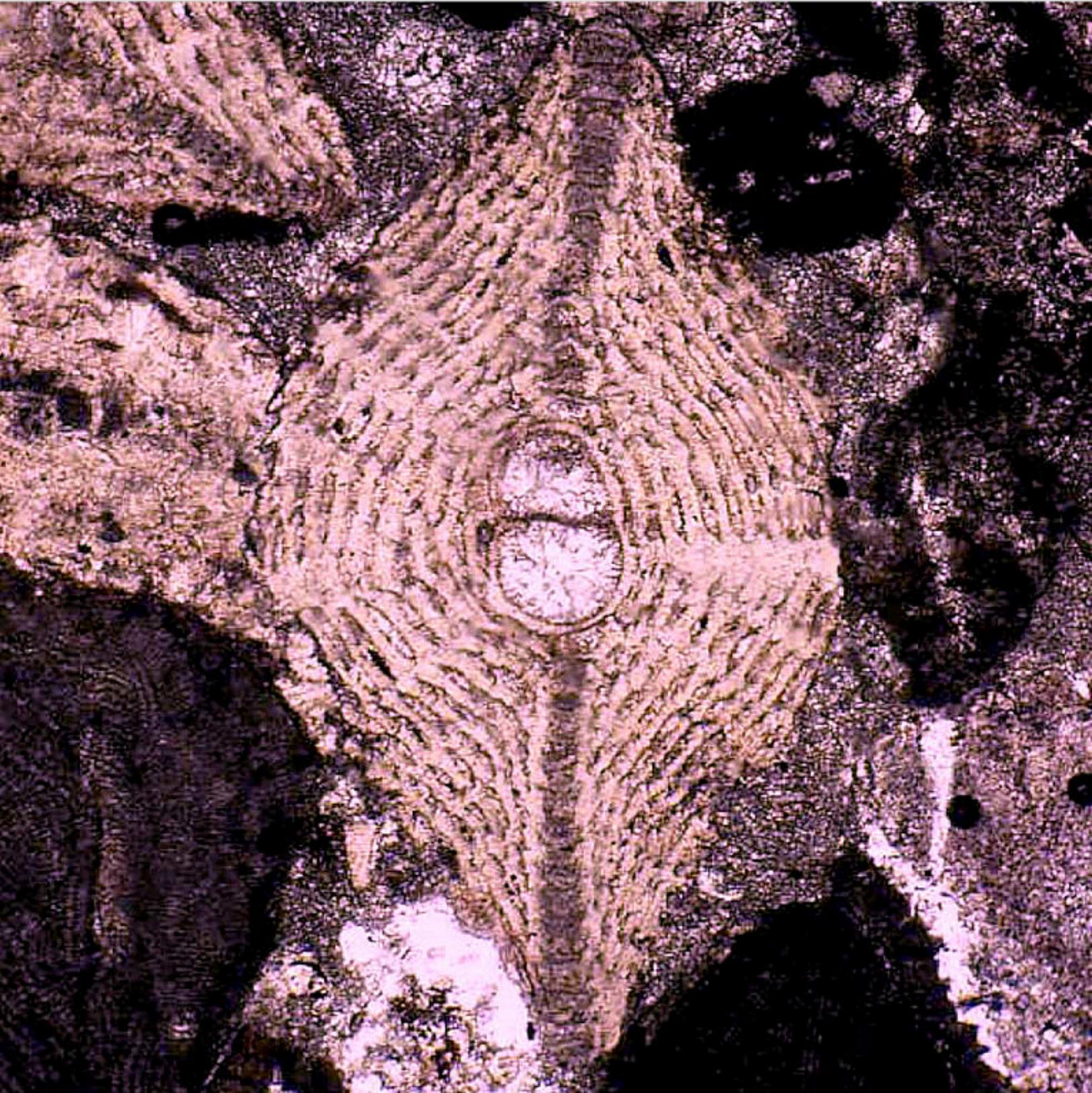


**DICIEMBRE  
2024**



# **MAYA**

**REVISