion in the interior of stars, as was the oxygen. Much of the iron in your body was made during supernovas of stars that occurred long ago and far away. The gold in your jewelry was likely made from neutron stars during collisions that may have been visible as short-duration gamma-ray bursts. Elements like phosphorus and copper are present in our bodies in only small amounts but are essential to the functioning of all known life. The featured periodic table is color coded to indicate humanity's best guess as to the nuclear origin of all known elements. The sites of nuclear creation of some elements, such as copper, are not really well known and are continuing topics of observational and computational research.



Gravitational Anomalies of Mercury

Image Credit: NASA, GSFC's SVS, JHU's APL, Carnegie Inst. Washington. – May 5, 2015.

Explanation: What's that under the surface of Mercury? The robotic MESSENGER spacecraft that had been orbiting planet Mercury for the past four years had been transmitting its data back to Earth with radio waves of very precise energy. The planet's gravity, however, slightly changed this energy when measured on Earth, which enabled the reconstruction of a gravity map of unprecedented precision. Here gravitational anomalies are shown in false-color, superposed on an image of the planet's cratered surface. Red hues indicate areas of slightly higher gravity, which in turn indicates areas that must have unusually dense matter under the surface. The central area is Caloris Basin, a huge impact feature measuring about 1,500 kilometers across. Last week, after completing its mission and running low on fuel, MESSENGER was purposely crashed onto Mercury's surface.



On average there are zero-to-three total lunar eclipses per year (no total Lunar Eclipses occurred in 2024). The March 13-14, 2025 lunar eclipse in the attached image was visible over most of the Western Hemisphere. The next total lunar eclipse will be on September 7, 2025 (Eastern Hemisphere), and then again on March 3, 2026 (Western Hemisphere). The red tint is caused by long wavelength red light refracted through Earth's atmosphere before reaching the Moon (essentially a sunset fully around the Earth as viewed from the Moon). The upper limb looks brighter because the Moon did not go through the center part of the dark Umbra shadow of the Earth, and the bluish color is due to sunlight scattered and filtered through Earth's stratospheric ozone layer. The attached image of the "Blood Moon" was a 1.6 second exposure taken from southern Utah, USA, using an 11" F/7 telescope. Image taken by **Quinn Passey**.

TESIS & RESÚMENES

Leonardo Díaz Poveda Evolución sedimentaria y estructural del Eoceno superior, Cordillera oriental de Colombia, Sudamérica.

Universitat de Barcelona. Tesina Doctoral para optar al Grado de Doctor en Geología. 2016.

Sustentante: **Leonardo Díaz Poveda**.

Directores de Tesis: *Dr. Ramon Salas y Dr. Jaime de Porta*.

Resumen

Colombia se encuentra situada en la esquina NW de Sur América, este sector de gran complejidad tectónica es un margen destructivo por convergencia de placas. Convergen las placas de Suramérica, de afinidad continental, y las placas Pacífica y Caribe, de afinidad oceánica. La complejidad está en que la placa pacífica subduce a la placa de Suramérica en el sector sur de Colombia y en la parte media colisiona oblicuamente. La placa Caribe colisiona también oblicuamente, generando un régimen transpresivo y en la parte norte colisiona con la placa Suramericana a lo largo de una zona de fallas transformantes dextrales.

Las unidades del Eoceno superior en Colombia son el producto de la interacción de las placas tectónicas, las cuales controlaron las condiciones de formación y depositación en las subcuencas. Primero, con base en el levantamiento de columnas estratigráficas de esta secesión, se establecieron secciones de control de las unidades litoestratigráficas, definidas inicialmente por Porta (1974). Se realizó también una división en secuencias deposicionales de tipo Transgresivo –Regresivo T-R que se aplicó al registro sedimentario del Jurásico superior – Holoceno con el fin de poder tener una idea del armazón general de la cuenca. Se determinaron seis secuencias de tercer orden para el mesozoico y cinco de segundo orden para el terciario.

La sucesión de interés, Eoceno superior, corresponde a una secuencia deposicional que fosilizaba la superficie de primer orden constituida por la discordancia del Eoceno inferior. Esta secuencia se depositó en tres subcuencas alargadas con dirección del eje NE, a partir de la topografía generada por la inversión de la cuenca mesozoica, lo cual dio lugar a una geometría de subcuencas tipo valles de incisión paralelos entre sí. Los resultados de los estudios de paleocorrientes soportan este resultado y el de un basculamiento hacia el NE con una paleopendiente promedio de 0,006° característica de este tipo de cuencas.

Los movimientos verticales datados con huellas de fisión significan el inicio de la etapa contractiva en el Masstrichtiense seguido del clímax de deformación contractiva en el Eoceno inferior, generando los umbrales que separaron las tres subcuencas del Eoceno superior. Las nueve curvas de subsidencia total corregida con la paleobatimetría y la erosión, nos muestran muy bien la evolución de la acomodación sedimentaria durante la etapa Jurásico superior-actual, así mismo reflejan el efecto de carga por apilamiento estructural y flexión en las cuencas de antepaís de los llanos y Valle del Magdalena lo cual se inició alrededor de los 40 Ma (Eoceno superior).

La evolución de la cuenca se realizó en cuatro etapas: 1). Extensión paleozoica (Paleozoico Superior), 2). Inversión triásica, 3). Extensión mesozoica. (Jurásico Superior – Cretácico), y 4) Inversión paleógena (Paleoceno superior – Holoceno). Durante esta etapa de inversión la cuenca Jurásico superior – Cretácica sufrió un acortamiento hasta del 55% que equivale a 250 km para llegar al estado deformado actual.

La nueva configuración paleogeográfica generada por contracción compartimentalizó la cuenca cretácica generando las tres subcuencas terciarias. Estas subcuencas desarrollaron sistemas predominantemente fluviales de ríos anastomosados que corrían hacia el N. Los sistemas de abanicos aluviales quedaban junto a las fracturas activas y en la parte cercana a los umbrales más levantados que actuaron de potente área fuente. De las subcuencas del Valle Medio del Magdalena y de la Cordillera Oriental. En determinados momentos las partes septentrionales registran la entrada de facies transicionales de estuario, en los sectores más distales de los sistemas fluviales.

Los materiales del Eoceno superior estudiados constituyen el mejor reservorio de todos los sistemas petrolíferos de Colombia. Por esta razón, la caracterización de la roca almacén y su localización y predicción de distribución, es esencial para la exploración y producción de campos existentes y la predicción de nuevos prospectos. A partir del nuevo modelo obtenido para el Eoceno superior, se abren toda una serie de grandes posibilidades para desarrollar nuevos play concepts de estudios exploratorios de hidrocarburos.

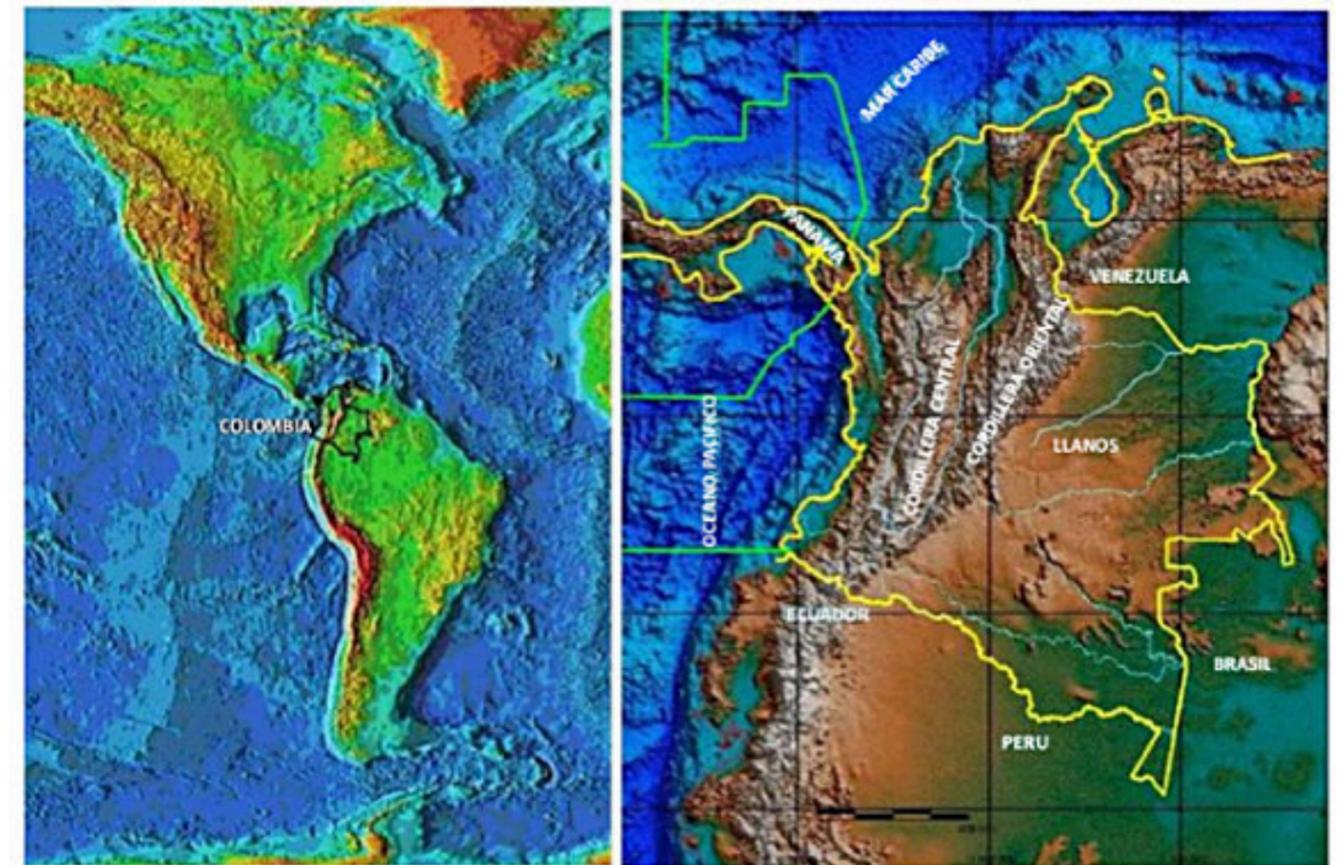


Figura 1.1. Localización del área de trabajo.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/03/AGS-February-2018-Newsletter-Six-Sisters-article.pdf>

THE SIX SISTERS WELL TREND: GATEWAY INTO THE DEVELOPMENT AND UNDERSTANDING OF THE PETROLEUM SYSTEMS ALONG THE NORTHWEST MARGIN OF ANWR

Robert B. Blodgett¹ and Stephen C. Sutherlin²

¹Blodgett & Associates, LLC , 2821 Kingfisher Drive, Anchorage, Alaska 99502,
RobertBBlodgett@gmail.com

²Strategic Action Associates, P.O. Box 112546, Anchorage, Alaska 99511,
stevepna@hotmail.com

INTRODUCTION

The U.S. Department of the Interior has ordered updated assessments of oil and gas resources on Alaska's North Slope, notably the 1002 Area of the Arctic National Wildlife Refuge (ANWR). While the central North Slope has been explored extensively, relatively little is known about the eastern frontier in the vicinity of ANWR. Much that is known about ANWR is tightly held, although the area is believed to be resource rich.

Now that Congress has moved to open ANWR for further evaluation and exploration, geologists are preparing to gain a deeper understanding of this large, potentially productive geologic onshore basin on the shore of the Beaufort Sea.

The Stinson #1 well, drilled in 1989 by ARCO (now ConocoPhillips), is the closest well to the 1002 Area, some 3.5 miles offshore its northwest border. (Fig. 1) The well's cores and associated 2-D seismic data suggest it could be a major gateway to understanding and developing the northwestern border region of the ANWR 1002 Area.

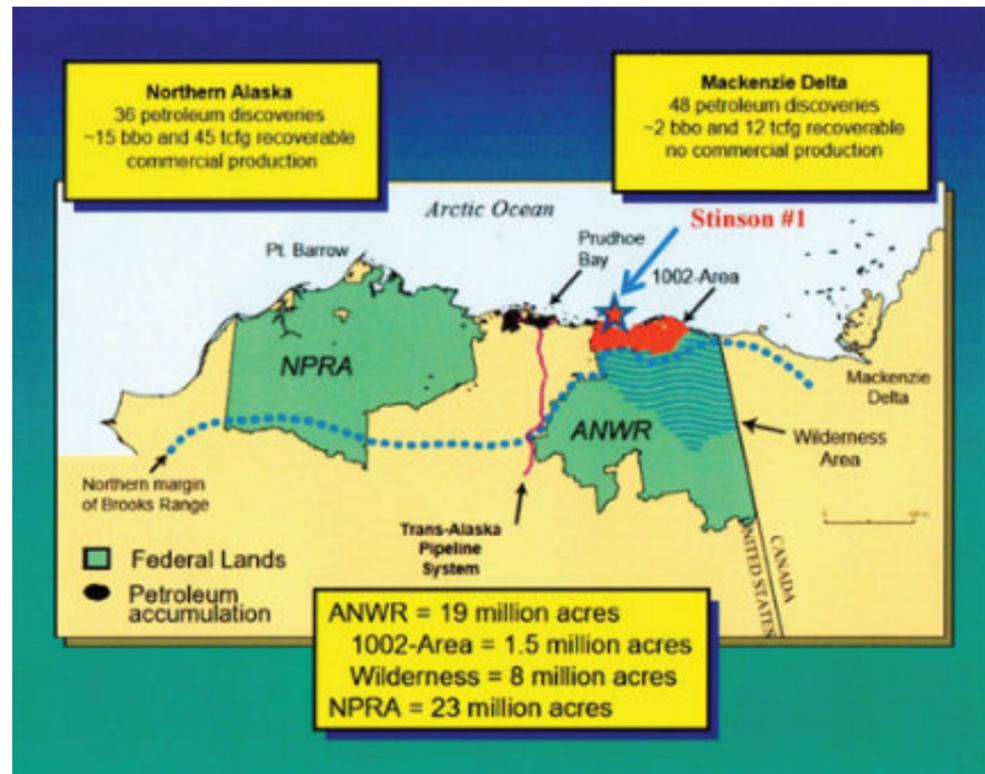


Figure 1. Map of northern Alaska and nearby parts of Canada showing locations of the Arctic National Wildlife Refuge (ANWR), the 1002 assessment area, the National Petroleum Reserve - Alaska (NPRA), and the Stinson #1 well. Modified from Bird (1998).

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/03/OIL-SEEP-APRIL-2024-AGS-NEWSLETTER.pdf>

OIL SEEP IN UPPER JURASSIC STRATA OF THE NAKNEK FORMATION NEAR BARABARA CREEK ON THE UGASHIK CREEK ANTICLINE, UGASHIK C-1 QUADRANGLE MAP, NORTHERN ALASKA PENINSULA

ROBERT B. BLODGETT¹ AND DIRK A. BODNAR²

¹Blodgett & Associates, Consulting Geologists, 2821 Kingfisher Drive, Anchorage, Alaska 99502

RobertBBlodgett@gmail.com

²Dirk A. Bodnar, El Pilar Petrotechnical Consulting LLC, 39493 St. Honore Drive, Murrieta, California 92563

bodnd@hotmail.com

The presence of significant surficial oil and gas seeps were the first primary tools used by petroleum explorationists in the search of new prospects in earliest times in the Industry, i.e. Azerbaijan in the former Soviet Union, Indonesia, Africa, Venezuela, Trinidad, California and the area around Titusville, Pennsylvania, site of first commercial oil well in North America drilled by Col. Edwin L. Drake in 1859 (Figure 1).

Seeps were also used as initial target area in Alaska dating back to the beginning of the first decade of the 20th Century in southern Alaska in the area of Katalla, Gulf of Alaska (Blodgett, 2018), the Puale Bay area in northeastern part of the Alaska Peninsula (Blodgett, 2017, Blasko 1976), and the Iniskin Peninsula on west side of Cook Inlet (Blodgett, 2018). An excellent summary of this early exploration activity in southern Alaska was provided by Roderick (1997). Additionally, oil seeps are well known from the North Slope.

Our emphasis here is to present more data on the largest oil seep, the Barabara Ceek seep, on the northeastern Alaska Peninsula, and delineate its stratigraphic setting better (see Figs. 12-13). The Alaska Peninsula and southern Cook Inlet region is under explored and has the potential source and reservoir strata, with working kitchen's strongly suggested by these documented oil seeps. The primary drilling done in the immediate region was completed with primitive cable tool equipment. We feel that reinvestigation and redrilling the immediate area could be highly successful.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/03/DEMETRIO.pdf>

Santamaría-Orozco, D., and B. Horsfield, 2003, Gas generation potential of upper Jurassic (Tithonian) source rocks in the Sonda de Campeche, Mexico, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 349–363.

Gas Generation Potential of Upper Jurassic (Tithonian) Source Rocks in the Sonda de Campeche, Mexico

Demetrio Santamaría-Orozco

Instituto Mexicano del Petróleo, Exploración, Mexico City, Mexico

Brian Horsfield

GeoForschungsZentrum, Potsdam, Germany

ABSTRACT

In the Sonda de Campeche offshore region of Mexico, the Tithonian sedimentary sequence is the most important source of hydrocarbons that occur today in Paleocene traps. The maturity of both source rocks and petroleum in reservoirs is known to increase from northeast to southwest across the region. This is manifested at the molecular level and in bulk petroleum properties such as API gravity and gas-oil ratio (GOR). We have analyzed a selection of source-rock samples from across the area, covering the entire maturity spectrum, by pyrolysis gas chromatography. These data give insights into the GOR of yet-to-be-generated petroleum for each maturity stage. A mass-balance model based on these same data and complementary data from laboratory experiments (MSSV pyrolysis) provided cumulative GOR as a function of generation stage (transformation ratio). Regional field GOR trends are consistent with instantaneous rather than cumulative GOR predictions, thereby supporting the notion of mainly localized vertical migration avenues in association with a late timing of trap formation.

INTRODUCTION AND GOALS

The Sonda de Campeche is part of the offshore portion of the Sureste Basin (Figure 1) and represents one of most prolific oil-producing areas of Mexico. The stratigraphic sequence consists of Jurassic to Holocene sediments (González and Holguín, 1991, 2001), and the tectonic style is extensional, leading to the development of half grabens and horst blocks. The sequence is a textbook example of a petroleum system in which high volumes of hydrocarbons have migrated vertically, being described as a “supercharged, high

impedance petroleum system” by Demaison and Huizinga (1994).

The major source rock is of Tithonian age, consisting of massive black shales and dark-gray, clayey, laminated shales deposited on an anoxic marine-carbonate shelf (Angeles-Aquino, 1987). The Tithonian source rock has an average thickness of 220 m (Santamaría et al., 1997). Previous studies indicate that the Tithonian sequence has the highest organic matter content of the stratigraphic column with more than 2% wt of TOC, that it contains type II kerogen rich in sulfur, and that it has suffered different degrees

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/03/Alaska-Fossils.pdf>

Fossil Type Specimens and Species Named from National Park Service Areas in Alaska

Justin S. Tweet¹, Vincent L. Santucci², and Robert B. Blodgett³

¹National Park Service, 9149 79th Street S., Cottage Grove, MN 55016
justin_tweet@nps.gov

²National Park Service, Geologic Resources Division, 1849 C Street, NW Washington, D.C., 20240
vincent_santucci@nps.gov

³Blodgett & Associates, Consulting Geologists, 2821 Kingfisher Drive, Anchorage, AK 99502
RobertBBlodgett@gmail.com

Eighteen national parks, monuments, and other National Park Service areas and affiliated sites are located within Alaska. These include some of the largest and most geologically diverse parks in the National Park System. Several of these are among the most significant in the NPS for paleontological resources, such as Denali National Park and Preserve (NP&PRES), Lake Clark NP&PRES, Wrangell-St. Elias NP&PRES, and Yukon-Charley Rivers National Preserve (NPRES). Together these NPS units preserve evidence of the complex geologic history of Alaska, assembled from disparate fragments of crust over hundreds of millions of years. The fossils in these rocks help to document this process by illustrating biogeographic connections with other places.

An important part of the study of fossils is describing and naming new species. Every fossil species is based on one or more specimens that are known as “type specimens”, intended to serve as a typical example of that species for comparison with other species. Because detailed locality information was not always published or even possible to determine in the early days of paleontology, the exact number of fossil species that have been named from fossils found in NPS lands is not certain. To date (August 2023), the type specimens for 2,361 fossil species have been confirmed to originate from localities within an NPS unit. Of that total, almost exactly 10% (236) were discovered in and collected from Alaska’s NPS areas. These 236 fossil species, plus two more potentially based on material from what is now Katmai NP&PRES, serve as a microcosm of NPS fossil species and the history of life in general. Of course, not all of these species are necessarily considered valid today, but this represents an impressive number.

Alaska’s NPS fossil type specimens come from nine park units (Table 1). These units are distributed throughout the state, from the Brooks Range to the Alaska Peninsula to the Panhandle. Most of the parks have fewer than two dozen, but Wrangell-St. Elias NP&PRES has 35, and Yukon-Charley Rivers NPRES has 129, which puts it at sixth place in the entire NPS for confirmed type specimens within an individual park.

Pacific Petroleum Geology Newsletter, 2025

Park	Confirmed	Potential
Aniakchak NM & PRES	2	0
Denali NM & PRES	6	0
Gates of the Arctic NM & PRES	13	0
Glacier Bay NM & PRES	9	0
Katmai NM & PRES	20	2
Lake Clark NM & PRES	21	0
Noatak NM & PRES	1	0
Wrangell-Str. Elias NM & PRES	35	0
Yukon-Charley Rivers NM & PRES	129	0
Total	236	2

Table 1. Distribution of fossil species named from Alaska’s NPS units.

<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2025/03/Basin-of-Anahuac.pdf>

by Elizabeth Lozada Amador¹, Carles Canet^{2,3,*}, Francisco Omar Lagarda García¹, Alejandro Pastrana⁴, Nora A. Pérez⁵, Ilia Alvarado Sizzo⁶, Laura I. González León¹, Jorge A. Miros Gómez⁷, Elizabeth Castañeda-Bastida⁷, Pedro Urquijo Torres⁸, and Silvia Domínguez Peláez⁴

Geology, art and mysticism of Tezontle (volcanic scoria) of the Basin of Anáhuac, the newest designated Heritage Stone from Mexico

¹Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Mineral de la Reforma, Mexico

²Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, Mexico; *Corresponding author, E-mail: ccanet@igeofisica.unam.mx

³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, Mexico

⁴Dirección de Estudios Arqueológicos, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Lic. Verdad No. 3, Colonia Centro, 06060 Mexico City, Mexico

⁵Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, Mexico

⁶Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, Mexico

⁷Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, Mexico

⁸Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Michoacán, Mexico

(Received: November 22, 2024; Revised accepted: January 22, 2025; Online published: February 15, 2025)

<https://doi.org/10.18814/epiugs/2025/025002>

Tezontle from the Anáhuac Basin became Mexico's second IUGS Heritage Stone in August 2024. This volcanic scoria of basaltic to basaltic-andesitic composition, once considered a 'providential gift' or a 'divine material', has been used for over twenty centuries in countless architectural monuments, many of which are included in UNESCO's World Heritage List. The abundant availability of tezontle in central Mexico, combined with its exceptional physical properties of lightness, hardness, and durability, made it the preferred material for building the massive structures of the monumental Pre-Hispanic City of Teotihuacan (1st-7th centuries). Centuries later, the Mexica utilized tezontle to build the island-city of Tenochtitlan (14th-16th centuries), adapting to the challenging lacustrine soil conditions by using it for foundations and masonry. The use of tezontle continued after the conquest of Mexico, adorning numerous New Spain Baroque style buildings (17th-18th centuries) of the center of Mexico City. Both in these buildings, as well as in the later, Neoclassical and functionalist styles structures of the 19th-20th centuries, tezontle was prominently used in façades. Its characteristic dark-reddish hue and rough appearance created a striking aesthetic contrast with the decorative elements of white or gray tufts, contributing to the development of a distinctive architectural identity for Mexico City. Despite the

abundance of volcanic cinder cones (source of tezontle) in central Mexico, extensive mining of aggregates around Mexico City has significantly depleted the supply of high-quality stone for producing blocks and tiles. Furthermore, the tradition of artisanal tezontle work has become uncommon.

Introduction

The International Union of Geosciences (IUGS), through the International Commission on Geoheritage, awards the IUGS Heritage Stone designation — hereinafter referred to as HS — to "natural stone that has been used in significant architecture and monuments, recognized as integral aspects of human culture" (ToR-SHS, 2022). In this way, HS recognizes those stones that enhance cultural heritage contributing to our understanding of the use of building materials and the evolution of art and techniques from antiquity to the present (cf. IGC-IUGS, 2024). Therefore, this designation offers us a unique opportunity to celebrate, appreciate, and understand the confluence of geoheritage (stones and quarries) and cultural heritage (buildings and monuments, traditional artisanal practices).

It is worth mentioning that the stones' global cultural significance was first acknowledged by IUGS in 2010, and the inaugural designation protocol of what at the time was called "Global Heritage Stone Resource" was launched in 2013 (cf. Cooper, 2010; Cooper et al., 2013; Marker,

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195125000459?via%3Dihub>



Contents lists available at ScienceDirect

Tectonophysics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tecto



Interplay of slow-slip faults beneath Mexico City induces intense seismicity over months

Manuel J. Aguilar-Velázquez^a, Paulina Miranda-García^a, Víctor M. Cruz-Atienza^b, Darío Solano-Rojas^{a,*}, Josué Tago^a, Luis A. Domínguez^b, Carlos Villafuerte^b, Víctor H. Espíndola^b, Delia Bello-Segura^c, Luis Quintanar-Robles^b, Mathieu Pertont^d

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

^b Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

^c Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

^d Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

ARTICLE INFO

Keywords:

Slow Slip events
Microseismicity
Interferometric SAR
Mexico City

ABSTRACT

In February 2023, a long seismic sequence began in western Mexico City causing widespread panic and some damage to housing infrastructure. On May 11 and December 14, two Mw3.2 mainshocks occurred at less than 700 m depth. Unprecedented satellite interferograms captured tectonic deformations in the two epicentral zones during the days surrounding the earthquakes. Data analysis revealed extended slip with maximum values around 8 cm on two sub-parallel east-west trending normal faults 800 m apart: namely the Barranca del Muerto (BM) fault to the south and the Mixcoac fault to the north. Detailed microseismicity analysis showed that 95 % of the slip on the BM fault was aseismic and initiated at least 6 days before the May 11 earthquake on the main asperity, located 1 km east of the hypocenter and ~ 1.2 km deep. For the December event on the Mixcoac fault, ~ 70 % of the slip was also aseismic but shallower (mostly above 600 m), which can be partially explained by the induced stresses on that fault due to the May slip on the BM fault. A quantitative geomorphological analysis allowed to establish the structural connection between both buried faults and their geomorphic expression to the west, with surface extensions of ~ 3.5 and ~ 4.5 km in the hilly area—where the most intense seismicity concentrates. The spatiotemporal patterns of fast and slow earthquakes suggest that the seismotectonics west of the city comprises two mechanically distinct zones: a stable region prone to aseismic deformation to the east where faults are buried under water-saturated sediments, and an unstable region to the west, prone to seismic radiation where faults are expressed geomorphologically. Thus, the seismic swarms in this area appear to result from the regional extensional regime, the stresses induced by slow slip on the eastern fault segments and interaction between these faults.

1. Introduction

It is well known that Mexico City, one of the world's most populated areas, is at great risk from earthquakes. Largely settled on ancient lake-bed sediments, the city experiences an amplification of seismic waves and a duration of strong motions that are among the largest known (Chávez-García and Bard, 1994; Cruz-Atienza et al., 2016; Ordaz and Singh, 1992; Reinoso and Ordaz, 1999; Singh et al., 1995). Subduction events such as the 1985 earthquake more than 300 km away (Singh et al., 1988), and intraslab ruptures like the 2017 earthquake 115 km south (Mirwald et al., 2019; Singh et al., 2018), have killed thousands of

people and severely damaged local infrastructure. Although these two types of events are the most common in Mexico, they are not the only ones threatening the country's capital. The Valley of Mexico is located in the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB) where shallow crustal earthquakes with high intensities have occurred in the past. Two examples from the last century are the 1912 Acambay earthquake (Mw6.9) 80 km northwest of Mexico City, and the 1920 Xalapa earthquake (M ~ 6.4) 200 km to the east that killed at least 647 local people (Córdoba-Montiel et al., 2018; Flores and Camacho, 1922; Lacan et al., 2021; León-Loya et al., 2023; Urbina and Camacho, 1913). Pre-instrumental historical earthquakes have also been identified in the TMVB as having a

* Corresponding author.

E-mail address: dsolano@unam.mx (D. Solano-Rojas).

<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230659>

Received 5 July 2024; Received in revised form 11 December 2024; Accepted 10 February 2025

Available online 16 February 2025

0040-1951/© 2025 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DETRÍTICA DE LOS GLACIARES BELLO, SAN FRANCISCO, PIRÁMIDE Y YESO EN LA MACROZONA GLACIOLÓGICA CENTRO (33°S), CUENCA DEL RÍO MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE.

Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Geógrafa. 2024.

Sustentante: **Fabiola Valentina Gómez Ortega.**

Directores de Tesis: *José Miguel Araos Espinoza e Isabella Valentina Ciocca Tobar.*

Resumen

El objetivo de esta investigación comprende la caracterización de la geomorfología glacial y la evolución de la cobertura detrítica de los valles y glaciares Bello, San Francisco, Pirámide y Yeso, ubicados en la macrozona glaciológica centro, en la cuenca del río Maipo, subcuenca Maipo Alto, región Metropolitana. Se emplearon técnicas de percepción remota y fotointerpretación, para realizar un mapeo geomorfológico en estos valles, utilizando imágenes satelitales (PlanetScope Scene, Corona y Google Earth Pro), ortofotografías y Modelos Digitales de Elevación (DEMs) provenientes de ALOS Palsar y LiDAR. Se aplicó una clasificación supervisada en Google Earth Engine, utilizando las colecciones de Landsat 5 y Landsat 8, índices normalizados y variables topográficas para estimar la evolución de la cobertura detrítica en los glaciares Bello, San Francisco y Yeso. Se identificaron 24 geoformas de origen glacial y periglacial, desarrolladas presumiblemente durante el Último Máximo Glacial (UMG). En cuanto a la evolución de la cobertura detrítica, se observó que los glaciares han experimentado una progresiva cobertura desde 1990 hasta 2024. Por otro lado, la clasificación supervisada permitió analizar un periodo de 30 años de manera semiautomática, representando una innovación respecto al estudio de cobertura detrítica en los glaciares. Este trabajo ofrece una caracterización geomorfológica y estimación de la cobertura detrítica inédita para los valles de los glaciares Bello, San Francisco, Pirámide y Yeso, poniendo en evidencia, además, la necesidad de un control de terreno conducente a la validación correcta de las geoformas identificadas e interpretadas, y caracterizar in situ la naturaleza de la cobertura detrítica de estos glaciares.

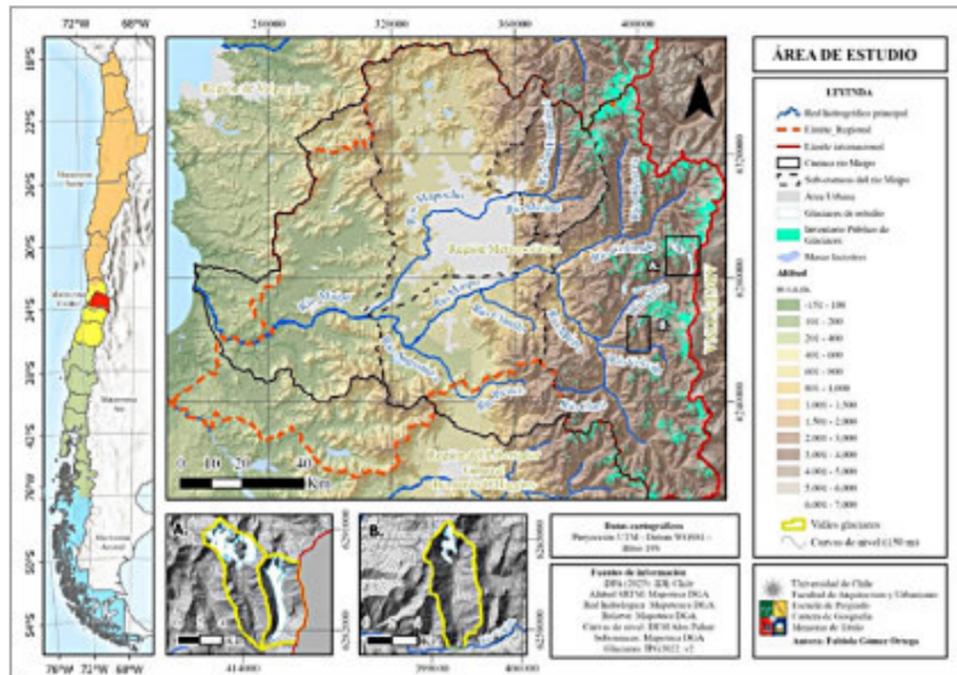


Figura 1.1. Ubicación del área de estudio. A: de derecha a izquierda, los glaciares Bello, Yeso y Pirámide. B: glaciar San Francisco. Fuente: Elaboración propia.

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



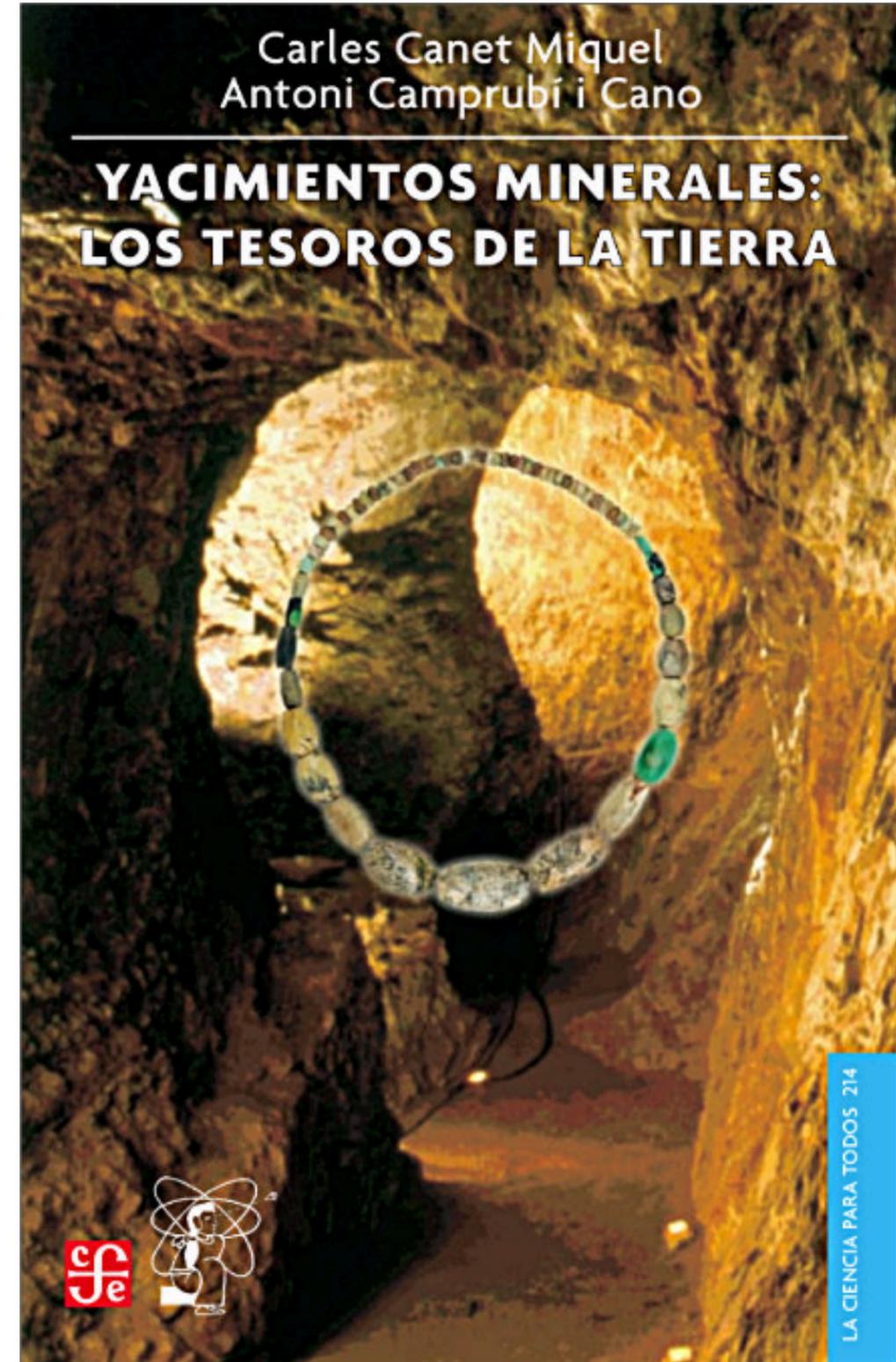
Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

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

diegogabriel807@gmail.com

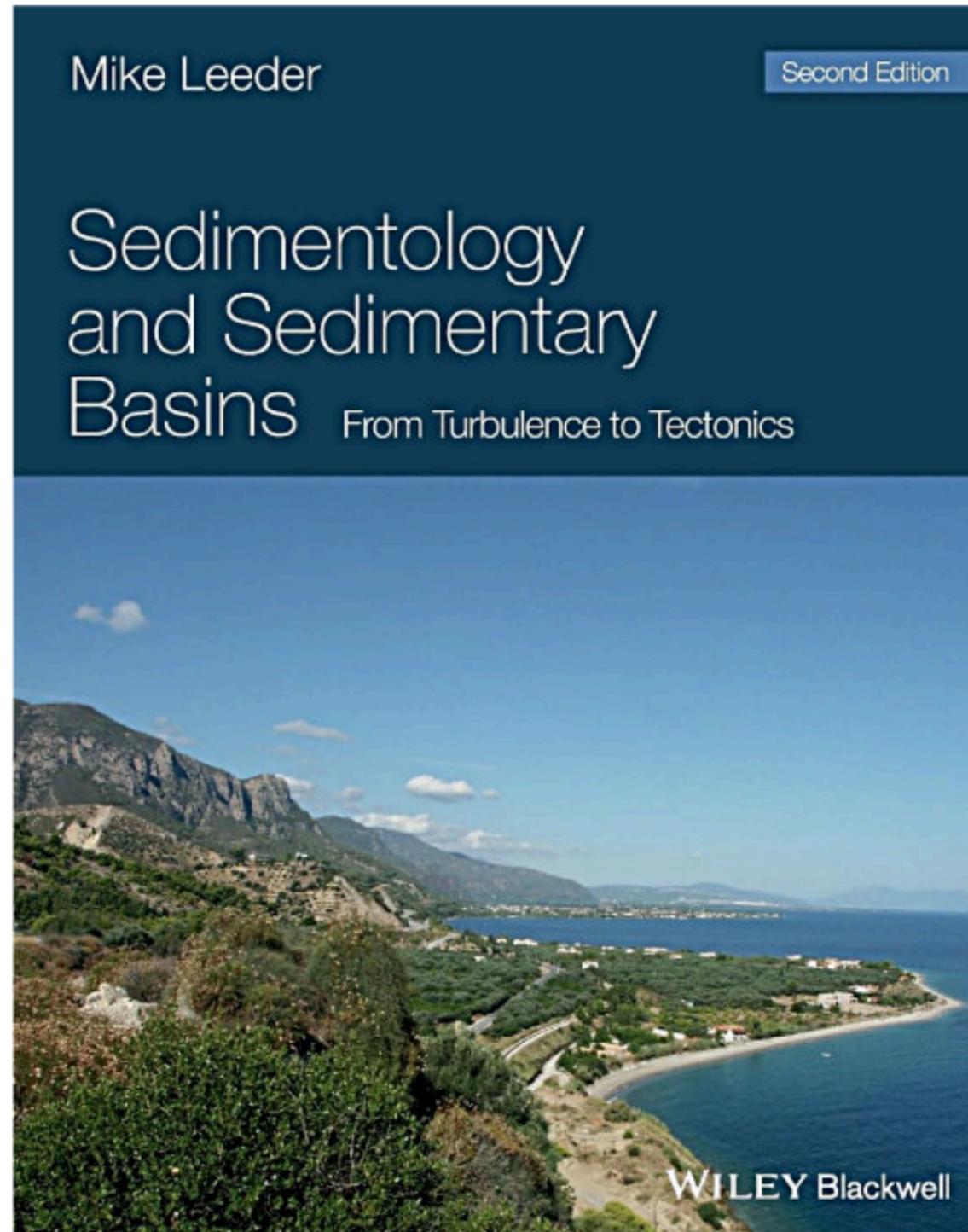
El libro recomendado

<https://drive.google.com/file/d/1bQtYDgGWkXs2U5DviYgt6bzf1AeltvVM/view>



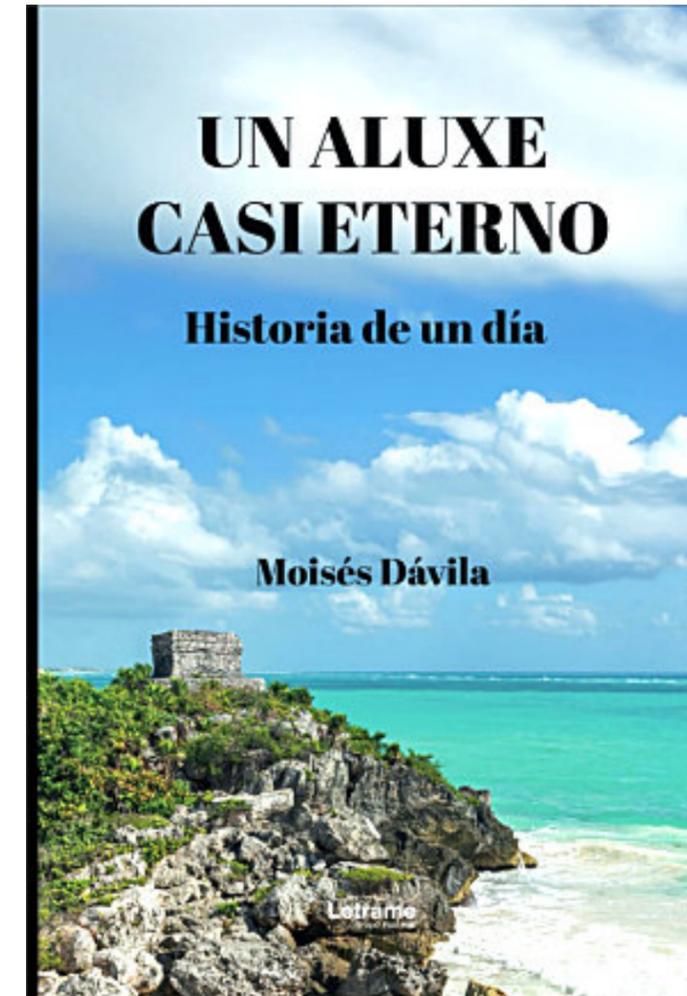
El libro recomendado

<https://www.amazon.com/-/es/Sedimentology-Sedimentary-Basins-Turbulence-Tectonics/dp/1405177837>



El libro recomendado

https://www.amazon.com/aluxe-casi-eterno-Historia-Spanish/dp/8410893576/ref=sr_1_1?crid=31E29TAOSE486&dib=eyJ2ljojMSJ9.9u3wgpiU1u5QyqojlADuyA.0wCuJrvp3Sz-H_eXh5FrFLO8wbDEmSnI6b_L39wRY3k&dib_tag=se&keywords=un+aluxe+casi+eterno&qid=1743110771&sprefix=un+aluxe+casi+eterno%2Caps%2C157&sr=8-1



En las profundidades de la Península de Yucatán, bajo un cielo teñido por siglos de historia, una voz antigua emerge para contar lo que pocas veces se escucha: el relato de un aluxe, un ser inmortal que ha presenciado cada giro del destino de la tierra maya. Desde milenios antes de la llegada de los primeros españoles hasta la revolución que transformó la región, este testigo invisible reflexiona sobre el choque de culturas, la resistencia de un pueblo y las leyes inquebrantables de la naturaleza que rigen el universo. Atravesando siglos de historia y mitología, Un aluxe casi eterno alberga la historia de una región y su gente con precisión histórica y un toque mágico, invitándonos a redescubrir el origen de una región bellísima del sureste de México y el corazón de la Civilización maya, sus conflictos, sueños y la fuerza que les permitió sobrevivir. Este es un relato de lucha, amor por la cultura y un testimonio de cómo el pasado sigue influyendo en nuestro presente. ¿Es todo una simple coincidencia de la naturaleza o fue pensado desde el inicio? Sea cual sea la respuesta, **Moisés Dávila Serrano** nos recuerda que, aunque el tiempo pasa, la esencia de lo que fuimos y lo que somos sigue viva, tan eterna como el aluxe que lo ha visto todo.

TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética. El torio, una fuente energética libre de emisiones con gran potencial.

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Múltiples fuentes noticiosas del continente asiático reportaron en las últimas semanas acerca de un descubrimiento sin precedentes: “Pekín acaba de encontrar la clave para abastecer a su país durante 60.000 años”, decía *Business Today*, revista de amplia difusión proveniente de India. Se referían a la cuantificación final de recursos de torio que tendría China en su territorio. Desde hace unos 15 años el gigante asiático se ha dedicado fuertemente a la investigación que consagrara la 4ª generación de reactores nucleares mediante el desarrollo de la tecnología de sales fundidas (MSR, por sus siglas en inglés). Si bien esta técnica permite utilizar Uranio-235 y Plutonio-239 como fuentes energéticas, presenta mejores resultados cuando se alimenta con Torio-232, por lo que la investigación de esta tecnología en China se fue acompañando con la exploración de torio en simultáneo. Los resultados del mapeo de torio, que fue culminado en 2020, fueron desclasificados recientemente y publicados en la revista *Geological Review*, de la Sociedad Geológica de China en enero de este año, allí se estimaba que el complejo minero de *Bayan Obo* contenía cerca de 1 millón de toneladas de torio, suficiente para cubrir la demanda energética del país durante 60.000 años¹.

El torio aparece frecuentemente en asociación con minerales de tierras raras y en arenas de minerales pesados en conjunto con elementos como el uranio y lantánidos. La fuente más común de torio son las monacitas, que contienen entre el 3% y 12% de óxido de torio. Puntualmente, en el distrito minero de *Bayan Obo*, ubicado en la región de Mongolia Interior, en China, el torio se encuentra en monacitas y bastnasitas. El descubrimiento de las primeras minas de esta locación se dio hace unos cien años, cuando se identificaron masivos depósitos de hierro, más adelante, en 1936, se descubrieron las primeras tierras raras, y su explotación empezó a mediados de siglo, siendo hoy el responsable del 45% de la producción global. La geología de la zona es bastante compleja y se extiende por cerca de 18 km de largo y 3 km de ancho, los depósitos de minerales se encuentran en una orientación este – oeste del rift Mesoproterozoico a lo largo del margen norte del cratón

Sino – Coreano, las rocas encajantes son mayoritariamente cuarcitas, pizarras, calizas y dolomitas, siendo esta la última la predominante. Las acumulaciones de minerales ocurren el flanco norte del sinclinal Bayo, son estratiformes y lenticulares, mostrando claras evidencias de hidrotermalismo y metasomatismo².

Simultáneo al descubrimiento de torio en *Bayan Obo*, China estaba construyendo el reactor TMSR-LF1, una planta experimental de 2 MW de potencia que fue puesta en operación a plena capacidad de manera exitosa durante 10 días en 2024. Estos dos hitos le dan a China una ventaja energética enorme a nivel mundial, por un lado, el torio como combustible es más eficiente que el uranio y plutonio, por lo que requiere menores volúmenes, y, por otro lado, los reactores de sales fundidas tienen menores residuos y son más seguros que los reactores tradicionales de agua o gas como refrigerante.

Los reactores de sales fundidas no son una tecnología nueva, de hecho, en los Estados Unidos se desarrolló el “experimento de reactor de sal fundida” en 1960, que incluía la construcción un reactor de 10 MW en el que se probaron diferentes métodos y materiales. Dicho experimento concluyó que estos reactores eran completamente viables y seguros, demostrando también que tenían una eficiencia de fisión para el Uranio-233 excelente. Y ¿qué tiene que ver el U-233 con el Th-232? Pues, el U-233 no se encuentra naturalmente como el U-235, que se utiliza en las plantas nucleares tradicionales, sino que se obtiene a partir del torio cuando se le añade un neutrón. Aunque esto le añade complejidad al proceso, en realidad es un paso que se realiza dentro del reactor nuclear con relativa facilidad (contrario al enriquecimiento de U-235), además, el U-233 no es atractivo para su uso en armamento nuclear porque durante la conversión siempre se producen algunas cantidades de U-232, que no hace parte de la fisión pero que decae en forma de Talio-208, que emite rayos gama que pueden ser letales para quien lo manipule, o que pueden generar una detonación temprana, además de que serían relativamente fáciles de detectar, facilitando su identificación temprana si grupos terroristas intentan utilizarlo.

Claro, también existen desventajas: 1) esta tecnología todavía no ha salido de las etapas experimentales, los tamaños de los reactores existentes, como los descritos arriba, aunque exitosos, distan muchísimo de los de las plantas tradicionales de cerca de 1.000 MW de potencia, inclusive de los de reactores modulares pequeños, con unas dimensiones de 20 a 300 MW. 2) Debido también a

que no tienen una distribución masiva, los costos son todavía bastante elevados, y en general, un reactor de sales fundidas es más costoso puesto que requiere materiales avanzados resistentes a la corrosión causada por la sal y recubrimientos especiales para contener los rayos gama propios del inconveniente subproducto, el Talio-208. 3) Aunque no son el combustible de la reacción, esta tecnología depende del U-235 o Pu-239 para dar lugar a la transformación de Th-233 a U-233 puesto que los primeros, al contrario del torio, sí realizan fisión, liberando neutrones, que son absorbidos por el torio para luego convertirse en U-233. 4) Todavía no existe una regulación particular para los reactores de sales fundidas, mientras no exista un marco bien establecido con estándares de seguridad, guías operativas y procesos de licenciamiento, no será posible ponerlos en funcionamiento, y esto toma tiempo, seguramente años. 5) Si bien los residuos son menores que los de las plantas nucleares de 3ra generación, y que estos isótopos tienen vidas medias de apenas 10 a 300 años, que no son nada comparado con las

vidas medias de los transuránicos que hacen parte de los residuos propios de las plantas que utilizan uranio o plutonio, que varían entre decenas de miles y millones de años de vida media, sí aparecen residuos que no estamos acostumbrados a tratar, como el Talio-208 y su rayos gama de alta energía (2.6 MeV), lo que plantea inconvenientes para su disposición, almacenamiento o eventual reciclaje.

En conclusión, estas noticias representan un inmenso avance en la lucha contra el cambio climático y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, así como en los esfuerzos por alcanzar una generación energética sostenible. Tenemos un camino muy largo por recorrer, pero cada paso nos acerca más a la transformación energética que tanto necesitamos manteniendo el desarrollo de nuestra especie y el bienestar del planeta. La ciencia, la innovación, regulaciones adecuadas y políticas apropiadas son la base para un mejor futuro, lejos de los errores del pasado.

¹South China Morning Post. China’s thorium survey finds ‘endless energy source right under our feet’. Febrero 2025.

²Mindat.org. Bayan Obo deposit, Bayan Obo, Bayan Obo mining district, Baotou City (Baotou Prefecture), Inner Mongolia, China. <https://www.mindat.org/loc-720.html>



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

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

ensilvacruz@gmail.com



UNA BREVE NOTA LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS

José Antonio Rodríguez A.
rodriguez.arteaga@gmail.com

y Francia Galea Álvarez
franciagalea@gmail.co

Larga y fructífera ha sido la vida de nuestra agrupación de divulgación científica, y con el reciente número editado, el 144, fechado en 2024, nuestro órgano divulgativo el *Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela* hemos llegado a 40 años de creación.

Fundado y editado por Franco Urbani, profesor de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela y miembro de número de dos academias: *Ingeniería y el Hábitat (ACADING)* y *Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN)*, bajo su mano ha sido llevado adelante junto a un grupo de colaboradores que decidieron acompañarlo haciendo uso de un órgano de divulgación no-arbitrado; un boletín de información y estudio cuyo objetivo ha sido desde su fundación en 1984 el difundir información histórica sobre las ciencias de la tierra de Venezuela y otros países, con el objetivo de estimular los estudios de estas disciplinas y poner en justo valor la importancia de las geociencias en el pasado y en el presente del país. Ello a nuestro parecer no le ha quitado mérito, todo lo contrario, ha servido y servirá como ejemplo a imitar.

Durante el mes en curso, la Junta Directiva del bienio 2022-2024, conformada por los siguientes colegas geocientíficos: José Antonio Rodríguez; André Singer; Crisanto Silva; Noel Mariño; Iván Baritto; Jhonny Casas y Franco Urbani, siguieron produciendo más y mejor material de contenido esencialmente nacional.

Ya cumplida la responsabilidad del Dr. Urbani y la junta que lo acompañó en estos dos años, junto a sus miembros -activos todos- se reunieron con el objeto de planificar y elegir a quienes asumirían y seguirían la conducción de la SVHGc y para ello fue conformada una Comisión Electoral integrada por Wolfgang Scherer, igualmente docente universitario UCV y académico numerario en su conducción principal; el Ing. Geólogo y docente Crisanto Silva Aguilera y el colega Franco Urbani quien cumplió una extraordinaria tarea durante 4 décadas -se dice fácil-, motorizando la actividad del ente.

Culminado el tiempo en ejercicio de sus funciones y a petición del propio Dr. Urbani, este decidió no continuar con su participación en la conducción del boletín junto a otros directos colegas y entre los días 6 al 7 de marzo de 2025, fueron celebradas las elecciones de la Junta Directiva 2025-2027.

Ello dio un apretado resultado y sus actuales integrantes quedaron tal cual sigue: Presidente: Noel Mariño; Vicepresidente: Crisanto Silva; Secretario: Marianto Castro; Tesorero; Iván Baritto; Vocales; Francia Galea González y José Antonio Rodríguez.

UN DATO ADICIONAL EN COLECCIONES

La colección 1984-2021 del Boletín puede descargarse en <https://venezuelaamericanpetroleumasso.app.box.com/s/ebjqrldmrrug6ph8q44siwpi3jw8ysfv> cortesía de la "Venezuelan American Petroleum Association".

NECESARIA JUSTIFICACIÓN

Obviamente los miembros de la Junta electa nos hemos reunido y cada uno de nosotros tiene una especial responsabilidad: **visibilizar la actividad** de la sociedad y animar con trabajo los números que continuarán al boletín. Describirlos sería largo, pero seguiremos con el mismo ímpetu de siempre.

Deseamos aprovechar la oportunidad que nos brinda la *Revista Maya de Geociencias-México*, en función de un acuerdo firmado entre las partes el pasado año para seguir la difusión e información de los contenidos e investigaciones de cada publicación.

Pronto nos veremos *ii*. Entre tanto estamos en etapa de renovación y ajustes.

**¿Realmente llegamos a la Luna?
Tres argumentos analizados**

Rafael Avalos Alejandro

Colaborador de la Revista

Se estima que el 20 de julio de 1969 más de 500 millones de personas alrededor del globo fueron testigos de un hecho inédito en la historia de la humanidad. Neil Armstrong, Edwin "Buzz" Aldrin y Michael Collins llegaban con éxito a realizar el primer alunizaje tripulado.

Había seres humanos pisando otro cuerpo celeste por primera vez en la historia de toda la especie.

Armstrong se consagraba con la icónica frase del "*pequeño paso para el hombre, gran salto para la humanidad*" al descender del módulo lunar, seguido por Buzz Aldrin. Michael Collins se encargó de la no menos importante tarea de comandar el módulo lunar, orbitando unas treinta veces a nuestro satélite mientras Armstrong y Aldrin muestreaban el satélite, fotografiaban el hito y —por supuesto— plantaban la bandera estadounidense en el sitio de alunizaje: el *Mare Tranquillitatis*.

Hoy, a más de cincuenta años del logro, aún existen muchas personas que ponen en duda que el alunizaje haya sido real.

Para este ejercicio, me di a la tarea de leer e investigar con la mente lo más abierta posible cuáles son las principales observaciones que sustentan, como una especie de evidencia, estas acusaciones de falsedad. Comprendí y compilé tres de los principales argumentos (válidos).

Noté que, en la gran mayoría de personas que se muestran reacias a creer que el alunizaje ocurrió, la duda no es genuina. Ya está presente una certeza sobre qué es exactamente lo que pasó, quienes fueron los responsables (se atribuye la dirección del presunto montaje a Stanley Kubrick, por ejemplo) e inclusive qué motivaciones tenían (como la Guerra Fría).

Ante esta disyuntiva, la ciencia sí puede tener algo relevante que decir, ya que se trata sobre determinar si un hecho objetivo ocurrió o no. El presente ejercicio no intenta llegar forzosamente a una respuesta tajante, sino de aplicar el método para formular hipótesis que expliquen estas aparentes incongruencias de una forma congruente.

Invito cordialmente al lector a pensar, por un momento, en la validez y en las implicaciones de estas observaciones antes de continuar leyendo:

1. En las fotografías de la bandera plantada, se le observan claramente ondas.

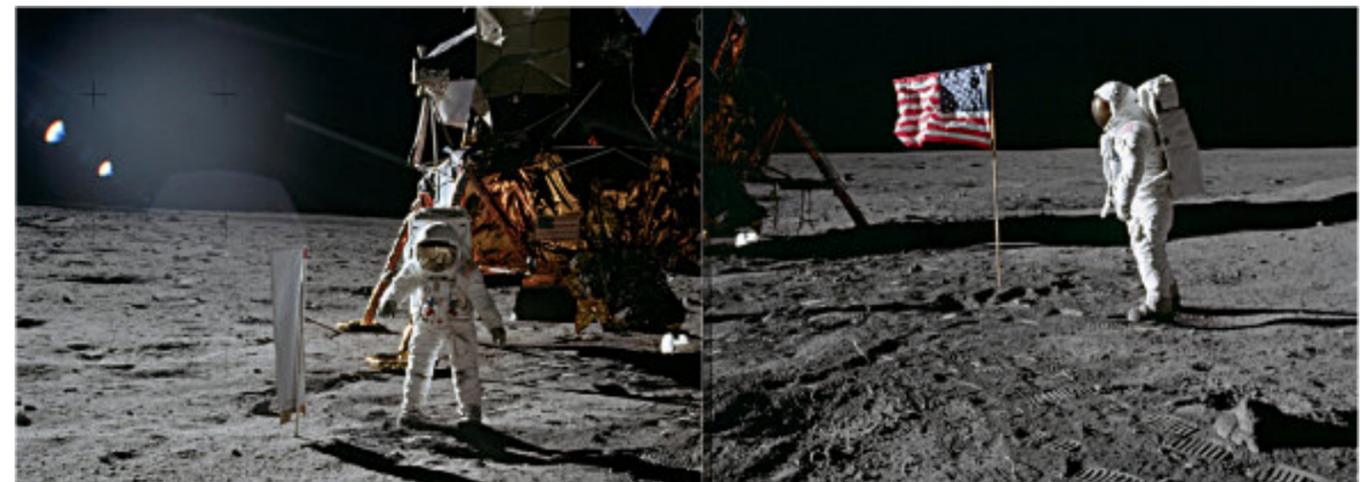
¿No se supone que, en la Luna, no hay viento que la haga ondear? ¿Se les pasó apagar los ventiladores en los estudios Universal?

2. En varias de las fotografías, las sombras parecen apuntar a un punto no lejano del borde de la fotografía.

¿Es esto evidencia de un cercano reflector)?

3. En las fotografías sobre la superficie lunar no aparecen estrellas.

¿No se supone que nuestro satélite tiene una ínfima y casi indetectable atmósfera y las estrellas deberían ser muy visibles?



Fotografías tomadas de la galería oficial de la NASA.

Análisis 1. Las ondas de la bandera

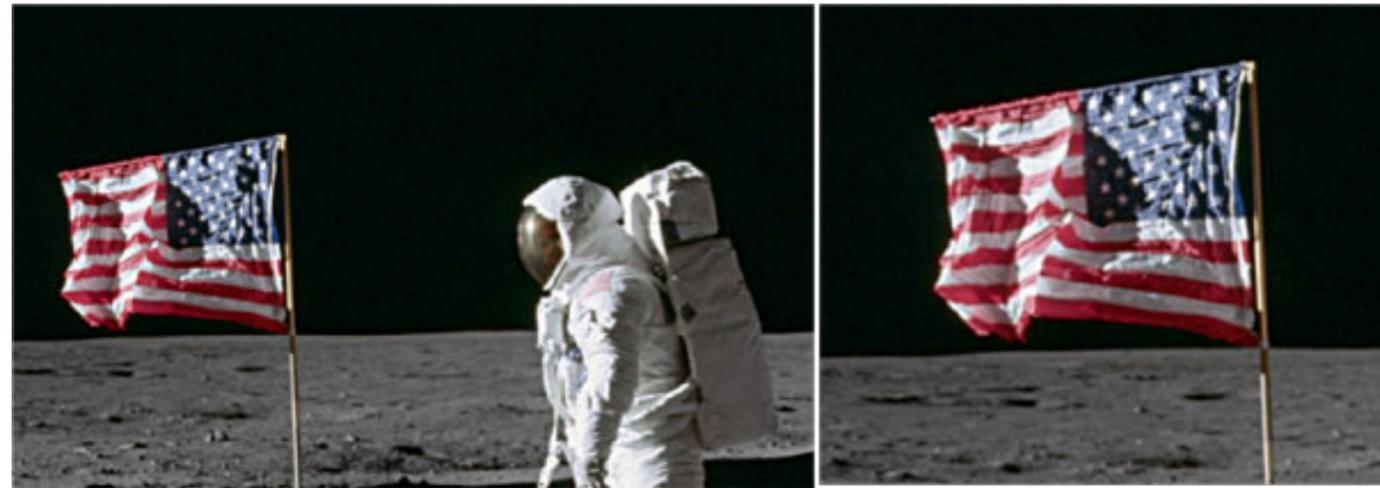
En primera instancia, es difícil decir que se puede observar que la bandera se encuentra ondeando cuando la fuente es una fotografía, oficial o ficticia. No se puede saber si la bandera tiene movimiento o no. La observación genuina es que en la bandera hay dobleces, o arrugas. También se nota el cambio hacia el borde superior, donde hay una estructura metálica deteniéndola.

La hipótesis que explicaría estos rasgos es que, en los módulos tripulados para las misiones espaciales, en general, hay muy poco espacio. Cualquier rincón debe ser

optimizado y no es muy razonable pensar que se llevaron la bandera extendida. En caso de ser real el alunizaje, lo más probable es que la bandera iba doblada, y seguramente apretada, entre algunos otros objetos en un espacio relativamente pequeño.

Si observamos la bandera con más detenimiento, los patrones que en ella se observan son más congruentes con un doblez horizontal por la mitad y varios dobleces tipo acordeón.

También es importante notar que, en la luna, la gravedad es mucho menor que en la superficie terrestre. La poca



fuerza con la que el satélite atrae a la bandera permite que haya una mayor influencia de los esfuerzos presentes en la misma, causados por las mismas arrugas.

Análisis 2. Las sombras no siempre se ven paralelas

En varias de las fotografías, las sombras presuntamente provocadas por la luz solar parecen estar apuntando hacia un punto de fuga no lejano al borde del encuadre de la fotografía.

Para proponer una explicación a esta observación, es necesario tener en cuenta algo que siempre influirá en cualquier fotografía tomada: las propiedades ópticas del lente con que se captura.

Se reporta que durante la misión lunar, se utilizaron dos cámaras Hasselblad (\$\$\$). El propio sitio de la marca sueca reporta información más detallada:

- La primera cámara era una Hasselblad Data plateada, con óptica Carl Zeiss Biogon 60mm a f/5.6
- La segunda era una Hasselblad eléctrica negra con un

lente Carl Zeiss Planar 80mm f/2.8

La segunda cámara fue operada a mano alzada por Michael Collins, quien no se bajó del módulo lunar. Tiene lógica la elección ya que las distancias focales mayores permiten tomar fotos con acercamientos para distinguir detalles a más distancia.

Entonces queda poca duda, las fotografías sobre la superficie lunar fueron hechas con la Hasselblad plateada y óptica Zeiss de 60mm.

La propia datasheet del Biogon 60mm Carl Zeiss reporta que el lente brinda un ángulo de visión $2w$ de 63° en diagonal. Con este dato podemos analogar el campo de visión de la cámara en la luna a cualquier lente actual para sensores de cámara de celular, de tamaño APS-C o de marco completo (Full frame).

Los 63° de campo de visión diagonales son equivalentes a usar un lente de 22mm de distancia focal en una cámara de sensor APS-C (como las populares Canon Rebel, o mis propia flota Sony). Esto es un campo de visión angular.

La elección del lente Biogon para ser utilizado en la Hasselblad Silver por Armstrong también tiene lógica, ya que los lentes angulares permiten meter en el encuadre de la fotografía una mayor cantidad de elementos del paisaje.

Invito al lector a hacer el siguiente ejercicio:

- Tome su celular y abra la aplicación de la cámara.
- Utilice el lente más angular que tenga, si sólo tiene un lente el teléfono, no “acerque” la imagen.
- En la habitación en la que esté, de preferencia de forma rectangular, póngase a la mitad de la pared, en un extremo de la habitación, apuntando con la

cámara hacia la pared opuesta.

Mi predicción es la siguiente: Las esquinas del techo con las paredes laterales, a su izquierda y derecha se ven como diagonales que van hacia el centro de la imagen, como una especie de punto de fuga. Inclusive, si la óptica es demasiado angular, esas líneas rectas pueden verse curvadas.

Presumiblemente, las esquinas entre el techo y las paredes laterales son líneas paralelas, sin embargo, en la imagen no se ven así.

La hipótesis que explica las sombras aparentemente oblicuas que deberían ser paralelas es exactamente la misma. Las ópticas angulares permiten un mayor campo

Biogon 1/5.6-60 mm Cat. No. 104800 <small>(only for reseau-camera)</small>	HASSELBLAD	ZEISS Carl Zeiss D-7062 Oberkochen West Germany
---	------------	--

The Biogon 1/5.6-60 mm is a special wide-angle lens which meets the stringent requirements of photogrammetric photography with regard to image quality and freedom from distortion. A 4 mm thick reseau-plate with 25 etched reseau crosses at nominal distances of 10 mm which are maintained to within 0.005 mm, is provided for the correction of this lens.

The Biogon 1/5.6-60 mm in the "Hasselblad EL Data Camera" took part in the Apollo 11 lunar landing. This wide-angle lens can also be used for normal photogrammetric purposes in the "Hasselblad MK 70" camera. Each lens is calibrated together with its camera. The corresponding data are entered in the test report which is supplied with each camera.

The Biogon 1/5.6-60 mm cannot be used in normal Hasselblad cameras with reflex viewfinder.

* Range focal distance with reseau

Number of lens elements:	8	Distance range:	∞ to 0.3 m
Number of components:	5	Position of entrance pupil:	39.1 mm behind the first lens vertex
f-number:	5.6	Diameter of entrance pupil:	10.3 mm
Focal length:	61.1 mm	Position of exit pupil:	61.5 mm in front of the last surface
Negative size:	53 x 53 mm	Diameter of exit pupil:	11.0 mm
Angular field 2w:	diagonal 63°, side 47°	Position of principal plane H ₁ :	39.4 mm behind the first lens vertex
Spectral range:	visible spectrum	Position of principal plane H ₂ :	61.1 mm in front of the last surface of the reseau plate
f stop scale:	5.6 - 8 - 11 - 16 - 22 - 32 - 45	Distance between first and last lens vertex:	125.5 mm (distance to the last surface of the reseau plate: 155.2 mm)
Mount:	Corpus interchangeable shutter size 0		
Filter mounting:	adapter ring for Hasselblad series 63		
Weight:	740 g		

de visión, pero generan distorsión que se expresa en este caso como una distorsión geométrica.

Entonces no, no necesariamente porque las sombras sean paralelas, van a salir paralelas en la fotografía.

Análisis 3. No se ven estrellas en el cielo, cuando la Luna no tiene atmósfera

Nuevamente, la observación que es, tal vez, la más decisiva en el argumento, tiene una explicación en la fotografía.

Cuando uno toma una imagen, sea con una cámara de celular, una cámara de óptica intercambiable o una cámara en rollo para medios químicos, hay tres parámetros que se ajustan para poder obtener una imagen con la cantidad correcta de luz:

- La velocidad de obturación, que es el tiempo en el que el sensor o la película estará expuesta a la imagen, medido en fracciones de segundo.
- La apertura, que es el diámetro por el que pasa la luz a la que se expondrá el sensor o película.
- El ISO, que es la propia sensibilidad (o amplificación de la luz) del sensor o de la película.

Inclusive un celular, aunque no muestre estos parámetros y solo tome la imagen, realiza la fotografía modulando estos parámetros. A la determinación de cada parámetro, con base en la cantidad de luz presente en la escena se le

llama exposición. Al intervalo máximo entre la sombra más oscura y la luz más intensa que pueden conservar detalles en una fotografía se le llama rango dinámico (no se dejen llevar por los megapíxeles como factor, es marketing, el rango dinámico es vastamente más importante).

El motivo por el que las estrellas no son visibles aún con el cielo visible en la fotografía es ese. La cantidad de luz que llega de las estrellas en la bóveda celeste y la cantidad de luz solar que ilumina a la misión Apollo en la superficie lunar son exageradamente diferentes y no pueden conservar detalles visibles ambos en el rango dinámico de la Hasselblad.

En otras palabras, la exposición necesaria para fotografiar la escena del Apollo 11 sobre la superficie lunar requiere que se limite mucho más la cantidad de luz que generará la imagen. La escena es muy brillante, similar a un mediodía soleado. La exposición necesaria para distinguir las estrellas requiere que se permita una mayor cantidad de luz para generar la imagen. Hay que aumentar mucho el tiempo de exposición, apertura e ISO para comenzar a distinguir a las estrellas.

Si se hubieran hecho las fotografías de la misión con el fin de que se pudieran observar las estrellas, la superficie lunar y la luz reflejada en los instrumentos y en los propios astronautas lucirían como manchas blanquizcas en las que no se conserva ningún detalle. En el argot fotográfico, estarían *quemadas*.



En el entendido de que Estados Unidos realizó muchas misiones previas con el fin de llegar a ese único momento para imponerse técnicamente sobre la Unión Soviética, ¿qué hubiera sido más importante fotografiar? ¿Qué se vean las estrellas en el cielo, aunque la escena misma saliera quemada? ¿O conservar evidencias de sus astronautas en la Luna, a costa de las estrellitas?

¿Y la ciencia, dónde entra?

Esperando que el ejercicio haya parecido estimulante al lector, al menos, me gustaría cerrar con la siguiente observación.

Documentándome sobre la controversia, también noté la misma posición carente de una duda genuina y una apertura a escuchar predominando en quienes defienden la llegada a la Luna. Los más “científicos”.

Yo mismo tengo poca duda sobre el hito, pero discrepo tanto de los más científicos como de los más conspiranóicos en la manera de abordar controversias que, para ambos lados, están resueltas. Para ambas posiciones, no hay duda. Para ambas posiciones, el problema son los otros.

Un ejemplo más dramático es el terraplanismo, que no es objetivamente cierto, pero la comunidad científica tampoco comprende bien de dónde viene (no, no es una idea medieval, es una idea moderna que se gestó en el siglo XIX, planteada por un libro científico, pero de eso

hablamos el próximo mes). Es un tema de “bandos” más que de curiosidad, diálogo y experimentación. Inclusive estando en el lado que, objetivamente, tiene la razón, la ciencia no es una tribu, ni una élite. La ciencia no es un “bando”.

No se trata de qué dice la ciencia. La ciencia no dice nada. La ciencia es un método, una herramienta. La ciencia recae más en la duda que en la certeza.

En este ejercicio, fueron formuladas hipótesis lógicas, verosímiles y congruentes con la versión oficial o histórica. Estas hipótesis explican observaciones que pueden plantearse como argumentos para poner en duda el hecho oficial. Las tres observaciones son válidas y, como vieron, en la mayoría lo que se debía conocer era fotografía, no ciencia ni historia. El ejercicio resulta productivo de todas formas, aunque no pueda resolver de forma conclusiva la discrepancia.

No se puede comprobar de forma científica el alunizaje, ya que es un hecho que carece de reproducibilidad. Todas las fotografías y documentos pueden ser puestos en duda, y explicados como conspiraciones, pero entonces ninguna verdad oficial sería fiable y el hecho de que vivamos en una sociedad tan tecnológica es evidencia indirecta de la superposición de estas verdades científicas.

De estos ejercicios me limito a concluir que, como aprendí en las clases de Introducción a la Investigación... “*si digo que la mula es pinta, debo tener los pelos en la mano*”.



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

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

r.avalos@astrocamp.mx

DIDÁCTICA DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN CUBA: UNA PROPUESTA MEDIANTE LA DISCIPLINA INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA

Yaritza Aldana Aldana. Doctora en Ciencias de la Educación. Profesora Auxiliar. Universidad de Moa, Cuba. yaritzaaldana7@gmail.com. <http://orcid.org/000000-0002-9986-281X> yaldana@ismm.edu.cu

Rafael Miguel Guardado Lacaba. Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor Titular. Académico Titular Universidad de Moa, Cuba. rafaelguardado2008@gmail.com <http://orcid.org/0000-0003-1075-8176> rguardado@ismm.edu.cu

Yuri Almaguer Carmenate. Doctor en Ciencias Geológicas. Profesor-investigador, Universidad Autónoma de Coahuil Dirección de correo verificada de uadec.edu.mx <https://orcid.org/0000-0003-4011-2069>

RESUMEN

La incorporación de la didáctica del patrimonio geológico al proceso formativo del estudiante de Ingeniería Geológica, constituye una necesidad que impone la sociedad a esta profesión. Se reflexionó en torno al papel de la didáctica del patrimonio geológico, para la formación del geólogo cubano, en función de la protección y conservación del patrimonio geológico. Para ello, se emplearon métodos teóricos como el análisis, la síntesis, y el hermenéutico. Se obtuvieron aproximaciones a la formación patrimonial en la carrera Ingeniería Geológica y a la didáctica del patrimonio geológico.

Palabras claves: patrimonio geológico; formación patrimonial, didáctica del patrimonio geológico.

SUMMARY:

The incorporation of the didactics of the geological patrimony to the formative process of Geological engineering student, constitute a need that you force the society on this profession. Reflected to him about the paper of the didactics of the geological patrimony, for the geologist's formation Cuban, in terms of protection and conservatives of the geological patrimony. For it, theoretic methods were used as analysis, the synthesis, and the hermeneutical. Obtained him approximations to the patrimonial formation in the running Geological Engineering and to the didactics of the geological patrimony.

Key words: Geological patrimony; Patrimonial formation, didactics of the geological patrimony

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas algunos importantes sitios y bienes patrimoniales han sido destruidos por las guerras, los desastres naturales, y la acción del hombre. En aras de

revertir esta situación, se requiere reforzar el vínculo de las personas con el patrimonio mundial, nacional y local, principalmente los niños y jóvenes, de manera que puedan reconocer su valor y favorecer así su preservación como parte imprescindible de la identidad cultural.

En tal sentido, el 16 de noviembre de 1972 se firmó en París, la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, al amparo de la décimo séptima reunión de la Conferencia General de Naciones Unidas (UNESCO), primer instrumento internacional oficial que reconoce la necesidad de identificar y proteger el patrimonio cultural y natural, el cual es insustituible.

Como parte de esta Convención se definen como patrimonio natural los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas, o por grupos de esas formaciones geológicas; las zonas estrictamente delimitadas que constituyen el hábitat de especies animal y vegetal amenazadas, y los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

La Agenda 2030 y los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles, reconoce la necesidad de redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y nacional del mundo.

A nivel internacional se han realizado importantes investigaciones pedagógicas acerca del patrimonio, entre ellas se destacan: Cuenca (2002), quien aborda esta temática desde la didáctica de las Ciencias Sociales; Cantón (2009), que propone la educación patrimonial como estrategia para la formación ciudadana; De los Santos (2013), que introduce el tratamiento a la educación patrimonial desde el patrimonio industrial minero en Corrales de Aljaraque, España, y Méndez (2016), que ofrece una propuesta para educación patrimonial a partir del Museo del Ferrocarril, en Madrid, España.

En Cuba se destacan los estudios realizados por Cordero (2003), que incluye la educación patrimonial en los planes de Evaluación y Diagnóstico del Patrimonio Arqueológico y Sociocultural; Rivera (2004), quien fomenta el conocimiento patrimonial a través de una estrategia de superación profesional; Rodríguez (2007), aborda la formación identitaria en el proceso docente-educativo de la Secundaria Básica Suburbana; Rodríguez (2013), que analiza el patrimonio cultural de la localidad y su contribución al desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Historia de Cuba, en la Secundaria Básica y Gómez (2014), quien introduce la educación patrimonial en la formación inicial del profesional de la educación de la carrera Licenciatura en educación, Especialidad Biología-Geografía.

Los autores antes referidos resaltan el valor didáctico del patrimonio, lo hacen en su mayoría enfocados al patrimonio cultural de las comunidades. No así al patrimonio natural y los elementos que lo conforman, por lo que ha sido limitado su uso como recurso educativo, para el proceso formativo desde los diferentes niveles de enseñanza.

En tal sentido, se pudo constatar que son insuficientes los estudios que desde la Pedagogía indagan acerca de los bienes que conforman el patrimonio natural de los diferentes países y regiones. En correspondencia es limitado el número de investigaciones que analizan el valor patrimonial de los bienes muebles e inmuebles relacionados con la actividad geológica y su papel en la formación de los futuros profesionales de esta ciencia. Así mismo existen limitaciones en torno a concepciones epistemológicas relacionadas con el proceso de formación patrimonial en relación con las Ciencias de la Tierra.

A nivel nacional se demanda un mejoramiento de la labor educativa que se desarrolla por parte de las instituciones formativas, dirigido a profundizar la educación patrimonial que hoy reciben niños y jóvenes, y se garantice una vinculación más efectiva con los procesos formativos, mediante la implementación de metodologías, modelos y programas, que favorezcan el desarrollo de una cultura patrimonial y consecuentemente la protección del patrimonio.

En este orden se precisa de reorientar y perfeccionar desde las universidades la formación en relación con el patrimonio geológico, dirigido a lograr su identificación y protección. En consecuencia, la formación patrimonial de los estudiantes, debe proporcionar la reflexión de su práctica en el cumplimiento de esas exigencias sociales; garantizar el desarrollo de lo axiológico y a su vez, mantener una actualización en materia de problemáticas relacionadas con el patrimonio global, nacional y local.

El Ministerio de Educación Superior en Cuba, tiene la misión de preservar, desarrollar y promover la cultura, por lo que el patrimonio se erige como elemento esencial para la promoción y difusión de los elementos culturales del país, por su significado para la identidad nacional. Esto hace que desde las aulas universitarias se requiera perfeccionar la labor formativa que se realiza, en aras de dar respuestas a las exigencias sociales.

Cuba, aprobó en el año 2020 nuevas normas jurídicas para la preservación del patrimonio geológico y así garantizar su identificación, conservación y protección, a tal efecto se requiere de una actualización en la formación del personal docente y la introducción de la temática patrimonial en los planes de estudio de las diferentes especialidades.

La carrera Ingeniería Geológica forma profesionales que se responsabilizan con la exploración del medio geológico en busca de recursos minerales sólidos, petróleo, gas y aguas subterráneas. El modelo del profesional de la Geología

incluye la conservación y uso racional de la geodiversidad, el medio geológico y sus recursos. No obstante, el plan de estudios de la carrera no contempla la formación patrimonial de los estudiantes como vía para minimizar los efectos que en su actuar provocan al patrimonio geológico y al medio ambiente.

De modo que el presente artículo estuvo dirigido a reflexionar en torno al papel de la didáctica del patrimonio geológico como parte de la formación patrimonial del geólogo cubano, en correspondencia con las demandas que hoy hace la sociedad a estos profesionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos cualitativos como el análisis documental, que permitió la revisión de planes de estudio y de disciplinas, el análisis, la síntesis y el hermenéutico. Así mismo se analizaron los criterios y debates nacionales e internacionales alrededor de la temática. Se partió de la necesidad de incorporar contenidos referidos al patrimonio geológico al proceso formativo de los profesionales de la geología en Cuba para favorecer su formación patrimonial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al decir de Aldana (2021), la formación patrimonial se dirige a los profesionales con incidencia directa o indirecta sobre el medio geológico, centra sus objetivos en la preparación de los estudiantes para identificar y proteger el patrimonio geológico y la solución de los problemas profesionales en torno a los bienes que lo conforman.

Se comparte estos criterios a partir de considerar que las implicaciones que algunos profesionales tienen sobre el patrimonio geológico debe tomarse como punto de partida para el desarrollo de una formación patrimonial que los prepare para garantizar su salvaguarda.

De modo que para algunas profesiones se hace necesario desarrollar la formación patrimonial centrada en la preparación para identificar y proteger los bienes patrimoniales con los que se relacionan durante su proceso formativo, que les prepare para realizar su actividad profesional sin agredir los valores patrimoniales del contexto donde esta se desarrolle, y a la vez resolver los problemas asociados a su protección; que promueva valores como la responsabilidad hacia los bienes patrimoniales, la sensibilidad ante su deterioro y fomenta su valor identitario.

Específicamente, para el profesional de la Geología en Cuba, se considera que la formación patrimonial debe considerar el estudio de los elementos que conforman el patrimonio geológico, los que pueden ser afectados directamente mientras realizan la exploración y prospección del medio geológico.

Para materializar la formación patrimonial deberá prepararse a los docentes de la carrera para desarrollar la

didáctica del patrimonio geológico, a partir de incorporar contenidos relacionados con el patrimonio geológico al proceso docente educativo. En tal sentido el Decreto 11: Del Patrimonio Geológico de Cuba (2020), el cual establece el marco legal para la identificación, propuesta, declaración, uso, conservación y control de los elementos que conforman el patrimonio geológico nacional.

Para comprender el valor de la didáctica patrimonio geológico como parte de la formación patrimonial de los profesionales que se desempeñan en la geología, se hace necesario partir del análisis del término didáctica y los elementos que lo caracterizan.

La didáctica como ciencia social, con sus leyes y metodologías, estudia el conocimiento de la estructura y funcionamiento del proceso enseñanza aprendizaje y sus aspiraciones, comprometiendo sus intereses con la práctica educativa.

Como parte de las estrategias de acción en el proceso educativo, la didáctica del patrimonio se orienta a la incorporación de los bienes patrimoniales como recursos didácticos al proceso docente educativo de las carreras, de modo que se logre optimizar el proceso enseñanza aprendizaje de las disciplinas y asignaturas desde lo instructivo, educativo, formativo y desarrollador.

A nivel internacional se reconoce el enorme potencial del patrimonio como recurso didáctico, principalmente los bienes muebles que conforman el patrimonio cultural e histórico. Esta tendencia en la Pedagogía ha ganado auge debido principalmente, a la enorme diversidad de elementos patrimoniales, lo que facilita que diversas áreas del conocimiento los empleen como parte de la práctica pedagógica. Su instrumentación ha alcanzado los ámbitos formal y no formal.

En especial el patrimonio natural es centro de atención a nivel mundial por los especialistas de la Geología, orientado a incidir en el patrimonio geológico de una región. Por su relación con aspectos socio-ambientales, su tratamiento didáctico ha tenido un carácter general, en cuanto al contenido que aporta, donde cada una de sus partes encierra un gran valor. Su uso como recurso didáctico en la enseñanza de la Geología, se ha orientado a favorecer la sensibilización de los estudiantes sobre el valor del mismo.

Para Rivera (2004); Ibarra y Bonomo (2014); Gómez (2014); Fontal (2015) y Montoya (2019), los bienes patrimoniales favorecen el estudio interdisciplinar en disciplinas del currículo, a partir de sus potencialidades para formar aptitudes y comportamientos. Autores como Cuenca (2013); Palma (2013); Domingos (2018) y Aldana, Robas y Guardado (2021) coinciden en su valor didáctico.

Por su parte Estepa (2001), refiere que la didáctica del patrimonio se orienta a la incorporación de los bienes patrimoniales al currículo para permitir una mejor

comprensión de la realidad social, a la vez que facilita una comprensión crítica del presente, al permitir la interpretación del significado de los bienes patrimoniales como parte del proceso docente educativo.

Se resalta su carga emotiva, que suele utilizarse para educar en valores (conservación, protección, puesta en valor, reconocimiento), y para crear, formar y fortalecer identidades colectivas, a partir de la valoración de lo nuestro.

Carcavilla (2014), considera que el patrimonio geológico puede constituir una importante herramienta para el diseño de actividades de divulgación, tanto en el ámbito no formal como en formal, en las diferentes asignaturas con contenidos geológicos.

Desde la didáctica su estudio incluye los espacios físico – geográficos, (la flora, fauna, paisaje); los fenómenos y procesos geológicos, físicos y químicos; las estructuras, rocas y fósiles, entre otros elementos del medio geológico, como sistema de conocimientos.

Para el profesorado este proceso parte de la necesidad de determinar su potencial didáctico, como herramienta pedagógica para abordar el estudio de la historia geológica del territorio, sus procesos y características. Esta nueva corriente pedagógica que utiliza el patrimonio geológico como recurso didáctico, se centra en la utilización de los recursos naturales geológicos para introducir determinados contenidos a los estudiantes, en aras de lograr su preparación científica para realizar su gestión de manera eficiente.

Esta vinculación, que integra los contenidos de las disciplinas de la carrera de Geología con el patrimonio geológico, crea un contexto idóneo para el desarrollo de nuevos saberes, habilidades y valores en función del conocimiento del patrimonio geológico.

A través de las diferentes tipologías de clases y actividades de campo los estudiantes pueden interactuar con el patrimonio geológico, poner en práctica los conocimientos, desarrollar habilidades para su identificación, a la vez que se refuercen sus valores.

Aun, cuando es conocido su valor educativo, científico y didáctico, en la educación formal no se constatan grandes cambios en correspondencia con el significado que se le atribuye a estos bienes patrimoniales como recursos didácticos de gran valía y portadores de un contenido que posibilita el intercambio interdisciplinar.

Su incorporación al proceso formativo de la carrera Ingeniería Geológica en Cuba, requiere perfeccionar la formación de los profesionales que se dedican a la docencia, estudiantes y egresados de la carrera, así como la adecuación del currículo universitario.

Mediante la didáctica del patrimonio geológico y su relación con el contenido de las disciplinas del plan de

estudios de la carrera Ingeniería Geológica, se puede accionar el proceso enseñanza aprendizaje, en torno a: ¿qué contenidos enseñar en relación con el patrimonio geológico?; ¿mediante qué procedimientos lograr el aprendizaje del patrimonio geológico en los alumnos?; ¿cuáles son las habilidades y valores a incorporar en las asignaturas en cada año académico en relación con el patrimonio geológico?; ¿cómo medir las transformaciones alcanzadas en la formación patrimonial de los estudiantes?; ¿qué recursos didácticos emplear durante el proceso docente educativo?.

Para el logro de este propósito, como parte de la didáctica del patrimonio geológico se requiere definir los contenidos a enseñar, la metodología y los procedimientos que deben aplicar los docentes durante las diferentes tipologías de clases, para garantizar el aprendizaje del patrimonio geológico en los estudiantes, como parte de su formación patrimonial.

El contenido deberá considerar los conceptos, teorías, leyes y conocimientos que permitan su estudio, comprensión y valorización. Las habilidades a desarrollar como parte de la didáctica del patrimonio geológico tendrán en cuenta la preparación de los estudiantes para identificar, catalogar y evaluar el patrimonio geológico de la nación, con el cual se relacionan desde su proceso formativo.

La evaluación del resultado girará en torno a determinar los avances de la formación patrimonial de los estudiantes, e incluye los conocimientos, habilidades y valores desarrollados durante el proceso enseñanza aprendizaje.

Durante el proceso de formación patrimonial, centrado en la didáctica del patrimonio geológico, el estudiante es el actor fundamental, centro del proceso docente educativo, en él se apropia de los contenidos referidos al patrimonio geológico, desarrolla habilidades para su salvaguarda, a la vez que desarrolla valores que enriquecen el desarrollo de su personalidad.

Como parte del proceso el profesor se relaciona con los bienes que conforman el patrimonio geológico, a la vez que se desarrollan técnicas, herramientas y procedimientos didácticos, para lograr el aprendizaje de los estudiantes y concebir el proceso enseñanza-aprendizaje del patrimonio geológico.

En la carrera Ingeniería Geológica en Cuba, se propone materializar la didáctica del patrimonio geológico mediante la disciplina Investigación Geológica, la cual tiene potencialidades educativas que permiten dar salida a este proceso.

La Disciplina Principal Integradora (DPI), es la columna vertebral del proceso de formación, responde a la ciencia de la profesión e integra el resto de las disciplinas para responder a las exigencias de la profesión. (Hourruitinier,

2006, p.37). Desde esta lógica, su presencia en todo el proceso formativo aporta en su contenido los componentes laboral e investigativo.

Para la carrera Ingeniería Geológica, la Disciplina Investigación Geológica, como (DPI), aparece en el Plan de Estudio E, que comenzó a impartirse en el curso 2018 – 2019. Representa el resultado de la integración de conocimientos, habilidades y valores que deben caracterizar al ingeniero geólogo y cuenta con un fuerte componente práctico que va desde primero a cuarto año.

A ella se integra un sistema de contenidos laboral e investigativo, que contribuye a la formación teórico práctica del ingeniero geólogo de perfil amplio. Es portadora de un sistema de contenidos que favorece la adquisición de conocimientos, habilidades y valores en los estudiantes, garantiza su vínculo directo con el medio geológico, los georecursos y el geoambiente, lo que posibilita un vínculo directo con el patrimonio geológico durante el proceso formativo.

De esta manera se reconoce que el trabajo sistemático y consciente del profesor de la Disciplina Investigación Geológica, en aras de aprovechar sus potencialidades educativas, para incorporar la formación patrimonial mediante sus contenidos, es esencial para garantizar este proceso.

A pesar de que a nivel mundial y nacional se reconoce el valor didáctico del patrimonio geológico, y sus potencialidades para formar valores y aptitudes, en relación con las esferas de actuación de los profesionales que se desempeñan en la geología, a partir del estudio realizado se revelan algunas limitaciones entorno al aprovechamiento de las potencialidades educativas que ofrece la disciplina Investigación Geológica, para mediante sus contenidos, dar salida a la didáctica del patrimonio geológico en la carrera Ingeniería Geológica, entre ellas se destacan:

- ✓ Escaso reconocimiento al valor didáctico del patrimonio geológico.
- ✓ Insuficiencias al relacionarse los contenidos de la disciplina Investigación Geológica con el patrimonio geológico.
- ✓ Limitaciones para identificar los contenidos patrimoniales a incorporar al sistema de contenidos de la disciplina Investigación Geológica para favorecer la identificación y protección del patrimonio geológico.

Estas limitaciones pudieran ser resueltas en alguna medida, a partir de incluir la didáctica del patrimonio geológico como parte de la formación patrimonial en la disciplina Investigación Geológica. Para el logro de este propósito, se puede partir de identificar los contenidos patrimoniales a incorporar mediante la disciplina Investigación Geológica, a cada año académico, los que se presentan en la Tabla 1.

ANO CADÉMICO	CONOCIMIENTOS	ELEMENTOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO	HABILIDADES	VALORES	EJEMPLOS
PRIMERO	Procesos y fenómenos geológicos. Procesos de modelado del terreno Medio Geológico. Origen y evolución de la Tierra, estructuras de la corteza terrestre. Relieve. Estratigrafía y sedimentación	Geoparques, Geositios, Afloramientos Fósiles y sus colecciones. Evolución de la vida. Paisajes del pasado y presente. Formaciones geológicas. Estructuras estratigráficas	1. Evaluar los procesos y fenómenos geológicos y los procesos de modelado del terreno para identificar geositios y geoparques, estructuras estratigráficas y otros que se destacan para que puedan ser incluidos como parte del patrimonio geológico. 2. Determinar las acciones para garantizar su protección	Responsabilidad y patriotismo	Geoparque Viñales. Terrazas costeras de Guantánamo. Macizo cársico de Matanzas. Valle del Río Yurumí. Baracoa - Guantánamo
SEGUNDO	Recursos geológicos, depósitos de minerales sólidos, de petróleo y gas. Geotecnia y Geomecánica del medio. Medio Geológico, Yacimientos minerales, rocas y meteoritos. Materiales de la construcción. Estabilización de obras ingenieras y de la construcción. Geoquímica de la corteza terrestre en la región.	Geoparques, Geositios, Muestras geológicas o colecciones de estas. Geoquímica de la corteza terrestre en la región. Minerales, Rocas y Meteoritos	1. Catalogar los Minerales y rocas, Meteoritos, geositios y muestras geológicas para identificar los que puedan ser incluidos como parte del patrimonio geológico. 2. Evaluar los recursos geológicos, depósitos de minerales sólidos, de petróleo y gas. Agua y sus fuentes, acuíferos, para identificar los que puedan ser incluidos como parte del patrimonio geológico. 3. Determinar las acciones para garantizar su protección.	Responsabilidad y patriotismo	Gabros estratificados de Moa. Museo de mineralogía y petrografía Universidad de Moa. Cortezas de los yacimientos de níquel y cobalto de Moa. Complejos acuíferos cársicos de Ciego de Ávila y Camagüey.
TERCERO	Recursos geológicos, depósitos de minerales sólidos, de petróleo y gas. Geotecnia y Geomecánica del medio geológico, yacimientos minerales útiles. Yacimientos gasopetrolíferos. Tipos de acuíferos. Materiales de la construcción.	Geoparques, Geositios, Muestras y sus colecciones.	1. Catalogar los recursos geológicos, depósitos de minerales sólidos, de petróleo y gas. 2. Evaluar los depósitos de agua y sus fuentes, para identificar los que puedan ser incluidos como parte del patrimonio geológico. 3. Determinar las acciones para garantizar su protección.	Responsabilidad y patriotismo.	Cortezas de los yacimientos de níquel y cobalto de Moa. Complejos acuíferos cársicos de Ciego de Ávila y Camagüey. Cuenca gaseo-petrolífera Guanabo - Varadero.
CUARTO	Integrar los conocimientos precedentes.	Identificar y proteger el patrimonio geológico.	Evaluar, caracterizar y catalogar los elementos naturales geológicos e identificar los que debe integrarse a la lista del	Responsabilidad y patriotismo	Los recursos naturales geológicos con valor patrimonial.

Tabla 1. Contenidos patrimoniales a incorporar mediante la disciplina Investigación Geológica.

En resumen, se considera que para garantizar una adecuada formación patrimonial en la carrera Ingeniería Geológica se debe materializar la didáctica del patrimonio geológico. Los autores de esta investigación la conciben como una rama de la didáctica del patrimonio, la cual estudia la dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel superior para la formación del profesional, con adecuado nivel científico e ideológico, en estrecho vínculo con la cultura, de manera que pueda resolver los problemas profesionales en sus esferas de actuación, a partir de los contenidos referidos a la identificación y protección del patrimonio geológico nacional, como parte de sus modos de actuación profesional.

Para su aplicación se debe lograr, mediante el trabajo metodológico del colectivo pedagógico como espacio integrador de la labor formativa, que se promueva la unidad de acciones teóricas, metodológicas y didácticas para la concreción y contextualización de los contenidos patrimoniales definidos como parte de este estudio.

Como parte de la didáctica del patrimonio geológico se requiere definir los contenidos a enseñar, la metodología y los procedimientos que deben aplicar los docentes durante las diferentes tipologías de clases, para garantizar el aprendizaje del patrimonio geológico en los alumnos.

Este proceso estará orientado, a la integración de contenidos patrimoniales al proceso docente- educativo de la disciplina Investigación Geológica, que favorezcan la preparación de los estudiantes para identificar y proteger el patrimonio geológico.

El contenido deberá considerar los conceptos, teorías, leyes y conocimientos que permitan su estudio, comprensión y valorización.

Entre los métodos a utilizar se encuentran la exposición problémica, la búsqueda parcial y el investigativo, que integrados pueden favorecer la investigación e indagación de los estudiantes en relación con los bienes que conforman el patrimonio geológico de la nación. Además, promueven el aprendizaje activo a través de la investigación y resolución de problemas, fomentando la observación y percepción del entorno. Facilitan un aprendizaje significativo mediante la interacción directa con el patrimonio geológico.

Las habilidades a desarrollar como parte de la didáctica del patrimonio tendrán en cuenta la preparación de los estudiantes para identificar, catalogar y evaluar el patrimonio geológico de la nación, con el cual se relacionan desde su proceso formativo.

A su vez, la evaluación del resultado girará en torno a determinar los avances de la formación patrimonial de los estudiantes, e incluye los conocimientos, habilidades y valores desarrollados en el proceso enseñanza-aprendizaje. La evaluación cuantitativa: se orientará a medir el conocimiento y la comprensión de los estudiantes sobre geositios, considerando aspectos como el valor científico y didáctico. Y la evaluación cualitativa: incluirá

observaciones y análisis de trabajos prácticos y tareas integradoras, donde se valore la capacidad de los estudiantes para interpretar y relacionar conceptos geológicos con el patrimonio geológico.

Las formas de organización del PDE incluirán visitas a sitios patrimoniales, itinerarios didácticos, salidas al campo y talleres y seminarios.

En resumen, durante el proceso de formación patrimonial, centrado en la didáctica del patrimonio, el estudiante es el actor fundamental, centro del proceso docente-educativo. En él se apropia de los contenidos referidos al patrimonio geológico, desarrolla habilidades para su salvaguarda, a la vez que desarrolla valores que enriquecen el desarrollo de su personalidad.

Como parte de ese proceso, el profesor establece relaciones afectivas con los bienes que conforman el patrimonio geológico, además se desarrollan técnicas, herramientas y procedimientos didácticos para lograr el aprendizaje de los estudiantes y concebir el proceso enseñanza-aprendizaje del patrimonio geológico.

El desarrollo de la formación patrimonial permite ampliar la cultura general integral de los estudiantes, a la vez que se incrementan sus conocimientos acerca de los bienes patrimoniales del contexto, relacionados con el objeto de su profesión.

En relación con la carrera Ingeniería Geológica en Cuba, se define como formación patrimonial el proceso formativo orientado a la preparación de los estudiantes para identificar y proteger el patrimonio geológico.

Se considera que la didáctica del patrimonio geológico como parte de la formación del geólogo en Cuba, deberá considerar la preparación de los docentes para incorporar contenidos patrimoniales mediante la disciplina Investigación Geológica, en correspondencia con las exigencias de la didáctica, sus leyes y principios.

Sugerencias didáctico-metodológicas a los docentes para integrar el contenido patrimonial al proceso formativo de la carrera Ingeniería Geológica, mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje la disciplina Investigación Geológica (DPI)

Para el rediseño en cuestión se proponen las siguientes recomendaciones metodológicas:

- ✓ Precisar el sistema de conocimientos, habilidades y valores que deben introducirse durante las diferentes tipologías de clases y en las prácticas laborales, relacionadas con los objetivos generales de la carrera, la disciplina y del año académico.
- ✓ Rediseñar las evaluaciones de las asignaturas, según el año académico y en función del conocimiento acerca del patrimonio geológico.
- ✓ Desplegar el uso de recursos y medios didácticos que favorezcan el cumplimiento de los objetivos propuestos mediante las asignaturas.
- ✓ Contextualizar las habilidades en los rediseños

de las asignaturas para implementar la didáctica del patrimonio geológico.

Resultados esperados

1. La introducción de la didáctica del patrimonio geológico en Cuba, para desarrollar la formación patrimonial, mediante la disciplina Investigación Geológica, creará una unidad dialéctica al vincular la Disciplina Principal Integradora como elemento clave en la nueva cultura patrimonial que se aspira lograr en los estudiantes.

2. Se connotará el papel de la disciplina Investigación Geológica, en el proceso de desarrollo de habilidades para identificar, catalogar y caracterizar el patrimonio geológico, como parte de la formación patrimonial en la carrera de Ingeniería Geológica.

3. El rediseño de las asignaturas en función de desarrollar la didáctica del patrimonio geológico posibilitará la incorporación de conocimientos, habilidades y valores, para favorecer una adecuada formación patrimonial en los estudiantes.

Rediseño del sistema de contenidos que conforman la asignatura Práctica de Cartografía Geológica, en correspondencia con los nodos interdisciplinarios de los contenidos de la disciplina Investigación Geológica y los propuestos como parte de la formación patrimonial

Asignatura: Práctica de Cartografía Geológica

Disciplina: Investigación Geológica

Modalidad: Curso Diurno

Año: segundo

Período: segundo

Total de horas: 160 horas

Evaluación Final: Examen Final

Fundamentación de la asignatura

La Práctica de Cartografía Geológica aborda aspectos concretos de la Geología del área de estudio, los procedimientos para realizar trabajos de campo y de laboratorio. La metodología para la presentación de datos, mapas, columnas, perfiles 2D y 3D. Las condiciones geológicas en profundidad, su interpretación y representación. Interrelación suelo-roca, su análisis e interpretación. Metodología para la confección de informes técnicos sobre los resultados de los trabajos de campo y de laboratorio y las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Métodos de presentación de informes y defensa de los mismos.

Objetivos Generales de la disciplina en función de la formación patrimonial

- ✓ Estudiar las secuencias de rocas y sus características (litología, fósiles, ambientes

sedimentarios), para entender la edad y los procesos de formación de los depósitos patrimoniales.

- ✓ Identificar los geositos y afloramientos que contengan minerales y rocas de gran valor científico, cultural o educativo.

- ✓ Analizar estructuras geológicas (fallas, pliegues, diaclasas) que han dado forma a los afloramientos del patrimonio, entendiendo su relación con la génesis y preservación de estos sitios.

Contenidos en función de la formación patrimonial

Estudio de las secuencias de rocas y minerales y sus características para entender la edad y los procesos de formación de los depósitos patrimoniales. Muestreo en mapas del análisis de rocas, identificación de minerales y procesos geoquímicos relevantes. Estudio de las formas del terreno, sus procesos de modelado y su influencia en la visibilidad y conservación del patrimonio geológico. Estudio de fósiles como elementos clave del patrimonio geológico, su significado evolutivo y su importancia para la datación de rocas y minerales.

Habilidades principales a dominar en función de la formación patrimonial

- ✓ Realizar muestreo y análisis de rocas y minerales.
- ✓ Caracterizar procesos y fenómenos geológicos.
- ✓ Representar en mapas rocas, minerales y procesos geoquímicos relevantes.
- ✓ Localizar fósiles en afloramientos, interpretar paleoambientes y biotas en mapas.
- ✓ Elaborar mapas temáticos, superponer datos geológicos con otros datos (topografía, imágenes satelitales, etc.).
- ✓ Analizar la distribución espacial del patrimonio geológico.
- ✓ Elaborar informes de evaluación del patrimonio geológico, contentivos de: identificación de áreas protegidas y planes de gestión del patrimonio geológico.
- ✓ Diseñar rutas geo turísticas, elaborar material divulgativo
- ✓ Interpretar sitios y parques de interés geológico.

Valores fundamentales que desarrolla la formación patrimonial mediante la asignatura

Responsabilidad: manifestar su intención de cumplir con el compromiso social de proteger el patrimonio geológico y los elementos que lo componen y proponer acciones dirigidas a garantizar su resguardo como parte de su actividad profesional.

Patriotismo: identificación con lo autóctono mediante la relación con el medio geológico nacional, sus georecursos y el patrimonio geológico. Realizar valoraciones positivas acerca de Cuba, sus características y su patrimonio geológico.

CONCLUSIONES

Se reafirma la necesidad de desarrollar para el geólogo cubano la formación patrimonial, como proceso orientado a favorecer sus modos de actuación profesional, en relación con la identificación y protección del patrimonio

geológico de la nación, en correspondencia con las exigencias que hace la sociedad a estos profesionales.

La incorporación de la didáctica del patrimonio geológico, como parte de la formación patrimonial del geólogo cubano, favorece la preparación de los estudiantes para garantizar la identificación y protección del patrimonio geológico nacional.

Bibliografía

Aldana, Y., Guardado, R.M., y Robas, E. F. (mayo de 2021). La formación integral del ingeniero geólogo, desde la perspectiva del patrimonio geológico. En Reformulaciones, variantes y estrategias de los procesos de aprendizajes 2030. Simposio llevado a cabo en I Congreso Internacional de Educación y Pedagogía, Caborca, Sonora, México.

Cantón, A. V. (2009). La educación patrimonial como estrategia para la formación ciudadana. *Correo del Maestro*. 154, (2). Recuperado de <https://www.correodelmaestro.com>. Consulta 21 de enero 2019.

Carcavilla, L. (2014). Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(1), 5-18.

Cordero, C. Y., Martínez, L. J. G., Morales, V. D., González, T. J. B., y Fernández, O. R. (2003). *Cuba arqueológica*. La educación patrimonial en el escenario de los planes de Evaluación y Diagnóstico del patrimonio arqueológico y sociocultural de Cuba. Recuperado de <http://www.revflacso.uh.cu>. Consulta 23 de septiembre de 2020.

Cuenca, J.M. (2002). *El patrimonio en la didáctica de las Ciencias Sociales* (Tesis doctoral). Universidad de Huelva, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es>. Consulta 21 de enero 2019.

Cuenca, J.M. (2013). El papel del patrimonio en los centros educativos: hacia la socialización patrimonial. *Tejuelo*, 19, 76-96. Recuperado: <https://dialnet.unirioja.es>.

Domingos, F. (2018). *Caracterización de geositos para la protección y preservación del patrimonio geológico en la ruta Baracoa- Puriales de Caujerí* (Tesis doctoral). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, Holguín, Cuba.

Estepa, J. (2001). El patrimonio en las Ciencias Sociales: obstáculos y propuestas para su tratamiento en el aula. *Íber: Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*. 30, 93-105.

Fontal, O., y Ibáñez, A. (2015). Estrategias e instrumentos para la educación patrimonial en España. *Educatio Siglo XXI*, 33(1), 15-32.

Gómez, H. T. R. (2014). *La educación patrimonial de los docentes del preuniversitario en Remedios, Monumento Nacional* (Tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín.

Gómez, H. T. R. (2014). *La educación patrimonial de los docentes del preuniversitario en Remedios, Monumento Nacional* (Tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín.

Horruitiner, P. (2006). *La Universidad Cubana: el modelo de formación*. La Habana, Cuba: Félix Varela.

Ibarra, M., y Bonomo, U. (2014). El patrimonio como objeto de estudio interdisciplinario. *Polis*, 39, 1-19.

Méndez, A. R. (2016). *Educación patrimonial, museos y ferrocarril, un estudio de caso sobre el Museo del ferrocarril de Madrid, España* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, España.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2018). Decreto 345: *De la actividad de investigación geológica y del Servicio Geológico de Cuba*. Gaceta Oficial Extraordinaria de la República de Cuba, No. 41. Disponible en: <http://www.gacetaoficial.cu>.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2020). *Decreto 11: Del Patrimonio Geológico de Cuba*. Gaceta Oficial Ordinaria de la República de Cuba, No. 69. Disponible en: <http://www.gacetaoficial.gob.cu>. [Ministerio de Energía y Minas](http://www.minem.gob.cu).

Montoya, T. (2019). La gestión del patrimonio intangible minero: perspectiva desde su formación en comunidades mineras. *Minería y Geología*, 35(3), 358-368. Recuperado de <http://revista.ismm.edu.cu>.

Palma, J. M. (2013). El patrimonio cultural, bibliográfico y documental de la humanidad. Revisión conceptual, legislativa e informativa para una educación sobre patrimonio. *Cuicuilco*, 20(58).

Rivera, A. (2004). *El patrimonio cultural de la localidad y su contribución al desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de la Historia de Cuba en la Secundaria Básica* (Tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín.

Rivera, A. (2004). *El patrimonio cultural de la localidad y su contribución al desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de la Historia de Cuba en la Secundaria Básica* (Tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín.

Rodríguez, C. J. C. (2007). *El patrimonio identitario campesino y su proyección axiológica en el proceso docente educativo de la secundaria Básica Suburbana* (Tesis doctoral). Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero, Holguín.

Rodríguez, E. (2013). *La educación patrimonial en la formación inicial del profesional de la educación de la carrera Licenciatura en Educación: Biología-Geografía* (Tesis doctoral). Universidad de Ciencias Pedagógicas Félix Varela, Villa Clara.

Santos, E. M. d. I. (2013). *El patrimonio industrial minero en Corrales de Aljaraque* (Tesis doctoral). Universidad de Huelva, España. Recuperado de <https://dialnet.uirioja.es>. Consulta 21 de enero 2019.

Superior, M. d. E. (2019). *Modelo del profesional de Ingeniería Geológica. Plan de Estudios E*. Universidad de Moa.

Unidas, C. G. d. N. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G. 2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>. Consulta 5 de enero 2018.

Unidas, C. G. d. N. (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*. París. Recuperado de <https://whc.unesco.org>. Consulta 12 de febrero de 2018.

Carrera de Ingeniería Geológica
Facultad de Ciencias Técnicas
Universidad de Pinar del Río
"Hermanos Saíz Montes de Oca", Cuba.

LA PRÁCTICA DE CAMPO: DEL APRENDIZAJE A LA SOCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO

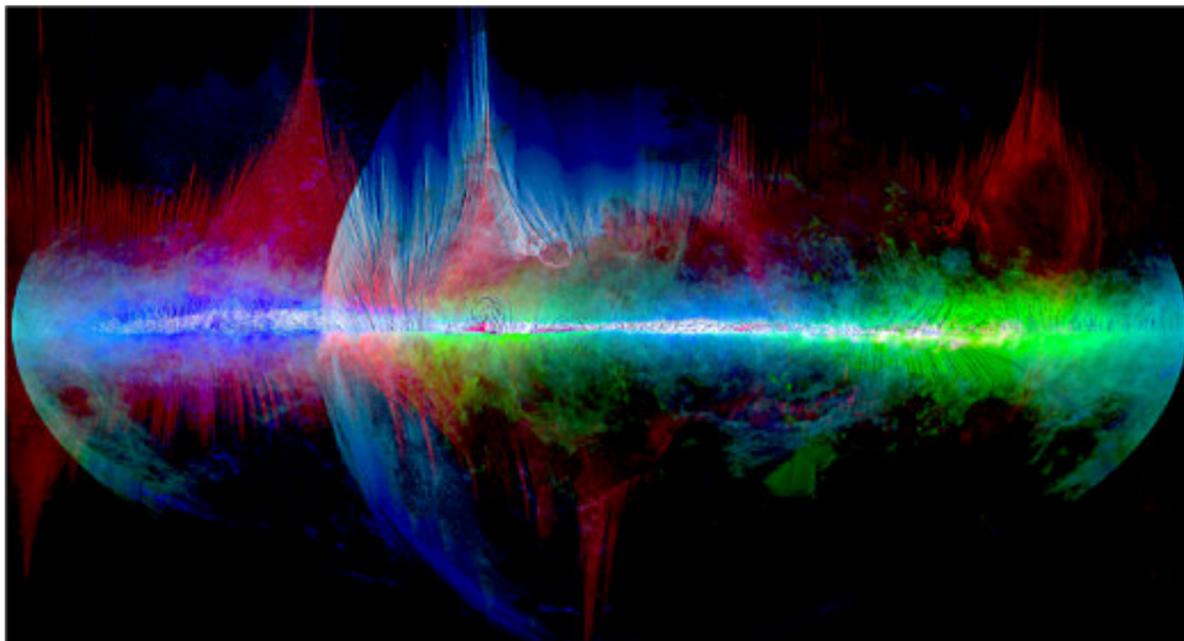
Por: **Prof. M.Sc. Wilmer Pérez Gil**

Fotos cortesía: *Dr.C. Esther María Cruz Gámez, M.Sc. Isbel Mesa Negrín e Ing. Mónica Matos Giralt*
Departamento de Geología

Sin lugar a dudas, la Práctica de Campo constituye una de las actividades formativas de mayor importancia y repercusión para los estudiantes de primer y segundo año de la carrera de Ingeniería Geológica en cualquier institución académica. En el caso de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", en Cuba, esta actividad se desarrolla actualmente en dos polígonos de campo. El primero, establecido hace casi tres décadas, se ubica en la comunidad rural Las Terrazas, situada en la porción septentrional de la Sierra del Rosario, en el municipio Candelaria, provincia de Artemisa, dentro de los límites de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. El segundo, de reciente creación, se encuentra en áreas cercanas a la Base de Campismo Popular Dos Hermanas, en el municipio de Viñales, provincia de Pinar del Río. Esta región, reconocida mundialmente por su atractivo turístico, sus valores naturales y paisajísticos, alberga el primer geoparque de Cuba declarado por la UNESCO.

Durante estas prácticas, profesores y estudiantes no solo llevan a cabo actividades propias de la disciplina, sino que también fomentan el intercambio de conocimientos y la orientación vocacional. Un aspecto destacado es la difusión del conocimiento geológico en las escuelas locales, donde se socializan aspectos claves de la carrera como la estructura de su plan de estudios y las vías de acceso a la universidad. Mediante un lenguaje sencillo y accesible, los estudiantes explican a los lugareños las actividades que realizan durante esta importante actividad docente. Entre ellas, se incluyen el reconocimiento y la descripción de diferentes tipos de rocas y fenómenos geológicos, mapeo, análisis de muestras, medición de estructuras geológicas, entre otros, lo que permite a los estudiantes adquirir habilidades y métodos de trabajo esenciales para su formación como futuros profesionales de las geociencias.

Otro elemento relevante son las visitas a entidades científicas ubicadas en las proximidades. Ejemplo de ello son las realizadas a la Estación Ecológica Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario y al Centro de Estudios y Servicios Ambientales de la provincia de Artemisa, así como a la Oficina y Centro de Visitantes del Geoparque Viñales. En estas visitas, los estudiantes reciben charlas educativas impartidas por especialistas, quienes abordan temas como la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad y el patrimonio geológico de cada región. Estas experiencias contribuyen significativamente a la formación de una cultura geoambientalista en los estudiantes, reforzando su compromiso con la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.



Encuentra lo que amas y deja que te mate.

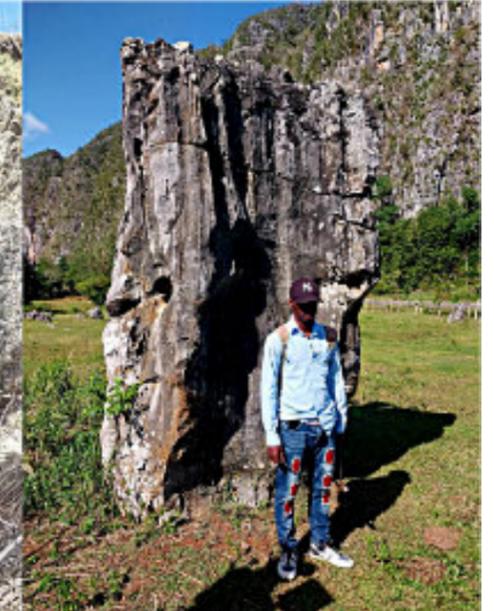
Charles Bukowski

Estudiantes de primer año.



Estudiantes de primer año.





Los inicios de la enseñanza de la geología en Latinoamérica

Victor A. Ramos

Universidad de Buenos Aires
Instituto de Estudios Andinos don Pablo Groeber (UBA-Conicet)

El inicio de la enseñanza de la geología en Latinoamérica ha sido muy desigual, ocurrió primero en aquellos países donde la minería era un recurso importante como apoyo al progreso de las distintas comunidades.

En Latinoamérica la enseñanza de la geología comenzó en la ciudad de México, capital del virreinato de Nueva España, en el Real Seminario de Minería en 1795. Tuvo una personalidad destacada como Andrés Manuel del Río (1764-1849) que inició su dictado y estuvo a cargo de la cátedra hasta 1806. Del Río tenía una preparación académica extraordinaria, primero en España de donde era oriundo, luego en Francia¹, culminando sus estudios en la Academia de Minería (*Bergakademie*) de Freiberg, la más antigua y prestigiosa academia de Europa en esta disciplina, que tenía como profesor a Abraham G. Werner (1750-1817), el máximo referente y padre de la geología de Alemania². Además, tuvo la visita en 1803 de su ex-compañero de estudios en la Academia, Alexander von Humboldt (1769-1859), que venía de recorrer una gran parte de lo que hoy es Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú y en especial los Andes y sus volcanes. Esa experiencia la volcó para colaborar en la actualización de los *Elementos de Orictognosia* que Manuel del Río había publicado en 1795.



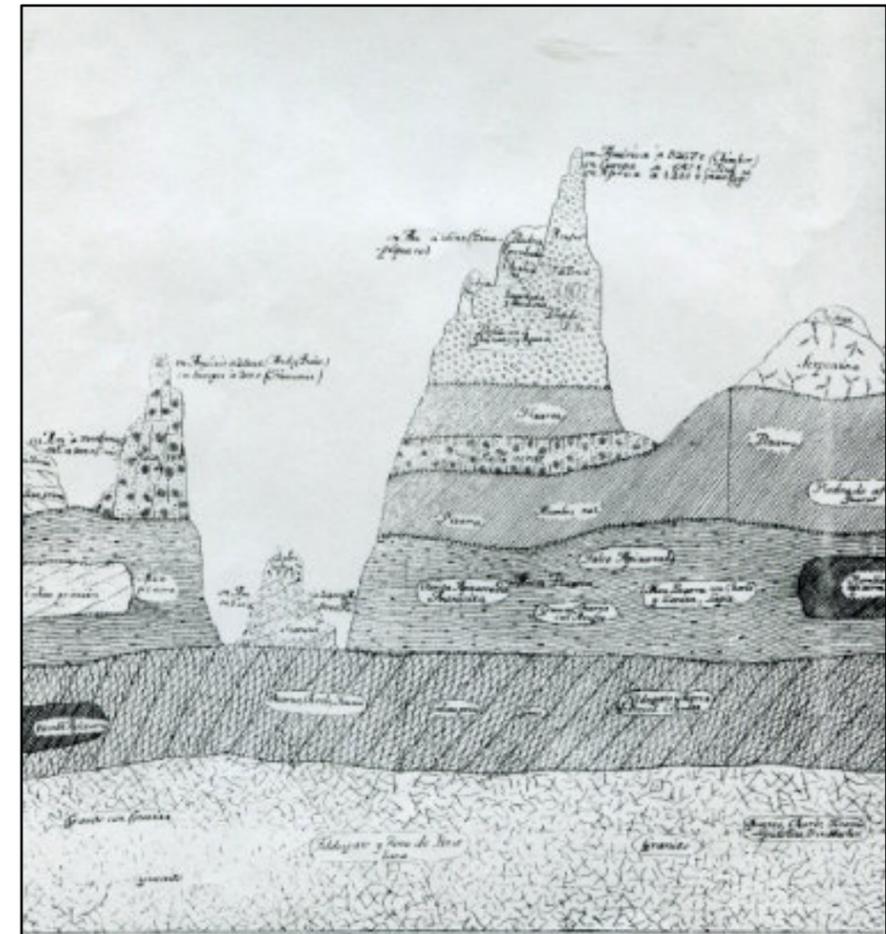
Alexander von Humboldt y Andrés Manuel del Río compañeros de la Academia de Minería de Freiberg y discípulos de Abraham Werner se volvieron a reunir en México en 1803.

¹) Puche Riart, 2017.

²) Escamilla González y Morelos Rodríguez, 2020.

*A solicitud de los lectores, publicamos ésta reedición revisada y aumentada.

Humboldt durante su estadía en México escribió un texto inédito de “*Essai de Pasigraphie* (1803)” en francés, para las clases del Real Seminario de Minería, que fue traducido y publicado por Manuel del Río en su segunda edición de *Elementos de Orictognosia* de 1805 como una *Introducción a la Pasigrafía geognóstica*. Ésta permitió de manera clara la representación de datos geológicos y cartográficos, por medio de letras, flechas, símbolos y abreviaturas para las formaciones y tipos de rocas³. En este capítulo del Río publica la primera descripción y sección geológica de la Cordillera de los Andes preparadas por Humboldt.



Primeras secciones geológicas de los Andes realizados por von Humboldt en 1803 para colaborar con Manuel del Río en el Real Seminario de Minería.

Entre los pioneros de la geología y minería de Latinoamérica no puede faltar José Bonifacio de Andrada e Silva (1763-1838), brasileño nacido en Santos que a los 16 años fue a estudiar a la Universidad de Coimbra en Portugal donde egresó, complementando sus estudios en la *École Nationale supérieure des Mines* de Paris y finalmente durante dos años en la Academia de Minería de Freiberg. Fue compañero de Andrés Manuel del Río y de Alexander von Humboldt en esa institución. Durante 30 años tuvo una activa vida científica

³) Morelos Rodríguez y Moncada Maya, 2015.

en Europa, describiendo varios minerales nuevos para la ciencia y enseñando metalurgia en la Universidad de Coimbra.

Retorna a Brasil a los 57 años y realiza pioneras descripciones geológicas en el interior de São Paulo volcadas en diversos informes. Sin embargo, no ejerció la docencia, dado que a su regreso tuvo una importante actividad política. Se lo considera a este profesor de mineralogía uno de los artífices de la independencia de Brasil, realizando importantes gestiones como Ministro del Reino y de Asuntos Exteriores de Pedro I para independizar Brasil de Portugal.



José Bonifacio de Andrada e Silva, padre de la geología brasilera.

Para la enseñanza de la geología en Brasil se debe esperar a 1876 cuando el emperador Dom Pedro II fundó la *Escola de Minas de Ouro Preto*, invitando al mineralogista francés Claude Henri Gorceix (1842-1919) a iniciar los cursos de geología, mineralogía, física y química. Esta escuela de minas convergió mucho más tarde en la creación de la *Universidade Federal de Ouro Preto*.

En Perú se inició la enseñanza de la geología en 1851 en el Colegio de Medicina de San Fernando en Lima por Antonio Raimondi (1826-1890)⁴. Una de sus primeras tareas al

⁴) Camacho, 1971.

llegar a Lima fue organizar un Gabinete de Historia Natural en el Colegio de la Independencia. Este sabio italiano y autodidacta enseñó geología por más de 20 años, realizó importantes investigaciones a través de gran parte del Perú y fue autor de numerosas e importantísimas obras⁵. Su contribución más importante ha sido “*El Perú, Estudios Mineralógicos y Geológicos*” que en sus cinco voluminosos tomos hacen una síntesis de la geología, las diferentes rocas y minerales, con un especial énfasis en los yacimientos metalíferos del Perú. Esta obra fue publicada después de su muerte por la Sociedad Geográfica de Lima, que a pesar de sus más de cien años sigue siendo una importante obra de consulta.



Dos pioneros de la enseñanza de la geología en América del Sur: Ignacio Domeyko en 1838 en Chile y Antonio Raimondi a partir de 1851 en Perú.

En Chile la enseñanza se inicia con Ignacio Domeyko (1802-1889), naturalista polaco que inició sus estudios en la Universidad de Vilnius en Lituania, donde obtuvo un magister en matemáticas en 1822. Su participación en las revueltas contra la invasión rusa lo llevaron al exilio en Alemania⁶, donde inició estudios en la Academia de Minería de Freiberg, de donde la presión diplomática rusa lo obligó a exiliarse en París en 1832. Realizó estudios de geología en la Sorbona con los maestros Elie de Beaumont (1798-1874) y Alexandre Brongniart (1770-1847). Finalizó su formación en la *École Nationale Supérieure des Mines* de Paris donde egresó en 1837 como ingeniero de minas⁷. Llegó a Chile donde comenzó a enseñar en 1838 Mineralogía y Química en el Liceo San Bartolomé de La Serena. Seis años después comenzó sus cursos en el Instituto Nacional de Santiago. A partir de 1842 al fundarse la Universidad de Chile, enseñó por 40 años en esta institución, alcanzando el cargo de rector que ejerció hasta 1883⁸. Fue autor de numerosas publicaciones que fueron reunidas en cinco tomos en 1903 en su homenaje.

⁵) Seiner Lizárraga, 2003.

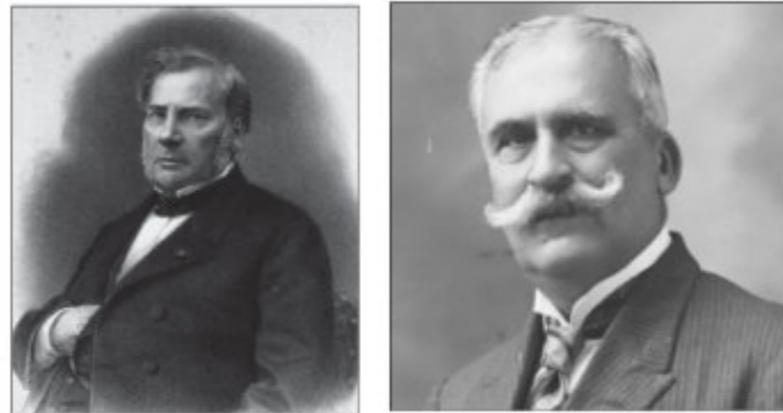
⁶) Lastarria Caverro, 1936.

⁷) Hervé y Charrier, 2016.

⁸) Charrier et al., 2018.

En la Gran Colombia⁹ hubo un importante intento de comenzar con la enseñanza de la geología en 1823 con la creación del Museo de Historia Natural vinculado a una Escuela de Minas en Bogotá. A través de una misión de especialistas franceses gestada por el gobierno patrio llega a Colombia al año siguiente Jean Baptiste Boussingault (1801-1887), ingeniero de minas que prestó importantes servicios al gobierno hasta 1831¹⁰. El Museo de Historia Natural tenía en sus estatutos como objetivo la apertura de cátedras de geología y mineralogía con una contraparte aplicada en la Escuela de Minas. La estructura académica de ambas instituciones era similar a la de sus pares en Francia¹¹. En 1826 ambas instituciones se fusionan con la recientemente creada Universidad Nacional de Bogotá. A lo largo de su primera década, sus intenciones progresistas tropiezan con el grave déficit financiero de la nación que no permite alcanzar sus planes de desarrollo, en especial con la crisis política de 1830 que lleva a la disolución de la Gran Colombia. Sin embargo, esa misión francesa dio la oportunidad para que Joaquín Acosta (1800–1852) fuera a París a estudiar mineralogía, geología e ingeniería en 1825, siendo el primer colombiano con estudios formales de geología¹². Escribió un texto sobre geología en la Nueva Granada, pero sus actividades político-militares le impidieron en cierta forma dedicarse a pleno a su vocación científica.

Se debe esperar a la segunda mitad del siglo para la fundación de la Escuela Nacional de Minas de Medellín en 1887. Esta escuela fue fundada por Tulio Ospina (1857-1921), quien luego de sus estudios iniciales en la Universidad de Antioquía se dirige a Estados Unidos para realizar una especialización en Ingeniería de Minas en la Universidad de Berkeley por dos años graduándose en 1879. Regresa a Medellín en 1881 y participa en la fundación de la Escuela de Minas en 1887, primero como profesor y luego como rector hasta su muerte¹³. Si bien en ese año se crea una escuela de minas en Ibagué, ésta no tuvo continuidad cerrándose a los pocos meses.



Jean Baptiste Boussingault, ingeniero de minas que vino en la misión francesa solicitada para el Museo de Historia Natural en 1824 que realizó importantes aportes geológicos y Tulio Ospina primer profesor de geología y minas en 1887 de la Escuela Nacional de Minas en Medellín.

⁹) Integrada además por las actuales Venezuela, Ecuador y Panamá.

¹⁰) Espinosa Baquero 1816, p. 38.

¹¹) Rodríguez Prada, 2009.

¹²) Espinosa Baquero, 2016.

¹³) Anónimo, 1922-1925.

El sabio Tulio Ospina es considerado un pionero de la enseñanza de la geología en Antioquía, que tuvo una fuerte componente de campo y que fue muy riguroso en el estudio de las rocas y yacimientos geológicos. Es además autor de la “*Reseña Geológica de Antioquía*” y fue considerado un eminente profesor de geología y mineralogía, “*que inició en Colombia el conocimiento científico y tecnológico de nuestros recursos naturales y con quien se formaron destacados profesionales en las ramas de la minería, la geología, la cristalografía y la petrografía*”¹⁴. Esta escuela fue incorporada a la Universidad de Antioquía y es actualmente la Facultad de Minería de la Universidad Nacional de Colombia¹⁵.

En Ecuador la exitosa expedición científica organizada por la Academia de Ciencias de Francia de Charles Marie de La Condamine entre 1735 y 1744 permitió medir un sector de meridiano, pero aportó poco al conocimiento geológico de esta región¹⁶. Las observaciones de Humboldt fueron de vital importancia para la polémica entre plutonistas y neptunistas, especialmente en la zona volcánica de Ecuador. Sin embargo, sus publicaciones se produjeron varios años después de su visita de principios del siglo XIX¹⁷.



Teodoro Wolf como joven jesuita y a edad madura.

¹⁴) Don Tulio Educador y sabio por Héctor Ocampo Marín, 2001.

¹⁵) Anónimo, 1922-25.

¹⁶) La Condamine, 1851.

¹⁷) Véase Ramos, 2022.

¹⁸) Wolf, 1892.

¹⁹) Cuvi et al., 2014.

La enseñanza de la geología se inicia muchas décadas después con la creación del Instituto Politécnico Nacional en 1869 fundado por el presidente Gabriel García Moreno. Sus primeros profesores fueron tres sabios jesuitas que llegaron al país para enseñar en esta escuela. Se destaca entre ellos el jesuita Teodoro Wolf (1841-1924) que estuvo encargado del dictado de la geología y la paleontología, quien ya en los primeros años tuvo fuertes críticas de sus superiores por sus enseñanzas de la evolución de Darwin. Enseñó durante varios años, pero tuvo que renunciar a los hábitos y fue contratado por el presidente como Geólogo del Estado, produciendo como legado una importante obra, la *Geografía y Geología del Ecuador* de 1892¹⁸. Esta fue impresa por orden del gobierno, y contiene una pormenorizada descripción de sus viajes y hallazgos. Fue responsable de introducir las ideas darwinistas sobre la evolución en Ecuador¹⁹.

Los inicios de la enseñanza de la geología en Argentina

La enseñanza de la geología comenzó más tarde que en esos países donde la minería era un recurso primordial, recurso que no lo es aún en nuestros días. Los pioneros de la geología en este sector de América del Sur han sido predominantemente los naturalistas viajeros como Tadeo Haenke²⁰, Charles Darwin²¹ y Alcide D'Orbigny²². Una excepción a las investigaciones de estos naturalistas extranjeros es el trabajo de Dámaso Larrañaga (1771-1848), un naturalista rioplatense que hizo el primer estudio geológico de las Provincias Unidas del Río de la Plata en 1819²³.

La creación del Departamento de Ciencias Exactas incluyendo las naturales en 1865 en la Universidad de Buenos Aires, tuvo más bien una orientación científica y estuvo orientado a formar ingenieros. Se contrataron tres profesores de Italia que dictaron las matemáticas puras y aplicadas, la física y la historia natural. Los cursos de geología comenzaron con la llegada de Pellegrino Strobel (1821-1895), sabio italiano procedente de la Universidad de Parma, quien estuvo a cargo de la historia natural.

Pellegrino Strobel accedió venir a la Argentina, tratando de emular los pasos de Alexander von Humboldt en el norte de América del Sur. Además de comenzar con la enseñanza el 7 de julio de 1865, tuvo entre sus prioridades realizar un estudio de los Andes a través de Mendoza, en el segmento conocido como de la Alta Cordillera. En este sentido siguió los pasos de Charles Darwin, quien había realizado el primer cruce de los Andes por este sector en 1835, pero procedente de Chile. Su travesía remontando el río Mendoza, cruzando por el Paso de la Cumbre hasta llegar a Santiago y regresando desde Curicó por el Paso del Planchón hasta San Rafael estuvo plena de situaciones azarosas. Este último cruce de regreso fue el primero que se hacía a estas latitudes y estuvo coronado por importantes

²⁰) Ramos y Alonso, 2019.

²¹) Aguirre-Urreta et al., 2009.

²²) Ramos, 2011.

²³) Ramos, 2020.

hallazgos. Al atravesar la cordillera encontró a gran altura los primeros estratos marinos y fosilíferos de edad liásica, además de otras importantes observaciones. Este viaje de vuelta lo hizo al sur de la frontera con el indio en esos años y sus relatos publicados en la primera revista científica argentina en 1866, no solo aportan sus contribuciones científicas, sino que está lleno de vívidas experiencias en una tierra desconocida.

Sin embargo, su contribución más importante, además de iniciar las clases de Geología, es el haber establecido un gabinete de Historia Natural en la universidad en 1866, que sirvió durante décadas para la enseñanza de mineralogía, la paleontología, la botánica y la zoología a sucesivas generaciones de estudiantes.

Strobel formó a la primera generación de ingenieros argentinos que egresaron en 1870. En esos años la mineralogía y geología eran disciplinas de apoyo para el estudio de la ingeniería. Pasaron varios años hasta que se organizó el doctorado en ciencias naturales con orientación en geología en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.



Pellegrino Strobel y Juan Ramorino, dos profesores italianos que iniciaron la enseñanza de la geología en la Universidad de Buenos Aires entre 1865 y 1876.

Strobel cumplió su contrato de dos años y volvió para Parma desde donde realizó numerosas contribuciones científicas de lo que había observado en Argentina. Le siguió otro profesor venido de Italia, Juan Ramorino (1840-1876), quien enseñó hasta su fallecimiento en 1876.

En esos años fue creada la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba que contrató a varios científicos de primer nivel, entre ellos a Alfred Stelzner (1840-1895). Este geólogo alemán formado también en la Academia de Minería (*Bergakademie*) de Freiberg arriba al país en 1872, iniciando un período de intensa investigación geológica.

Sin embargo, las dificultades que tenían para enseñar en español, él y sus compañeros, impidieron dar clases en la antigua Universidad de Córdoba, regresando en 1874 a Alemania²⁴. La Academia lo reemplazó por Ludwig Brackebusch (1849-1906), otro geólogo alemán que brindó importantes servicios, realizando un completo "*Mapa Geológico del interior de la República Argentina*" en 1891. Wilhelm Bodenbender (1857-

²⁴) Toselli y Rossi, 2007; Depetris, 2019.

1941) a la ida de Brackebusch continuó una intensa labor de investigación y docencia hasta su fallecimiento en Córdoba.

El primer profesor de geología argentino fue Eduardo Aguirre (1857-1923), egresado de la Universidad de Buenos Aires en 1878. Aguirre fue profesor de geología durante casi 30 años. Continuó esta tarea Enrique M. Hermitte (1871-1955), quien se graduó de ingeniero de minas en 1894 en la *École Nationale Supérieure des Mines* de París. Fue el profesor y el director de tesis de los primeros doctores con orientación geológica a partir de 1914 cuando egresaron los primeros geólogos argentinos y se consolidó la profesión a través del doctorado en ciencias naturales.



Enrique M. Hermitte y Eduardo Aguirre primeros argentinos profesores de geología en la Universidad de Buenos Aires.

Esta escuela de geología creada hace ya más de 150 años continuó la formación de geólogos hasta la actualidad en la Universidad de Buenos Aires²⁵.

Consideraciones finales

Esta breve síntesis sobre la iniciación de la enseñanza de la geología en Latinoamérica permite hacer algunas interesantes consideraciones. En primer lugar, solo México tuvo durante el período colonial la fundación de una Escuela Real de Minas como uno de los últimos coletazos de la ilustración española. La escuela fundada en 1792 por Fausto Fermín de Elhuyar, egresado de la Academia de Minería (*Bergakademie*) de Freiberg, permitió la llegada de Manuel del Río y el inicio de la enseñanza en 1795. Le siguen Domeyko en 1838 en Chile, Raimondi en 1851 en Perú, Strobel en 1865 en

Argentina, Wolf en 1869 en Ecuador, Gorceix en 1876 en Brasil y Ospina en 1887 en Colombia. Es notable la influencia que tuvo la Academia de Minería de Freiberg en formar a los ingenieros de minas y geólogos que iniciaron la enseñanza, no sólo a fines del siglo XVIII con Manuel del Río, José Bonifacio y Alexander von Humboldt, sino como vemos con Domeyko y Stelzner a mediados del siglo XIX, en especial este último quien no solo se formó en esa academia, sino que a su vuelta a Alemania estuvo a cargo de la enseñanza de la geología en Freiberg. Hay que destacar también la importancia que ha tenido la *École Nationale Supérieure des Mines* de París donde egresaron tanto Domeyko como Hermitte en esos años.

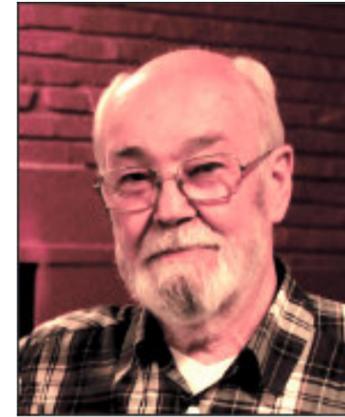
Como corolario se puede afirmar que el inicio de la enseñanza en estos países del nuevo mundo significó ingentes esfuerzos para su comienzo, en especial para las jóvenes naciones envueltas todavía en procesos de independencia. En esas situaciones se destacaron la tenacidad, la ambición por conocer nuevos mundos y la curiosidad para aprender de estos precursores venidos desde Europa que sembraron la primera semilla que permitió a los criollos desarrollar diferentes escuelas donde aún se sigue enseñando a las nuevas generaciones.

Referencias

- Aguirre-Urreta, B., Griffin, M., y Ramos, V.A., 2009, Editores Invitados. Darwin en la Argentina, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64(1): 1-180.
- Anónimo, 1922-1925. Homenaje de la Escuela Nacional de Minas a la memoria de don Tulio Ospina. *Anales de la Escuela Nacional de Minas* 2-3(21-25): 641-729. Medellín.
- Camacho, H.H. 1971. *Las Ciencias Naturales en La Universidad de Buenos Aires. Estudio Histórico*, Eudeba, Temas, 150 p., Buenos Aires.
- Charrier, R., Aguirre, L., Hervé, F., Klohn, E. y Thiele, R. 2018. La carrera de Geología en la Universidad de Chile. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 5 (Suplemento 1): 49-62.
- Cuvi, N., Sevilla, E., Sevilla, A. y Piñas, F. 2014, La circulación del darwinismo en el Ecuador (1870-1874). *Procesos: Revista ecuatoriana de Historia* 39: 115-142.
- Depetris, P.J. (ed.) 2019. *La Academia Nacional de Ciencias, 150 Años acompañando la Ciencia Argentina*, ANC, 400 p., Córdoba.
- Escamilla González, F.O. y Morelos Rodríguez, L. 2020. Bringing Werner's teaching to the New World: Manuel del Río and the Chair of Mineralogy in the School of Mines in Mexico (1795-1805). *Earth Sciences History* 39(2): 246- 261.
- Espinosa Baquero, A. 2016. El Servicio Geológico Colombiano 1916 – 2016 ~ Cien años al servicio de Colombia. *Colección Centenario del Servicio Geológico Colombiano, Serie Historia, volumen 1*, 261 p., Bogotá.
- Hervé, F. y Charrier, R. 2016. Legado de Ignacio Domeyko (1802 - 1889) a la geología y a la institucionalidad científica de Chile. En *La Historia de la Geología en el Bicentenario de la Argentina*, *Revista del Museo de La Plata* 1 (Número especial): 138-148, La Plata.

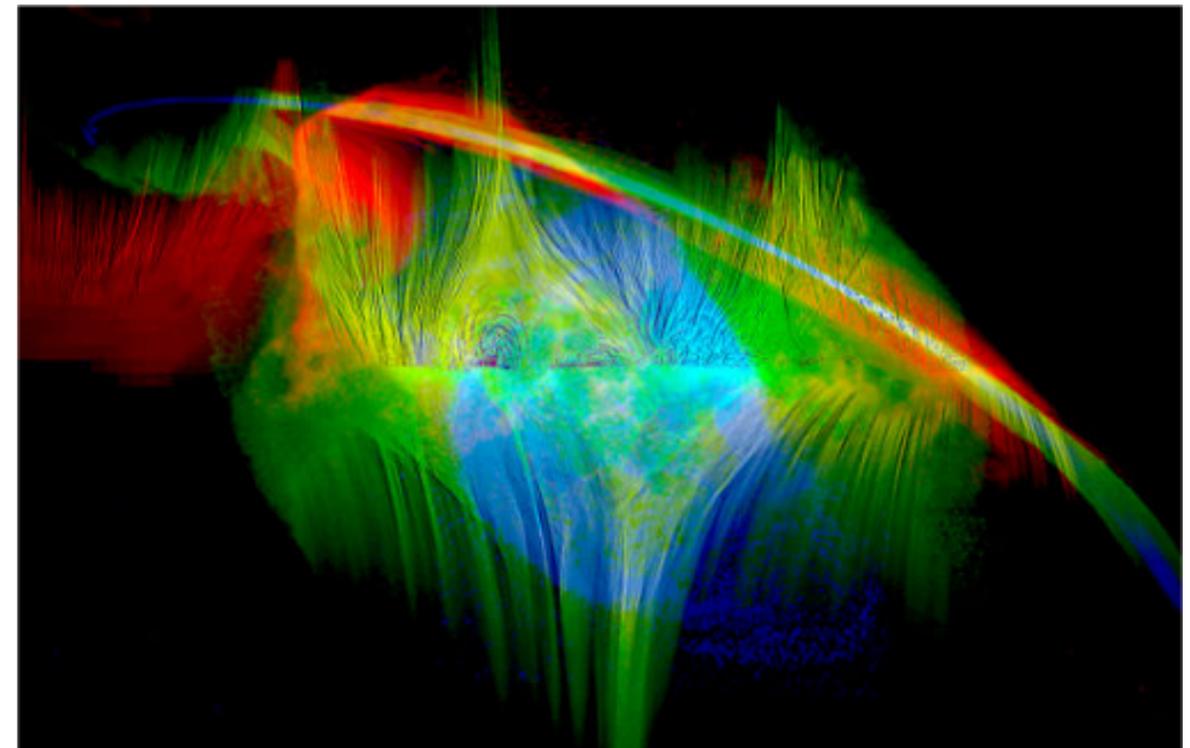
²⁵) Ramos 2016, 2018.

- La Condamine, C.M. 1851. Journal du voyage fait à l'Equateur servant d'introduction historique à la Mesure des trois premiers degrés du Méridien. L'Imprimerie Royale, 358 p., Paris.
- Lastarria Caverio, B. 1936. Ignacio Domeyko y su época, 1802-1888. Sociedad Imprenta y Litografía Universo, 155 p., Viña del Mar.
- Morelos Rodríguez, L. y Moncada Maya, J.O. 2015. Orígenes y fundación del Instituto Geológico de México. Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia 67(2): 1-23.
- Ocampo Marín, H. 2001. El presidente Mariano Ospina Pérez. Cámara de Comercio de Medellín para Antioquía, 324 p., Medellín.
- Puche Riart, O. 2017. Andrés Manuel del Río, Estudio crítico. Biblioteca Virtual de Polígrafos 90 p., Madrid.
- Ramos, V.A. 2011. Doscientos años de Ciencias de la Tierra en Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 68(3): 392-406.
- Ramos, V.A. 2016. El inicio y desarrollo de la Geología en la Universidad de Buenos Aires. Revista del Museo de la Plata, Número especial, 2016(1): 217-227.
- Ramos, V.A. 2018. El desarrollo de la Geología en la Universidad de Buenos Aires. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Nueva Serie 5(Suplem. 1): 23-32.
- Ramos, V.A. 2020. El primer estudio geológico de las Provincias Unidas del Río de la Plata: Los aportes de Dámaso A. Larrañaga. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 7(sup. 1): 53-62, Córdoba.
- Ramos, V.A. 2022. Humboldt's Interpretation of the Andean Geology. En Falk, G.C., Strecker, M.R. y Schneider, S. (eds.) Alexander von Humboldt, Multiperspective Approaches, Springer Verlag, 116-134, Berlin.
- Ramos, V.A. y Alonso, R.N. 2019. Tadeo Haenke: primer naturalista del Virreinato del Río de la Plata. Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 70 (2018): 117-146, Buenos Aires.
- Rodríguez Prada, M.P. 2009. Investigación y museo: Museo de Historia Natural de Colombia 1822-1830. Cuadernos de música, artes visuales y artes escénicas 5(1): 87-108, Bogotá.
- Rodríguez-Vega, Y.J. y Chicangana-Bayona, Y.A. 2017. La enseñanza de la geología en la Escuela Nacional de Minas de Medellín, 1910-1937. Boletín de Ciencias de la Tierra 42: 55-63, Medellín.
- Seiner Lizárraga, L. 2003. Antonio Raimondi y sus vinculaciones con la ciencia europea, 1851-1890. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines 32(3): 517-537.
- Toselli A.J. y Rossi, J. N. 2008. Alfred W. Stelzner ¿Por qué solo tres años en Argentina? En Aceñolaza, F.G. (ed.) Historia de la Geología Argentina, Serie Correlación Geológica 24: 91-102. S.M. de Tucumán.
- Wolf, T. 1892. Geografía y Geología del Ecuador publicada por orden del supremo Gobierno de la República. Tipografía de F. A. Brockhaus, 671 p., Leipzig.



Victor A. Ramos ha dedicado más de 50 años a la comprensión de la evolución geológica de los Andes. Se graduó en la Universidad de Buenos Aires, y ha realizado estudios postdoctorales en Europa y E.E.U.U. como becario Guggenheim. Sus aportes fueron reconocidos por varias instituciones y ha sido nombrado miembro honorario de la *Geological Society of America*. Es además miembro de la *National Academy of Sciences* de los Estados Unidos y de la *World Academy of Sciences* y de las Academias de Ciencias de Chile, Brasil y Argentina. Entre otras distinciones se destaca la recepción del premio México otorgado por el ministerio de Ciencias de este país en el campo científico de Iberoamérica. Ha publicado más de un centenar de trabajos sobre la evolución geológica de Argentina y otros sectores de América del Sur. Es Investigador Emérito del Consejo de Investigaciones Científica y Técnicas y Profesor Emérito de la Universidad de Buenos Aires. Es actualmente Secretario General de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina.

andes@gl.fcen.uba.ar

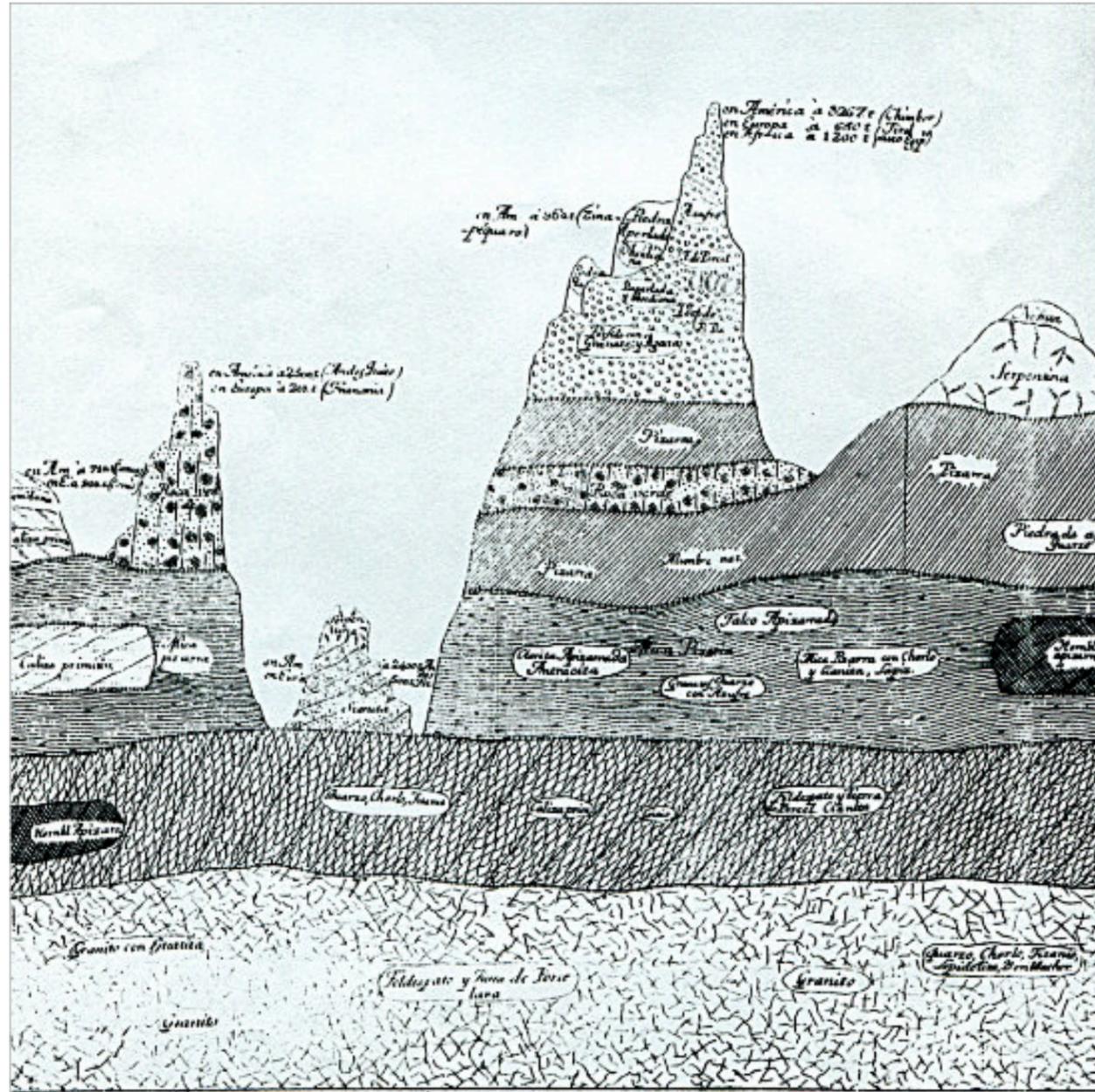


Imaginar nos conduce por un camino bifurcado: Una vía nos lleva a la fantasía y la otra a la ejecución de lo imaginado.

Perdido a veces

FOTOGRAFÍAS

Fotografía en el campo, área de Chicontepec, México, 1992.



Primeras secciones geológicas de los Andes realizados por von Humboldt en 1803 para colaborar con Manuel del Río en el Real Seminario de Minería. Por el Dr. Víctor A. Ramos.



En cuclillas, de izquierda a derecha: Julio Alejandro², Jon Blickwede¹, Carlos Hernandez Maldonado², and Lou Chaboudy¹.

De pie, de izquierda a derecha: Josh Rosenfeld¹, Rogelio Muñoz Cisneros², Carlos Villegas Carrasco², José Martínez Landín², Gabriel Vázquez Jiménez³, Dionisio Rodríguez Figueroa², Eric Green¹, and Chip Carney¹.

¹Geólogos de AMOCO

² Geólogos de PEMEX

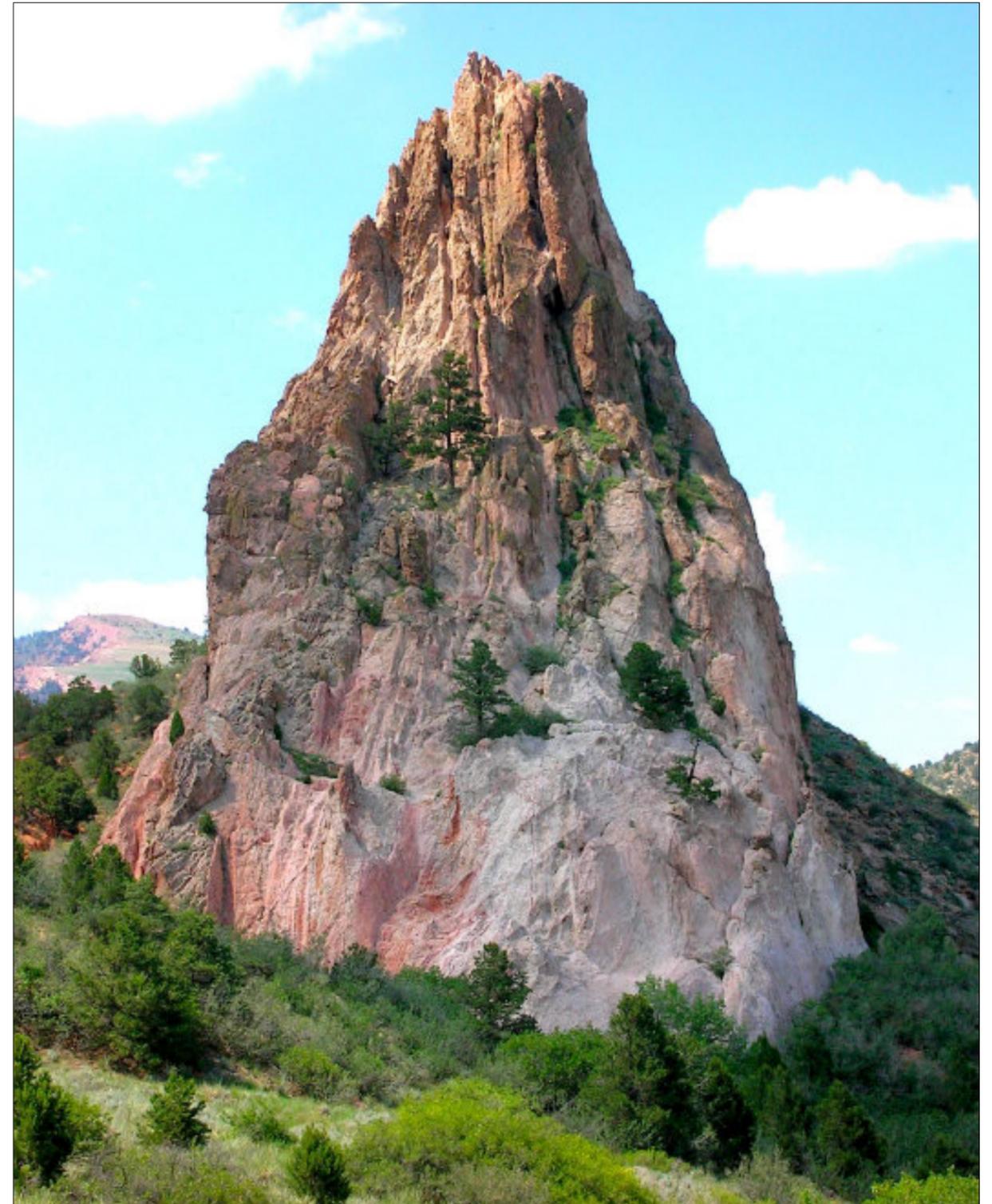
³ Geólogos del IMP



The Sullivan Bay Lava Field, located on Santiago Island in the Galápagos Islands, is one of the most fascinating geological formations in this archipelago. It is characterized by its vast landscape covered in solidified lava, giving it a unique and surreal appearance. Here, you can observe extensive basalt lava flows of the "pahoehoe" and "aa" types, craters and fissures, and small volcanic mounds or chimneys locally known as "hornitos." (Photo J. Porras).



Close up of Daphne Major Island, Galapagos. Daphne Mayor is a small volcanic island in the Galápagos Archipelago, located north of Santa Cruz Island. It is ecologically significant due to its role in the study of evolution, particularly with the finches that influenced Charles Darwin's theory of natural selection. The island is home to various marine birds, including frigates and boobies, and marine iguanas. It features a dramatic volcanic landscape with a central crater. Daphne Mayor is a protected area, studied extensively by scientists due to its unique biodiversity and importance for conservation (Photo J. Porras).



The outstanding geologic features of the Garden of the Gods (Colorado Springs, Colorado), included many rock shapes and colors. Most of the rocks exposed are part of the Fountain Formation (Carboniferous), which was deposited as an alluvial fan. Sedimentary beds of deep-red, pink and white sandstones, conglomerates and limestone were deposited horizontally, but have now been tilted vertically, caused by the uplift of the Rocky Mountains. The Pleistocene Ice Age resulted in erosion and glaciation of these rocks, creating different shapes. The erosive processes removed the softer layers (shales), eventually leaving the strange looking formations seen today. **Fotografía de Jhonny E. Casas.**

Teton Mountains, Wyoming (USA).

Photo by Claudio Bartolini - 2014.





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

Bernardo García-Amador

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Geotourism: Cusco to Vinicunca (Rainbow Mountain), Peru

Gary Prost
Geological Consultant

Abstract

Mystic Peru. Land of ancient Andean empires, head-splitting heights (and coca tea), and rainbow-colored ridges. A tectonically active, rising landscape that includes the majestic Andes, sacred valleys, and stunning geology. This geo-tour takes us from the Inca capital Cusco to Vinicunca, the Rainbow Mountain.

The Andean Orogeny

Any good geotour must include the historical and geological context. The Pacific Ocean and South America have been banging into each other for a long time. Continuous ocean-continent convergence and subduction has occurred along the western margin of South America since shortly after the breakup of Gondwana (~209 Ma, Late Triassic; Spikings et al, 2016; Sundell et al, 2018). Subduction of the Pacific/Nazca plates beneath the South American Plate drives Andean uplift, volcanism, and deformation. The anomalously thick (60–80 km) lithosphere beneath the Andes is thought to be a function of intrusion and volcanism as well as shortening by thrust repetition (Maloney et al, 2013; Armijo et al, 2015).

The geologic ranges and basins of southern Peru are elongated more-or-less north-south, parallel to the coast. This region has been divided into physiographic domains from west to east: 1) the Precordillera/Coastal Cordillera; 2) the Moquegua Basin, 3) the active volcanic arc of the Western Cordillera; 4) the high, broad, and relatively flat Altiplano; 5) the rugged and elevated Eastern Cordillera; and 6) the Subandean fold-thrust belt and flexural

foredeep on the east side of the Andes (Sundell, et al, 2018).

Andean deformation has been migrating eastward from the coast to the eastern foothills. The earliest phase, the Mochica, corresponds to Late Jurassic-Early Cretaceous accretion of a volcanic arc and underlying massif onto the South American Plate. The change from marine sedimentation of the Jurassic and Early Cretaceous to continental sedimentation in the Late Cretaceous indicates uplift and compression, the Peruvian Phase. After the Peruvian Phase the old volcanic arc, located in the Coastal Cordillera, shifted east and formed a roughly north-south zone of intrusives that extends from northern Chile into southern Peru. This magmatic episode, which developed in an extensional volcanic arc setting, lasted until mid-Eocene.

In mid-Eocene a new shortening event linked to a high rate of plate convergence, the Incaic phase (50-42 Ma), caused tectonic inversion of the Late Cretaceous–Paleogene magmatic arc. Uplift of the Incaic range supplied large volumes of sediments to the depressed regions both east and west of the range. The Incaic Phase resulted in northeast-vergent folds and thrusts in the eastern part of the Western Cordillera, beneath the Altiplano, and throughout the Eastern Cordillera.

Deformation of the late Oligocene-Recent Quechua Phase affected the entire region from the coast to the continental interior to some extent, but focused on the Subandean Zone along the eastern foothills of the Andes. The late Quechua Phase is the result of an increase in convergence rate between South America and the Pacific that began 7-10 Ma and is ongoing (Charrier et al, 2012; Sempere et al, 2004; Gunnell et al, 2010; Pfiffner and Gonzalez, 2013; Armijo et al, 2015).

Altiplano

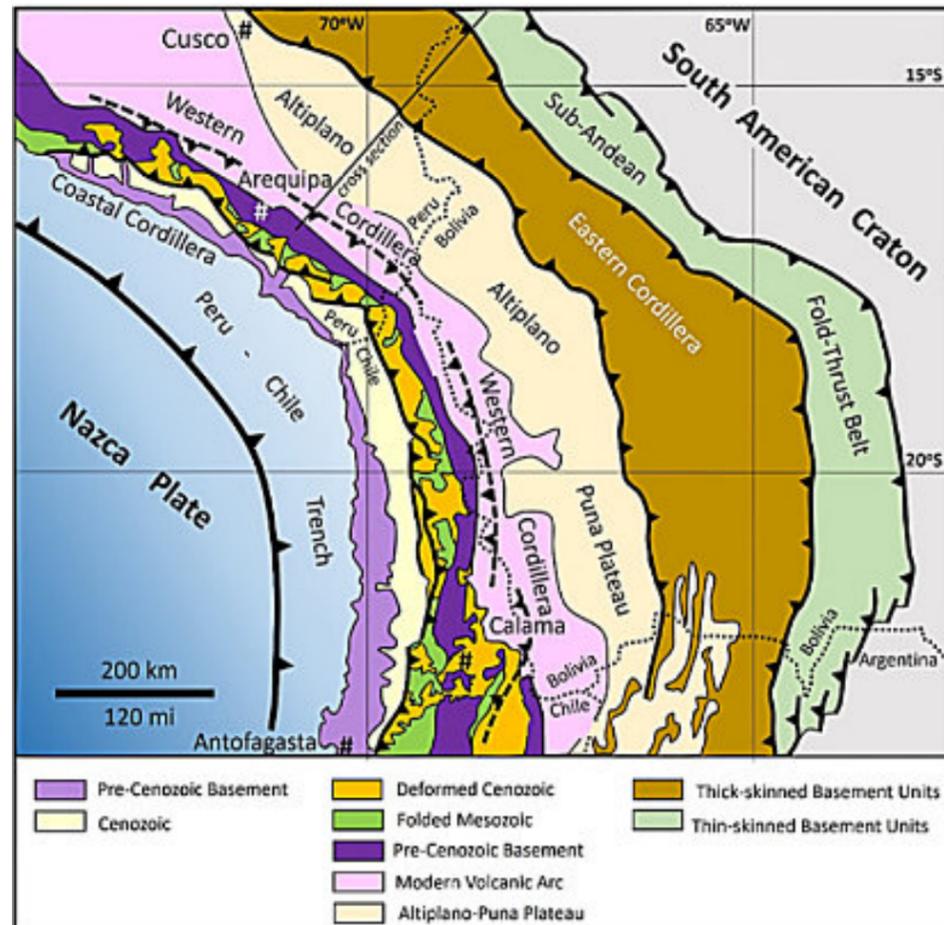
This trip begins on the 2.5 to 4.6 km high Altiplano or Central Highlands of southern Peru. The Altiplano is second only to the Tibetan Plateau in height and extent. Crustal uplift that formed the Altiplano may have begun as early as the Eocene, but most uplift is thought to have occurred in Oligocene to Miocene time (25 to 12 Ma).

Under the Altiplano are sedimentary rocks associated with a thick (≥ 10 km; 32,800 ft) Eocene-Oligocene back-arc basin deposited above Paleozoic and Precambrian metamorphics (Charrier et al, 2012). Cenozoic sedimentary basins in the Altiplano may reflect strike-slip subsidence related to regional transpression over the past 30 Ma (Sempere et al, 2004). Alternatively, development of a foreland basin in the Altiplano area may have resulted from Paleogene lithospheric loading of the Western Cordilleran hinterland and associated flexural subsidence.

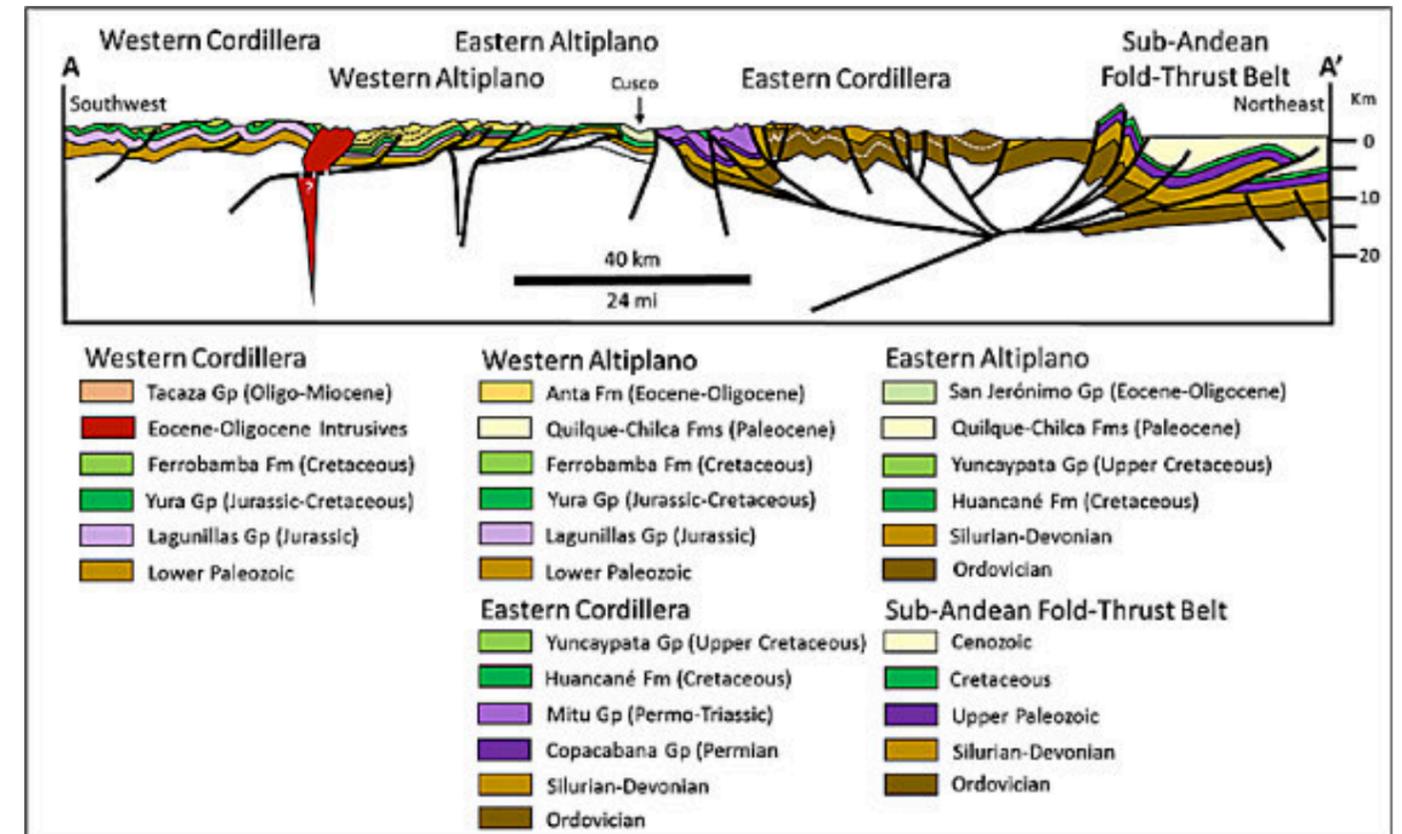
As much as ~6,200 m of Tertiary nonmarine clastic strata were deposited in the Peruvian Altiplano foreland basin. Much of the Altiplano in southern Peru has been covered by volcanics, or deformed into folds during periods of shortening and transpression (Sundell, et al, 2018).

Eastern Cordillera and Subandean Thrust Belt

The Eastern Cordillera is an exhumed fold-thrust belt composed of Paleozoic– Mesozoic strata. The overall form is of a doubly vergent thrust wedge (Perez et al, 2016). Many of the higher peaks are Precambrian metamorphic and crystalline basement uplifted along faults variously interpreted as steeply-dipping southwest-vergent thrust faults with a left-lateral strike-slip component, or near-vertical strike slip faults with a thrust component (Mišković et al, 2009; Gonzalez and Pfiffner, 2011; Spikings et al, 2016; Sundell et al, 2018). The basement rocks are overlain by Paleozoic sedimentary units.



Provinces in the southern Peruvian and northern Chilean Andes. Modified after Armijo et al, 2015.



Cross-section northwest of Cusco. Modified after Carlotto, 2006.

Earliest Andean deformation and Eocene-Miocene exhumation of the Eastern Cordillera is linked to inversion of inherited Permo-Triassic basement-involved normal faults that guided subsequent thick- and thin-skinned deformation (Perez et al, 2016). Open folding is typical in the Eastern Cordillera.

East of the Eastern Cordillera the Subandean Thrust Belt, consisting mainly of northeast-directed thin-skinned detachments, is attributed to Quechua Phase deformation (Pfiffner and Gonzalez, 2013).

Cusco

We begin our tour in Cusco. Few cities have the distinction of being World Heritage Sites. Cusco is one. Capital of the Inca Empire, the city's origins are lost in the mists of time. At an elevation around 3,400 m, it is considered the oldest continuously occupied city in the Americas: Cusco has been inhabited for over 3,000 years. The indigenous name of the city is Qusqu, from the Aymara language (the

Aymara are indigenous to the altiplano of southern Peru, northern Chile, and western Bolivia). The word is derived from qusqu wanka ('Rock of the owl'), referring to the city's founding myth (Wikipedia, Cusco).

The Inca were relatively late-comers. They moved into the Cusco area around 1200 AD. According to their origin story, four Ayar brothers left their home with their wives (who were also their sisters) after a flood destroyed the earth. Ayar Cachi was the strongest: with his slingshot he was able to fling stones into the sky and make it rain and thunder. The three other brothers were jealous and got him to enter a cave in search of food, then blocked the entrance. They then headed for Huanacaure Mountain, where they found a stone idol. Ayar Uchu challenged the idol and was turned to stone. Ayar Auca, searching for a place to settle with his brother, grew wings and flew to the site of Cusco, where he landed and turned to stone to mark the spot. The last brother, Ayar Manco, arrived at Cusco. He determined this was the place to settle because

he could sink his golden staff (given him by his father and the sun god, Inti) into the ground. Ayar Manco thus founded the Inca Empire.

Archaeological evidence suggests gradual growth of the realm before the rule of the Inca emperor Pachacuti (1438–1472), who transformed Cusco from a sleepy city-state to vast empire. Pachacuti embarked on ambitious campaigns to conquer neighboring tribes. Ultimately, the empire extended from Quito in the north to Santiago in the south, making it the largest empire ever seen in the Americas and the largest in the world at that time. At the height of the empire 40,000 Incas ruled an estimated 10 million subjects. Cusco at the time of the Incas was largely reserved for priests, nobility, and administrators; farmers and artisans were located beyond Cusco's walls (Cartwright, 2015).

Most splendid of Cusco's buildings was the Coricancha, with its temples built in honor of the sun god Inti. The Coricancha, also known as the Golden Enclosure, was the most sacred Inca site and considered the center of the world. The massive walls of the complex were built from large stone blocks finely cut and fitted together without mortar. The doors were covered in gold sheets, as were the interiors and exteriors of the various temples.

In the early 1500s the empire was hit by a smallpox epidemic that spread from Central America even faster than the Europeans who brought it. The disease killed a staggering 65-90% of the population, including emperor Wayna Qhapaq in 1528. His two sons, Waskar and Atahualpa, fought a civil war for control of the empire just as the Spanish arrived. Cusco was captured by Atahualpa in April 1532. Nineteen months later, in November 1533, Spanish explorers took the city after kidnapping and murdering Atahualpa (Wikipedia, Incas).



Route from Cusco to Vinicunca. The drive is about 140 km and takes just under 4 hours without stops. The last six kilometers is a hike.

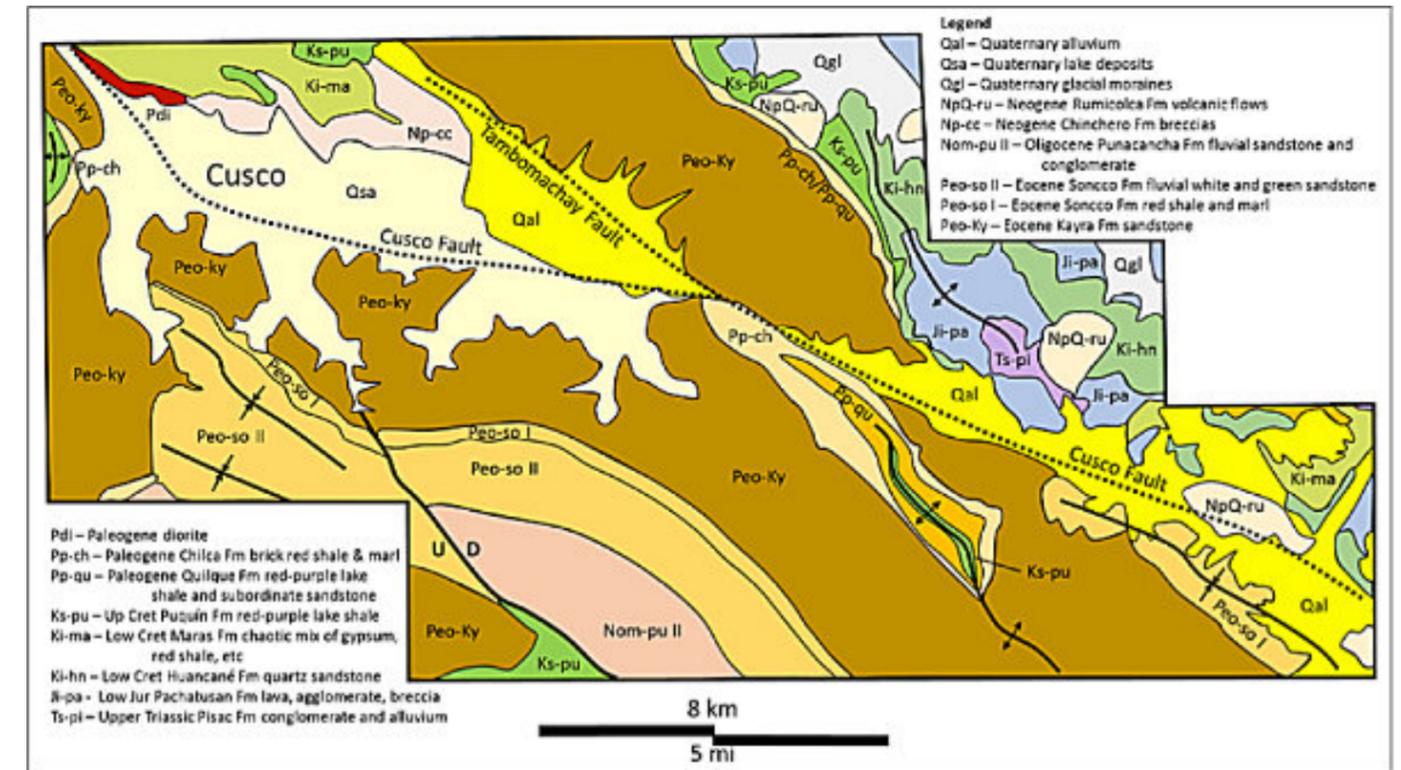
"The capital of the Incas ... astonished the Spaniards by the beauty of its edifices, the length and regularity of its streets." The great square was surrounded by several palaces. "The delicacy of the stone work excelled" that of the Spaniards. The fortress had three parapets and was composed of "heavy masses of rock". "Through the heart of the capital ran a river ... faced with stone. ... The most sumptuous edifice in Cuzco ... was undoubtedly the great temple dedicated to the Sun ... studded with gold plates ... surrounded by convents and dormitories for the priests. ... The palaces were numerous and the troops lost no time in plundering them of their contents, as well as despoiling the religious edifices" (Pizarro, 1571; Prescott, 2011).

The conquistadores, led by Francisco Pizarro, sacked Cusco, burning the main buildings and reusing the stone in new construction (Cartwright, 2015). Cusco became a center for Spanish colonization and conversion of the Andean natives. It prospered as a result of agriculture, cattle ranching, and mining.

Geology of the Rio Huatanay Valley

Cusco sits on the Altiplano, the high plateau that extends south into northern Chile. The town is located on a glacial lake bed at the junction of three rivers, the Huatanay, Tullumayo, and Chunchul. The rivers were channelized by the Inca to create space for the city (Cartwright, 2015). The hills immediately north of Cusco consist of steeply south-inclined Upper Cretaceous units intruded by Paleocene diorite and overlain by Pliocene sediments. The Cusco Valley is bounded on the southwest by the northeast-verging Cusco-Lagunillas Fault Zone, and on the northeast by the southwest-verging Urcos-Ayaviri Fault system, part of the Central Andean Backthrust Belt (Perez et al, 2016; Sundell et al, 2018).

The hills south of the city contain Eocene formations that dip south into the Ana Harqui and Choco synclines. The Cusco Fault, a northwest-trending down-to-the-south normal fault, follows the northwest-oriented valley of the Rio Huatanay east of town. Folds in the valley all trend northwest-southeast, indicating northeast-directed shortening.



Geologic map of the Cusco area. From Caillaux et al, 2011.

From Cusco we head southeast down the Rio Huatanay valley on Ruta 3S to the ancient ruins at Pikillacta, about 35 km (55 minutes). History is thick here, and it involves a lot of stonework.

Pikillacta

These are not Inca ruins. Pikillacta was a religious and ceremonial village of the Wari people. The Wari inhabited the site from about 550 to 1100 AD. They were the first great empire in this part of Peru.

Pikillacta is located in the eastern Cusco Valley at 3,250 m above sea level. Luis Valcarcel discovered the site in 1927 (McEwan 2005). Excavation was done by Gordon McEwan between 1978 and 1990. Maize and beans were found during the excavations. Irrigation canals, reservoirs, and aqueducts directed water to Pikillacta for agriculture and

drinking, and fields were cleared and terraced. Trash middens reveal that their diet also included llama, alpaca, guanaco, and guinea pigs.

This site is dated to around A.D. 650. The fortified complex covered 25 ha. Food, pottery, gemstones and figures carved in turquoise were found at the site, as were bronze artifacts. The reason the site was abandoned around 1100 AD is not known. The Wari sealed the buildings and tried to protect the site, as if they planned to return. They never did. After they left, the site was burned and ransacked.

The town was built on Lower Triassic Patchatusan Formation consisting of red-violet basaltic andesite to rhyolite flows, agglomerates, and breccias (INGEMMET, 2017, Cusco Quadrangle).



Pikillacta. Photo courtesy of AgainErick, Wiki Commons.

North and east of here a series of northwest-trending thrust faults put Silurian to Jurassic units over Lower Cretaceous units. This is the Urcos Fault zone, the main southwest-directed thrust system that bounds the Eastern Cordillera (Caillaux et al, 2011; Pfiffner and Gonzalez, 2013; Sundell et al, 2018).

The ruins of Rumicolca are just 1.2 km (2 minutes) southeast of Pikillacta across the valley. They, too, are worth the visit.

Rumicolca

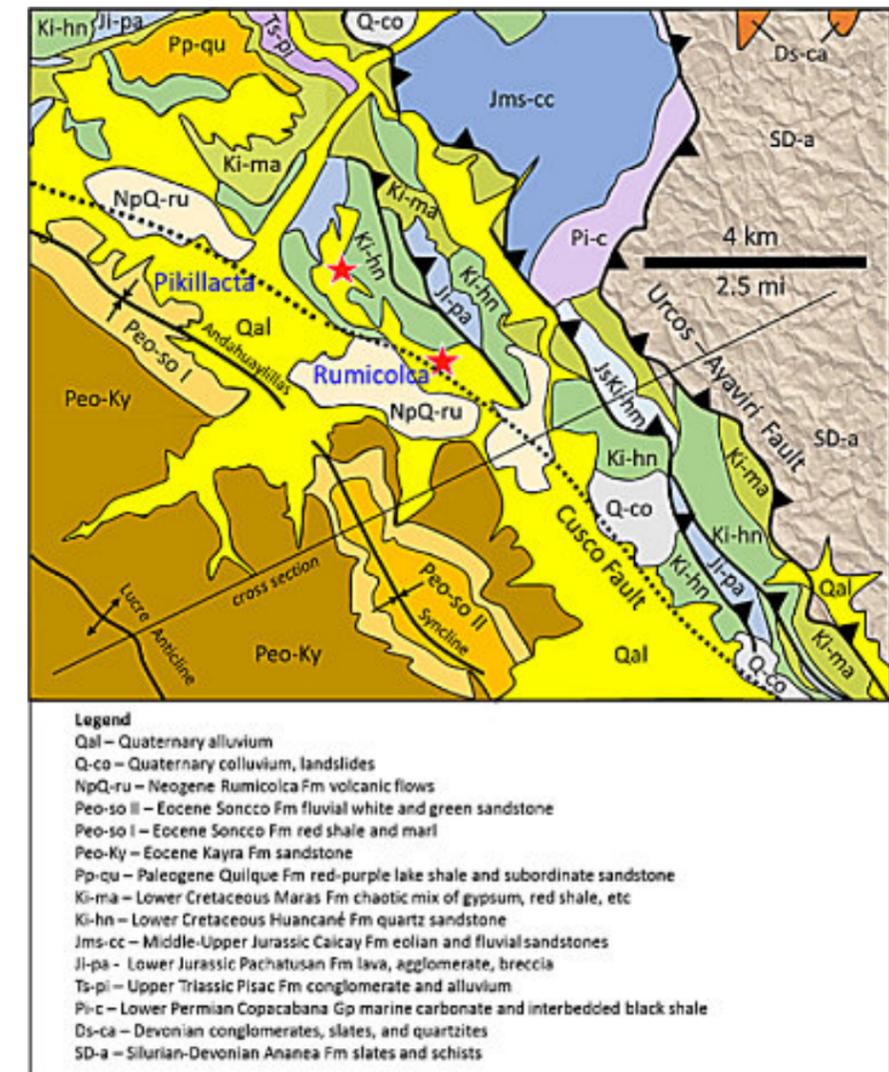
Rumicolca, possibly from Quechua *rumi* (stone) and *qullqa* (storehouse), is an archaeological site adjacent to

Pikillacta. The Wari people also inhabited Pikillacta. Agriculture led to urbanization, and this created the need for a steady water supply. A Wari chief solved this problem by offering his daughter to whoever could bring water to the town. A man from Cusco built a canal from the Laguna de Huacarpay to Pikillacta. He needed to cross a large valley, so he built the earliest and largest aqueduct in pre-Columbian Peru, parts of which can be seen today at La Portada de Rumicolca.

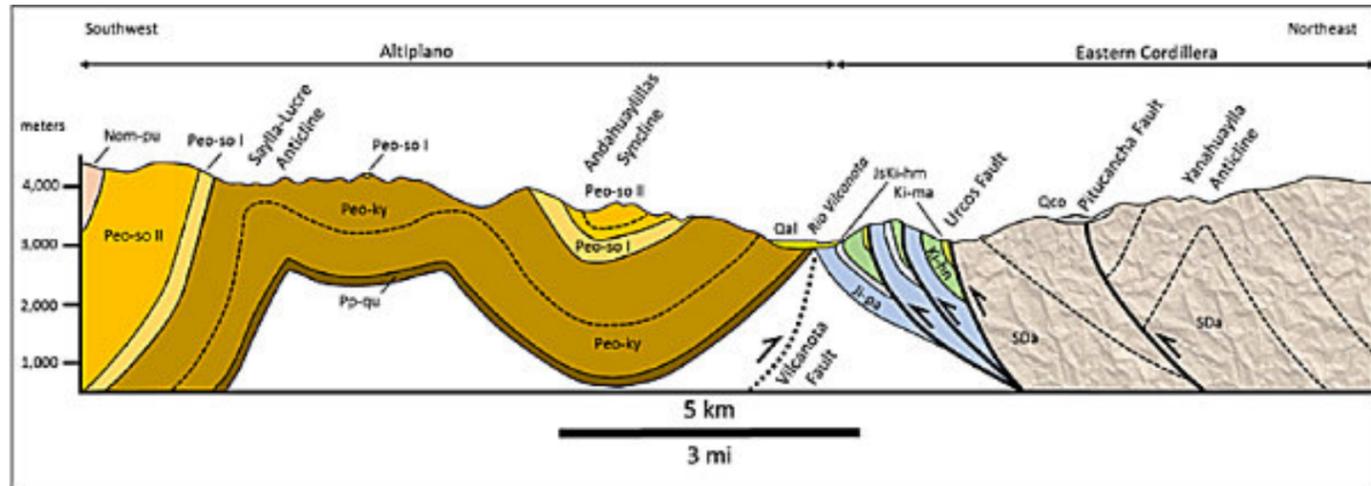
Later the Inca used the aqueduct as the foundation for a large gate. You can see the crude Ware stonework encased in finely-fitted Inca stone veneer. This gate, La Portada, separated the northern region of Cusco from the southern region of Puno. It was on the main highway between these

two regions, and travelers had to pay a toll to the Inca at the gate.

The Rumicolca ruins sit on Pliocene Rumicolca shoshonite (basaltic andesite) flows on the downthrown side of the Tambomachay Fault. Near here, this normal fault puts Lower Cretaceous Huambutio Formation alluvial conglomerates and fluvial sandstones on the upthrown side against Eocene Soncco and Kayra formations on the downthrown side (Pfiffner and Gonzalez, 2013; Sundell et al, 2018). The fault is characterized by 300 m high, south-dipping triangular facets that extend for more than 20 km. Glacial moraines with up to 4 m offset indicate that the fault has been active since the last ice age.



Geologic map of the Pikillacta and Rumicolca areas. Modified after Caillaux et al, 2011.



Cross section through the Altiplano and Eastern Cordillera near Rumicolca. Qal = Quaternary alluvium; Qco = Quaternary colluvium, landslides; Nom-pu = Oligocene Punacancha Fm fluvial sandstone and conglomerate; Peo-so II = Eocene Soncco Fm fluvial white and green sandstone; Peo-so I = Eocene Soncco Fm red shale and marl; Peo-Ky = Eocene Kayra Fm sandstone; Pp-qu = Paleogene Quilque Fm red-purple lake shale and subordinate sandstone; Ki-ma = Lower Cretaceous Maras Fm chaotic mix of gypsum, red shale, etc; Ki-hn = Low Cret Huanané Fm quartz sandstone; JsKi-hm = Huambutio Fm violet-red conglomerates, alluvium, and fluvial sandstones; SDa = Silurian-Devonian Ananea Fm slates and schists. Modified after Caillaux et al, 2011.



La Portada at Rumicolca. Note the veneer of Inca stonework over cruder Wari stonework. Photo courtesy of RenniksdB, Wiki Commons.

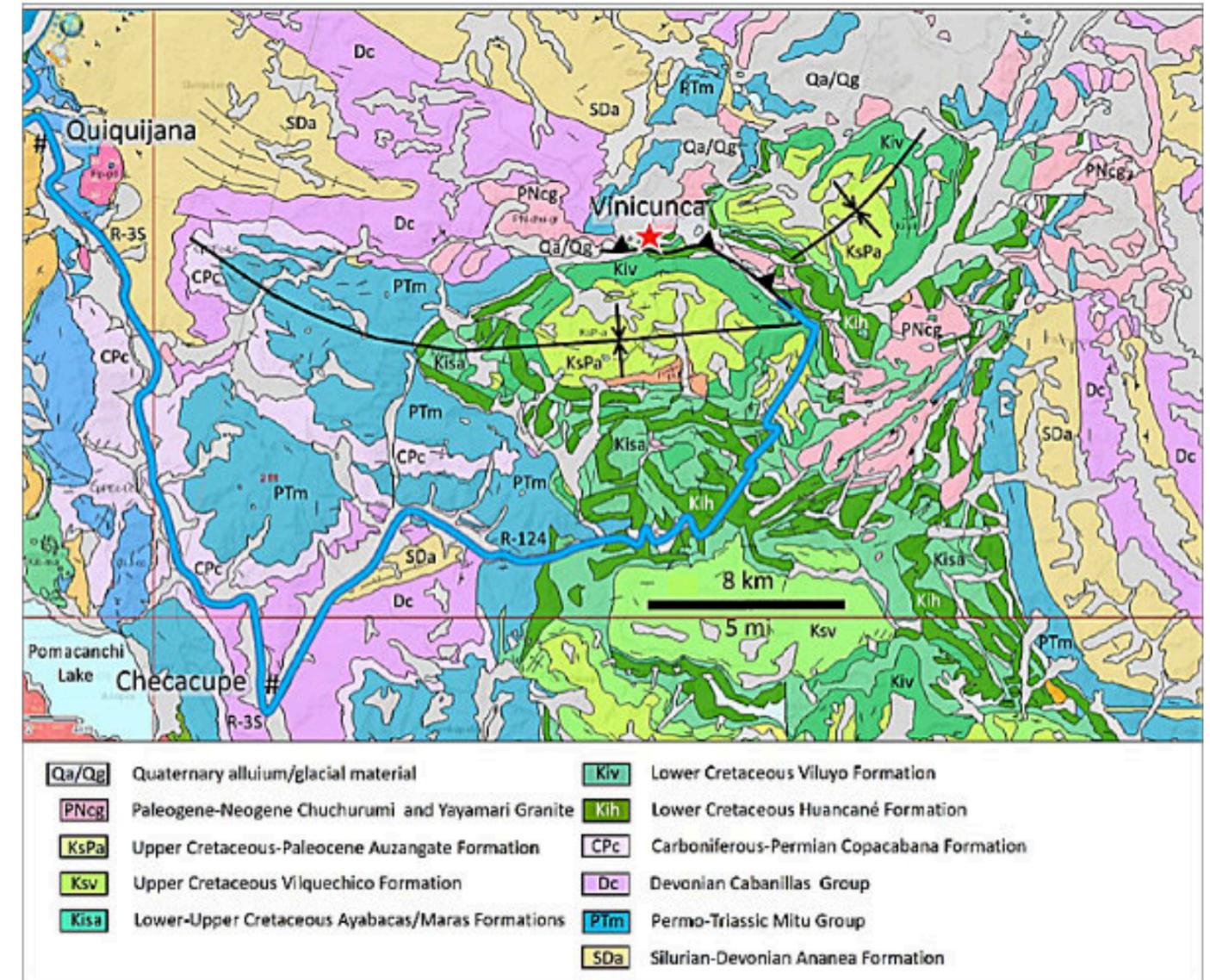
Continue south on Ruta 3S to Checacupe and turn left onto Ruta 124; follow the signs for Vinicunca. It is about 2.5 hours and 107 km from Rumicolca to the Rainbow Mountain parking area.

Vinicunca/Rainbow Mountain

Vinicunca, or Rainbow Mountain, is within the Eastern Cordillera fold-thrust belt formed largely during Eocene Inca Phase shortening. The “mountain” is really a low ridge located 5,200 m above sea level.

The units exposed here range from Lower to Upper Cretaceous sandstones and shales with minor interbedded gypsum, anhydrite, limestone, and marl (INGEMMET, 2017, Ocongate Quadrangle). Repetition of units indicates south-directed thrusting along the ridge

The overall structure is an east-west syncline, although many units are overturned locally and there are subsidiary folds within the regional structure. All valleys are filled with Quaternary glacial material.



Geologic map of the Vinicunca (Rainbow Mountain) area. Modified from INGEMMET, 2017, Cusco, Livitaca, Ocongate, and Sicuani Quadrangles.

The colors are not as vivid or saturated as they are generally portrayed in tourist brochures (credit to Photoshop), but they can be spectacular in bright sunlight. The reds and browns are the result of iron oxide minerals in sandstones and shales; the greens are a result of reduced iron, often in clays such as chlorite, mostly in the shale. Buff to pale yellow colors are due to trace amounts of goethite or calcite cement, mainly in sandstones. White colors are clean, quartz-rich sandstones (Nace, 2017).

This location has quickly become Peru's second most visited tourist site (after Machu Picchu). During peak season, it is visited by up to 4,000 people per day. Several tour companies operate out of Cusco Booking in town, around the Plaza de Armas, is usually the least expensive.



Vinicunca, the Rainbow Mountain. Photo courtesy of C.M. Callo, Wiki Commons.

References

Armijo, R., R. Lacassin, A. Coudurier-Curveur, and D. Carrizo. 2015. Coupled tectonic evolution of Andean orogeny and global climate. *Earth Science Reviews* 143, p. 1-35. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under

If you drive straight through it is about 3.5 hours to either the trailhead reached via Hanchipacha (14,320 feet) or Quesiuno (14,189 feet). The hike is 6 km to the Vinicunca overlook, averaging about three hours in and two hours out. The gain in elevation is more than 656 m. Bring a jacket and rain gear, a hat, sunscreen, and water. Drink the coca tea if available: it will help with the altitude. Weather generally cannot be predicted more than a day in advance. The best time of the year is in August, the dry season. This provides the most vivid colors and makes walking a lot easier. Rain occurs mainly in December, January and February (Wikipedia, Rainbow Mountain).

It took a while to get here, but the result is well worthwhile.

the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
Caillaux, V.C., J.C. Roque, and G. Carlier. 2011. Geología del Cuadrángulo de Cusco, Hoja 28-s, Boletín No 138, Serie A, Carta Geológica Nacional, INGEMMET, Lima. 1:50,000. 255 p and 6 sheets.

- Carlotto, V. 2006. La deformación y el acortamiento Andino en el sur del Perú: Cusco-Abancay-Sicuani. *Boletín Sociedad Geológica del Perú* v. 101, p. 91-119.
- Cartwright, M. 2015. Ancient History Encyclopedia, <https://www.ancient.eu/Cuzco/>. Accessed 21 July 2020.
- Charrier, R., G. Hérail, L. Pinto, M. García, R. Riquelme, M. Fariás, N. Muñoz. 2012. Cenozoic tectonic evolution in the central Andes in northern Chile and west central Bolivia: implications for paleogeographic, magmatic and mountain building evolution. *International Journal of Earth Science (Geol Rundsch)* v. 102, Springer-Verlag, p. 235-264, DOI 10.1007/s00531-012-0801-4.
- Gonzalez, L., and O.A. Pfiffner. 2011. Morphologic evolution of the central Andes of Peru. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* DOI 10.1007/s00531-011-0676-9, 15 p.
- Gunnell, Y., J.C. Thouret, S. Brichau, A. Carter, and K. Gallagher. 2010. Low-temperature thermochronology in the Peruvian central Andes: implications for long-term continental denudation, timing of plateau uplift, canyon incision and lithospheric dynamics. *Journal of the Geological Society of London*, v. 167, p. 803-815. doi: 10.1144/0016-76492009-166.
- INGEMMET, 2017. Mapa Geológica del Cuadrángulo de Cusco. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. 1:100,000.
- INGEMMET, 2017. Mapa Geológica del Cuadrángulo de Livitaca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. 1:100,000.
- INGEMMET, 2017. Mapa Geológica del Cuadrángulo de Ocongate. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. 1:100,000.
- INGEMMET, 2017. Mapa Geológica del Cuadrángulo de Sicuani. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. 1:100,000.
- McEwan, G.F. 2005. *Pikillacta: The Wari Empire in Cuzco*. University of Iowa Press, Iowa City, 200 p.
- Maloney, K.T., G.L. Clarke, K.A. Klepeis, and L. Quevedo. 2013. The Late Jurassic to present evolution of the Andean margin: drivers and the geologic record. *Tectonics* v. 32, p. 1049-10654, doi:10.1002/tect.20067.
- Mišković, A., R.A. Spikings, D.M. Chew, J. Košler, A. Ulianov, and U. Schaltegger. 2009. Tectonomagmatic evolution of Western Amazonia: geochemical characterization and zircon U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids. *Geological Society of America Bulletin* v. 121, p. 1298-1324, doi: 10.1130/B26488.1.
- Nace, T. 2017. Welcome to the incredible Rainbow Mountains of Peru. Forbes Media. Accessed 22 July 2020, <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/01/21/welcome-rainbow-mountains-peru/#3e0392526f70>.
- Perez, N.D., B.K. Horton, N. McQuarrie, K. Stübner, and T.A. Ehlers. 2016. Andean shortening, inversion and exhumation associated with thin- and thick-skinned deformation in southern Peru. *Geology Magazine* v. 153, pp. 1013-1041. doi:10.1017/S0016756816000121.
- Pfiffner, O.A., and L. Gonzalez. 2013. Mesozoic-Cenozoic Evolution of the Western Margin of South America: Case Study of the Peruvian Andes. *Geosciences* v. 3, p. 262-310, doi:10.3390/geosciences3020262.
- Pizzaro, P. 1571. *Relation of the Discovery and Conquest of the Kingdoms of Peru*, Vol. 1-2. New York: Cortes Society, RareBooksClub.com, ISBN 9781235937859.
- Prescott, W. H. 2011. *The History of the Conquest of Peru*, ISBN 781420941142. Accessed 23 July 2020, <https://www.gutenberg.org/ebooks/1209>.
- Sempere, T., H. Acosta, and V. Carlotto. 2004. Estratigrafía del Mesozoico y Paleógeno al Norte del Lago Titicaca. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, Publicación Especial, 5, 81-103. Accessed 21 July 2020 https://www.researchgate.net/publication/267925088_Stratigraphic_Characterization_of_Arquipa_Basin_from_sedimentary_stacking_patterns_and_ammonite_biozones.
- Spikings, R., M.J. Reitsma, F. Boekhout, A. Mišković, A. Ulianov, M. Chiaradia, A. Gerdes, U. Schaltegger. 2016. Characterisation of Triassic rifting in Peru and implications for the early disassembly of western Pangaea. *Gondwana Research* v. 35, p. 124-143.
- Sundell, K.E., J.E. Saylor, T.J. Lapen, R.H. Styron, D.P. Villarreal, P. Usnayo, and J. Cárdenas. 2018. Peruvian Altiplano stratigraphy highlights along-strike variability in foreland basin evolution of the

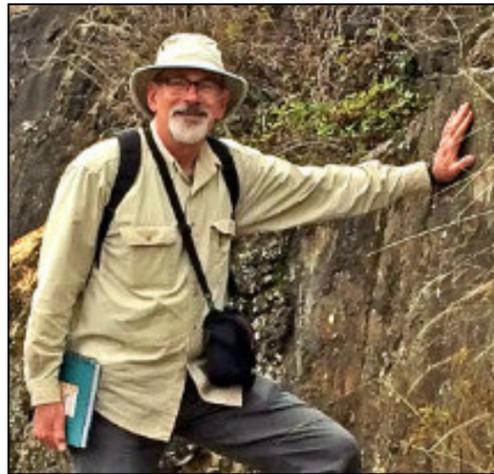
Cenozoic central Andes. *Tectonics* v. 37, 29 p.
<https://doi.org/10.1029/2017TC004775>.

Wikipedia, Incas. Accessed 23 July 2020, https://en.wikipedia.org/wiki/Inca_Empire.

Wikipedia, Cusco. Accessed 23 July 2020, <https://en.wikipedia.org/wiki/Cusco>.

Wikipedia, Rainbow Mountain. Accessed 23 July 2020, <https://en.wikipedia.org/wiki/Vinicunca>.

Gary L. Prost (Ph.D.)
Consulting Geologist



Gary L. Prost obtained his BSc in geology from Northern Arizona University and an MSc and PhD in geology at Colorado School of Mines. Over the past 45 years, he has worked for Norandex (mineral exploration), Shell (petroleum exploration), the U.S. Geological Survey (geologic mapping, coal), the Superior Oil Company (mineral and oil exploration), Amoco Production Company (oil exploration, remote sensing, and structural geology), Gulf Canada (international new ventures), and ConocoPhillips Canada (Arctic exploration, gas field development, oil sands development). He spent 20 years working as a satellite image analyst searching for hydrocarbons and minerals in over 30 countries. He has been involved in 2 field discoveries as well as oil and gas field development. His most recent work is leading field trips and educating the public on topics of geological interest. He is the principal geologist for G.L. Prost GeoConsulting of El Cerrito, California. He has published 7 books: *Geologic Tours of the World*, *South America's Natural Wonders* (Taylor & Francis, 2024); *The United Kingdom's Natural Wonders* (Taylor & Francis, 2023); *North America's Natural Wonders* (2 volumes; Taylor & Francis, 2020); *The Geology Companion: Essentials for Understanding the Earth* (Taylor & Francis, 2018); *Remote Sensing for Geoscientists: Image Analysis and Integration* (third edition, Taylor & Francis, 2013); and the *English-Spanish and Spanish-English Glossary of Geoscience Terms* (Taylor & Francis, 1997). He is currently working on *Rocks and Riches: Exploring California's Curious Geology* (Heyday Books, 2025), *Remote Sensing for Geoscientists* (4th edition; Taylor & Francis, 2025), and *Geologic Tours of the World – Western Europe's Natural Wonders* (Taylor & Francis, 2026).

<https://garyprostgeology.com/publications>

<https://www.researchgate.net/profile/Gary-Prost>

<https://www.linkedin.com/in/gary-prost-64287a16>

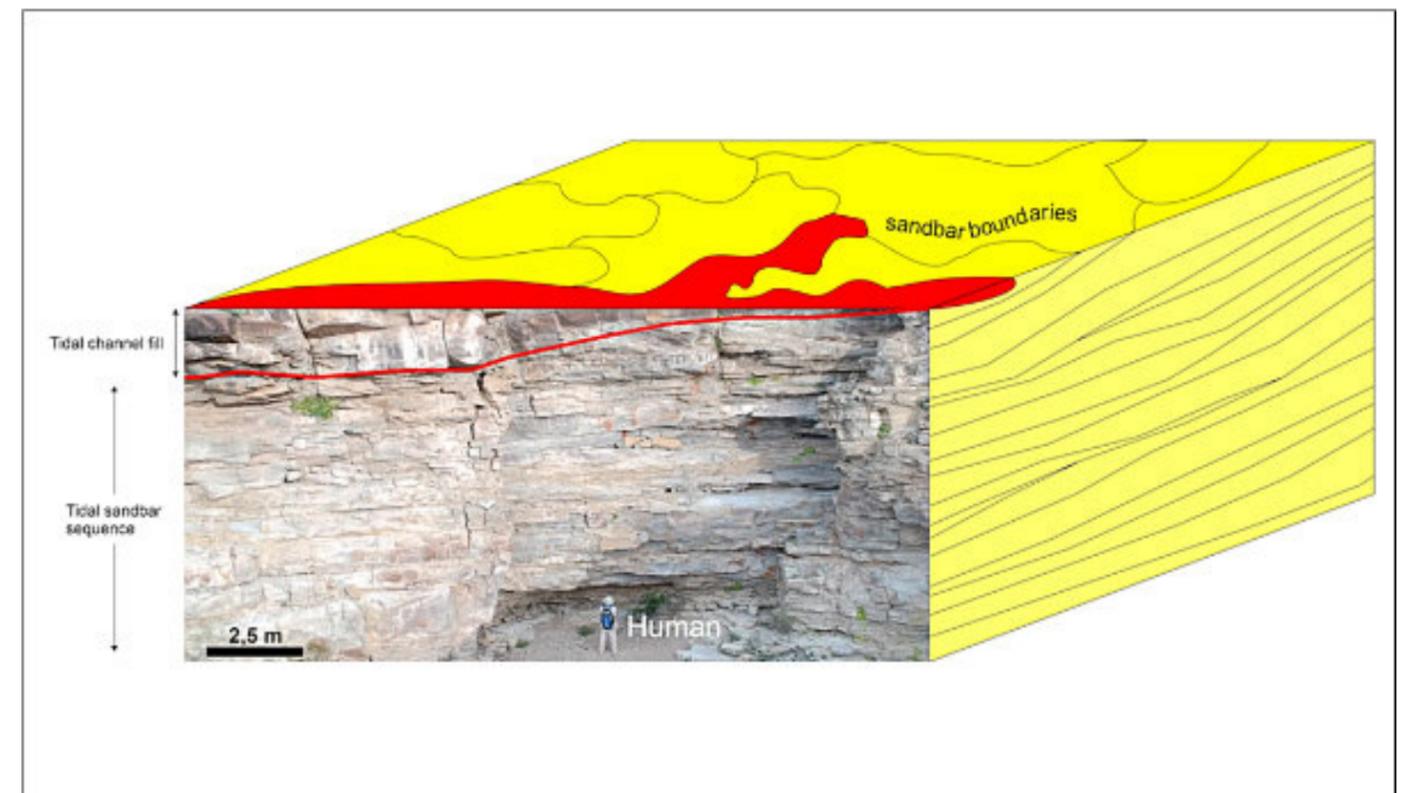
**Comprendiendo los Depósitos Estuarinos:
Perspectivas desde Afloramientos Antiguos**

Ramón López Jiménez
Colaborador de la Revista

En los últimos años, he tenido la oportunidad de trabajar en un proyecto de exploración petrolera que requería el análisis de datos del subsuelo a partir de secuencias rocosas previamente interpretadas como productos de ambientes deposicionales estuarinos. El objetivo principal fue generar mapas del subsuelo que caracterizaran la

distribución espacial de diversos cuerpos sedimentarios asociados a los depósitos sedimentarios típicos de los estuarios modernos. Esto implicó la reconstrucción de la arquitectura sedimentaria del subsuelo más allá de la resolución sísmica, identificando 'geocuerpos' (*geobodies*) que no pueden resolverse mediante técnicas sísmicas convencionales (p.ej., cambios de facies y dimensiones de rocas sedimentarias a escala de metros).

Esta tarea resultó especialmente compleja debido a nuestro conocimiento limitado sobre lo que realmente se preserva de los depósitos estuarinos en el registro estratigráfico. A pesar de que los estuarios son relativamente accesibles para el estudio en comparación



con ambientes como los sistemas marinos profundos o los ríos de alta energía, existe una notable laguna de conocimiento. Los estuarios son entornos costeros dinámicos donde el agua dulce de los ríos se mezcla con el agua salada del océano, generando un marco sedimentario complejo.

Comprendiendo la Dinámica Estuarina

Para interpretar eficazmente los afloramientos antiguos, es fundamental comprender el funcionamiento de los estuarios y la formación de sus depósitos. La boca de un estuario es una de las zonas más dinámicas, donde los procesos de transporte sedimentario generan dos tipos

principales de depósitos: barras arenosas, *sand bars*, y dunas de arena, *sand dunes* (Figura 1). Estas unidades sedimentarias están moldeadas por la interacción entre los flujos fluviales, las corrientes de marea y las corrientes costeras, además de la acción del oleaje.

Observando los Estuarios Modernos

Las imágenes satelitales proporcionan información valiosa sobre los cambios geomorfológicos continuos que ocurren en las desembocaduras estuarinas. Por ejemplo, el estuario del Authie en la costa occidental de Francia es un sistema en el que las barras arenosas y los canales de marea (*tidal channels*) pueden desplazarse en cuestión de

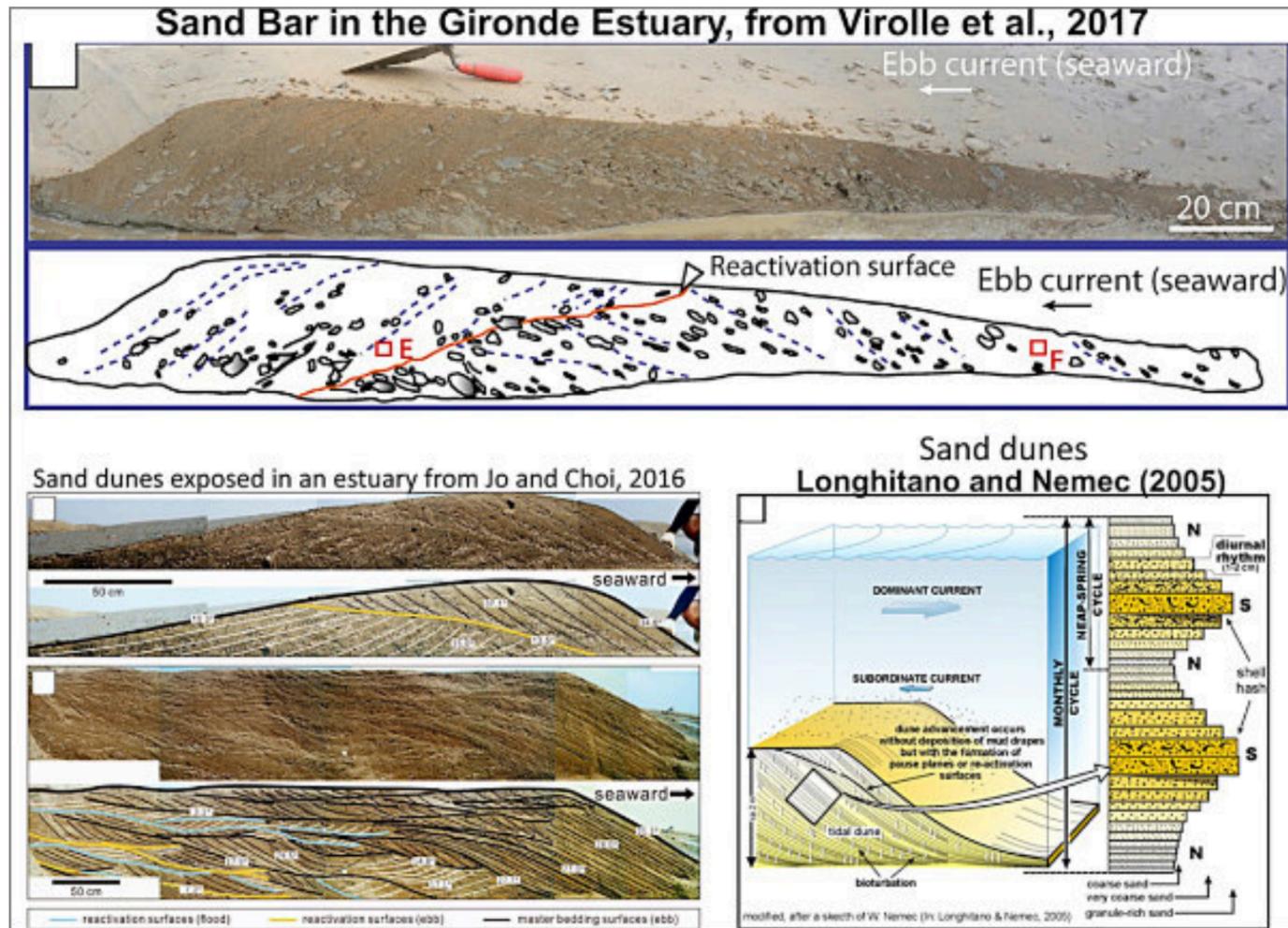


Figura 1. La arquitectura interna de barras de arena (arriba) y dunas de arena (abajo) en estuarios modernos.

días u horas, dependiendo de las condiciones atmosféricas, mareales y fluviales. En un lapso de casi 40 años, su geomorfología ha experimentado transformaciones múltiples (Figura 2). En contraste, estuarios de mayor escala, como el estuario de Inhambane en Mozambique, muestran una configuración más estable durante un período de 30 años (Figura 3). Sin embargo, incluso estos sistemas aparentemente estables están sujetos a cambios a largo plazo, en los que la migración de barras arenosas como un fenómeno generalizado.

Preservación de los Depósitos Estuarinos

La migración de formas de lecho tiene implicaciones significativas para la preservación de los depósitos estuarinos. Los remanentes de barras arenosas, y en menor medida las dunas de arena, pueden quedar preservados en el registro estratigráfico a través de procesos como la subsidencia, la caída del nivel del mar o su ascenso. Estos procesos pueden dar lugar a la

"fosilización" de las barras y dunas en el subsuelo, siempre que no ocurran eventos erosivos posteriores.

Estudio de los Depósitos Estuarinos Antiguos: Análogos en Afloramiento

Los análogos en afloramientos antiguos proporcionan la información más detallada y precisa sobre la distribución de facies y las dimensiones de los geocuerpos. Aunque los datos sísmicos y de perforación son fundamentales, carecen de la resolución necesaria para capturar la complejidad completa de las estructuras sedimentarias. Un excelente afloramiento análogo debería exponer secuencias estratigráficas continuas tanto lateral como verticalmente en un rango de cientos de metros. Sin embargo, la mayoría de los 'estudios de caso' describen barras arenosas en deltas, valles fluviales o estrechos marinos con corrientes mareales significativas (p.ej., Olariu et al., 2012; Legler et al., 2014; Sleveland et al., 2020). Por el contrario, las bocas de estuario dominadas por barras de arena, que generan zonas de roca almacén



Figura 2. Imágenes satelitales del estuario de Authie, en la costa oeste de Francia, desde 1985 hasta 2023. Fuente: Google Earth.



Figura 3. Imágenes satelitales del estuario de Inhambane en 1993 y 2022. Fuente: Google Earth.

de hidrocarburos importantes, están escasamente documentados en la literatura científica.

Lecciones desde la Cuenca de La Popa, México.

En los últimos años, he tenido el privilegio de estudiar un afloramiento excepcional de un estuario en la Cuenca de La Popa, en el noreste de México. Este estuario del Eoceno, que existió en el proto-Golfo de México, expone secuencias de areniscas, limolitas y lutitas de manera continua durante cientos de metros en vertical y varios kilómetros en horizontal (Figura 4). Los afloramientos revelan un claro predominio de depósitos de barras arenosas sobre otros tipos de depósitos estuarinos, con una abundante presencia de dunas de arena y estructuras icnofábricas bien desarrolladas en lo que una vez fueron zonas intermareales de estuario (Figura 5).

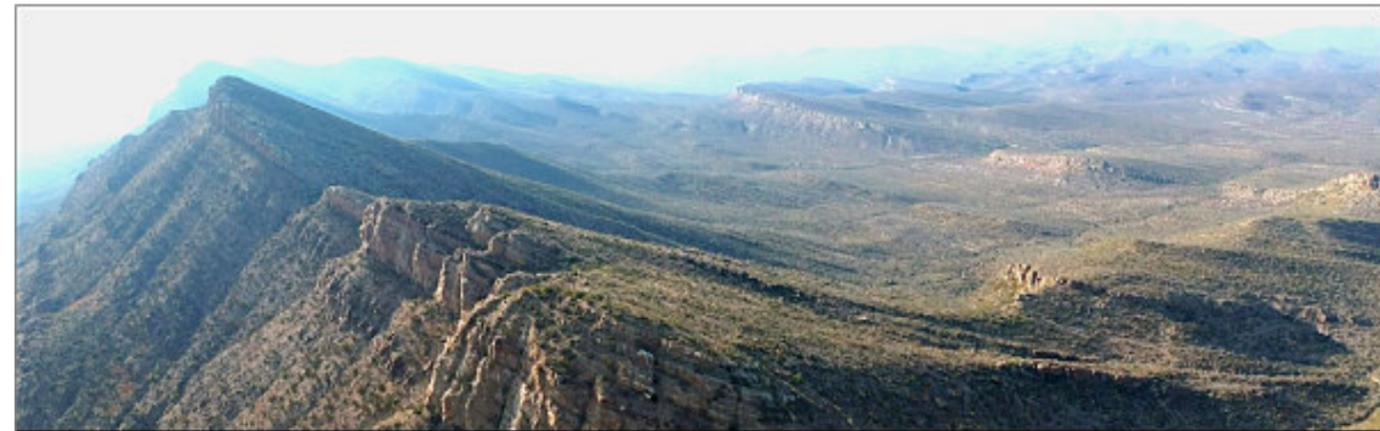


Figura 4. La Formación Viento está compuesta por paquetes de arenisca con estructuras sedimentarias, icnofábricas y contenido bioestratigráfico compatibles con ambientes estuarinos.

Pero, ¿qué hay de los canales mareales que observamos en estuarios modernos entre barras de arena como los casos de los estuarios de Authie y el Inhambane? Curiosamente, los depósitos de relleno de canales son escasamente preservados en comparación con las barras de arena. El modelo clásico de un relleno de canal consiste en una superficie erosiva cóncava hacia arriba cubierta por capas superpuestas, a veces formando morfologías sigmoidales en los márgenes del canal (interpretadas como barras de punto en canales sinuosos). Sin embargo, tales arquitecturas sedimentarias rara vez se observan en los afloramientos de bocas de estuario antiguos (Figura 6).

La relativa rareza de depósitos de relleno de canales preservados se puede explicar por la extensa migración de barras de arena observada en estuarios modernos. Con el

tiempo, los canales mareales en las bocas de estuarios son reocupados por barras de arena migratorias, lo que impide la formación o preservación de arquitecturas clásicas de relleno de canales. Esto parece ser una regla general para las desembocaduras de estuarios dominadas por campos de barras de arena, pero puede no aplicarse a las partes internas de los estuarios, donde las corrientes mareales son más débiles y los depósitos de relleno de canales, junto a desembocaduras fluviales, pueden tener una mejor oportunidad de preservación como 'canales o valles' (*incised valleys*).

Conclusión

El estudio de la Cuenca de La Popa proporciona información valiosa sobre la preservación de los depósitos

de estuarios en el subsuelo. Sin embargo, aún queda mucho por comprender. El análisis continuo de estuarios modernos en una amplia variedad de configuraciones contribuirá a refinar nuestra capacidad para interpretar los depósitos estuarinos antiguos. Cuanto mejor comprendamos los procesos modernos, más precisa será nuestra reconstrucción de la historia sedimentaria de los ambientes del pasado preservados en el registro geológico. Se requiere claramente más investigación para cerrar la existente brecha de conocimiento sobre los depósitos estuarinos preservados en la estratigrafía, lo que en última instancia mejorará nuestra interpretación de los datos del subsuelo obtenidos durante exploración petrolera, así como nuestra comprensión de estos complejos entornos.



Figura 5. Afloramientos de la Formación Viento en la Cuenca de La Popa, México:

- A) Areniscas con estratificación cruzada, interpretadas como los restos de barras de arena.
- B) Ondas de corriente en la parte superior de areniscas con estratificación cruzada (barras de arena).
- C) Icnofábricas de organismos estuarinos que excavaron en las barras de arena.



Figura 6. Rellenos de canales de marea intercalados con areniscas con estratificación cruzada (interpretadas como barras de arena). Los rellenos de canal son las áreas rojizas con forma de lente en el centro de la imagen.

Referencias

Jo, J., & Choi, K., 2016. Morphodynamic and hydrodynamic controls on the stratigraphic architecture of intertidal compound dunes on the open-coast macrotidal flat in the northern Gyeonggi Bay, west coast of Korea. *Journal of Sedimentary Research*, 86(10), 1103-1122.

Legler, B., Hampson, G. J., Jackson, C. A., Johnson, H. D., Massart, B. Y., Sarginson, M., & Ravnås, R., 2014. Facies relationships and stratigraphic architecture of distal, mixed tide-and wave-influenced deltaic deposits: Lower Sego sandstone, western Colorado, USA. *Journal of Sedimentary Research*, 84(8), 605-625.

Longhitano, S. G., & Nemec, W., 2005. Statistical analysis of bed-thickness variation in a Tortonian succession of biocalcarenitic tidal dunes, Amantea Basin, Calabria, southern Italy. *Sedimentary Geology*, 179(3-4), 195-224.

Olariu, C., Steel, R. J., Dalrymple, R. W., & Gingras, M. K., 2012. Tidal dunes versus tidal bars: The sedimentological and architectural characteristics of compound dunes in a tidal seaway, the lower Baronia Sandstone (Lower Eocene), Ager Basin, Spain. *Sedimentary Geology*, 279, 134-155.

Steel, R.J., Plink-Bjorklund, P., Aschoff, J., 2011. Tidal deposits of the Campanian Western Interior Seaway, Wyoming, Utah and Colorado. In: Davis, S., Dalrymple, R.W. (Eds.), *Principles of Tidal Sedimentology*, pp. 437-472.

Virolle, M., Brigaud, B., Bourillot, R., Féliès, H., Portier, E., Duteil, T., and Beaufort, D., 2019. Detrital clay grain coats in estuarine clastic deposits: Origin and spatial distribution within a modern sedimentary system, the Gironde estuary (south-west France). *Sedimentology*, 66(3), 859-894.



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

aflorescimientos 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

THE AMAZING NAVAJO SANDSTONE (JURASSIC)

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Cover photo: The author in front of Navajo Sandstone

INTRODUCTION

The Navajo Sandstone is named after its extensive outcrops on the Navajo Indian Reservation and constitutes the youngest formation of the Glen Canyon Group that is spread across the U.S. states of northern Arizona, northwest Colorado, Nevada, and Utah (the unit is not part of a group in Nevada). It is located in the Colorado Plateau province of the United States. This rock formation is particularly prominent in southeastern Utah, where it forms the main attractions of a number of national parks and monuments including Zion National Park, Capitol Reef National Park, the Grand Staircase-Escalante National Monument, and Canyonlands National Park. The Navajo Sandstone is perhaps most impressive in Zion National Park, where the towering cliffs reveal some 700 m of the spectacular red cross-bedding.

Because of its thickness, massiveness, color, unique appearance, dramatic outcrops, and its decorative carving, the Navajo sandstone is the most conspicuous and best known unit in the Mesozoic sequence in the plateau country. It has been described in many scientific and popular publications and pictured in pamphlets and on postcards issued by tourist bureaus and transportation companies.

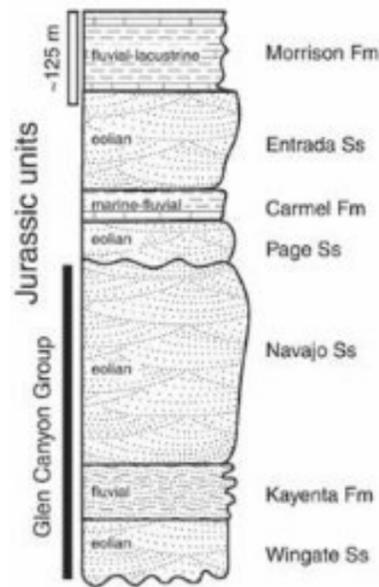
Navajo sandstone frequently occurs above the Kayenta Formation and Wingate Sandstone (all three formations are in the same group – The Glen Canyon Group). Together, these three formations can result in immense vertical cliffs of 2000 feet or more. Atop the cliffs, Navajo sandstone often appears as massive rounded domes and bluffs that are generally white in color.

The Jurassic Navajo Sandstone is an ancient cross-bedded dune sand unit of rock which is famous for its spectacular outcrops and color variations. Navajo Sandstone covers a large area ranging from northern Arizona all the way to central Utah. At one time the Navajo Sandstone was the largest and most extensive erg (sand sea) to ever exist in Earth's history. The spectacular color variations in the Lower Jurassic Navajo Sandstones reflect stratigraphic and structural control on spatial distribution of fluid-driven alteration.

STRATIGRAPHY OF THE NAVAJO SANDSTONE

The dramatic cross-bedding structures found in the Navajo Sandstone provide a record of lee-ward deposition on the sand dunes and therefore display the history of ancient wind patterns and dune migration in the Early Jurassic Colorado Plateau. The orientation of these cross-bedding structures indicates that the dominant wind pattern during this time would have

been from the north-northwest. However, radioisotopic dating of detrital zircon grains found in the Navajo Sandstones indicates that at least some of the sediment came from as far away as the ancient Appalachian Mountains of eastern North America. It is therefore thought that sediment would have been transported from the Appalachians westwards across most of North America by a huge continental-scale ancient river system, somewhat like the modern Mississippi river system, and then later blown by desert winds to the Colorado Plateau region.



Stratigraphic column showing the Jurassic units in the area.

The lower part of the unit is composed of large compound cosets and simple sets, up to 20 m thick, with dry interdune areas of limited extent. In the upper part, thinner, tabular cosets with extensive planar interdune horizons are more common and lacustrine carbonates are present locally. The lower part represents the deposits of extremely large, simple dunes and complex draas with superimposed bedforms. It is proposed that the wind-regime increased dune complexity reflected increased sediment supply and modification of the local wind-regime by the very large bedforms. The Kayenta-Navajo succession in the St. George area records the transition from a distal fluvial environment in late Kayenta times to a siliciclastic sabkha with sandsheets and essentially sand-passing dunes in transition Zone times and finally a dry ergcentre. in Upper Navajo times.



Navajo Sandstone domes at Capitol Reef National Park (Utah). Detail of the cross-bedding structure (20-30°).
Photography by the author.

APPEARANCE AND PROVENANCE

Navajo frequently occurs as spectacular cliffs, cuestas, domes, and bluffs rising from the desert floor. It can be distinguished from adjacent Jurassic sandstones by its white to light pink color, meter-scale cross-bedding, and distinctive rounded weathering. The wide range of colors, i.e. crimson, vermillion, orange, salmon, peach, pink, gold, yellow, and white exhibited by the Navajo Sandstone reflect a long history of alteration of it by groundwater and other subsurface fluids over the last 190 million years. The different colors, except for white, are caused by the presence of varying mixtures and amounts of hematite, goethite, and limonite filling the pore space within the quartz sand comprising the Navajo Sandstone. The iron originally came from the break down by weathering of iron-bearing silicate minerals. Initially, the iron accumulated as iron-oxide coatings, which formed slowly after the sand had been deposited.

Later, after having been deeply buried, reducing fluids, i.e. water containing hydrocarbons, flowed through the thick red sand, which once comprised the Navajo Sandstone. The dissolution of the iron coatings by the reducing fluids bleached large volumes of the Navajo Sandstone a brilliant white. Reducing fluids transported the iron in solution until they mixed with oxidizing groundwater. Where the oxidizing and reducing fluids mixed, the iron precipitated within the Navajo Sandstone.

Depending on local variations within the permeability, porosity, fracturing, and other inherent rock properties

of the sandstone, varying mixtures of hematite, goethite, and limonite precipitated within spaces between quartz grains. Variations in the type and proportions of iron oxides precipitated resulted in the different crimson, vermillion, orange, salmon, peach, pink, gold, and yellow colors of the Navajo Sandstone. The precipitation of iron oxides also formed lamina, corrugated layers, columns, and pipes of ironstone within the Navajo Sandstone. Being harder and more resistant to erosion than the surrounding sandstone, the ironstone weathered out as ledges, walls, fins, "flags", towers, and other minor features, which stick out and above the local landscape in unusual shapes.



The famous wave in the Navajo Sandstone Formation (Arizona). Wind funnels and circulates to form The Wave in aeolian Jurassic Navajo Sandstone. Cyclic cross bedding informs paleoclimate conditions, accentuated by diagenetic iron coloration.

Rahl et al. (2003) collected zircon grains from the Navajo Sandstone, dated them using radiometric techniques, and compared these dates with source regions to infer the origin of the Navajo sands. As stated in Rahl et al. (2003): "Radioisotopic dating of detrital minerals in sedimentary rocks can constrain sediment sources (provenance), elucidate episodes and rates of ancient orogenesis, and give information on paleogeography and sediment-dispersal patterns". They conclude that the majority of the Navajo sands were derived from the Appalachian Mountains: "We envision a system in which rivers with their headwaters in the Appalachians carried material to the Jurassic western shore of North America, flowing to the north of any residual topography associated with the Ancestral Rockies. From there, material was blown southward and incorporated into the Navajo-Aztec-Nugget erg".

HYDROCARBONS IN NAVAJO SANDSTONE ?

The most extensive regional bleaching of the Navajo Sandstone occurs on eroded crests of Laramide uplifts on the Colorado Plateau in southern Utah. Alteration patterns suggest that blind reverse faults which core the eastern monoclines associated with these uplifts were carriers for hydrocarbons. Buoyant hydrocarbons were trapped at the crests on monoclines and anticlines where they bleached the sandstone within structural and stratigraphic traps. The extent of bleaching indicates that the Navajo Sandstone may have been one of the largest hydrocarbon reservoirs known. Rapid scoring and breaching of this hydrocarbon reservoir during Tertiary uplift and erosion of the Colorado Plateau could have released enough carbon into the atmosphere to significantly contribute to global fluxes and possibly influence the climate of the era.

Native American groups such as the Ancestral Puebloans, Fremont and Utes lived in and passed through the area, adorning its red sandstone with pictographs and petroglyphs. Archaeologists estimate that they were etched by the region's Indigenous inhabitants between 700 and 2,500 years ago.



Etched into rock panels on the canyons of the Navajo Sandstone walls (24N via Torrey) are petroglyphs or depicting what is believed to be ceremonial scenes and symbolic images. Photography by the author.

AGE

A study in Geology, by Parrish et al (2019) determined numerical ages from several calcium carbonate rock layers representing lake deposits that once occupied interdune areas and served as watering holes for a variety of dinosaurs and small therapsids (relatives of mammals). These carbonates yielded ages of 195.0 +/-

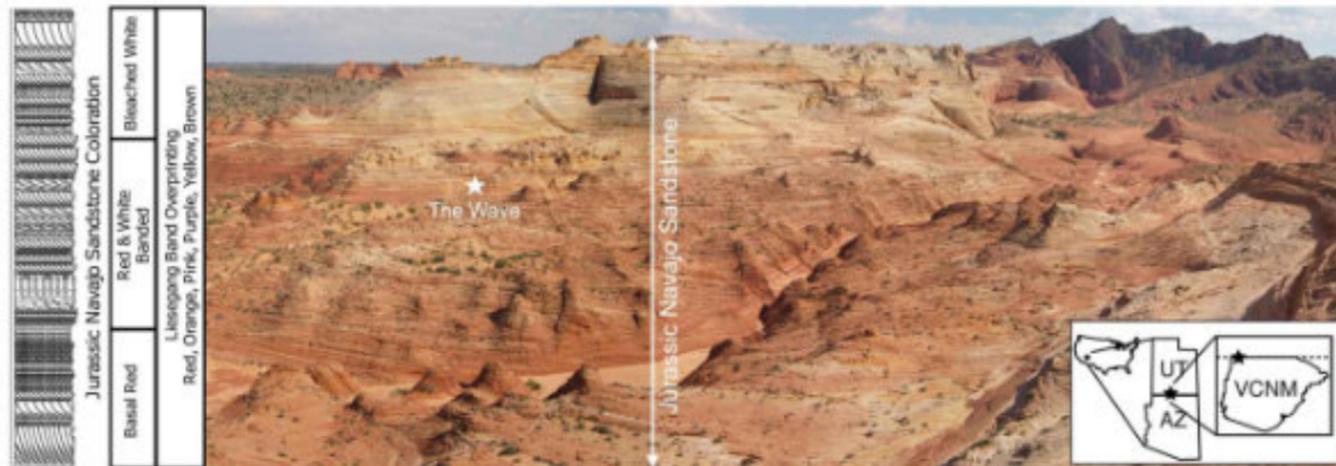
7.7 Ma. and 200.5 +/- 1.5 Ma. These age dates show that eastern Utah parts of the Navajo desert are much older than previously thought and, together with age dates from Arizona, show that the giant sand sea become younger to the south. The lake and associated spring deposits also show this vast desert, at times, had a wetter climate and more active water cycle than had been previously assumed. This work demonstrates that the desertification process is complex, and that age dates from carbonates and correlation of rock layers will help answer major questions of how desertification takes place in continental interiors.



Navajo Sandstone outcrop at the Zion National Park (Utah)



Vertebrate tracks are also present within the bioturbated zones in the Navajo Sandstone. This trackway (*Brasilichnium*) was made by a mammal-like reptile ascending an angle-of-repose slope. Paria Plateau near the Arizona-Utah border.



The Coyote Buttes and The Wave (star) located along the Utah–Arizona border within the Vermilion Cliffs National Monument, USA. Observe the red basal interval and the bleached White interval at the top.

REFERENCES

Parrish, J.T., Rasbury, E., Chan, M & Hasiotis, S. 2019, Earliest Jurassic U-Pb ages from carbonate deposits in the Navajo Sandstone, southeastern Utah, USA: *Geology*, 47: 1015–1019.
<https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article/47/11/1015/573442/Earliest-Jurassic-U-Pb-ages-from-carbonate>

Rahl, J., Reiners, P., Campbell, I., Nicolescu, S. & Allen, C. 2003. Combined single-grain (U-Th)/He and U/Pb dating of detrital zircons from the Navajo Sandstone, Utah, *Geology*, 31: 761-764.
<https://eas2.unl.edu/~dloope/NavajoTracks&BurrowsWeb/NavajoTracks&Burrows.html>
<https://utahgeology.com/navajo-sandstone/>
https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-jurassic-navajo-sandstone-at-coyote-buttes-and-the-wave/



jcasas@geologist.com

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

Autor/Co-autor en 57 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Geos, Journal of Petroleum Geology, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, Boletín de la Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos como: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración en la revista AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad del Zulia (1991-1992) y Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2023), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante Regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

Agua, fluidos y Salmueras: De agua a salmueras mineralizantes

Eduardo González Partida^{1*}, Néstor Alfredo Cano Hernández², Antoni Camprubí², Alejandro Carrillo-Chávez¹, Luis Fernando Camacho Ortigón⁵, Juan Josué Enciso-Cárdenas⁵, Genaro de la Rosa⁵, Sumit Mishra¹, Arun Kumar³, Joseph Madondo⁴, Juan Tomas Vázquez²

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

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

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

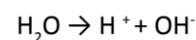
⁴Rhodes University, Department of Geology, Artillery Road, Makhanda, 6139, Makhanda (Grahamstown), 6140, South Africa.

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

*Autor de Correspondencia: Correo Electrónico: egp@geociencias.unam.mx

Introducción

El principal fluido es el agua y consiste de un óxido de hidrógeno, compuesto de dos átomos de H y uno de O que forman una molécula polar, lo que significa que los átomos de H tienen una carga positiva débil y el átomo de O una carga negativa débil. Esta polaridad es extremadamente importante debido a que hace que el agua sea un buen ligante para cationes, permitiendo procesos de hidratación e hidrólisis. El agua pura se disocia de acuerdo a:



El ion OH⁻ es conocido como el grupo hidroxilo, que comúnmente entra en la estructura de un gran número de minerales, tales como anfíboles, micas y arcillas. El agua es usada como estándar para constantes físicas, es un

poderoso solvente, que transporta y deposita sustancias. El agua en nuestro planeta se encuentra en tres fases: líquido, sólido (hielo) y vapor. Sobre y cerca de la superficie el agua existe en el estado líquido, como en los océanos, ríos, lagos, bajo tierra en los poros en la superficie de materiales sólidos (agua subterránea), así como el vapor en la atmósfera y en emisiones volcánicas; y el sólido en las capas de hielo polar, glaciares de montaña. El agua es también, y considerablemente, en el contexto de este trabajo, un gran constituyente de muchos minerales, que son calificados como hidratados. El agua participa en dos ciclos mayores (Figura 1): (1º) el ciclo endógeno, que deriva su energía del interior de la Tierra y se involucra en procesos tectónicos, ígneos y metamórficos; (2º) el ciclo exógeno, que deriva más del 99% de su energía del sol, y promueve la interacción entre la hidrosfera, atmósfera y geosfera (ciclo de meteorización e hidrológico). Las aguas juveniles nunca han sido parte del ciclo exógeno. Su existencia es difícil de probar debido a la evidente contaminación con agua reciclada.

Aunque la detección de aguas juveniles puede ser hecha en fases minerales que se originan en la profundidad del manto y para lo cual se puede postular una composición isotópica única, la posibilidad de contaminación de la superficie, tal como placa de subducción descendiendo no puede ser descartada, igual fases minerales hídricas existen a este nivel cortical que prueban en parte su existencia; Ringwood fue pionero en el estudio de fases minerales en el manto, y estimó que la masa de agua en el manto sería aproximadamente tres veces la masa total de los océanos actuales. Aquí la desgasificación empezó inmediatamente cuando la Tierra se formó, con un periodo temprano de desgasificación en los primeros 500 mil años, produciendo el equivalente de una masa oceánica actual. La historia de la hidrosfera y atmósfera es esencialmente el resultado de la interacción de actividad volcánica, impactos de asteroides, tectonismo y el papel creciente de la actividad biológica. En efecto, el vulcanismo, ambos subaéreo y submarino, es el mayor proceso geológico responsable de la transferencia de agua y otros elementos y compuestos volátiles desde el interior

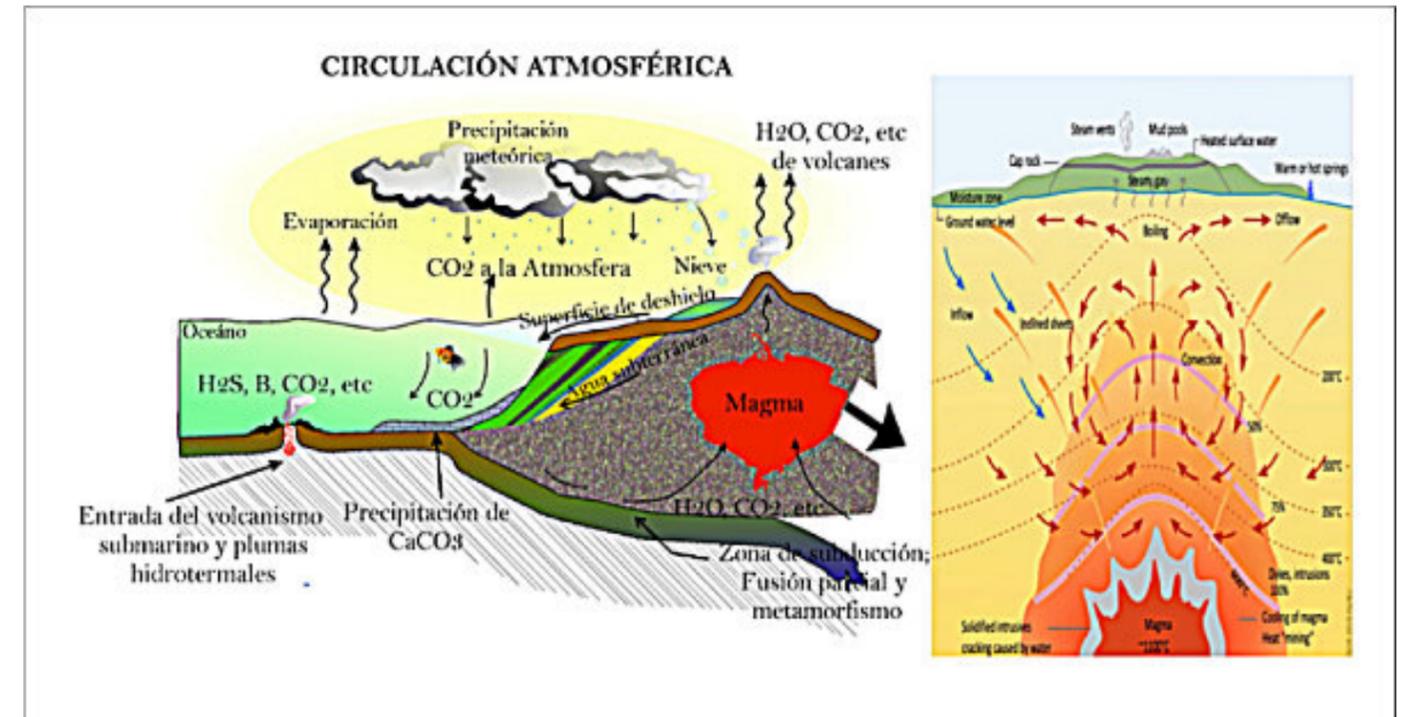


Figura 1.- Fluidos y movilidad de fluidos en distintos ambientes geológicos destacando el magmático y anomalías térmicas relacionados con sus fluidos y la invasión de aguas meteóricas al sistema magmático. Modificado de White 1957, Sharp, Z., 2007, Shmulovich, et al., 2012, Yardley 2009 y Yardley & Bodnar 2014. y otros.

del planeta hacia la atmósfera. Los ciclos de agua, profundo y somero, endógenos y meteóricos, son ilustrados esquemáticamente en la Figura 1. La deshidratación de la placa subducida es particularmente efectiva en transferir el agua de regreso a la superficie por fusión parcial y vulcanismo. La deshidratación de una placa subducida a través de la descomposición de minerales hidratados tiene lugar en cuatro principales regiones: (1) manto superior con deshidratación de minerales tales como serpentina, clorita, fengita, estos procesos de hidratación transfieren agua al borde del manto sobre la zona de subducción desencadenando la fusión parcial, resultando en arco magmático. Debajo de la superficie a profundidad, el agua se convierte en caliente y salina, así, en cuencas continentales puede contener más de 40% wt de sólidos disueltos totales (TDS) y tienen temperaturas superiores que 100°C. Estas aguas también son conocidas como salmueras de cuenca, que juegan un importante papel en la formación de depósitos minerales hidrotermales hospedados en rocas. Una cámara

magmática por conducción o convección emana calor, lixiviando y transportando soluciones minerales que se convertirán en yacimientos.

De fluidos a fluidos

Los fluidos naturales se definen como “fuentes de fluidos corticales” que operan en diversos procesos geológicos y tienen una composición química e isotópica bien definida, algunos pueden tener un origen similar, pero condiciones de formación diferentes (White, 1957; Price y Thompson, 1978; Robb, 2005; Sharp, 2007; Shmulovich et al., 2012). Los fluidos juegan un rol muy importante en la evolución geoquímica y geodinámica de la corteza, siendo el flujo de fluidos a través de las rocas el principal proceso asociado al transporte de masa y energía en ella (Yardley y Bodnar, 2014) y en los fenómenos de interacción agua/roca. El movimiento e interacción de fluidos con las rocas se encuentra condicionado a diversos factores, como son: variaciones estratigráficas, litológicas, estructurales,

geoquímicas, y petrológicas; y normalmente se encuentran en equilibrio con rocas y magmas a relevantes condiciones de presión y temperatura. La diferenciación más importante entre fluidos en términos de distribución espacial a diferentes niveles corticales es su comportamiento físico. En zonas donde la presión de fluido es debida a gradiente hidrostático o gravedad, puede existir una circulación muy amplia, no así cuando a grandes profundidades tienen presiones debidas a gradientes de presión litostática, y solo pueden escapar en direcciones irreversibles, condicionando un flujo mucho más limitado (Yardley y Bodnar, 2014).

De acuerdo a las condiciones del entorno geológico que los generan, los fluidos corticales adquieren características geoquímicas particulares, pudiendo clasificarse de manera general por las fases que los componen (gases, sales y H₂O). La fase gaseosa se encuentra dominada por CO₂, sin embargo el CH₄ y gases enriquecidos en nitrógeno y azufre también pueden ser relevantes. Las principales sales son usualmente NaCl y CaCl₂, pero las sales de K, Mg y Fe pueden estar presentes como sales principales. La solubilidad de gases o sales en H₂O generalmente es alta cuando se incrementa la temperatura o la presión en el entorno geológico, pero en muchos ambientes las composiciones de los fluidos son tales, que la separación de fases (inmiscibilidad o ebullición) conduce al desarrollo de fluidos acuosos enriquecidos en sales que coexisten con una fase rica en volátiles.

Los principales cationes en agua marina son sodio y magnesio, mientras que en fluidos de cuenca son sodio y calcio. En sistemas hidrotermales asociados a magmas silíceos son predominantemente sodio-potasio y en algunas ocasiones existe un exceso de Fe. Los fluidos asociados a magmas máficos regularmente contienen grandes cantidades de sales cálcicas.

Las fases gaseosas que componen los fluidos corticales consisten en gases como: CO₂, CH₄, H₂S, SO₂ y N₂, su especiación depende directamente de la fugacidad de oxígeno, la temperatura y la presión. En medios geológicos diagenético-sedimentarios y metamórficos de bajo grado,

bajo condiciones reducidas el CH₄ suele presentarse en grandes concentraciones, así también el H₂S puede estar presente, mientras que a altas temperaturas el CO₂ es mucho más común. En medios magmáticos, la fase gaseosa es predominantemente CO₂ con un contenido subordinado de H₂S o SO₂ dependiendo su estado de oxidación como ya se analizó en párrafos anteriores.

La identificación de las fuentes de fluidos que se involucran en procesos geológicos a diversos niveles corticales es posible a partir de sus componentes conservativos, tales como el análisis de las concentraciones de isótopos de oxígeno e hidrógeno, que constituye una técnica ampliamente utilizada. Las interacciones “*agua – roca*” modifican la composición isotópica del fluido, ya que proporcionalmente el oxígeno se encuentra contenido en la roca y el hidrógeno en la fase acuosa, y durante la interacción con fases minerales existe un intercambio atómico, que afecta primordialmente al oxígeno, mientras que los isótopos de hidrógeno se conservan en el fluido, por encontrarse prácticamente con una concentración nula en la geoquímica de la roca. La hidrólisis es el efecto de la disociación de moléculas de agua en iones H⁺ y OH⁻. Hidrólisis de minerales de silicatos es muy importante para alteración hidrotermal debido a que los iones de hidrógeno penetran la red cristalina del silicato donde ellos compiten con cationes (K, Ca, Na, etc) para atacar a los iones de oxígeno. La gran concentración de la carga en los iones de hidrógeno predomina, resultando en el desplazamiento de los cationes que son transferido del silicato a la solución, mientras que H⁺ entra en la estructura del silicato, produciendo cambios drásticos que convierten el silicato parental en un nuevo mineral, como sericita o illita. En minerales de silicato la presencia de varios iones tiende a consumir más iones de hidrógeno e hidroxilos, de modo que si la reacción procede, más iones H⁺ tienen que ser suministrados. Los gases volcánicos (HCl, CO₂, H₂S) pueden proveer estos iones H⁺ y son grandes agentes de acidificación durante procesos de alteración hidrotermal.

El Agua

El agua de soluciones hidrotermales pueden ser derivadas de las siguientes fuentes: agua de mar, meteórica, connata, metamórfica, juvenil o magmática. Muchas soluciones hidrotermales son de origen mixto en el que una o más de las fuentes mencionadas anteriormente pueden predominar. Aguas meteóricas incluyen aguas de lluvia, lagos y ríos, y aguas subterráneas. Estas aguas pueden penetrar a profundidad en la corteza y puede convertirse en caliente y mineralizada, adquiriendo así las propiedades de las soluciones hidrotermales. Sistemática de isótopos estables indican que en regiones volcánicas el agua de puntos calientes y estanques son ampliamente, si no exclusivamente, de origen meteórico. La corteza oceánica, en y cerca a dorsales mesoceánicas, permiten la filtración de agua de mar varios kilómetros bajo el suelo oceánico. Como resultado, el agua de mar es calentada, transformada en un fluido altamente enriquecido con metales y conducido por convección, y es subsecuentemente descargada al suelo oceánico como una depositación mineral submarina de punto caliente. El agua atrapada durante la depositación de sedimentos y producida durante reacciones diagenéticas es conocida como aguas connatas, o agua de formación. Se calcula que cerca del 20% del volumen de sedimentos no metamorfoseados en la corteza terrestre consiste de agua de poro. También es ampliamente reconocido que los fluidos hidrotermales pueden desarrollarse durante la diagénesis profunda, y alcanzar altas salinidades y temperaturas. Esta agua es esencialmente sin enlaces, la cual no está unida en la red de minerales formadores de roca. La remoción de agua entre las arcillas, yeso y materia orgánica es un importante aspecto de procesos diagenéticos. La expulsión de fluidos durante enterramiento y diagénesis tiene lugar como un resultado de la reducción de la porosidad, y el volumen de agua liberado puede ser considerable. Durante la evolución de una cuenca sedimentaria, la expulsión de fluidos tiene lugar y estos migran hacia arriba y hacia las márgenes de la cuenca. Donde el azufre es agregado de cualquier fuente (por ejemplo, materia orgánica), y la precipitación de sulfuros puede ocurrir en sitios favorables.

Aguas metamórficas son derivadas de la deshidratación de minerales portadores de hidroxilos (agua ligada) debido al aumento de presión y temperatura (deshidratación metamórfica). La presencia de fluidos ricos en volátiles liberados durante metamorfismo es comúnmente aceptada, y ellos pueden ser considerados como sales diluidas que generalmente contienen H₂O, CO₂ y CH₄. Los fluidos hidrotermales generalmente se asumen como soluciones líquidas en las que el agua es el solvente. Por otro lado, la circulación de fluidos hidrotermales en la corteza terrestre resulta en el principio y desarrollo de sistemas hidrotermales. La ebullición y solubilidad son instrumentos en la separación de componentes de las soluciones, y por lo tanto son de gran importancia en la deposición de minerales de mena provenientes de fluidos hidrotermales. La solubilidad de sustancias iónicas es el resultado de la interacción entre moléculas de H₂O polares y los iones disueltos. La solubilidad depende de: 1º. La fuerza de atracción entre moléculas de H₂O y los iones del sólido, que tienden a diluir el sólido; y 2º. La fuerza de atracción entre iones de cargas opuestas, estos tienden a prevenir que el sólido entre en la solución. Por otro lado, los gases son menos solubles a medida que la temperatura incrementa.

Fluidos/ salmueras: Consecuencias metálicas.

La composición del fluido mineralizante, comprende su pH, estado de óxido-reducción, concentraciones y relaciones entre metales. Esta composición depende de la influencia combinada de su fuente primaria, que pueden ser gases magmáticos, salmueras magmáticas, agua meteórica subterránea, aguas producto de la deshidratación metamórfica o fluidos conatos en sedimentos, y de la reacción con la roca encajonante a lo largo de su trayectoria. En los sistemas magmáticos proximales, la trayectoria desde la fuente del fluido primario hasta el sitio del depósito, parece ser lo suficientemente corta, que las reacciones a lo largo de su trayectoria cambian muy poco la composición del fluido primario. Sin embargo, la mayoría de los yacimientos hidrotermales se forman lejos de la fuente del fluido primario, de tal forma que el fluido mineralizante puede

ser modelado por las reacciones a lo largo de su trayectoria, mismas que adicionan o remueven metales, para así cambiar las concentraciones de metales del fluido primario. El control de la composición del fluido mineralizante por la reacción con la roca encajonante, es debido al equilibrio químico entre fluidos y los minerales de alteración, situación que es observada en sistemas activos.

Es importante entender "el grado de sulfuración de un sistema" (ver figura 2), como un indicador geoquímico que determina en qué parte de un sistema se depositan los metales, por ejemplo, cuanto más abunde el H₂S, tanto más lejos se transporta el oro. Este concepto es válido

para todos los tipos de yacimientos hidrotermales conocidos, tanto los depositados por fluidos hidrotermales de origen ígneo, como por fluidos metamórficos, meteóricos, o marinos. Los factores que reducen el grado de sulfuración causan la precipitación de oro: Un ejemplo común es la ebullición del fluido hidrotermal, en la que fases gaseosas escapan con el vapor. En otros casos, el H₂S en la solución reacciona con hierro de minerales como clorita o carbonatos en las paredes de una fractura, produciendo pirita, y consumiendo el H₂S. Por ejemplo, los complejos más importantes de oro en soluciones hidrotermales son : AuCl₂⁻ y Au (HS)₂⁻.

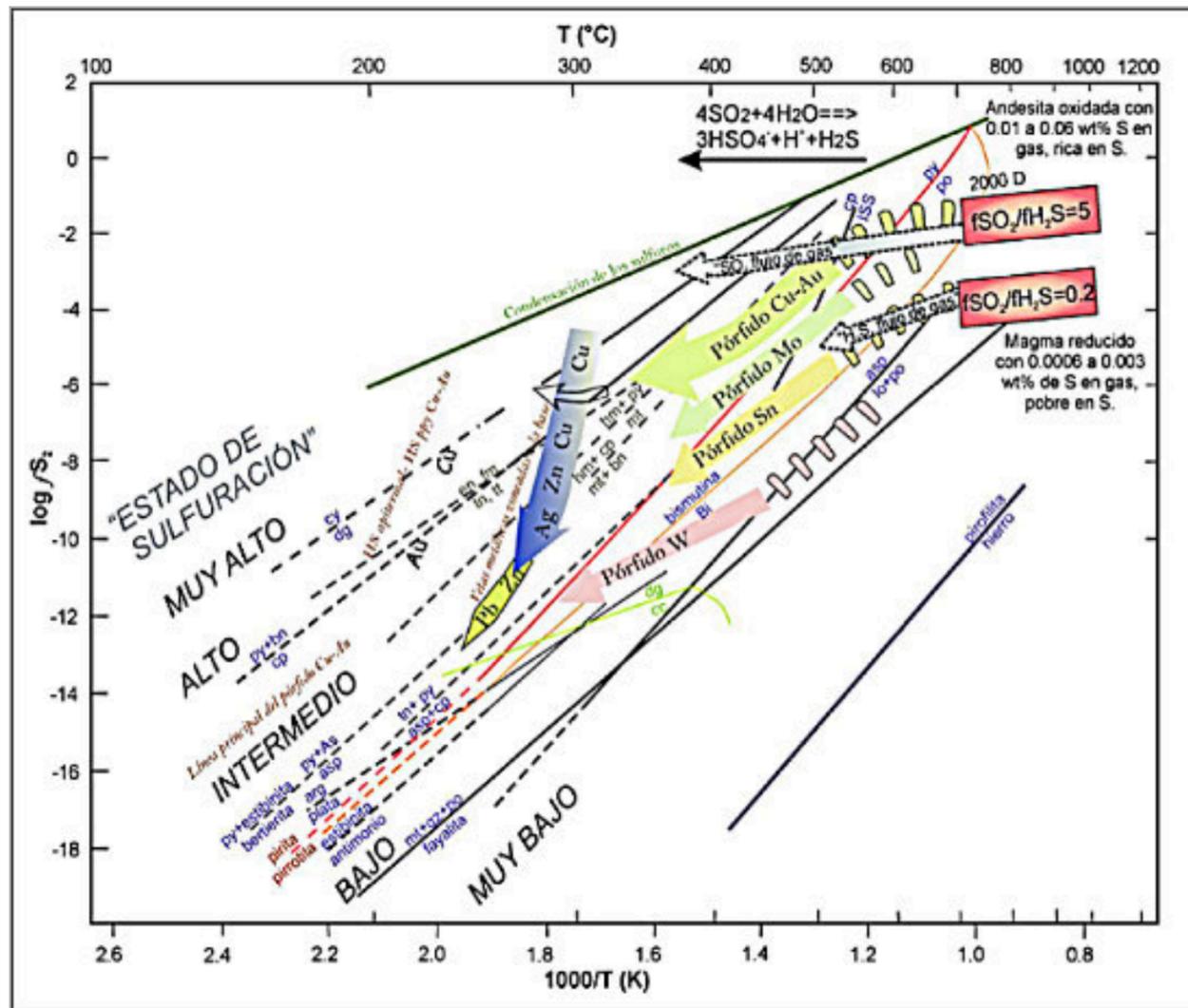


Figura 2.- Estados de oxidación del azufre (valencias con las que trabaja) y evolución de los grados de sulfuración en función de la temperatura & fugacidad del azufre, donde se marcan límites de minerales característicos que definen esta clasificación y algunos ejemplos de tipos de yacimientos. Tomado de Camprubí, y Albinson (2007).

La reacción: 4SO₂ + 4H₂O = 3H₂SO₄ + H₂S

Esta reacción química es una de las claves muy importante en la química de oro y de muchos otros metales pesados; Además, de que controla la acidez de las soluciones a temperaturas bajas y la mineralogía de la alteración. En los sistemas magmáticos, predomina el SO₂ en la salmuera y a temperaturas bajas, el SO₂ reacciona con el agua para producir ácido sulfúrico y H₂S así :

- A temperaturas altas (más de 400°C) Hay poco H₂S, y el AuCl₂ es importante.
- A temperaturas bajas (menos de 400 °C) Hay poco SO₂, mucho H₂S, y el Au (HS)₂ importante.

La precipitación de los complejos cloruros, debido a su enfriamiento (y de reacción con calizas) en un sistema hidrotermal profundo (Ej. Pórfido cobre, Skarn) y en la etapa de alta temperatura, 700°C - 400°C, casi todos los metales están en complejos cloruros como el Mo, Cu y Au y precipitan proximalmente a su fuente, mientras que el Pb, Zn y Ag-Au lo hacen de manera más lejana.

• La precipitación de los complejos clorurados es debido a el enfriamiento en muchos casos (y de reacción con calizas y/o roca encajonante) en un sistema hidrotermal profundo a somero, dado que a bajas temperaturas se forma mucho H₂S, el cual transporta el Au de manera más lejana con respecto a su fuente original, aquí la precipitación se da por ebullición, reducción, oxidación o cambios de pH entre los 400°C a 100°. Así pues, la abundancia (fugacidad) de H₂S determina la distancia de oro de la fuente. Por otro lado, en las soluciones, la fugacidad de H₂S determina el grado de sulfuración y en este sentido la reducción en el grado de sulfuración en un sistema causa la precipitación de oro.

Trayectorias de Sulfuración Durante Enfriamiento De Sistemas Hidrotermales (Figura 2)

El conocimiento de los sistemas geotérmicos activos han demostrado un cuadro bastante claro de las trayectorias que siguen los fluidos hidrotermales después de su separación de los magmas: A temperaturas altas, es decir, a la temperatura de solidificación de magmas (1200 °C a

800°C), el grado de sulfuración siempre es bajo hasta muy bajo (por la valencia baja con que trabaja el azufre). Cuando los fluidos empiezan a segregarse del magma por enfriamiento, su grado de sulfuración sube a medida que el SO₂ reacciona con agua y llega a un máximo aproximadamente a 100°C. Si pudiéramos medir los fluidos "in situ", la sulfuración debería empezar y ser importante cerca de 400°C, y lograr su máximo a las 300-350°C. Mientras progresa el enfriamiento, la sulfuración baja rápidamente a la vez que los fluidos ácidos reaccionan con las rocas encajonantes, este es un mecanismo geoquímico que permite clasificar los yacimientos minerales en función de su estado de sulfuración.

Agradecimientos

Actualmente un grupo de investigadores de la UNAM, con el proyecto CONAHCYT# CF-2023-G-490 y UNAM-DGAPA-PAPIIT # IN100225 , se está investigando sobre estos temas, para apoyar a la industria productiva del país.

Bibliografía

Camprubí, A., Albinson, T., 2007. Epithermal deposits in México – an update of current knowledge, and an empirical reclassification. In: Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A.F. (eds.), Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México, The Geological Society of America Special Paper, v. 422, p. 377-415.

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

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

Robb, L. J. 2005, Introduction to ore-forming processes, John Wiley & Sons, 368 p.

Sharp, Z., 2007, Principles of Stable Isotope Geochemistry, Prentice Hall, pp. 334.

Shmulovich, K., Yardley, B., & Gonchar, G. (Eds.). 2012. Fluids in the crust: Equilibrium and Transport Properties. Springer Science & Business Media. 319 p.

Taylor H.P. 1997 Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits. En Barnes. H. L, ed., Geochemistry of hidrotermal oro deposits, 3ª. Ed. New York, John Wiley, p. 229-302.

White, D. E., 1957. The role of water in crustal evolution. Journal of the Geological Society of London 166, 585-600.

White, D. E., 1957.. Fluids in the continental crust. Geochemical Perspectives, 3(1), 1-123. Contributions to Mineralogy and Petrology 91, 1 22-1 37.

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

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

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



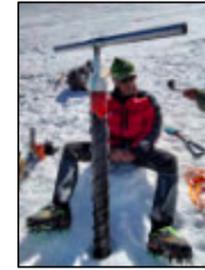
Eduardo González Partida Se graduo de Ingeniero Geólogo (UNAM) en 1977 y en 1979 se graduado de Ingeniero Experto en Exploración y Valorización de Recursos Naturales en la Escuela Nacional Superior de Geología de Nancy, Francia, obteniendo posteriormente, los grados de Doctor Ingeniero en Materias Primas Minerales y Energéticos en 1981 y Doctor de Estado en Ciencias en 1985. Actualmente tiene 41 años de antigüedad docente/académico en la UNAM, es nivel III en el SNI. En 2020-21 fue Co-fundador y nombrado Rector de la Universidad Polotécnico de Nochixtlan Abraham Castellano. En su aportación científica y tecnológica cuenta con 350 productos. En la formación de recursos humanos ha dirigido 86 tesis, de las cuales 58 son de Licenciatura, 21 de Maestría y 7 de doctorado. Sus campos de acción son los yacimientos minerales y energéticos: geotermia, carbón, hidrocarburos.



Néstor Alfredo Cano Hernández es Doctor en Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de México, enfocado en el área de yacimientos minerales y petrogénesis de rocas ígneas. Ha trabajado en diversos proyectos de investigación enfocados en depósitos epitermales, tipo pórfido, skarns polimetálicos, de oro orogénico y pegmatitas ricas en metales raros. Además, cuenta con nueve artículos de investigación en revistas internacionales e indizadas.



El **Dr. Antoni Camprubí** es licenciado y doctorado en Geología por la Universitat de Barcelona y, desde hace 26 años, es investigador del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Sus líneas de investigación comprenden la formación de yacimientos minerales, la metalogenia regional de México, y la aplicación de estudios en geofluidos en la caracterización de diversos procesos geológicos. Asimismo, es editor en jefe del Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana desde hace casi 20 años, además de numerosos tipos de colaboraciones en la edición de publicaciones científicas, y es autor de alrededor de 120 artículos científicos, entre otras publicaciones.



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

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



Dr. Luis Fernando Camacho Ortegón, Ingeniero de Minas y Metalurgista en la Escuela de Minería y Metalurgia de la Universidad Autónoma de Coahuila, Doctor en Geociencias por la Univ. Henri P., Francia. Es especialista en geoquímica orgánica e inorgánica con especial énfasis en cuencas carboníferas y de hidrocarburos no convencionales. Es Académico Titular de la Academia de Ingeniería México en la Comisión de Especialidad de Minería y Metalurgia y miembro asociado de las prestigiadas asociaciones AAPG, AMGP y AIMMGM. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado.. Su investigación reporta publicaciones en revistas de prestigio y trabajos en congresos nacionales e internacionales. Dentro de su participación como responsable técnico en proyectos, ha desarrollado continuamente desde el año 2012 más de 32 proyectos concursables y financiados por instituciones públicas e iniciativa privada. Galardonado con el Premio Nacional de Educación 2023 de la AIMMGM y la Medalla Miguel Ramos Arizpe de la UAdeC. Actualmenta el cargo de director general del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la UAdeC en Cd. Nueva Rosita, Coahuila, México.



El **Dr. Juan Josué Enciso Cárdenas,** es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la UAdeC y es miembro distinguido del SNI CONAHcyT. Su especialidad en geoquímica orgánica, le permite enfocar su línea de investigación al estudio, caracterización y evaluación de potencial de yacimientos de hidrocarburos no convencionales para su desarrollo y aprovechamiento en México. jenciso@uadec.edu.mx



El **M.C. Genaro de la Rosa Rodríguez,** es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC). Es Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos, cuenta con Maestría en geología de yacimientos de hidrocarburos no convencionales por la UAdeC. 6 años de experiencia como geólogo en el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en el proyecto Gas Asociado al Carbón y rocas generadoras de hidrocarburos en México. Es miembro distinguido como Investigador Estatal Junior ante el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) de Coahuila. Su especialidad es la petrografía orgánica y está acreditado en carbón, mezclas de carbón y materia orgánica dispersa ante el International Committe for Coal and Organic Petrology (ICCP). genaro_rodriguez@uadec.edu.mx



Dr. Sumit Mishra actualmente trabaja como investigador postdoctoral en el Centro de Geociencias de la UNAM. Su área de especialización son la geoquímica de rocas ígneas, la geocronología y la geología isotópica. Actualmente se concentra en la diagénesis del carbón de la Cuenca de Sabinas y depósitos de Manganeso en Autlán.



La investigación del **Dr. Arun Kumar** se centra en comprender los procesos de los campos geotérmicos de México, utilizando herramientas como la geoquímica, estudios magnéticos, petrografía y análisis de inclusiones fluidas. Con cinco años de experiencia en geoquímica y estudios ecológicos, el Dr. Arun ha investigado previamente las tasas de meteorización química en las cuencas de los Ghats Occidentales en la India y su impacto en el presupuesto global de CO₂ atmosférico. Además, ha estudiado la geoquímica de metales traza en sistemas lóticos y lénticos, analizando iones principales, elementos traza en muestras geológicas y diatomeas bentónicas. El Dr. Arun completó sus estudios doctorales en la Academia de Educación Superior de Manipal en la India.

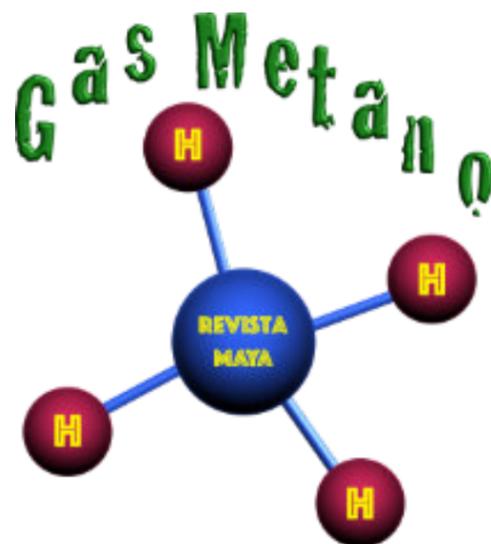


El **Dr. Joseph Madondo** es investigador postdoctoral en el Centro de Geociencias de la UNAM. Se graduó como doctor en Ciencias de la Tierra en la UNAM. Su área de especialización es la metalogénesis de los depósitos de manganeso en México. Actualmente está trabajando en los depósitos de Manganeso en Autlán.



Juan Tomas Vázquez Ramírez. Técnico Académico, Instituto de Geociencias, Campus Juriquilla, Qro. Técnicas de preparación de todo tipo de muestras para estudios de petrografía,

Minerografía, análisis químico microscopía electrónica, Láser, catodoluminiscencia y termomicrometría de inclusiones fluidas.



Research Opportunity in Guatemala

Joshua H. Rosenfeld

Editor of Revista Maya

Photos provided by geologist Jorge Romero show extreme soft sediment deformation in a Sepur Fm. turbidite outcrop (Figure 1) on the recently constructed Ruta Transversal del Norte in Guatemala (approximate location in Figure 2). Sediments of the Sepur Fm. were shed northward into a foredeep from the Motagua Suture Zone when the Maya and Chortis Blocks collided (Bonis, 1967). The vertical dips in this outcrop formed during the final stage of suturing in the Eocene. Rosenfeld (1981) measured two partial Sepur Fm. sections 1,820 m. and 2,640 meters in thickness about 100 kms. east of this outcrop. Minor soft sediment deformation was noted by Rosenfeld adjacent to debris flow filled channels, but the only interval showing similar deformation to the subject outcrop was immediately beneath the Santa Cruz allochthon (Figure 3). The extreme soft sediment deformation seen in this outcrop is atypical of the Sepur Fm. and not seen in Rosenfeld's measured sections. This indicates a strong and unique seismic event. Rosenfeld (2021) proposed that emplacement of the Santa Cruz allochthon over the Sepur Fm. was as a gravity slide triggered by extreme seismicity from the Chicxulub bolide impact 600 km. to the north. If this unique deformational event is related to the Chicxulub impact, the non-deformed beds immediately overlying the contorted zone may represent a post-impact return to normal sedimentation, and possibly contain an iridium anomaly, as well as other products derived from the bolide impact (Figure 4).

The Sepur Fm. is quickly weathered and overgrown by vegetation in this wet, tropical environment. Therefore, this outcrop and others in the area should be documented while still pristine.

Oportunidad de Investigación

Joshua H. Rosenfeld

Editor de la Revista Maya

Fotos proveídas por el geólogo Jorge Romero muestran un afloramiento con intensa deformación de sedimento suave en turbiditas de la Fm. Sepur (Figura 1) en la

recientemente construida Ruta Transversal del Norte de Guatemala (ubicación aproximada en Figura 2). Sedimentos en la Fm. Sepur se derivaron de la Zona de Sutura del Motagua donde los Bloques Maya y Chortis colisionaron produciendo sedimentación hacia el norte a una cuenca de antifosa (Bonis, 1967). Las capas verticales de este afloramiento son por la deformación en la etapa final de la suturación en el Eoceno. Rosenfeld (1981) midió dos secciones de la Fm. Sepur a 100 km. al oriente de este afloramiento con 1.820 m. y 2.640 m. de espesor, observando deformación de sedimento suave de menor escala alrededor de canales con flujos de escombros. El único intervalo con deformación similar a este afloramiento se encuentra inmediatamente debajo del alocton de Santa Cruz (Figura 3). La deformación extrema del afloramiento tratado aquí no es típica de la Fm. Sepur en las secciones medidas por Rosenfeld, y esto indica que ocurrió un evento sísmico muy fuerte y único. Rosenfeld (2021) propuso que el emplazamiento del alocton de Santa Cruz sobre la Fm. Sepur fue un deslizamiento gravitacional iniciado por la sismicidad extrema del impacto del bólido de Chicxulub 600 km. al norte. Si resulte cierto que esta deformación se relaciona al impacto de Chicxulub, las capas no deformadas inmediatamente encima de la zona contorsionada indicarían el retorno post-impacto a la sedimentación normal y puedan contener una anomalía de iridio y otros productos derivados del impacto (Figura 4).

La Fm. Sepur en este ambiente tropical y húmedo se meteoriza rápidamente y queda cubierta por la vegetación. Entonces este afloramiento y otros en la vecindad deben documentarse mientras todavía son visibles.

References

Bonis, S., 1967, Geological reconnaissance of the Alta Verapaz foldbelt, Guatemala, Unpublished Ph.D. dissertation, Louisiana State University, 140 pp.

Rosenfeld, J.H., 1981, Geology of the western Sierra de Santa Cruz, Guatemala, Central America: an ophiolite sequence. Unpublished Ph.D. dissertation, State University of New York at Binghamton (now Binghamton University), 313 pp.

Rosenfeld, J.H., 2021, The Sierra de Santa Cruz in eastern Guatemala: a giant gravity slide triggered by the K-Pg Chicxulub bolide impact, Revista Maya de Geociencias, April edition.



Figure 1. Sepur Fm. outcrop showing the intense soft sediment deformation beneath an undisturbed layer.

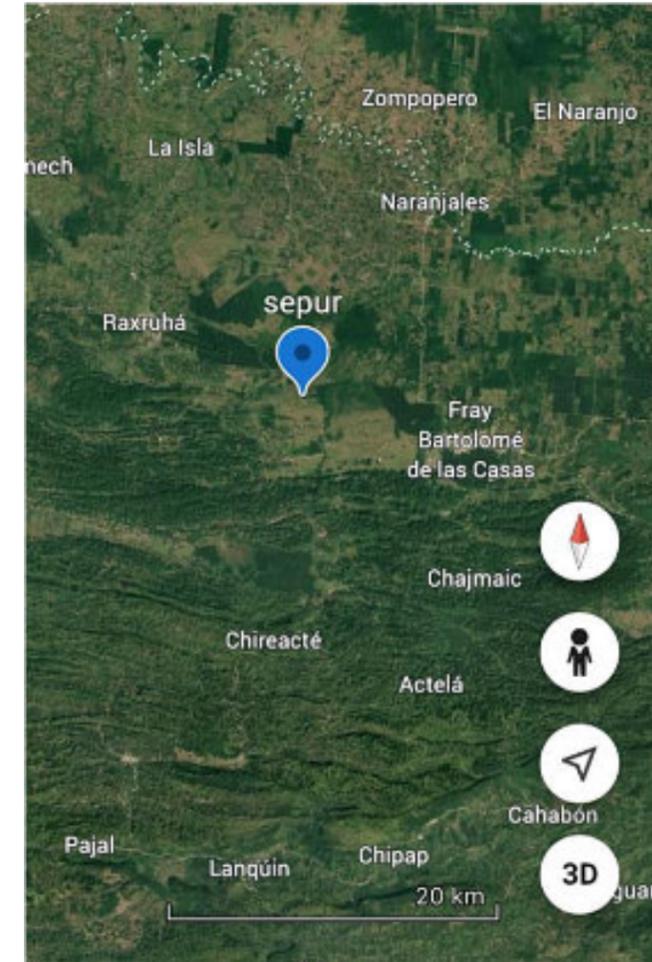


Figure 2. Approximate location of the outcrop in Figure 1 between the towns of Raxruhá and Fray Bartolomé de las Casas on the Transversal del Norte highway.

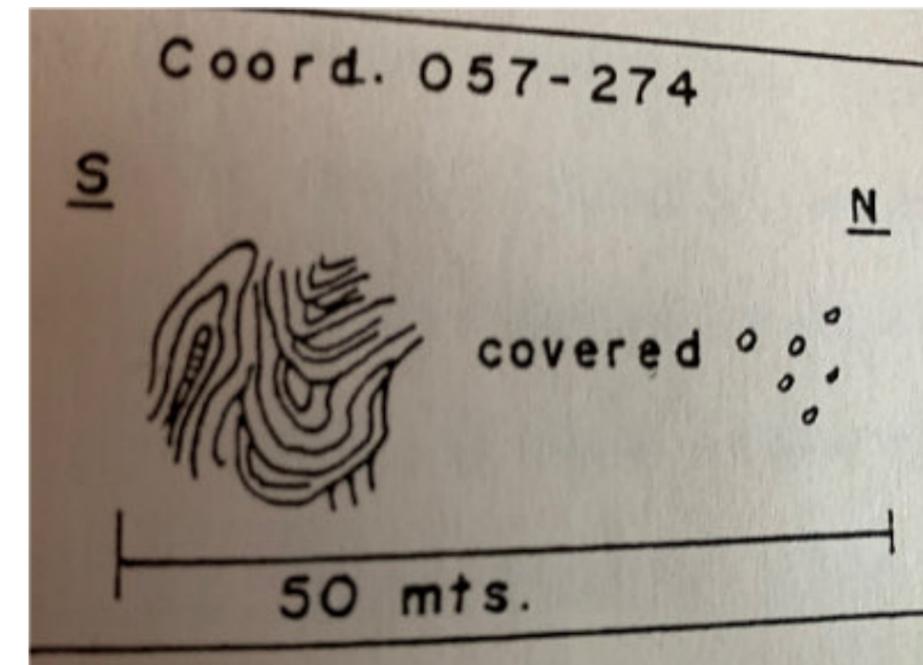
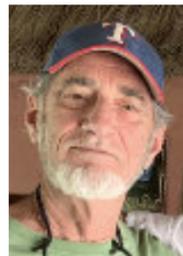


Figure 3. Sketch of a soft sediment deformation zone just below the Santa Cruz allochthon (from Rosenfeld, 1981).



Figure 4. Tilted beds restored here to the horizontal. The red line marks the zone with possible impact related features (iridium anomaly, spherules, etc.). The white arrow indicates the slump direction.



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

MORRO DE BARCELONA, VENEZUELA ORIENTAL: RECONOCIMIENTO GEOLOGICO Y NUEVAS CONTRIBUCIONES

Jesús S. Porras M.¹ & Luis R. Porras M.²

(1) Geólogo Consultor (porrasjs@yahoo.com) (2) Geólogo Consultor (luisrporras@gmail.com)



RESUMEN

El Morro de Barcelona es un prominente cerro de unos 112 m de altura ubicado al norte de las ciudades de Barcelona y Lechería, en la costa caribeña de Venezuela Oriental. Es una de las más notorias formas geológicas y geomórficas de la costa del Edo Anzoátegui.

Limita al oeste por la Ensenada de Barcelona, al este por la Bahía de Pozuelos, al norte por el archipiélago de las Islas Borrachas y Chimanas, y al sur, se conecta a la costa con las ciudades de Lechería y Barcelona.

Representa el extremo occidental del sistema montañoso de la Serranía de Interior Oriental ubicado al sur del sistema de fallas de El Pilar. Contiene rocas, principalmente calizas lodosas silíceas, de edad Cretácico Superior, adjudicadas a la Formación San Antonio del Grupo Guayuta, aunque algunos autores sugieren que pertenecen a la Formación Río Chávez del Cenomaniense-Paleoceno.

Su origen está asociado a sedimentación marina profunda en un margen pasivo Cretácico-Paleoceno y su desarrollo es similar al de otras rocas autóctonas del frente de montañas. Estructuralmente, es el resultante de procesos de deformación y levantamiento ocurridos durante el Eoceno, seguido de una alternancia de eventos de levantamiento, subsidencia y erosión, que han continuado desde el Mioceno hasta el presente.

Como resultado de las recientes observaciones de campo, y reconociendo y respetando las contribuciones previas realizadas sobre el tema, se presenta una versión actualizada de la geología del Cerro El Morro. En esta nueva perspectiva, se incluye una discusión detallada sobre las formaciones geológicas presentes, así como los procesos estructurales, tectónicos y sedimentológicos que dieron lugar a esta notable forma geomorfológica, complementada con un extenso registro fotográfico.

Se persigue con este trabajo contribuir al conocimiento científico como una fuente de información para investigadores actuales y un importante recurso para la enseñanza y las actividades geoturísticas de la zona.

INTRODUCCION

El Morro de Barcelona, es una forma topográfica elongada y escarpada de orientación preferencial NNE-SSO y elevación 112 m. Se encuentra ubicado a 7.5 km de Barcelona.

Es un gran anticlinorio, compuesto por diversas estructuras discontinuas, las cuales presentan intensa deformación, plegamiento y fracturamiento. Su marcado sentido NNE-SSO está controlado por las estructuras, pliegues y fallas de corrimiento desarrolladas en el lugar. Está ubicado en una región de gran complejidad estructural, en una zona de convergencia entre las placas del Caribe y Suramericana y de transferencia del sistema de la Falla de Urica, y posteriormente sometido a procesos erosivos.

Se conforma por mudstones y calizas pelágicas, micríticas, silíceas, y fosilíferas, interestratificadas con capas de chert (ftanita), limolitas, lutitas calcáreas y areniscas pertenecientes a la Formación San Antonio (Cretácico Superior) o su equivalente. Las rocas presentan alto grado de fracturamiento.

El cerro, ocupado parcialmente por complejos residenciales y hoteleros, muestra signos evidentes de colapso, movimiento de masas asociados a deslizamientos y gravedad, y de erosión costera activa.

Este geosítio, emblema de la ciudad, recibe cada año a numerosos turistas, y locales, atraídos por las impresionantes vistas panorámicas de la ciudad y de sus bahías y playas, así como por su valor histórico y

patrimonial. Se accede fácilmente por vía asfaltada y dispone de miradores, senderos peatonales y ciclovías y

un enorme monumento religioso. Es el sitio habitual de práctica deportiva de los lugareños.



Fig. 1. Imagen satelital 3D del Cerro El Morro (Google Earth). Se indican las vías de acceso a los afloramientos. En números se señalan las zonas de afloramientos del flanco oeste: 1) zona de corrimientos 2) zona deformada y 3) zona de poca deformación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El Cerro El Morro tiene una orientación preferencial NNE-SSO (~ N30°E). Mide cerca de 2250 metros de largo y unos 750 metros en su parte más ancha. Las mayores elevaciones las presenta hacia la zona centro-sur, siendo su altura máxima de 112 metros.

Presenta un perfil asimétrico definido por relieves abruptos y aislados con laderas tipo escarpes hacia el sureste y tipo cuesta al noreste. Su tope es amesetado.

Su forma alargada y elevada es el resultado de la interacción entre múltiples procesos tectónicos, junto con la erosión marina y subaérea. Su relieve está influenciado por la convergencia de placas y la presencia de pliegues y diversas fallas locales, lo que ha dado lugar a fracturas, acantilados de paredes escarpadas y geofomas distintivas.

Los acantilados, de pendientes pronunciadas, han sido modelados por la erosión y la meteorización, formando cárcavas, cuevas, grietas y terrazas rocosas. La erosión diferencial ha provocado el retroceso de los acantilados escarpados, con desprendimientos, caída de rocas y deslizamientos, así como el desgaste de áreas planas y poco profundas de la costa. Al mismo tiempo, el oleaje ha favorecido la acumulación de gravas y arenas en determinados sectores.

La dinámica costera de la zona está influenciada por la presencia de depósitos recientes, el alto grado de fracturamiento de las rocas, las fuertes pendientes y el transporte de sedimentos por las corrientes marinas. Capriles (2007) en un análisis del comportamiento de la dinámica costera de la zona de Lechería, que incluyó la costa oeste del Morro, observó un retroceso de la línea de costa tanto en la planicie costera como en la planicie deltaica del Río Neverí. Determinó, que las causas del proceso de erosión la constituyen, en el primer caso, el tómbolo del Morro, por haber interrumpido el paso de sedimentos desde la Bahía de Pozuelos, al este, hacia la Bahía de Barcelona, al oeste, y en el segundo caso, la migración de la desembocadura del río Neverí hacia el sur, que ahora deposita su gasto sólido en las costas de Barcelona. Precisó que la zona presenta un proceso generalizado de erosión que se manifiesta en la pérdida de 57,69 ha de terreno. Calculó tasas lineales de erosión de 1,5 y 5 m/año para las planicies costera y deltaica, respectivamente.

Al cerro se puede acceder desde la ciudad de Lechería, al sur, a través de la avenida principal, que se bifurca hacia los flancos del anticlinorio. Los afloramientos son accesibles mediante vías asfaltadas y están expuestos en los cortes de las carreteras de ambos flancos. En el flanco este, se localizan en las avenidas

Barlovento y Las Palmas, cerca de la cresta, y en la Avenida de La Costa, en la base del cerro. En el flanco oeste, se accede por las avenidas Sotavento y Titán, ubicadas en la parte alta, y por la vía perimetral, de granza, que bordea el cerro. También se puede llegar por vía marítima. El ascenso puede realizarse además por las varias rutas de senderismo y ciclismo que posee.

GEOLOGIA GENERAL

En Venezuela Oriental, la historia sedimentaria revela la presencia de rocas de un margen pasivo tipo Atlántico de edad Cretácico a Eoceno Medio las cuales se encuentran localmente expuestas en la región (Blanco et al., 2000). En el Morro de Barcelona, en las Islas de la Bahía de Pozuelos y en las regiones tanto continental como insular de Mochima, se encuentran excelentes afloramientos de la secuencia cretácica-terciaria de Venezuela como parte del Sistema Montañoso de la Serranía del Interior.

El Cretácico Inferior en esta zona consiste de una alternancia de rocas clásticas y carbonáticas que representan ambientes que varían de fluvio-deltaico (Formación Barranquín) a plataforma externa (Formaciones Borracha y Chimana). Una serie monótona de rocas pelíticas-carbonáticas (Fm. Querecual), y areniscas, calizas y lutitas (Fm. San Antonio), caracterizan la sedimentación del Cretácico Superior de esta región. Este último intervalo representa la máxima trasgresión del Cretácico, relacionada al aumento, de orden global, del nivel del mar (~90 Ma). En Venezuela, esta trasgresión resultó en la sedimentación de calizas, lutitas y cherts ricos en materia orgánica (Ostos et al., 2005). Estas rocas son reconocidas como las Formaciones Querecual-San Antonio (Grupo Guayuta), Mucaria, Navay y La Luna, grandes generadoras de hidrocarburos.

El Morro de Barcelona, es una sección compuesta esencialmente por rocas de la Formación San Antonio o su equivalente (Castro Mora, 1993; Hedberg, 1944). Otros autores; sin embargo, sugieren que estas rocas se corresponden a la Formación Río Chávez (Ortega et al., 1990; Macsotay y Vivas, 1985; Caicedo, 2018).

ESTRUCTURA REGIONAL Y LOCAL

Regional

El Morro de Barcelona se ubica en el extremo occidental de la Serranía del Interior (SDI), un cinturón de plegamientos y cabalgamientos compuesto por sedimentos del Cretácico y el Paleógeno que se depositaron, al menos durante el Cretácico Inferior, en un ambiente tectónico comparativamente estable, probablemente un margen continental pasivo, y se deformaron durante el Eoceno Medio (Blanco et al., 2000).

Según Vierbuchen (1978, 1984), la Serranía del Interior comenzó su deformación después del Eoceno

temprano. Presenta pliegues de orientación E-NE/O-SO, con sus flancos meridionales más inclinados que los del norte, y abundantes pliegues volcados hacia el sur. Además, abundan los cabalgamientos que desplazan material del N-NO hacia al S-SO, afectando rocas tan jóvenes como del Mioceno.

Blanco et al. (2000) reconocen que la principal fase de deformación estructural se inició en el Mioceno como producto del emplazamiento de la Napa Caribe sobre el margen pasivo del norte de Venezuela, dando origen a importantes estructuras asociadas a zonas triangulares a lo largo del frente de deformación, tales como el gran anticlinal de Capiricual en el norte de Anzoátegui y el dúplex de Pirital (Ysaccis, 1997). Adicionalmente, explican que, hacia la Ensenada de Barcelona, la Cadena Caribe se hunde por debajo de los sedimentos neógenos y reaparece en la región de Araya-Paria. Por su parte, Ysaccis (1997) indica que la Faja Piemontina exterior del sistema montañoso del norte de Venezuela, el sistema de fallas de Urica y el extremo occidental de la Serranía del Interior se proyectan hacia el extremo suroriental de la Ensenada de Barcelona, aproximadamente en la ubicación actual del Morro.

Bellizia (1984), en Mendes (2004), define los movimientos del Terciario al norte de Anzoátegui, en las áreas adyacentes a Barcelona, como zonas de fuerte plegamiento asimétrico hacia el sur con un intenso fallamiento en la dirección de la mayor deformación, además se manifiesta con complejas dislocaciones estructurales en el extremo meridional por una serie más o menos paralela de anticlinales y sinclinales asimétricos volcados hacia el sur, variando desde grandes pliegues abiertos de flancos tendidos y poco asimétricos.

Macsotay y Vivas (1985) describen, en el noreste de Venezuela, cuatro fases de deformación tectónica que se inicia con una compresión N-S en el Eoceno Medio; una fase de compresión/transpresión NO-SE en el Mioceno Superior; una fase de transcurrancia dextral E-O de edad Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior; y una fase de compresión NO-SE, del Pleistoceno al Reciente.

La SDI está limitada al norte por la falla de El Pilar, al sur por el sistema de fallas de Pirital, y al oeste y este por las fallas de desplazamiento de rumbo lateral derecho de Urica y San Francisco, respectivamente (Fajardo et al., 2023). La falla de San Francisco divide la SDI en dos bloques: Bergantín al oeste y Caripe al este, mientras que la falla de Urica- o sus ramificaciones- pasa muy próxima al área de estudio.

Local

El anticlinorio del Morro, se localiza en el dominio geológico Bergantín-Guanta (Macsotay y Vivas, 1985). Localmente se limita al norte por la falla de El Pilar; al oeste y sur por el sistema de fallas Araguaita/Cerro Grande/Carrizal (¿?) o la estribación septentrional de la falla de Urica; y al este por la Bahía de Pozuelos. Se ubica

mejor dispuestos y claros, son de gran amplitud, simétricos, cilíndricos, de eje preferencial O-E. En varios de ellos se observan bloques dislocados y rotados, así como pequeñas fallas de diferente orden (Fig. 6). Se identifican flexuras menores tanto positivas como negativas (Fig. 5,6).



Fig. 5. a) Falla normal de bajo desplazamiento b) Flexuras menores: anticlinal al tope, sinclinal a la base.

Las rocas están muy fracturadas y diaclasadas, dando lugar a múltiples compartimientos. Se muestran claros efectos de meteorización y se observan derrumbes y movimiento de masas en zonas de grandes fracturas y grietas. Al pie de las laderas se identifican abanicos coluviales conformados por detritos finos y fragmentos angulares de rocas.



Fig. 6. Corte mostrando bloques colapsados, dislocados y rotados por presencia de pequeñas fallas conjugadas. La erosión, meteorización e intenso fracturamiento provoca la caída y derrumbe de rocas.

En este sector, la capas de chert son más frecuentes, continuas y visibles; aparecen embebidas en la roca o bien como manchones negros de formas y geometría irregular.

Avda. Las Palmas: es una pequeña calle que intercepta la Av. Barlovento. Se ubica en el sector central del cerro y conduce a unos complejos residenciales limitados por un elevado eskarpe. Desde allí se distinguen dos

afloramientos: uno al norte y otro al sur. A diferencia de los afloramientos de la Av. Barlovento acá las rocas presentan un color más amarillento-rojizo y beige, producto de la meteorización, pocos tonos oscuros, menos capas de chert (¿), y mucha deformación, con signos de slump, superposición o desarrollo de varios eventos compresivos.

En el afloramiento norte las capas están intensamente deformadas (Fig. 7). A pesar de los efectos de la meteorización y erosión, se logran observar cambios abruptos en los buzamientos de las capas, así como se distinguen capas en posición "normal", en contacto caótico e irregular con otras inclinadas, verticales o volcadas y contorsionadas. Los pliegues son asimétricos y disarmónicos, de pequeña escala u orden menor. Algunas flexuras pudieran atribuirse a compactación diferencial o cabalgamiento. Se llegan a reconocer pliegues asociados a posibles fallas de bajo salto.

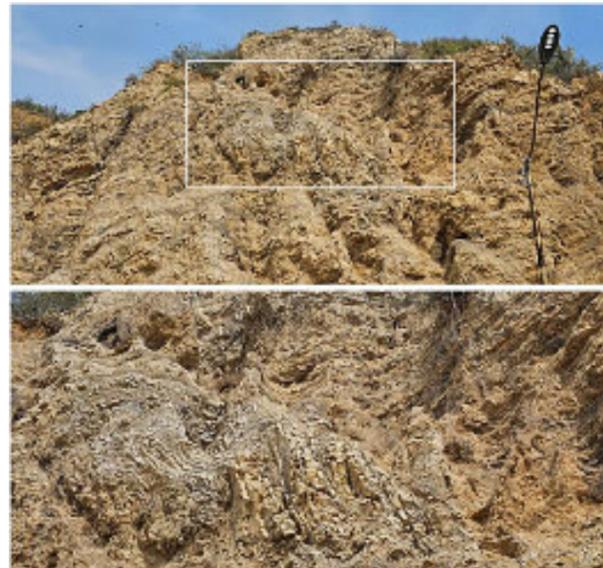


Fig. 7. (Arriba) Arreglo caótico e irregular de capas de calizas intensamente deformadas. Se identifican capas inclinadas, verticales o volcadas y contorsionadas, así como pliegues asimétricos y disarmónicos de pequeña escala. (Abajo) detalle de la deformación

El afloramiento sur es un gran eskarpe compuesto que supera los 80 metros de altura. Está conformado por capas de calizas amarillentas a anaranjadas dispuestas en posición normal, subhorizontal, sin mayor deformación, aunque muy erosionadas formando profundas cárcavas.

Avda. La Costa: corre paralela a la Av. Barlovento y a la costa oriental, solo que, a nivel de la base del cerro, a unos 15 m de altura sobre el nivel del mar. A lo largo de ella se han desarrollado complejos residenciales y hoteleros de playa.

El afloramiento consiste en potentes secuencias de calizas expuestas en varios sectores de la ruta. Las secciones más espesas pueden superar los 20 metros. Las calizas son duras, densas, macizas, meteorizadas, de colores beige a amarillento-anaranjado, muy fracturadas y bien estratificadas formando una secuencia monótona y uniforme (Fig. 8). Las capas de caliza son de espesor variable, entre 5-25 cm. Están intercaladas con lutitas laminares de color marrón oscuro. Presentan fracturas y diaclasas ortogonales a los planos de estratificación.



Fig. 8. Calizas masivas y fracturadas de Av. La Costa.

Las secciones llegan a estar truncadas total o parcialmente por grandes fisuras o grietas. Se observan facetas triangulares, bloques caídos, desplazados y/o rotados.

Flanco Oeste

Av. Sotavento: es la avenida que bordea el cerro hacia su cima, hacia sus mayores elevaciones. En esta zona el relieve está más modelado y suavizado y alomado por la erosión. Se presenta menos aterrazado y sin escarpes pronunciados, por lo que no hay secciones expuestas de interés.

Se caracteriza por mostrar afloramientos pobres e irregulares, severamente meteorizados y erosionados debido a su baja consolidación y fracturamiento y generalmente semicubiertos por derrubio multidimensional. Más hacia el sector norte los afloramientos son más visibles y se pudieran distinguir algunas secciones de interés, aunque también muy afectadas por la erosión. Se interpreta la existencia de una estructura sinclinal.

Hacia el sur de la avenida, se identifican unos cortes en el cerro, de una altura de 20-25 m, de calizas beige bien estratificadas, dislocadas hacia el borde por una aparente falla. El lugar está muy erosionado y meteorizado.

Calle Titán: es la vía que conduce al Fortín de la Magdalena, edificación militar colonial construida para vigilar y proteger la costa de ataques piratas y amenazas marítimas de la época. En las adyacencias al reducto, se

identifica un particular afloramiento que consiste en unas capas volcadas de una caliza margosa laminar de color marrón oscuro, masivamente fracturada, intercalada y en contacto geológico con una capa de caliza lodosa silíceas, de color marrón grisáceo, con notorias estructuras sedimentarias de fondo (sole marks) (Fig. 9).



Fig. 9. Varios aspectos de secuencia de calizas lutáceas-margosas marrones, muy fracturadas, en contacto con calizas nodulosas silíceas beige con notorias estructuras sedimentarias de fondo (sole marks). Escala en cm.

Estas estructuras alargadas, bulbosas y lobulares, acanaladas, espaciadas y discontinuas han sido interpretadas como surcos de arrastre (flute casts) y moldes de carga (load casts) y son creadas por corrientes de turbidez. Son indicativas de polaridad, densidad y dirección de flujo de paleocorrientes.

Macsoy et al. (2003) también reportan la existencia de flujos de detritos, turbiditas, surcos de arrastre (turboglifos) y moldes de carga en estratos de las formaciones Río Chávez, San Antonio y Querecual del Cretácico Superior de Venezuela Oriental. Señalan que los moldes de carga de la Formación Querecual son muy comunes en su facies batial distal. Sugieren que estas estructuras se formaron por inundaciones ocurridas en ciclos húmedos estacionales del Cretácico tardío y por sismicidad menor durante la fase de soterramiento superficial y somero.

Por las características litológicas y la deformación, esta sección es similar a unas presentes hacia la base del cerro en su flanco oeste, donde también aflora. Por lo general, estos moldes se conservan en el fondo de lechos sedimentarios y son estructuras comunes de ambientes turbidíticos, como se interpreta el origen de la Fm Río Chávez.

Av. Perimetral: es una vía engrazonada, otrora un malecón, que bordea la costa occidental del cerro. En su recorrido, se distinguen tres zonas con afloramientos de características diferentes:

a) Zona de corrimientos

Se localiza en el extremo suroeste del cerro. Su principal rasgo estructural es un gran corrimiento con vergencia hacia el sur, en cuyo bloque colgante (hanging-wall) se observa un prominente anticlinal. El limbo

posterior (back-limb) de este anticlinal está formado por capas de calizas silíceas de color beige a gris-amarillentas, con buzamiento hacia el norte (Fig. 10). Estas capas están afectadas en su base por un retrocorrimiento con vergencia hacia el norte (Fig. 10 c,d), sobre el cual se ha desarrollado un notable pliegue de arrastre (drag fold) y por una pequeña falla normal subhorizontal de bajo desplazamiento (Fig. 10d).

El limbo frontal del anticlinal (fore-limb) presenta altos niveles de erosión, observándose el progreso de cárcavas, canales y zanjas de grandes dimensiones.

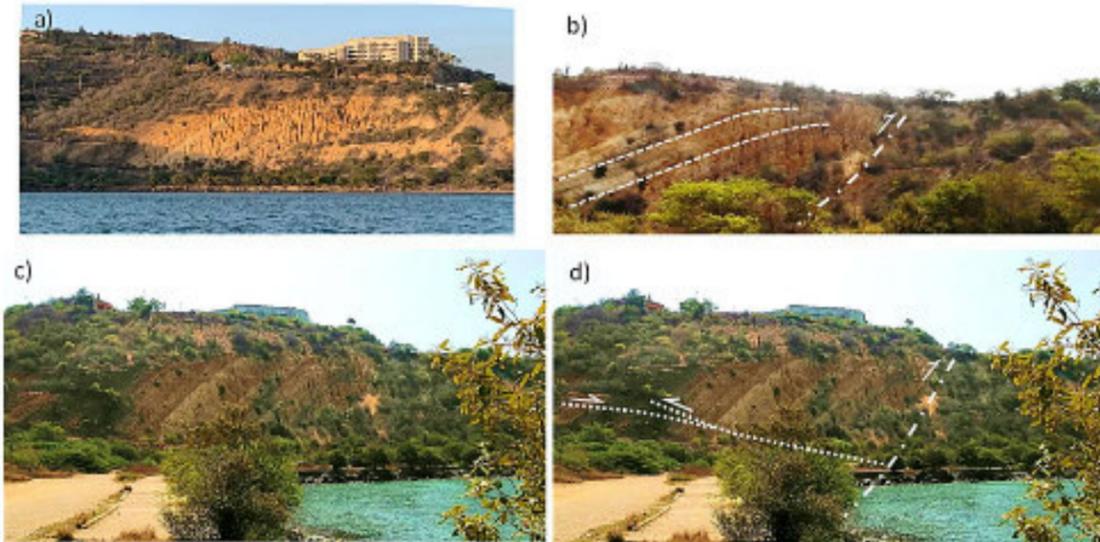


Fig. 10. a) Vista panorámica del sector suroccidental del morro b) Imagen panorámica e interpretación del corrimiento y anticlinal El Morro: en el lado izquierdo de la figura se observa el limbo posterior del anticlinal caracterizado una alternancia de capas de color marrón a grisáceo c) Vista panorámica del anticlinal sin interpretar. Nótese el retrocorrimiento de vergencia norte asociado al corrimiento principal (detalles en la Fig. 11) d) interpretación del corrimiento El Morro y retrocorrimiento asociado. Incluye falla normal de bajo desplazamiento.

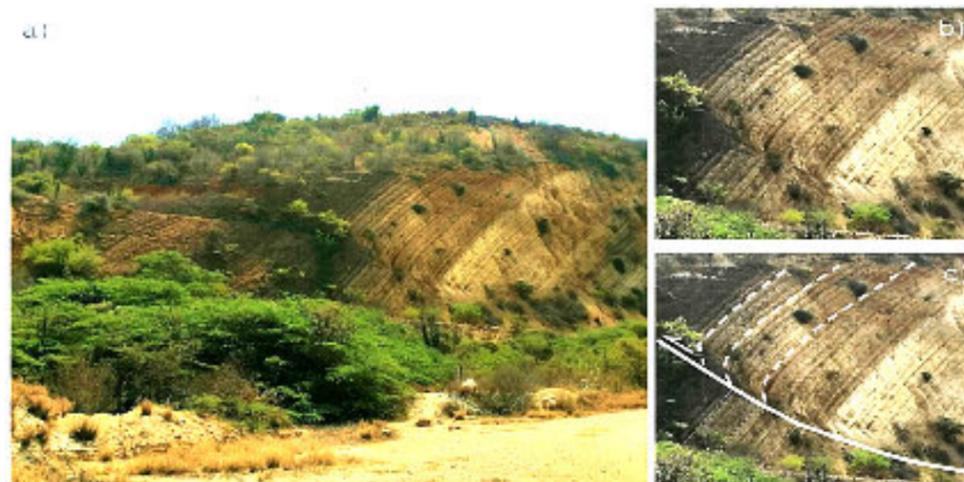


Fig. 11. a) Vista panorámica del retrocorrimiento b) Imagen detallada del retrocorrimiento sin interpretar c) Interpretación estructural del retrocorrimiento, donde se puede observar arrastre en las capas del bloque colgante.

En el bloque yacente (foot-wall) se identifican calizas silíceas beige a marrón grisáceas y chert, de buzamiento unos 30° al NO ligeramente deformadas. La zona de la falla está cubierta y semioculta por vegetación, escombros y depósitos resultantes de la erosión (Fig. 12). Esta falla se expresa en superficie, hacia la cima del cerro,

por un notable escarpe de falla y por el cambio en la coloración de las rocas.

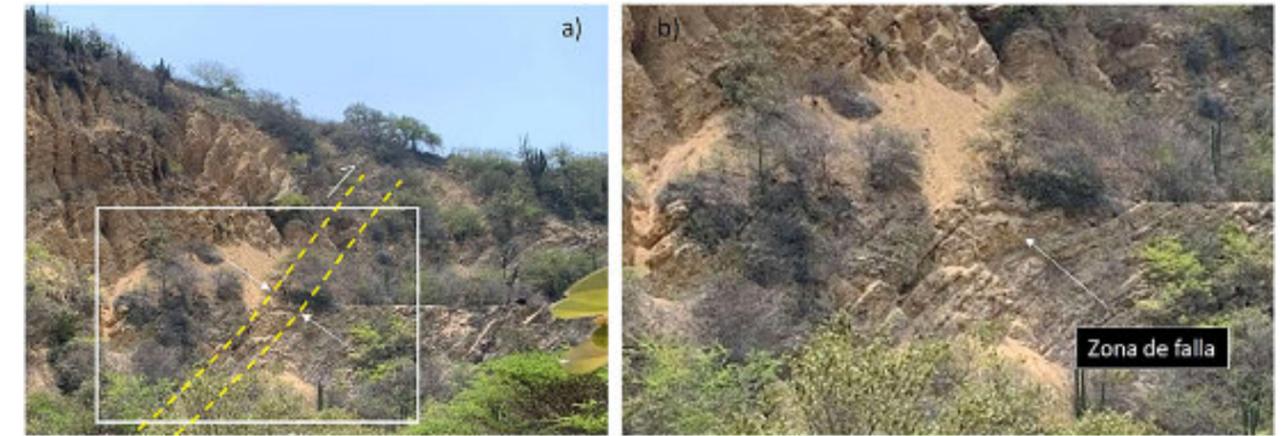


Fig 12. a) Interpretación de la ubicación de la falla de corrimiento. A su izquierda, en el bloque colgante, nótese la cresta y el limbo frontal del anticlinal notablemente erosionados b) Detalle del contacto de falla; se observa un cambio de buzamiento de las capas en el bloque yacente, en la parte derecha inferior de la figura.

Macsoy y Vivas (1985) describen un corrimiento similar que pone en contacto rocas faníticas del Maastrichtiense con rocas marlo-lutáceas del Paleoceno. En el bloque colgante del corrimiento, los autores identifican un anticlinal con un limbo posterior (back-limb) ligeramente deformado y buzamiento general al norte y un limbo frontal (fore-limb) ligeramente volcado y altamente fracturado.

Esta configuración estructural sugiere que el anticlinal se puede catalogar como un pliegue por propagación de falla (fault-propagation fold).

b) Zona deformada

Ocupa el sector centro-sur del flanco (Fig. 1) y representa una franja de deformación compuesta por capas de calizas silíceas de color beige a marrón-grisáceo, homogéneas, tabulares, y de chert, bien estratificadas.

Estas capas presentan un buzamiento general hacia el NO, aunque también se observan capas verticales a subverticales, pliegues apretados y tipo chevron, y corrimientos de menor escala. Además, se identifican flexuras y diversas formas, como oquedades (cavidades) de distintas dimensiones.

En primer lugar, se encuentra un conjunto de capas subverticales, muy inclinadas, altamente fisuradas y resquebrajadas, las cuales, debido a su inclinación y fracturamiento, habrían colapsado, dando lugar a lo que localmente se conoce como la “Cueva de la Virgen” (Fig. 13).

Por lo menos dos estructuras similares a ésta, aunque de mucho menor tamaño, fueron reconocidas entre capas del sector.



Fig. 13. Cueva de la Virgen a) ubicación del afloramiento b) imagen de la gruta natural Cueva de la Virgen, probablemente causada por colapso de las capas altamente inclinadas y fracturadas c) detalle de estratificación

A continuación, se observa un pliegue compresional que se interpreta como un corrimiento de menor escala, el cual ha sido erosionado en su parte superior (Fig. 14).

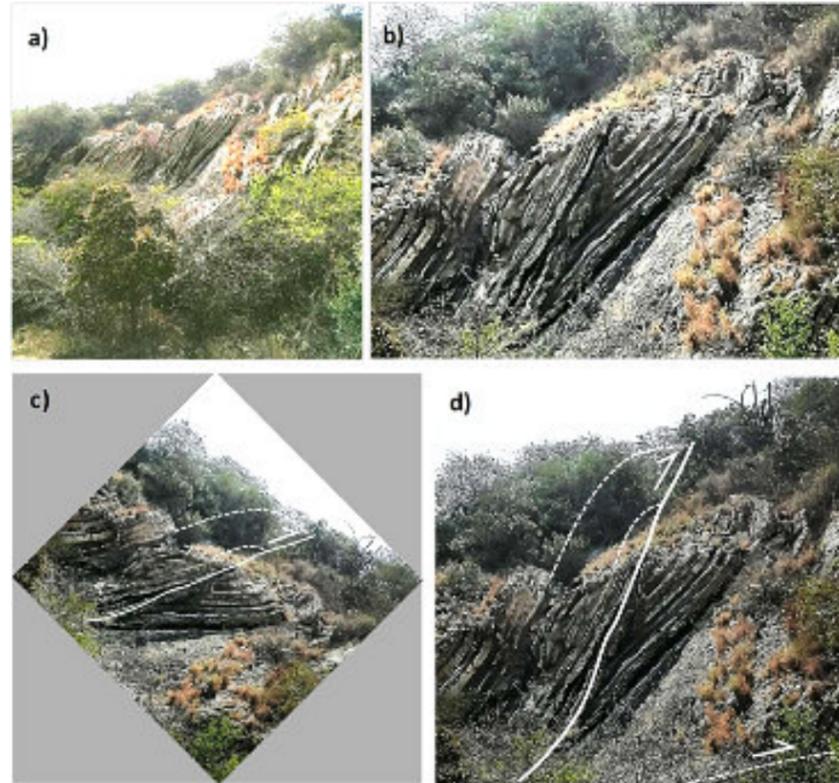


Fig. 14. Estructura compresional de menor escala: a) Imagen panorámica b) Vista cercana de la estructura compresional, notablemente erosionada al tope c) Interpretación de la posición original de la estructura: se interpreta una falla de corrimiento o falla inversa de bajo ángulo en cuyo bloque colgante se observan remanentes de un pliegue anticlinal actualmente erosionado y un bloque yacente horizontal con evidencias de arrastre d) Posición actual de la estructura, como resultado de un corrimiento o zona de despegue más profunda, no observable en el afloramiento

Finalmente, se observó una estructura compleja de tipo compresivo, altamente deformada y rotada. Esta fue definida por Macsotay y Vivas (1985) como un pliegue tipo chevron (Fig. 15d), con capas verticales a subverticales fuertemente fracturadas.

En este afloramiento se pueden distinguir los siguientes elementos estructurales: un corrimiento o zona de despegue inicialmente plano, un bloque colgante erosionado y un bloque yacente con claros signos de arrastre. La inclinación actual de este corrimiento es resultado del emplazamiento de corrimientos o zonas de despegue más profundos, presumiblemente más recientes, que no son visibles en el afloramiento.

Una interpretación alternativa sugiere la presencia de una falla inversa que posteriormente fue verticalizada por corrimientos más profundos, similar a la estructura mostrada en la Fig. 14d.

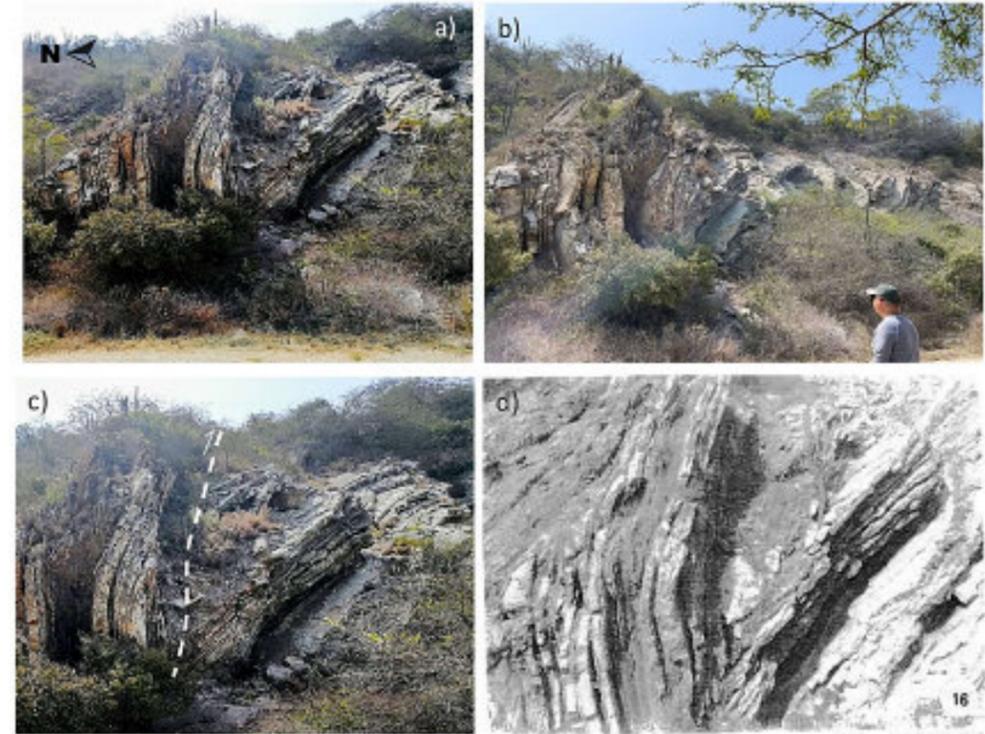


Fig. 15. Calizas tectónicamente deformadas y falladas. a) y b) Vista de la estructura compresional, con un flanco norte vertical y un flanco sur de menor inclinación y posiblemente rotado. c) Interpretación alternativa que sugiere la presencia de una falla inversa actualmente en posición vertical, la cual fue rotada a su posición actual por corrimientos o zonas de despegue más profundas d) Imagen de la misma estructura, interpretada por Macsotay y Vivas (1985) como un sinclinal volcado tipo chevron.

En algunos sectores muy localizados, se observan bancos de calizas margosas y mudstones, de colores beige-anaranjado, muy meteorizadas e intensamente fracturadas en pequeños bloques centimétricos a decimétricos.

Más hacia el noroeste, cercano a la zona de poca deformación, se identifica una secuencia de capas delgadas y alternadas de calizas, calcilutitas, margas y chert, bien estratificadas, muy inclinadas a subverticales en contacto con otras de características completamente diferentes.

La transición entre una y otra zona es notable por el cambio de coloración, buzamiento y flexión de las rocas (Fig. 16b).

c) Zona norte poco deformada

En esta zona, situada en el extremo noroeste del cerro, no se aprecian elementos estructurales relevantes debido a la intensa erosión; sin embargo, se observa el desarrollo de sutiles estructuras sinclinales. La existencia de estructuras similares en la zona, fue interpretada e inferida en los antiguos mapas de Creole (1956; 1968) sin otros mayores detalles.

El área está formada por un gran escarpe de 25 a 50 metros de altura, caracterizado por profundas cárcavas, canales y zanjas, así como por la acumulación de grandes depósitos coluviales.

Predomina una secuencia de capas de calizas de color amarillento-anaranjado, poco deformadas, pero fuertemente meteorizadas y erosionadas (Fig. 16).



Fig. 16. a) Vista panorámica hacia el sector noroccidental del cerro (zona c). En esta zona, no se aprecian elementos estructurales relevantes debido a la intensa erosión, aunque si flexuras negativas o sutiles sinclinales, indicadas con una "S" b) Zona de transición entre la zona deformada del sur y la zona poco deformada del norte. Se indica con una flecha, el lugar aproximado de cambio de coloración y de buzamiento de las rocas.

CONCLUSIONES

El Cerro El Morro constituye un excelente sitio para investigar la estratigrafía, sedimentación y tectónica de la transición de un margen pasivo a uno activo en el noreste de Venezuela. El análisis de los pliegues y fallas presentes en la zona permitió obtener valiosos detalles sobre los mecanismos de deformación, las propiedades geológicas de las rocas y los regímenes de esfuerzos durante los períodos cretácico y terciario, lo que enriquece el entendimiento de la evolución geológica de la región.

Por otro lado, representa, tanto para los turistas foráneos como locales, un lugar de esparcimiento y recreación, y de la práctica deportiva, que puede ser visitado en cualquier época del año. Desde su cima, se pueden disfrutar atardeceres multicolores y vistas de la salida del sol sobre las montañas costeras e islas del parque Mochima.

Su ubicación privilegiada y fácil acceso potencian su valor científico, educativo, turístico y patrimonial.

REFERENCIAS

Arnstein R., Betoret C., Molina E., Mompert L., Ortega J., Russomano F. y Sánchez H., 1982. Geología Petrolera Cuenca de Venezuela Oriental. ARPEL, XLV Reunión de Expertos, México, 64 p.

Audemard F., Machette M.N., Cox J.W., Dart R.L., and Haller K.M., 2000. Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela and its Offshore Regions, USGS, Open-File Report 00-018

Blanco B., C. Giraldo y N. Chigne (2000). Marco Tectónico-Estratigráfico de la parte norte de los Estados Guárico y Anzoátegui: Implicaciones para la Evaluación Petrolífera. Petróleos de Venezuela. Caracas. Venezuela.

Caicedo D. Giovanni J., 2018, Estudio Estratigráfico del Cretácico Superior en El Morro de Lechería y las Islas al Norte de Barcelona, Estado Anzoátegui, Venezuela. Tesis de Maestría UCV, 329 p.

Capriles Verdi M.D., 2007. Evaluación de la Erosión Lineal Costera en la Ciudad de Lechería, Estado. Anzoátegui. Terra. Vol. XXIII, No. 33, 2007, pp. 13-38

Castro Mora M., 1993. Las calizas del Morro de Lecherías: Datación de calizas pelágicas asociadas con el límite sur de la placa del Caribe. Boletín Sociedad Venezolana Geólogos, 47, 11- 38 (1993)

Creole Petroleum Corporation, 1956; 1968. Mapa D-10/D-10^a. Geología de Superficie Rosales H. (1960), Grader G. W. (1960), Keller A. S. (1956), Leonard R. B. (1956)

Fajardo A., Aubourgb Ch., Niviere B., Uzcátegui R., Demory F., 2023. Neotectonic Evolution of Northeastern Venezuela. Paleomagnetic Evidence of Block Rotation of The Serranía Del Interior Range, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Vol. LXXXIII, n.º 1, pp. 1-15 (2023)

Furrer M. y Castro Mora M., 1997. Nuevas Unidades Propuestas por Aguasuelos Ingeniería Sobre Datos Inéditos de Lagoven S.A., en la Cuenca Oriental de Venezuela, Boletín Ministerio de Energía y Minas, Vol XVIII, No. 31, p 17-23.

Hackley P., Urbani F., Karlsen A. y Garrity C., 2006. Mapa Geológico de Venezuela, Hoja 1, USGS, Funvisis, UCV.

Hedberg H. y Pyre A., 1944. Stratigraphy of Northeastern Anzoátegui, Venezuela, AAPG Bulletin, January 1944, Vol 28, No.1.

Macsotay O. y V. Vivas, 1985. Tectónica Polifásica Cenozoica en el área Lecherías-Manare, Venezuela nororiental. VI Congreso Geológico Venezolano, p 2483-2513.

Macsotay O., Erlich R. y Peraza T., 2003. Sedimentary Structures of the La Luna, Navay and Querecual Formations, Upper Cretaceous of Venezuela. PALAIOS, 2003, V. 18, p. 334-348.

Manceda R., 2005. The western end of the Serranía del Interior, Venezuela: A review. 6th International

Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: 468-471

Mendes da S., Marianela F., 2004. Caracterización Geofísica Del Subsuelo de la Zona Oeste de Barcelona-Estado Anzoátegui Aplicando Métodos Sísmicos y Gravimétricos. Tesis de Grado UCV, 180 p

Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, 1976. Mapa Geológico Pto La Cruz, Edición 1-DG., Ref NC-20-IV

Ministerio de Energía y Minas (MEM), Dirección de Geología, 1997, Léxico Estratigráfico de Venezuela, Boletín de Geología, Publicación Especial No. 12, Tomos I y II. Versión Digital Revisada 2021.

Munro S. E. & Smith F. D. 1984. The Urica fault zone, northeastern Venezuela. The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics, GSA Memoir 162, 213-215. doi:10.1130/mem162-p213

Ortega J., Pérez L. y Pisani T., 1990. Excursión de Geología Ambiental Guanta-Puerto la Cruz- Barcelona, Boletín SVG (Sociedad Venezolana de Geología), 39, 22-30

Ostos, M., Yoris, F., and Avé Lallemand, H.G., 2005, Overview of the southeast Caribbean-South American plate boundary zone, in Avé Lallemand, H.G., and Sisson, V.B., eds., Caribbean-South American plate interactions, Venezuela: Geological Society of America Special Paper 394, p. 53-89, doi: 10.1130/2005.2394(02)

Vierbuchen, R.C, 1978. The Tectonics of Northeastern Venezuela and the Southeastern Caribbean Sea. Princeton University Thesis, Princeton, NJ, USA, 175 p

Vierbuchen R.C., 1984. The Geology of the El Pilar Fault zones and adjacent areas in northeastern Venezuela, GSA Memoir 162, 189-212

Vivas V., Macsotay O., Furrer M. y Álvarez E., 1988. Inyectitas clásticas asociadas a desplomes en sedimentitas batiales del Cretácico Superior de Venezuela Nor-Oriental, Boletín SVG, 34, 3-33.

Vivas V. y Macsotay O., 1997. Estilo de deformación tectónica de las molasas miocénicas dentro de la deflexión de Barcelona, entre los ríos Querecual y Aragua, Edo Anzoátegui. GEOS Núm. 32 (1997): Jornadas de 55º aniversario de la Escuela

Ysaccis, R. 1997. Tertiary Evolution of the Northeastern Venezuela Offshore. Ph.D. Dissertation, Rice University, Houston, Texas. 285 p. and foldouts.

SOBRE LOS AUTORES:



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

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

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

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

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 50 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales, simposios y revistas técnicas.



Luis R. PORRAS M. es Ingeniero Geólogo graduado en 1983 de la Universidad de Oklahoma en Norman, Oklahoma, con Maestría en Geociencias del Petróleo del Imperial College de la Universidad de Londres, Inglaterra.

Posee más de 35 años de experiencia profesional en proyectos de exploración y explotación de petróleo y gas en varios países de Norte, Centro y Sur América, Australia y África.

Comenzó su carrera en 1985 como geólogo de operaciones en la Cuenca Oriental de Venezuela, pasando a geólogo regional e integrador de información geocientífica para PDVSA en Caracas, donde se encargó de la interpretación y evaluación de prospectos en la Cuenca Oriental de Venezuela, la Plataforma Deltana en la costa atlántica y en la región Costa Afuera Caribe de Venezuela. En 1997 pasó a formar parte del equipo multidisciplinario de CVP-PDVSA.

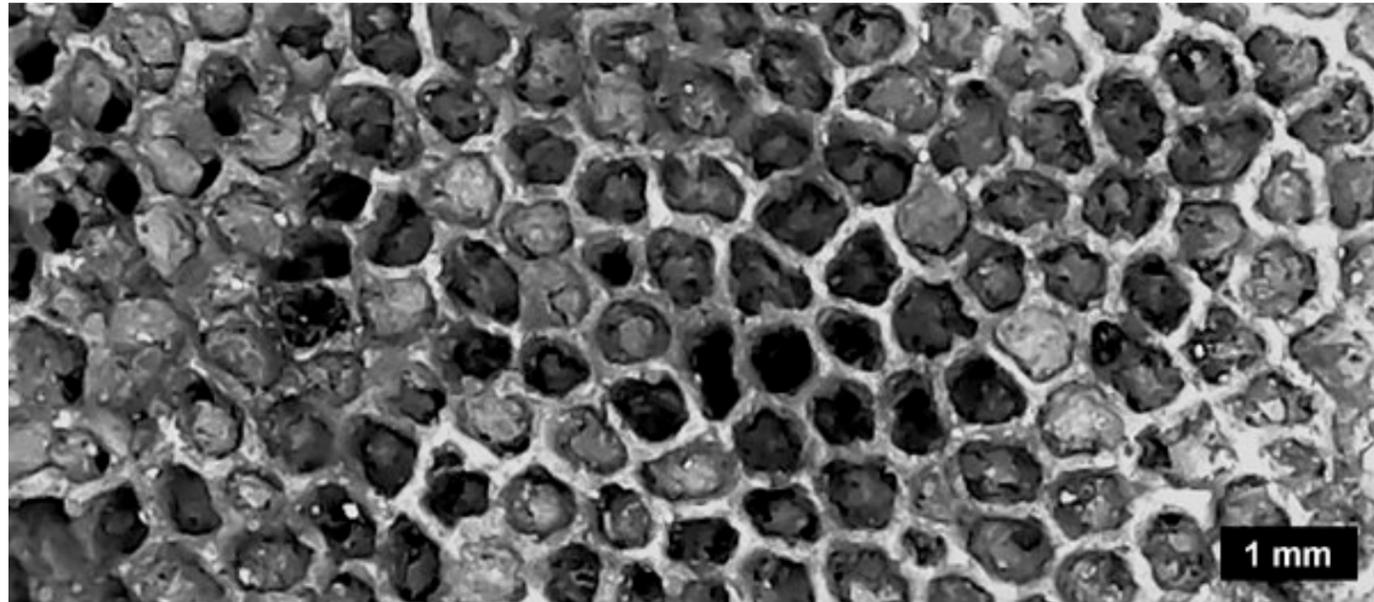
En 2003 comenzó su carrera en la industria privada como geólogo integrador y de nuevos negocios, liderando varios proyectos exploratorios en Colombia y Perú.

Actualmente se desempeña como consultor especializado en exploración y explotación de petróleo y gas y evaluación de nuevas oportunidades de negocio para la adquisición y desinversión de activos.

PRESENCIA DE *CHAETETES* (DEMOSPONGEA) EN LA FORMACIÓN RÍO PALMAR (PENSILVÁNICO MEDIO), SIERRA DE PERIJÁ, VENEZUELA

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



Túbulos de *Chaetetes*

INTRODUCCIÓN

Los poríferos (Porífera) también conocidos como esponjas de mar, son un phylum de animales principalmente marinos que se conocen fósiles desde el Precámbrico Superior y continúan existiendo en la actualidad. Dentro de las esponjas, la clase Demospongea ha sido reportada desde el Cámbrico hasta el Pérmico, con su mayor expansión durante el Ordovícico. El descubrimiento de este ejemplar de una demosponja en el Paleozoico (Formación Río Palmar) de la Sierra de Perijá, constituiría el primer reporte fósil del género para el Paleozoico de Venezuela.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada a unos 70 Km al oeste de la ciudad de Maracaibo (Figura 1A), Estado Zulia, en el flanco oriental de la Sierra de Perijá. La Serranía de Perijá o Sierra de Perijá, es un sistema montañoso, que constituye un brazo o rama de la Cordillera Oriental Andina, al norte de Sudamérica, a lo largo de la cual discurre la frontera entre Colombia y Venezuela. La sección estratigráfica de la Formación Río Palmar [1], aflora principalmente a lo largo de los cortes de carretera que conducen al Río Socuy y que a su vez bordean el Caño Colorado (Figura 1B).

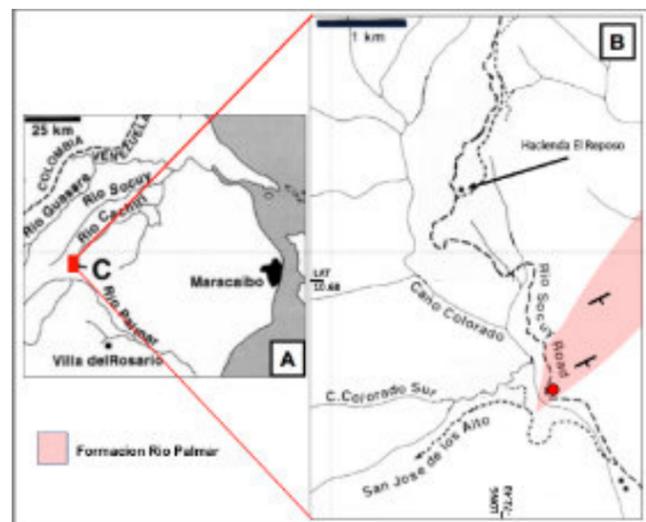


Figura 1. Ubicación regional (A) del área de estudio en la Sierra de Perijá y ubicación local (B) de los afloramientos de la Formación Río Palmar.

REFERENCIAS HISTÓRICAS

La Formación Río Palmar toma su nombre del Río Palmar, en la Sierra de Perijá. Fue descrita originalmente por Bowen [2], tomando como sección tipo la ubicada en el Caño Caliche, afluente del Río

Palmar. Benedetto [3], en su estudio de los bivalvos de la infrayacente Formación Caño Indio, y en su Síntesis bioestratigráfica del Paleozoico tardío en la Sierra de Perijá [3] hace una descripción bastante completa de la Formación Río Palmar, así como de su contenido fosilífero.

ASPECTOS LITOLÓGICOS, EDAD Y AMBIENTES

Según Bowen [2] la litología predominante en esta formación, son calizas gruesas con abundantes restos fósiles. Hacia la base menciona calizas oolíticas, y calizas de color negro a gris en las partes superiores. Aunque en general la formación es escasa en siliciclásticos, Bowen [2] también menciona la presencia de delgadas capas de areniscas de grano fino. Según Benedetto [3, 4] la Formación Río Palmar (Figura 2) se caracteriza principalmente por la alternancia de bioesparitas crinoidales, biomicitas negras y lodolitas calcáreas ricas en fósiles, mencionando además la presencia de algunos niveles de ftanita negra. En la sección tipo, Bowen [2] menciona un espesor de 450 m para la formación, mientras que la sección medida por Benedetto [4] en la vía al Río Socuy, apenas supera los 200 m.



Figura 2. Columna estratigráfica generalizada de las Formaciones Río Palmar y Caño Indio (Pensilvánico) en la Sierra de Perijá. Modificado de [3, 4].

Bowen, [2] menciona para la Formación Río Palmar, diversos géneros fósiles tales como: *Millerella* sp., *Paramillerella* sp., *Stafella* sp., *Eoschubertella* sp., *Fusulinella* sp., *Plactogyra* sp., *Nankinella* sp., así como corales sin identificar. Basado en lo anterior, Bowen [2] postula una edad Pensilvánico Inferior para la unidad estratigráfica. Años después, en los niveles calcáreos de

la misma formación, estudiados por Benedetto [3, 4], se reportan gran cantidad de braquiópodos, fusulínidos y briozoos. Entre los fósiles publicados en forma preliminar por dicho autor, menciona braquiópodos tales como: *Rhipidomella* sp., *Crurithyris* sp., *Phricodothyris* sp., *Cleiothyridina* sp., *?Schuchertella* sp., *Eolisochonetes* sp., *Anthracospirifer* sp., *Punctospirifer* sp., *Linoproductus* sp., *Orbiculoidea* sp. y *Neospirifer* sp. Entre los fusulínidos menciona *Profusulinella* sp. y *Fusulinella* sp. Asimismo, menciona otros fósiles tales como los foraminíferos: *Millerella* sp., *Biseriammina* sp., *Climacammina* sp., *Globivalvulina* sp. y el briozoo *Rombopora* sp. En la columna litológica de la Formación Río Palmar, publicada por Benedetto [4], dicho autor postula, basado en la asociación faunal antes descrita, una edad Atokiano-Desmoinesiano (según la subdivisión norteamericana), lo cual es equivalente al Pensilvánico Medio (Moscoviano).

Contactos

La Formación Río Palmar suprayace en contacto transicional a la Formación Caño Indio, e infrayace en forma discordante a la Formación Palmarito (Pérmico); y en algunos lugares como en el Caño Colorado, infrayace a la Formación La Quinta del Jurásico. El contacto inferior es descrito por Benedetto [3], siguiendo a Bowen [2], como concordante transicional, y se ubica en el lugar estratigráfico donde aparecen las primeras capas gruesas de caliza y al mismo tiempo desaparecen las capas rojizas a moradas de areniscas, típicas de la infrayacente Formación Caño Indio (Figura 2).

Correlación regional

La Formación Río Palmar aflora únicamente en la Sierra de Perijá, y es equivalente en edad a la Formación Sabaneta y Mucuchachí en los Andes Venezolanos [5]. Según el cuadro de correlación crono-estratigráfica publicado por Pastor-Chacón *et al.* [6], Río Palmar no tiene equivalente en el lado colombiano de la Sierra de Perijá.

Ambiente de sedimentación

Basado en la extensa presencia de capas carbonáticas en toda la formación, a la fauna fósil presente, y a la escasa presencia de capas siliciclásticas, tanto Bowen [2] como Benedetto [3] postularon un ambiente de sedimentación de plataforma marina poco profunda.

MATERIAL PALEONTOLÓGICO

Durante la campaña de estudio del Devónico Medio-Superior, de la Formación Campo Chico [7, 8], en las adyacencias de la carretera que conduce al Río Socuy, diversas paradas fueron efectuadas para reconocimiento de las formaciones suprayacentes a la Formación Campo Chico, entre ellas la Formación Río Palmar. En una de las paradas, cercana al tope de dicha unidad estratigráfica (Figura 2), fueron recolectadas varias muestras de calizas con numerosos anillos de crinoides y braquiópodos (Figura 3); así como un fragmento con apariencia preliminar de coral [1].

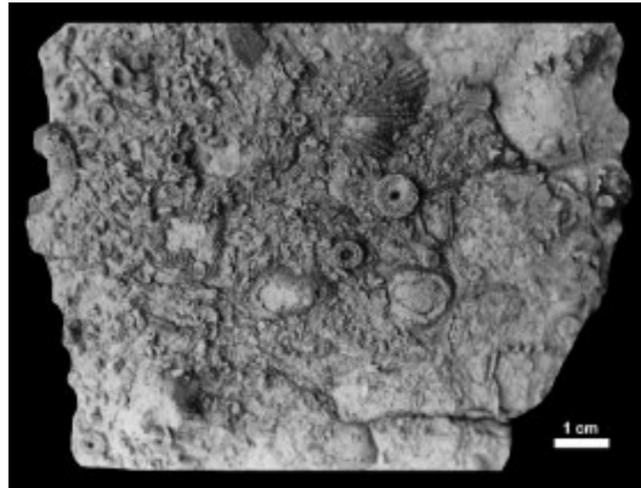


Figura 3. Fragmento de caliza bioesparítica de la Formación Río Palmar, mostrando múltiples restos de anillos crinoidales y braquiópodos.

La identificación posterior de este fragmento de apariencia coralina, fue basada en las características morfológicas observadas en detalle y confirmadas por el Dr. Sergio Rodríguez García, de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, correspondiendo realmente a una esponja del género *Chaetetes* (Figuras 4 y 5).

Chaetetes es una demoesponja coralina que presenta características diagnósticas a nivel de género, y que fueron observadas en el ejemplar de Río Palmar, el cual posee un esqueleto calcáreo masivo, compuesto integralmente de túbulos densamente empacados y orientados en la dirección de crecimiento. Las tabulas internas son perpendiculares a la dirección de los túbulos, y están irregularmente espaciadas [9]. *Chaetetes* ha sido reportada desde el Silúrico hasta el Pérmico, con su mayor expansión en el Carbonífero (particularmente en Norteamérica). Esta demoesponja se presenta tanto en colonias aisladas, como en

biostromos o montículos arrecifales [10]. Connolly *et al.* [10], basados en numerosas descripciones e interpretaciones publicadas, postulan que el probable hábito de vida de *Chaetetes* se desarrollaba principalmente en la zona intermareal, en plataformas marinas carbonáticas de aguas cálidas.

La ocurrencia de este fragmento aislado de *Chaetetes* en una capa de caliza bioesparítica masiva y sin aparentes estructuras sedimentarias, así como los numerosos fragmentos rotos de crinoides y de braquiópodos, encontrados tanto en el mismo estrato, como en estratos adyacentes, sugieren altos niveles de energía, reflejando probablemente la acción episódica de tormentas. Desafortunadamente la pobre extensión lateral (unos 4 m) del afloramiento, hacen imposible hacer más observaciones que pudieran indicar si la esponja se trata de un fragmento completamente aislado (si bien se encuentra roto, no parece estar muy desgastado por transporte) o, por el contrario, proviene de un posible biostromo en el mismo estrato [1].



Figura 4. Vista externa del fragmento de *Chaetetes* sp., mostrando una colonia compuesta de miles de finos túbulos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CHAETÉTIDOS O QUETÉTIDOS

Los chaetétidos son los organismos Paleozoicos más comunes como constructores de arrecifes y se pueden presentar en diversas formas, tanto columnar, laminar, como dómica, por lo que su forma de crecimiento se considera un reflejo de su medio ambiente sedimentario [10]. Los chaetétidos componen un pequeño grupo de organismos, que alguna vez fueron considerados corales antozoos (cercaños a los Tabulata). Sin embargo, luego del descubrimiento de un

representante viviente, los científicos entendieron que los chaetétidos son realmente esponjas [9, 12].

La forma general de crecimiento de los chaetétidos, podría describirse como un clúster rígido de finos tubos calcáreos o túbulos densamente empacados, como los observados en el ejemplar aquí descrito (Figuras 5, 6 y 7).



Figura 5. Vista interna de *Chaetetes* sp., mostrando vestigios de estructuras columnares de crecimiento; y las finísimas secciones longitudinales de los túbulos, formando la colonia.

Taxonomía

Phylum: Porífera
Clase: Demospongea
Orden: Chaetetida
Familia: Chaetetidae
Género: *Chaetetes*

Descripción

La morfología de las colonias de *Chaetetes* según Connolly *et al.* [10], está controlada por la acción de parámetros ambientales y biológicos, como la energía del medio ambiente, la tasa de sedimentación, los cambios del nivel del mar; y el tipo de sustrato y ecología estenohalina, por lo que es sumamente difícil, basados únicamente en la morfología, hacer interpretaciones paleoambientales. *Chaetetes* muestra un carácter polifilético, lo cual significa que estas esponjas evolucionaron convergiendo hacia la misma forma de las colonias de corales. La importancia de

Chaetetes radica en que fue uno de los pocos organismos que construyeron estructuras arrecifales en el Carbonífero medio-superior.

En la descripción morfológica de *Chaetetes*, algunos autores como Stanton *et al.* [9], miden las características internas como el tamaño de los túbulos, el espesor de sus paredes y la microestructura. De ellos, el más usado y simple (también usado en otros grupos taxonómicos similares), es el del diámetro interno (máximo y mínimo) de cada túbulo. Los otros caracteres internos como grosor de las paredes y microestructuras, pueden ser fuertemente afectados por los procesos diagenéticos, por lo que deben ser usados con cautela.

En el ejemplar de *Chaetetes* proveniente de la Formación Río Palmar, se tomaron 200 puntos de muestreo en los túbulos poligonales, para determinar diámetros internos (máximos y mínimos), lo cual dio como resultado, que el fragmento de *Chaetetes* sp. de la Formación Río Palmar (Figura 6), contiene túbulos individuales con un diámetro promedio mínimo de 0,45 mm y máximo de 0,57 mm; así como un promedio general de 0,51 mm. Estas medidas son superiores, por ejemplo, a las reportadas por Stanton *et al.* [9], para los ejemplares presentes en el Grupo Magdalena (Pensilvánico Medio-Superior) del oeste de Texas, con un promedio de 0,29 mm, indicando posiblemente una especie diferente. Las secciones longitudinales de los túbulos, muestran finos tubos calcáreos, muy densamente empacados, tal y como describe Stanton *et al.* [9], y como se muestra en la Figura 7.

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL Y EDADES DEL GÉNERO

En el pasado, *Chaetetes* era usado como un fósil índice de las edades Morovano-Atokiano-Desmoinesiano (Pensilvánico Inferior a Medio) en Norteamérica. West [11, 12] publica un sumario de la distribución mundial y tiempo del género *Chaetetes*; indicando su ocurrencia dudosa en capas del Silúrico de New York, pasando por identificaciones confirmadas en el Devónico de Saskatchewan (Canadá), y el Carbonífero de Inglaterra, Escocia y el continente europeo. También menciona numerosas ocurrencias en Asia, específicamente en el Carbonífero de China y Japón. En América, para el Carbonífero, existe un reporte de Bassler en West [11] mencionando el género en Perú, así como en numerosas áreas de Norteamérica [10, 11]; y una ocurrencia en Argentina [13]. Descripciones de *Chaetetes* durante el Pérmico también han sido

compiladas por West [11] en Japón, China, Austria, Grecia, Túnez y la cuenca de Moscú (Rusia).

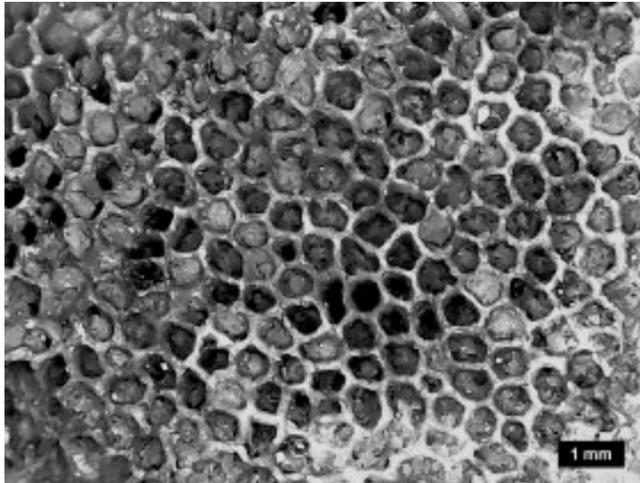


Figura 6. El esqueleto de *Chaetetes* sp. consiste de tubos poligonales muy finos como se muestra en la figura. Sección transversal en detalle mostrando la forma y tamaño de los túbulos.

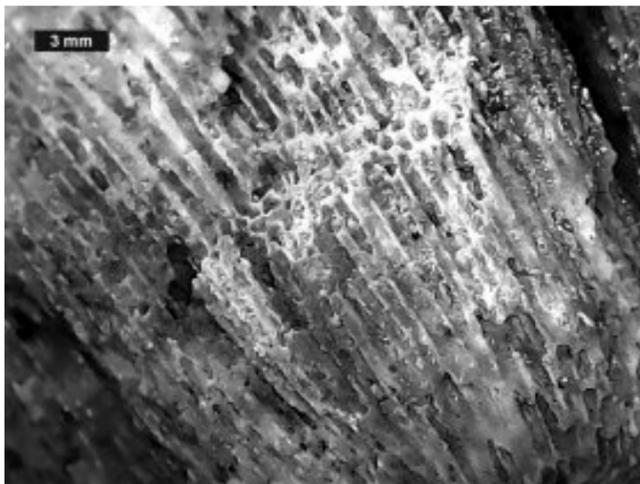


Figura 7. Sección longitudinal, mostrando el crecimiento y las paredes de los túbulos, que forman la colonia.

Muy escasos especímenes de esponjas quetétidas han sido reportadas en el Mesozoico del continente americano, como por ejemplo en Venezuela *Blastochaetetes venezuelensis* [14], en Canada

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Casas, J. E. First report of *Chaetetes* genus in Rio Palmar Formation (Middle Pennsylvanian), Perijá Range, Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*. Vol. LXXXI. #3, pp. 6-11. (2021). https://acfiman.org/boletines_articulos/primer-reporte-del-genero-chaetetes-en-la-formacion-rio-palmar-pensilvanico-medio-sierra-de-perija-venezuela/
- [2] Bowen, J. M., Estratigrafía del Pre-Cretáceo en la parte norte de la Sierra de Perijá. IV Cong. Geol. Venez., Caracas, Mem. 2, 729-760 (1972).

Chaetopsis krimholzi [15] y en México *Blastochaetetes flabellum* [16].

Un punto interesante sería poder comparar la morfología de los ejemplares de *Chaetetes* reportados en Perú y Argentina, con el ejemplar descrito aquí para el occidente de Venezuela, sobre todo debido a su probable proximidad paleogeográfica. Desafortunadamente en ambos reportes de Perú y Argentina [11, 13], solo se menciona *Chaetetes* y no se hace una descripción detallada del mismo.

PROBLEMAS CON LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

Seis especies de *Chaetetes* han sido reportadas en el Paleozoico de Norteamérica, basadas en descripciones taxonómicas, pero sin realmente una descripción formal de sus características diagnósticas [17]. Debido a que las características internas que se han utilizado tradicionalmente para designar especies de *Chaetetes* han sido: diámetro de los túbulos, espesor, mineralogía de las paredes y microestructura; se ha demostrado en la última década que dichos criterios son difíciles de usar para asignar a determinadas especies. Es por ello que el término taxonómico no oficial más común usado en la literatura reciente para designar a estos organismos es el de *Chaetetes*, chaetétido o quetétido. En resumen, las características internas de esta demospongia no proveen hasta los momentos, un criterio diagnóstico para discriminar especies en el Paleozoico [9].

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al gran amigo y compañero geólogo, John M. Moody por su soporte logístico, técnico y humano, durante todos los viajes realizados a la Sierra de Perijá. Sin su interés por la paleontología y amor por las tierras venezolanas, ninguno de estos proyectos y descubrimientos, hubiesen sido posibles. También agradecer al Dr. Sergio Rodríguez García, de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, por su ayuda en la identificación del material, así como por todo el soporte bibliográfico suministrado.

- [3] Benedetto, G. Bivalvos Pensilvanianos de la Formación Caño Indio, Sierra de Perijá. *Boletín de Geología*, **14(26)**, 197-244 (1980a).
- [4] Benedetto, J. Síntesis bioestratigráfica del Paleozoico tardío en la Sierra de Perijá, Venezuela. *An. Acad. Brasil. Ciencia*, **52**, 827-839 (1980b).
- [5] González de Juana, C., Iturralde, J.M., Piccard, X. *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas.*, 1031 pp (Foninves, Caracas, 1980).
- [6] Pastor-Chacon, A., Reyes-Abril, J., Cáceres-Guevara, C., Sarmiento, G. & Cramer, T. Análisis estratigráfico de la sucesión del Devónico-Pérmico al oriente de Manaure y San José de Oriente (Serranía del Perijá, Colombia) *Geología Colombiana*, **38**, 5-24 (2013)
- [7] Young, G. C., Moody, J. & Casas, J. New discoveries of Devonian vertebrates from South America, and implications for Gondwana-Euramerica contact. – *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Paris **331**, 755-761 (2000).
- [8] Casas, J., Berry, C., Moody, J. & Young, G. Campo Chico Formation, an amazing window to the flora and fauna fossil from devonian times (Givetian-Frasnian), Perijá Range, Venezuela. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* **22** (1): 20-35 (2022). <https://www.peapaleontologica.org.ar/index.php/peapa/article/view/401>
- [9] Stanton R.J., Lambert, L.L., Webb, G.E. & Lustig, L.D. *Chaetetes* morphology, environment, and taxonomy *Facies* **62**, 29 (2016) <https://doi.org/10.1007/s10347-016-0479-3>
- [10] Connolly, W.M., Lambert, L.L. & Stanton, R.J. Paleogeology of lower and Middle Pennsylvanian (Middle Carboniferous) *Chaetetes* in North America. *Facies* **20**, 139-167. <https://doi.org/10.1007/BF02536860> (1989).
- [11] West R.R. *Chaetetes* (Demospongiae): Its Occurrence and Biostratigraphic Utility. *Oklahoma Geological Survey Circular*, Vol. 94, 163-169 (1992).
- [12] West R.R. Introduction to the fossil hypercalcified chaetetid-type Porifera (Demospongiae). in *Treatise on Invertebrate Paleontology Part E. Porifera*, revised, *Hypercalcified Porifera*, **4**, 15-79 (2012).
- [13] Sabattini, N. Distribución geográfica y estratigráfica de los Cnidaria y Bryozoa del Carbonífero y Pérmico de Argentina. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie. Sección Paleontología*, Vol. 9, No 51, 1-17 (1986).
- [14] Wells, J.W., Cretaceous, Tertiary, and recent corals, a sponge, and an alga from Venezuela: *Journal of Paleontology*, **18(5)**, 429-447 (1944).
- [15] Jansa, L.F., Termier, G., Termier, H., Les biohermes à algues, spongiaires et coraux des series carbonatees de la flexure bordiere du "paleoshelf" au large du Canada oriental: *Revue de Micropaleontologie*, **25(3)**, 181-219 (1982).
- [16] Sánchez-Beristain, F., García-Barrera, P., Torres-Hernández, J.R., The first report of "chaetetids" from the Cretaceous of North America and their palaeoecological implications: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, núm. 3, p. 649-658 (2012).
- [17] Seuss B, Senowbari-Daryan B, Nützel A, Dittrich S, & Neubauer J. A chaetetid sponge assemblage from the Desmoinesian (Upper Moscovian) Buckhorn asphalt quarry lagerstätte in Oklahoma, USA. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* **12**, 3-26 (2014).



jcasas@geologist.com

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

Autor/Co-autor en 57 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Academia de Ciencias, Academia de Ingeniería y Caribbean Journal of Earth Sciences; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos en la revista Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

Foro de discusión

Discussion Forum

A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto de 2022, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.

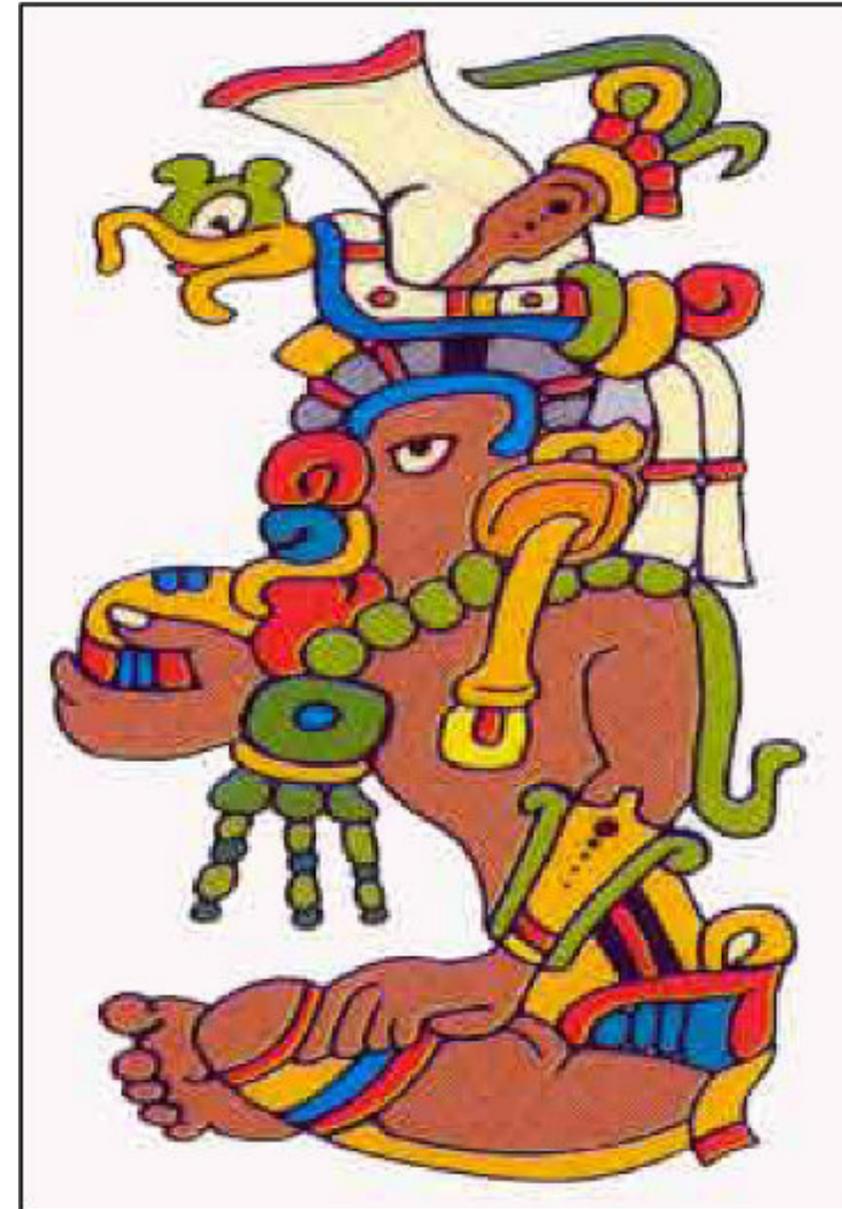
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

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

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

MISCELÁNEOS

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

Museo Nacional de Antropología: México

Haz click en la imagen



Una cara fósil en Atapuerca demuestra que los primeros humanos llegaron a Europa hace 1,4 millones de años

Hallados en el yacimiento burgalense restos de una población a caballo entre los humanos primitivos de África y las primeras especies genuinamente europeas

Después de casi tres años de estudio, los científicos que encontraron al humano más antiguo de Europa Occidental desvelan este miércoles sus principales características. Se trata de Pink, un fragmento de la cara de un homínido que vivió en la actual sierra de Atapuerca (Burgos), España, hace entre 1,1 y 1,4 millones de años.

Fuente: Periódico El país

<https://elpais.com/ciencia/2025-03-12/una-cara-fosil-en-atapuerca-demuestra-que-los-primeros-humanos-llegaron-a-europa-hace-14-millones-de-anos.html>



A 'weird' dinosaur has been unearthed in the Gobi Desert. What do we know?

<https://www.abc.net.au/news/2025-03-26/weird-dinosaur-unearthed-in-gobi-desert/105097288>



Source: abc.net - Australia. The Duonychus tsogtbaatari had two claws. (Kobayashi et al/iScience/Handout via Reuters).

GeoLatinas involucra a científicos y científicas de las Ciencias de la Tierra y el espacio, fomentando colaboraciones y conexiones entre estudiantes, profesionales y académicos, incluso más allá de las Geociencias. Somos una organización inclusiva, colaborativa y liderada por sus miembros, donde operamos a través de subcomités gestionados por pequeños equipos, lo que nos permite alcanzar nuestros objetivos e impactar tanto a la comunidad científica, como al público en general.



COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN DE GEOLATINAS

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

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

Presenta con nosotros tu:

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

Click aquí o bitly/GeoSeminarios2025

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

¡TE ESPERAMOS!

Síguenos!

@GeoLatinas





Transmisión



Checa todos nuestros GeoSeminarios en:



GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

@geolatinaslatinas

More about the channel: [link](#)

147

EL COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN DE GEOLATINAS INVITA A LOS:

GeoSeminaros

ABRIL

MARTES 4

LA ESCRITURA CIENTÍFICA EN STEM

La falta de interiorización del conocimiento científico y su comunicación es uno de los principales retos de la escritura científica en STEM. Así como como la falta de cursos y talleres para mejorar estas habilidades.



DRA. ALMA VÁZQUEZ-LULE

MARTES 25

CONECTIVIDAD HIDROLÓGICA: APLICACIÓN EN LA GESTIÓN TERRITORIAL Y RECURSOS. EL DESAFÍO DE LOGRAR EL ACCESO UNIVERSAL AL CONOCIMIENTO Y LA COMUNICACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA



DRA. AZALEA JUDITH ORTIZ RODRÍGUEZ

La conectividad y eficiencia hidrológica son herramientas clave en la administración de recursos naturales y el estudio de la degradación ambiental. El desafío radica en socializar estos conceptos para la toma de decisiones informadas sobre estrategias de gestión territorial y de recursos naturales.

11 AM
(Hora México)



Disponibles en YouTube tras transmisión

[in](#) [f](#) [@GeoLatinas](#)



GeoLatinas en Austria.



<https://vapa-us.org>



The Venezuelan American Petroleum Association

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

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

Our Goal

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

Our Purpose

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

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

<https://www.nationalgeographic.com/ciencia/2023/02/mujeres-en-la-ciencia-8-cientificas-que-hicieron-historia>



Source: National Geographic

New Director Lorena Moscardelli to Lead Bureau of Economic Geology Into the Future

Lorena Moscardelli has been named the next Director of the Bureau of Economic Geology and State Geologist of Texas.

Moscardelli takes over the leadership role of the oldest and second largest research institution at The University of Texas at Austin on March 17. She brings to the position more than 20 years of experience in energy research in industry and academia, most recently leading the Bureau's largest research program: the State of Texas Advanced Resource Recovery (STARR) program, which works to enhance the efficient production and profitability of energy and natural resources in Texas.

"It is a huge honor and a huge responsibility to direct the next chapter of the Bureau of Economic Geology," Moscardelli said. "Throughout its more than 100-year history, the Bureau has enabled the state to sustainably and efficiently develop its resources for the benefit of Texas and the nation, and it has been a key partner in making Texas the energy capital of the world. The quality of the researchers, faculty and staff at the Bureau is second to none, and I look forward to leading this team and helping Texas tackle the energy and resources challenges of the future."

Moscardelli will be the Bureau's ninth director and the first woman to lead the institution. She steps into the leadership role left by Scott Tinker, who led the Bureau for nearly 25 years before retiring. Interim Director Mark Shuster will return to his role as Deputy Director when Moscardelli assumes leadership.

Founded in 1909, the Bureau is the largest unit within the UT Jackson School of Geosciences and is the State Geological Survey of Texas, which advises state decision makers and agencies on issues related to state resources.



For more than a century, the Bureau has led research in energy, economics and environmental issues. It also maintains the TexNet seismic network, which monitors earthquakes across the state and is critical to the safety and management of the Permian Basin, the highest producing oil field in the nation. The Bureau currently supports 250 research professors, researchers and staff on grants and contracts exceeding \$30 million per year.

Long a leader in oil and gas and environmental research, the Bureau now has major programs in hydrogen, critical minerals, groundwater resources and geothermal energy, and is an international leader in geologic carbon capture and storage research. It is also a hub for cross-campus energy research, working closely with UT's Cockrell School of Engineering, Energy Institute, McCombs School of Business and the Kay Bailey Hutchison Energy Center.

"The Bureau of Economic Geology is one of UT's research engines," Vice President for Research Dan Jaffe said. "Whether it's working with the state's energy producers or partners right here on the UT campus, the Bureau exemplifies how energy and critical minerals research can have a positive impact on the people, communities and economy of Texas. Dr. Moscardelli's appointment as Director exemplifies UT's commitment to both its

traditional strength in oil and gas research and to an 'all-of-the-above' approach to energy research."

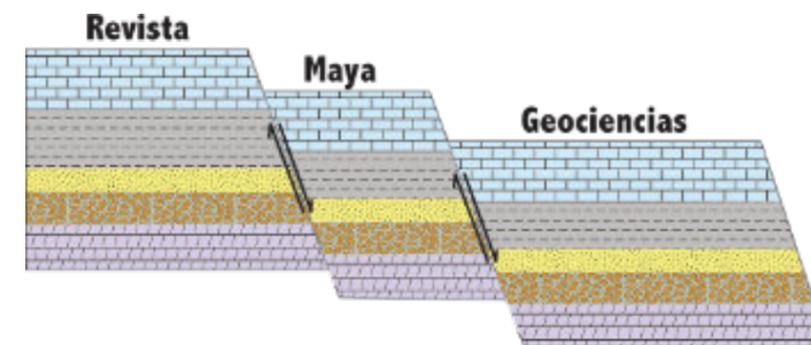
Moscardelli first came to the Bureau in 2003 as a doctoral student at the Jackson School. She was there for 10 years as a student and researcher before leaving for Statoil (now Equinor), an international energy company, where she worked in research, exploration, and field development in the Norwegian continental shelf, offshore Canada, and the Gulf of Mexico. She returned to the Bureau in 2021 to lead the STARR program. Moscardelli holds a bachelor's degree in Geological Engineering from Central University of Venezuela and a doctoral degree in Geological Sciences from UT. She has also completed executive development education at the Wharton School of Business.

"We conducted an intensive national search for the Bureau Director, and found the best candidate was here

[Publications: https://www.researchgate.net/profile/Lorena-Moscardelli](https://www.researchgate.net/profile/Lorena-Moscardelli)

the whole time," said Jackson School Dean Claudia Mora. "During her long career in energy and as program director for STARR, Lorena has reached across the state to engage energy and environment stakeholders. She is thoughtful, energetic and collaborative by nature, and has a deep commitment to the Bureau and its mission. I have every confidence that Lorena will be a strong and successful Director."

Moscardelli said that among her priorities as Bureau Director will be to increase collaboration with partners inside and outside The University to tackle key energy and resource challenges of the future. She said she will also work to increase the Bureau's role in the Jackson School's educational mission, including exploring educational opportunities for students and industry professionals.



El empoderamiento de las mujeres conduce al empoderamiento de la humanidad.

Michelle Obama

Teorema de Noether: el vínculo entre la simetría y las leyes de conservación.

Luis Angel Valencia Flores
Editor de la Revista

El Teorema de Noether es un resultado fundamental en el campo de la física teórica que establece una conexión profunda entre las simetrías en los sistemas físicos y las leyes de conservación. Fue formulado por la matemática y física alemana Emmy Noether a principios del siglo XX y ha tenido un impacto significativo en diversos campos de la física, desde la mecánica clásica hasta la teoría de cuerdas.

El Teorema de Noether lleva el nombre de Emmy Noether, una destacada matemática y física alemana que vivió en la primera mitad del siglo XX. Noether realizó contribuciones fundamentales en el campo del álgebra abstracta y también dejó un legado importante en la física teórica.

Emmy Noether se interesó por el estudio de las simetrías y su relación con las leyes de conservación en los sistemas físicos. Su trabajo revolucionario en este campo culminó en la formulación del Teorema de Noether, que establece una conexión profunda entre las simetrías y las cantidades conservadas en un sistema físico.

En el contexto del Teorema de Noether, una simetría se refiere a una transformación que deja invariante una determinada propiedad o estructura de un sistema físico. Estas transformaciones pueden ser traslaciones, rotaciones, inversiones o cualquier otro tipo de cambio que conserve ciertas características del sistema.

Por ejemplo, consideremos un sistema físico en el que las ecuaciones que describen su comportamiento son invariantes bajo una traslación en el espacio. Esto significa que, si desplazamos todo el sistema en una determinada dirección, las ecuaciones seguirán siendo válidas y el sistema se comportará de la misma manera.

Las simetrías son fundamentales en la física y desempeñan un papel crucial en la comprensión de las leyes que gobiernan el universo. El Teorema de Noether establece una conexión profunda entre las simetrías y las leyes de conservación en los sistemas físicos.

Principio de conservación:

El principio de conservación es un concepto esencial en la física que establece que ciertas cantidades se mantienen constantes en un sistema físico a lo largo del tiempo. Estas cantidades conservadas pueden incluir la energía, el



Emmy Noether, madre del álgebra abstracta

momento lineal, la carga eléctrica, el momento angular, entre otras.

El Teorema de Noether establece que cada simetría continua en un sistema físico está asociada con una ley de conservación. Esto significa que, si un sistema físico exhibe una simetría particular, habrá una cantidad física correspondiente que se conservará en ese sistema.

Por ejemplo, la invariancia de un sistema físico bajo traslaciones espaciales implica la conservación del momento lineal, mientras que la invariancia bajo rotaciones implica la conservación del momento angular.

Aplicaciones del Teorema de Noether en física clásica:

El Teorema de Noether ha tenido un impacto significativo en la física clásica, especialmente en el campo de la mecánica lagrangiana. La mecánica lagrangiana es una formulación alternativa de la mecánica clásica que se basa en el principio de mínima acción.

En el contexto de la mecánica lagrangiana, el Teorema de Noether establece que cada simetría continua del sistema físico se traduce en una ley de conservación. Por ejemplo, si el sistema exhibe una simetría temporal, se conserva la energía total del sistema. Si el sistema es invariante bajo traslaciones en el espacio, se conserva el momento lineal.

Este resultado es de gran utilidad en la resolución de problemas físicos y permite identificar de manera sistemática las cantidades conservadas asociadas con las simetrías del sistema.

Teorema de Noether en física cuántica:

El Teorema de Noether también es aplicable en el contexto de la física cuántica, donde las leyes fundamentales son descritas por la mecánica cuántica. En este caso, las

simetrías y las leyes de conservación están relacionadas con los operadores hermíticos y las simetrías de las funciones de onda. Además, establece que si un sistema cuántico exhibe una simetría continua, existirá un operador hermítico asociado que se conservará en el sistema. Estos operadores hermíticos representan las cantidades físicas que se conservan, como la carga eléctrica o el momento angular. También proporciona una base teórica sólida para el estudio de las simetrías en la física cuántica y ha sido fundamental en el desarrollo de teorías como el modelo estándar de partículas elementales.

Teorema de Noether en teoría de cuerdas:

La teoría de cuerdas es una de las ramas más prometedoras de la física teórica que busca unificar la gravedad con las otras fuerzas fundamentales de la naturaleza. En esta teoría, el Teorema de Noether ha jugado un papel crucial en el estudio de las simetrías y las leyes de conservación.

En la teoría de cuerdas, se ha descubierto que existen simetrías conformes, que son transformaciones que preservan las propiedades locales y globales de las cuerdas. El Teorema de Noether ha sido fundamental para comprender estas simetrías y sus implicaciones en la teoría.

Relación entre el Teorema de Noether y el principio de acción mínima:

El Teorema de Noether está estrechamente relacionado con el principio de acción mínima, que es una formulación fundamental en la física teórica. El principio de acción mínima establece que un sistema físico seguirá una trayectoria tal que la acción, definida como la integral del lagrangiano a lo largo de esa trayectoria, sea mínima. También muestra que las simetrías del sistema físico están relacionadas con las transformaciones que dejan invariante la acción. Estas simetrías conducen a las leyes de conservación asociadas con las cantidades físicas relevantes en el sistema.

La conexión entre el Teorema de Noether y el principio de acción mínima ha sido fundamental en el desarrollo de teorías físicas modernas, como la teoría de campos y la teoría de cuerdas.

El legado de Noether en la física moderna:

El Teorema de Noether y las contribuciones de Emmy Noether en general han dejado un legado duradero en la física moderna. Su trabajo pionero ha influido en la comprensión de los principios fundamentales de la

naturaleza y ha proporcionado herramientas teóricas poderosas para abordar una amplia gama de fenómenos físicos. Ha sido ampliamente aplicado en diversas áreas de la física, desde la mecánica clásica y la física cuántica hasta la teoría de cuerdas y la cosmología. Su enfoque en las simetrías y las leyes de conservación ha sido fundamental en la formulación de teorías físicas unificadas y en la comprensión de las fuerzas fundamentales que rigen el universo.

En resumen, el Teorema de Noether es una piedra angular de la física teórica y su relevancia sigue siendo evidente en los avances científicos actuales.



Emmy Noether al centro de la fotografía.

Albert Einstein, «la señorita Noether fue el genio matemático creativo más importante que haya existido desde que comenzó la educación superior para las mujeres».

Aplicaciones del Teorema de Noether fuera de la física:

Además de su impacto en la física, el Teorema de Noether ha encontrado aplicaciones en otros campos, como las matemáticas y la ingeniería.

Matemáticas:

En el campo de las matemáticas, el Teorema de Noether ha influido en el estudio de la geometría algebraica y la teoría de grupos. Las simetrías y las leyes de conservación han sido temas de investigación y el Teorema de Noether ha proporcionado una base teórica sólida para abordar estos conceptos en el contexto matemático.

Ingeniería

En ingeniería, el Teorema de Noether ha encontrado aplicaciones en el diseño y análisis de sistemas dinámicos. La comprensión de las simetrías y las leyes de conservación es fundamental en la ingeniería y el Teorema de Noether proporciona un marco teórico para abordar estos aspectos.

Conclusión:

El Teorema de Noether es importante porque establece una relación fundamental entre las simetrías de un sistema físico y las leyes de conservación. Ha sido aplicado en diversos campos de la física y ha proporcionado un marco teórico sólido para comprender los principios fundamentales de la naturaleza.

Áreas en las que se aplica el Teorema de Noether:

Se aplica en áreas como la mecánica clásica, la física cuántica, la teoría de cuerdas y la cosmología. Ha sido fundamental en el estudio de las simetrías y las leyes de conservación en estas áreas.

También ha encontrado aplicaciones en campos como las matemáticas y la ingeniería. En matemáticas, ha influido en el estudio de la geometría algebraica y la teoría de grupos. En ingeniería, ha sido utilizado en el diseño y análisis de sistemas dinámicos.

Bibliografía

Kosmann-Schwarzbach, Yvette. The Noether theorems: Invariance and conservation laws in the twentieth century, Editorial: New York, Springer.

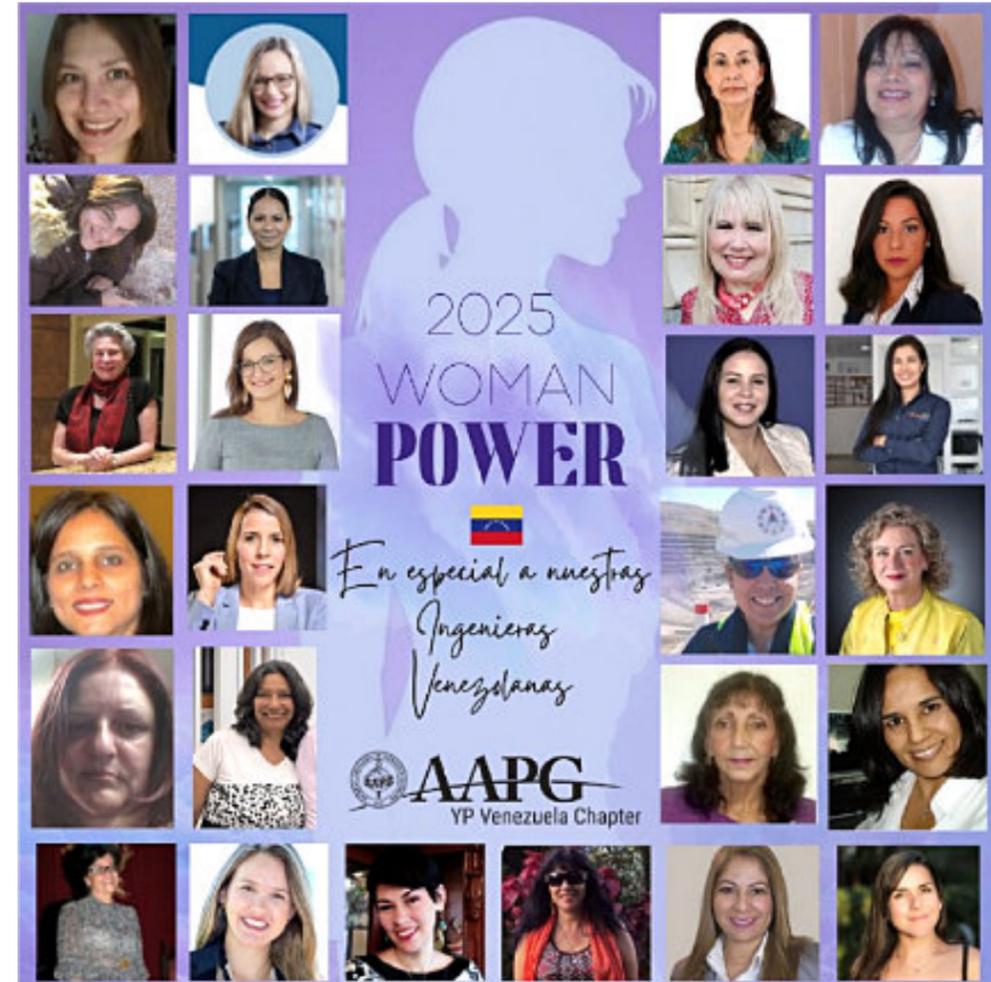
James Read, Pembroke College, Oxford, Nicholas J. The Philosophy and Physics of Noether's Theorems. The, University of Notre Dame, Indiana.



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



AAPG YOUNG PROFESSIONALS VENEZUELA

Ser mujer significa ser un agente de cambio, y ser una mujer venezolana personifica la valentía y el compromiso, desempeñando roles importantes en las geociencias y sirviendo de inspiración en la industria energética venezolana. Destacamos algunas de estas mujeres que con su ejemplo nos enseñan todos los días a seguir creyendo en nosotros mismos.

- Alondra Suárez: Profesional en geociencias
- Alba Castillo: MSc., Jefa del Dpto. de Minas UCV
- Ana Cabrera: Destacada en investigación y docencia
- Ana María Gonçalves: VP del Steering Committee AAPG
- Angela Rojas: Destacada en investigación y docencia
- Bice Cortiula: Destacada en investigación y docencia
- Carelia Rojas: CEO de Petroingenio
- Carolina Machillanda: Profesional en geociencias
- Clara Rodríguez: Dra., Fundadora de Geolatinas
- Cristina Simon: Reconocida contribución a la industria
- Eliana Alvarado: Destacada en investigación y docencia, Faculty AAPG UCV

- Elizabeth Sampson: Profesional en geociencias
- Estefania Carmona: Destacada en investigación y docencia
- Evelyn Quintero: CEO de Petrorenova
- Inirida Rodriguez: Dra., Experta en geología y exploración
- Izakun Azpirtxaga: MSc., Destacada en investigación y docencia
- Katherine Silva: Dra., Directora de la EGMG
- Katya Raetegui: Directora de Ciencias de la Tierra ICT UCV
- Liliana López: Dra., Destacada en investigación y docencia
- Liliana Urbina: MSc., Jefa del Departamento de Geología UCV
- Magda Acosta: destacada en investigación y docencia
- Marian Garrido: Profesional en geociencias
- Mariangela Capello: Dra., Destacada trayectoria en la industria petrolera
- Marianto Castro: Reconocida contribución a las geociencias
- Maricel Marquez: Dra., Business Advisor en Chevron
- María Alejandra Labrador: Contribuyente en el área de geociencias
- María Angélica Falcón: MSc., Reconocida trayectoria profesional
- Maria Eugenia Sandoval: Profesional en geociencias
- Maria Lorente: Dra., Investigadora y experta en geociencias
- Maria Teresa Artigas: Destacada en investigación y docencia
- Marisela Navarro: Reconocida contribución a la industria
- Marisela Sanchez: MSc., Presidenta de la SOVG
- Marisela Uzcátegui: Dra., ULA
- Milagrosa Aldana: Dra., Destacada en investigación y docencia
- Mónica Martíz Mina: Reconocida por su labor en la industria
- Nuris Orihuela: Dra., Investigadora y académica
- Olga Rey: Dra., Investigadora y académica
- Patricia Lugo: Dra., Destacada en investigación y docencia
- Rosa Aquino: MSc., Destacada en investigación y docencia
- Rosa Jimenez: Reconocida por su contribución a la industria
- Rosario Rivadulla: Reconocida por su labor en la industria
- Ruth Quereguán: Destacada en investigación y docencia
- Victoria Moussalli: Prof., Destacada en docencia e investigación
- Yaraixa Perez: Vicepresidenta de la SOVG
- Zeudy Galban: CEO de la Asociación Women in Energy
- Zureisy Marín: Dra., destacada en investigación y docencia

"Para hacerme poderosa solo necesito una cosa: educación". -Malala Yousafzai

Caverna del arte

ARTES MARCIALES: EL KARATE-DO

Por: Sensei **Luis Ángel Valencia Flores**, Cinta Negra Primer Dan y Editor de la revista.

El karate es un arte marcial que tiene sus orígenes en las antiguas tradiciones de lucha de Asia, aunque su forma moderna se consolidó en Japón. Es conocido por su énfasis en los golpes de puño, patadas, rodillazos y codos, así como en la defensa personal.

El karate o kárate (del japonés 空手, literalmente, Mano Vacía) es un arte marcial tradicional basado en algunos estilos de las artes marciales chinas (wushu), y en otras disciplinas provenientes de Okinawa (isla perteneciente a Japón) como el Tegumi y el Kobudo. El nombre japonés se compone de los Kanjis "空" (Kara, 'vacío') y "手" (Te, 'mano'). A la persona que lo practica se la llama "karateca".



Orígenes del Karate.

El kárate tiene su origen durante el siglo XV en las artes marciales nativas de las Islas Ryukyu, (hoy día Okinawa) caracterizadas por el uso de los puños llamadas (Te / Tō-te / Toudi), además de técnicas provenientes de la lucha nativa; siendo influenciado por algunos estilos de las artes marciales chinas (kung-fu) y en menor medida por otras disciplinas provenientes de otros países del sureste asiático como Tailandia, Filipinas e Indonesia. Ya, en el siglo XX este estilo marcial fue influenciado en un principio por varios conceptos técnicos, tácticos y filosóficos procedentes de algunas de las artes marciales japonesas modernas, como: el kendo, el judo, y finalmente el aikido. En un principio, El "Te" siendo el arte antecesor al karate moderno surgió de la necesidad de los guerreros nobles de la isla (los pechin) de proteger al último rey de Okinawa, Shō Tai, y a sí mismos de los varios abusos perpetrados por los guerreros con armadura (los samuráis), quienes hacían parte de los invasores japoneses pertenecientes al clan Satsuma,2 en el siglo XVII. Poco a poco, el "Te" fue desarrollado en el reino de



Ryukyu, y posteriormente se expandió: se enseñó sistemáticamente en Japón después de la era Taisho en el siglo XX, donde fue renombrado como karate-Do, como consecuencia de los intercambios culturales entre los japoneses y los habitantes de las islas Ryukyu. Incorporándose así a la cultura de las artes marciales tradicionales del Japón.



El karate-Do de hoy en día se caracteriza fundamentalmente por el empleo de golpes de puño, bloqueos, patadas y golpes de mano abierta, donde las diferentes técnicas reciben varios nombres, según la zona del cuerpo a defender o atacar. Sin embargo, el karate, no restringe su repertorio solo a estos, ya que además incluye: varios barridos, algunos lanzamientos y derribos, unas pocas luxaciones articulares; además de golpes a puntos vulnerables, y a puntos nerviosos, en su currículo. En los golpes del karate-Do se unifican la fuerza, la rapidez, la respiración, el equilibrio, la tensión y la relajación al aplicar un correcto giro de cadera y una conexión o sinergia muy precisa de músculos y articulaciones, trasladando una gran parte del peso corporal y del centro de gravedad al impacto. Generalmente, y a diferencia de otras disciplinas, se busca derrotar al adversario mediante un impacto contundente (o unos pocos), preciso y definitivo, buscando ser lo más eficaz posible. A ese concepto se le llama "Ikken hissatsu" o "un golpe, una muerte", de forma semejante a la estocada o al corte de una katana o sable japonés. El karate-do parte de la idea de forjar el cuerpo como un arma, de tal forma que se pueda llegar a defenderse y sin sufrir mayor daño, de ahí que en las escuelas tradicionales se haga tanto ahínco en el endurecimiento físico, con combates a contacto pleno y

sin ninguna protección, de esa forma se logra endurecer y potenciar la mayoría de partes del cuerpo a la vez que otorga al practicante un control de sus golpes y un conocimiento de sus habilidades y límites.

Historia moderna del karate en el Japón y antecedentes en Okinawa y China.

Las sucesivas prohibiciones al porte de armas en la historia de la isla de Okinawa y la importancia dada a las artes marciales sin armas, se debe a que la isla, mucho antes de ser anexada al Shogunato de Japón, ya era un puerto libre y reino independiente donde atracaban numerosas embarcaciones provenientes de varias partes de Asia (China, Corea, Tailandia, Indonesia, Filipinas). La isla de Okinawa fue asimismo el primer lugar donde llegó la nave del comodoro Perry de los EE. UU. en el siglo XIX antes de llegar a la ciudad puerto Yokohama, en el Japón, para obligar a los japoneses a abrir sus rutas comerciales; pues desde 1639 hasta 1853 tanto japoneses como okinawenses habían vivido aislados del mundo exterior por decreto del shōgun (líder militar) Tokugawa Iemitsu, hasta la época moderna (siglo xx), en que el último de los Tokugawa, Tokugawa Yoshinobu, cedió el poder total y definitivamente al emperador Meiji entre 1868 y 1902.



En la isla de Okinawa se vivía una situación naval y comercial de gran intercambio entre varios reinos, similar a la de las islas Filipinas, aunque con varias prohibiciones al porte de armas que se iniciaron en 1409 por el entonces rey Sho Shin, que favorecieron la unificación de los pequeños feudos en que se encontraba dividida la isla, evitando así futuras divisiones y conflictos entre los

visitantes y los nativos. Estas medidas fueron luego enfatizadas de nuevo ya en 1609 por los guerreros samurái japoneses invasores pertenecientes al clan Satsuma, quienes confiscaron las armas restantes. Durante este periodo la vida fue aún más austera y restrictiva, obligando tanto a los nobles (Pechin) como al pueblo a desarrollar aún más los métodos de combate tanto con implementos agrícolas (kobudō), como a mano vacía (karate) respectivamente.



La Era Meiji.

Durante los siglos XIX y XX se encontraban establecidos ciertos estilos de acuerdo a la estricta división regional por clases sociales, y según el énfasis, entre los movimientos circulares o lineales, así como la preferencia por el combate a distancia media y larga. De esta forma, las principales variantes del Te, o mano practicadas en Okinawa eran: Shuri-Te, Naha-Te, y Tomari-Te. Cada una de ellas contaba con características particulares tanto en las técnicas como en los métodos de práctica. En este período tres maestros se encargaron de sistematizar y revivir la práctica del karate: Anko Itosu (Shuri-Te), Kanryo Higaonna (Naha-Te), y Kosaku Matsumura (Tomari-Te). Con el fin de integrarse al sistema educativo escolar militar japonés. En 1872 el emperador Meiji otorgó la isla de Okinawa al clan samurái Satsuma, y nombra a sus miembros como sus únicos representantes en el territorio. En 1879 el gobierno Meiji dicta: la abolición de la familia real 'Sho' de las islas Ryukyu, el exilio del rey Sho Tai, y crea la Prefectura de Okinawa.

Los principios del siglo XX

De 1901 a 1905 las escuelas de la prefectura de Okinawa comienzan a adoptar el tuidi como parte del programa de

educación física. En esta época, el maestro Anko Itosu cambió la pronunciación de 唐手 desde tode o tuidi a karate. Entre 1904 y 1905, Chomo Hanashiro (estilo Shorin Ryu) y posteriormente otros maestros empiezan a emplear por primera vez los kanji 空手 en lugar de los ideogramas 唐手. En 1933 se reconoce al Karate (空手) como arte marcial japonés.

Al karate se le conoce hoy en día como "el camino de la mano vacía". Siendo esta la interpretación de los ideogramas para el término Karate-Do, popularizada en occidente por el maestro Masatoshi Nakayama, representante de la Asociación Japonesa de Karate (o JKA), que promovió el estilo Shotokan o (JKA) después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), cuando se buscaba mostrar al Japón como un país pacífico ante la ocupación de los Estados Unidos, quienes prohibieron la práctica de las artes marciales por considerarlas un remanente del espíritu imperial del Japón. Esta traducción fue aceptada como alusión a la no inclusión de armas, o de ánimo bélico en el karate moderno. Sin embargo, hay que notar que todos los máximos exponentes y maestros del Karate; hasta muy recientemente, tenían conocimientos del arte del kobudo, o arte marcial del manejo de las armas tradicionales de Okinawa, como el bastón largo o bo, las macanas o tonfa, los tridentes o dagas sai, los molinos de arroz/ bridas del caballo, o nunchaku, las hoces de segar o kama, los nudillos de hierro o tekko, etc. Incluidas y preservadas hoy en día como un arte marcial por separado, aunque preservado dentro de algunos estilos de karate. Así mismo, han sido varios los maestros de kárate que practicaron de manera paralela el arte del sable japonés moderno o kendo, y/o el arte moderno de la lucha o Judo. También, otra traducción de la palabra Karate es "la mano que emerge/contiene al vacío, al todo" o "la mano del absoluto", "el camino de la voluntad". Podría hablarse inclusive del "camino del absoluto" debido a la profundidad filosófica, física y técnico-táctica del arte no solo en lo físico, sino en su posible aplicación mental y a la vida diaria, llegando a definir la vida de algunos practicantes. Otra posible traducción es "el camino de la mano y de la vida" pues el vacío o "kara" filosóficamente

lo contiene todo; como esencia sin ataduras, sin juicios, sin límites, sin forma.

Si bien se reconocen como los precursores del karate clásico a los maestros Kanga Sakukawa (también conocido como To-de Sakukawa) y Sokon Matsumura, así como a sus discípulos: Chutoku Kyan, Asato Ankō, Anko Itosu, entre muchos otros. Fue uno de sus alumnos de tercera generación, el maestro Gichin Funakoshi, el fundador del karate estilo Shotokan, a quien se le conoce como el "padre del karate moderno", siendo el mayor responsable de haber introducido y popularizado el karate en las islas principales de Japón. Sin embargo, hay que notar que durante el inicio del siglo XX varios otros maestros de Okinawa estuvieron dedicados a la enseñanza, por lo que fueron también responsables del desarrollo del karate en las islas principales del Japón. Gichin Funakoshi fue estudiante de Asato Ankō y Anko Itosu (quienes habían trabajado para introducir el karate en el sistema escolar de la prefectura de Okinawa desde 1902). Durante esta época, los maestros destacados que también influyeron en la difusión del Karate en Japón incluyen a Kenwa Mabuni (estilo Shito Ryu), Chojun Miyagi (estilo Goju Ryu), Motobu Chōki (estilo Motobu Ryu), Kanken Toyama (estilo Shudokan, quien incluso instruyó a los coreanos de los que surgiría el taekwondo) y Kanbun Uechi (estilo Uechi Ryu). Este fue un período turbulento en la historia de la región, que incluyó eventos como la anexión del archipiélago de Okinawa al Japón en 1872, la primera guerra sino-japonesa (1894-1895), la guerra ruso-japonesa (1904-1905), la invasión y anexión de Corea (1910-1945), y el ascenso del militarismo japonés (1905-1945), además de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

La primera demostración pública del Karate en el Japón fue en 1917 en el Butoku-den de Kioto, por Gichin Funakoshi. Esta y posteriores demostraciones dejaron bastante impresionados a muchos japoneses, entre ellos al príncipe heredero Hirohito, que quedó entusiasmado con el arte marcial de Okinawa. En 1922, el Dr. Jigoro Kano, fundador del arte japonés del Judo, invitó al maestro Funakoshi al Dojo Kodokan para hacer una demostración y

permanecer en Japón para enseñar karate. Este patrocinio fue clave para el establecimiento y posterior desarrollo del karate en Japón. Sin el respaldo del maestro Kano, el arte marcial okinawense, considerado hasta entonces como un "arte campesino, provincial, atrasado", habría sido despreciado aún más por los japoneses. Por otro lado, en el año 1929 el Maestro Kenwa Mabuni se instaló en la ciudad de Osaka para enseñar su estilo de karate, el karate Shito Ryu.

En diciembre de 1933, la Dai Nippon Butoku Kai ratifica la propuesta de sustitución del ideograma "Kara" como "China" (dinastía Tang 618-907), por "Kara" como "Vacío", la incorporación del sufijo "Do" como "Camino", y el cambio de los nombres originales de los Kata en chino por nombres en japonés. Se atribuye al maestro Hanashiro Tomo, el primer empleo que se conserva de un ideograma para reemplazar el de "China" en su publicación "Karate Kumite" de 1905. El sufijo "Do", que significa "Vía", "Senda" o "Camino", es el mismo carácter que se pronuncia "Tao" en chino mandarín, cuyo uso más notable se hace en la filosofía taoísta de Lao Tse (autor del Tao Te King). El nuevo término proclamaba que el Okinawa-te había trascendido las fronteras físicas del combate y se había convertido en un Budo moderno después de haber adoptado algunos elementos genuinamente japoneses. La nueva denominación "Karate-Do" (Camino de las Manos Vacías), es reconocida oficialmente en Okinawa el 1936 por una asamblea de maestros en Naha.

En 1945, tras la rendición incondicional de Japón ante las Fuerzas Aliadas al final de la Segunda Guerra Mundial, se disuelven algunas organizaciones consideradas contribuidoras a las raíces del militarismo japonés, como la Dai Nippon Butoku Kai. El desarrollo del Karate como disciplina unificada fue abandonado y, bajo el mandato de las fuerzas de ocupación americanas, las artes marciales japonesas se prohíben durante tres años (1947-1950). El Karate-do estaba destinado a mantener su dividida singularidad y sus diversos estilos nunca se unificaron para formar una tradición única, fenómeno que persiste actualmente.

En 1949 se fundó la Asociación Japonesa de Karate (JKA según sus siglas en inglés, o Japan Karate Association). Liderada por un alumno del Funakoshi. El maestro Masatoshi Nakayama. La JKA realizó los primeros campeonatos de kárate del Japón en 1957. La asociación pretendió inicialmente agrupar a los diferentes estilos del arte, a medida que popularizaba su práctica en occidente; pero finalmente se convirtió en la representante a nivel mundial del karate estilo Shotokan variante JKA o Kyokai, como es conocido en Japón. Al finalizar el período de prohibición americano, en 1950, la J.K.A. (Japan Karate Association) desarrolla las reglas de competición del Karate y se celebran los primeros campeonatos universitarios del Japón. El Karate disfruta de una gran popularidad a través del formato de deporte que había nacido en el sistema educativo. A partir de los años 50 la práctica deportiva del karate-do se extiende a Occidente, los primeros campeonatos del Mundo se celebran en 1970, ese mismo año fue establecida la World Union of Karate-Do Organizations (WUKO). En el Congreso de la WUKO, que tuvo lugar en Argelia, el nombre WUKO fue sustituido por Federation Mondiale de Karate (World Karate Federation) y actualmente tiene sucursales en 160 países.

En la actualidad existen más de trescientos estilos diferentes de Karate-Do, la mayoría de ellos en Japón, entre los más conocidos tenemos el Shotokan fundado por Gichin Funakoshi, el Shito-Ryu creado por Kenwa Mabuni en 1929, el Wado-Ryu creado por Hironori Ohtsuka, el Goju-Ryu fundado por Chojun Miyagi, el Shobayashi-Ryu creado por Kyan Chotoku, el Kyuokushinkai creado en los años cincuenta por Matsutatsu Oyama y el Shudokan creado por Toyama Kanken.

Como resumen, se puede decir que el karate tiene una profunda conexión con las artes marciales chinas. A menudo se considera que los orígenes del karate se encuentran en el kung fu chino, especialmente en los sistemas de combate del sur de China. Los chinos llevaron sus artes marciales a las islas Ryukyu (hoy Okinawa, Japón) a través de comerciantes y emigrantes durante los siglos XV y XVI. El karate moderno tiene sus raíces en Okinawa, una isla en el sur de Japón. A lo largo de los siglos, Okinawa fue influenciada tanto por las artes marciales chinas como

por sus propias tradiciones autóctonas de combate. En Okinawa, surgieron varias formas de combate que más tarde se consolidaron bajo el nombre de karate. Durante el siglo XV, el Reino de Okinawa estaba bajo influencia china, y los habitantes de la isla usaban técnicas de autodefensa como el te (que significa "mano" en japonés), un término general para el combate sin armas. Este sistema incluía técnicas de golpeo, agarres y defensas. Después de que Okinawa fuera conquistada por Japón a principios del siglo XVII, las autoridades japonesas prohibieron el uso de armas, lo que llevó a los okinawenses a desarrollar técnicas de autodefensa sin armas, que finalmente serían conocidas como karate. Los soldados japoneses también trajeron influencias adicionales a la isla, especialmente las de sus propias artes marciales. A finales del siglo XIX y principios del XX, el karate se fue formalizando y estructurando como una disciplina marcial organizada en Okinawa, con maestros destacados como Gichin Funakoshi. Funakoshi, considerado el padre del karate moderno, introdujo este arte en Japón en 1922, lo que le permitió alcanzar una mayor popularidad en todo el mundo.

A lo largo del tiempo, el karate se ha transformado y expandido más allá de Japón. Durante la Segunda Guerra Mundial, el karate fue promovido por el ejército japonés, lo que permitió su difusión en todo el mundo. En los años 50 y 60, maestros de karate comenzaron a enseñar en otras partes del mundo, especialmente en Estados Unidos y Europa.



Reunión de los grandes maestros de Karate en Tokio, 1930.

A medida que el karate se globalizó, se formaron diversas organizaciones internacionales que unificaron la enseñanza y la práctica del karate a nivel mundial. Organizaciones como la Federación Mundial de Karate (WKF) jugaron un papel clave en la estandarización de reglas y técnicas, lo que ayudó a la popularización de este arte marcial.

El karate fue incluido en los Juegos Olímpicos de Tokio 2020, lo que marcó un hito importante en su historia. Las competiciones de karate en los Juegos Olímpicos incluyeron dos modalidades: kumite (combate) y kata (formas). Esto elevó aún más la visibilidad del karate y su popularidad en el ámbito deportivo global.



Sensei Funakoshi Gichin, el padre del Karate-Do moderno.



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



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

La casa de Homo sapiens

https://www.nationalgeographic.org/topics/resource-library-human-origins/?q=&page=1&per_page=25

<https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/homo-sapiens>

<https://www.nhm.ac.uk/discover/who-were-the-neanderthals.html>

<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/essential-timeline-understanding-evolution-homo-sapiens-180976807/>

<https://www.yourgenome.org/stories/evolution-of-modern-humans>

<https://www.history.com/news/humans-evolution-neanderthals-denisovans>

https://curiositystream.com/search/Homo%20Sapiens?utm_campaign=D-PerformanceMax-US&utm_medium=display&utm_source=google&utm_placement=&utm_content=&gclid=CjwKCAjwgb6lBhAREiwAgMYKR7gV-WuEXSf1NKMo7n053GSjUS5dJXuiQkU2hgJ-C2VgEALMVuaDxoC4TsQAvD_BwE

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



Earth's Oldest Impact Crater - Australia

Vestiges of the world's oldest known impact crater may have been found recently in Australia, breaking the previous record by more than 1 billion years, ABC News reports. The crater, which could have once stretched 100 kilometers wide, is estimated to be 3.47 billion years old, making it the only known crater from Earth's Archaean eon—the period when life first emerged. The discovery of this massive impact provides important evidence for the theory that such collisions kick-started life on Earth.

<https://www.scientificamerican.com/article/earths-oldest-impact-crater-discovered-in-australia/>

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

<https://www.science.org/content/article/signs-earth-s-oldest-known-meteor-strike-discovered-australia#:~:text=The%20crater%2C%20which%20could%20have,period%20when%20life%20first%20emerged>

<https://www.forbes.com/sites/davidbressan/2025/03/09/earths-oldest-impact-crater-was-just-found-in-australias-outback/>

<https://www.curtin.edu.au/news/media-release/worlds-oldest-impact-crater-found-rewriting-earths-ancient-history/>

<https://abcnews.go.com/International/35-billion-year-crater-created-meteorite-impact-found/story?id=119551818>

<https://www.livescience.com/planet-earth/geology/this-is-by-far-the-oldest-scientists-discover-3-47-billion-year-old-meteorite-impact-crater-in-australian-outback>

<https://www.australiangeographic.com.au/topics/science-environment/2025/03/earths-oldest-meteorite-crater-found-in-outback-wa/>

https://www.youtube.com/watch?v=y1BiUYWwf_A

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

Instituto Nacional de Geoquímica (México). <https://www.inageq.com/>



Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias.



Universidad Tecnológica de la Habana, - <https://cujae.edu.cu/>



Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>

Geología Médica

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



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/>



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>

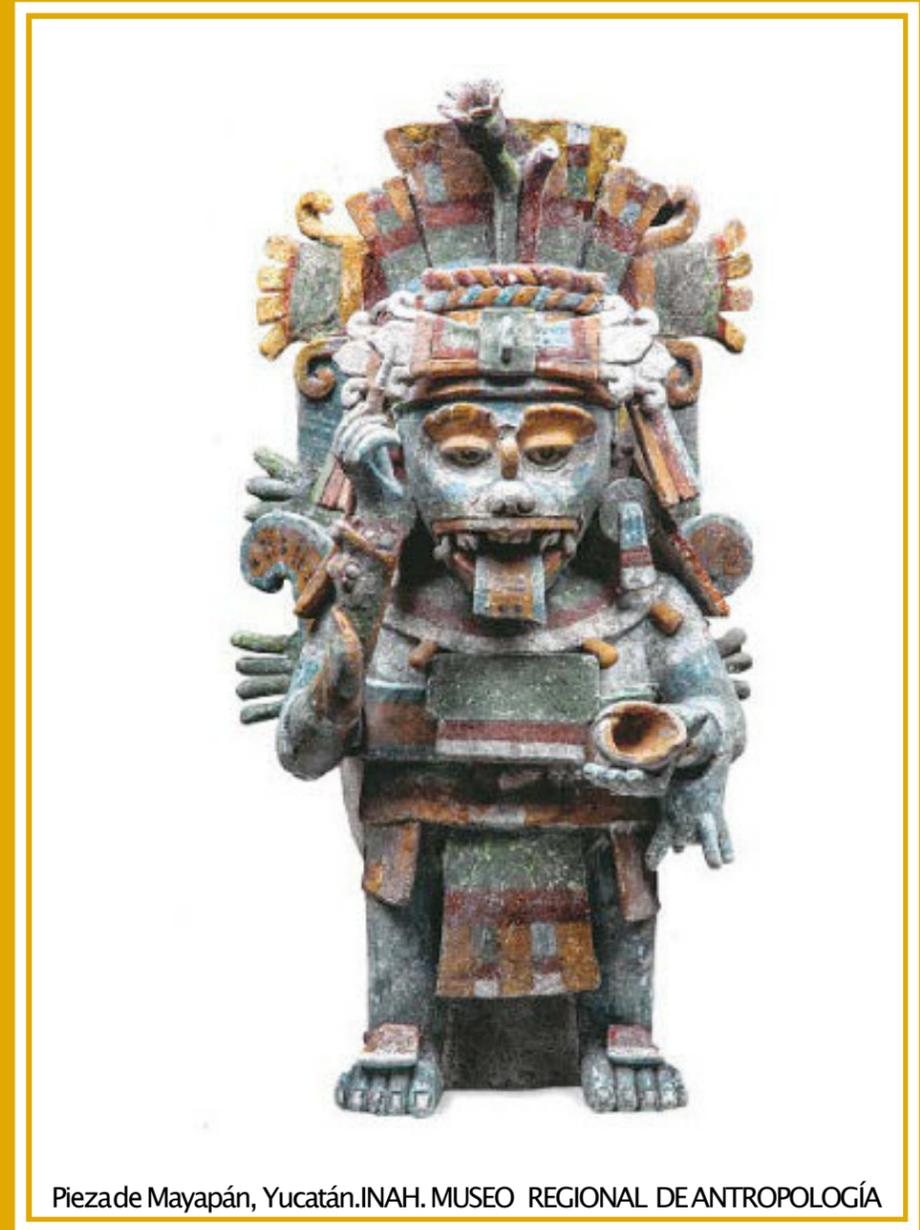


Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

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



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



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA

¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

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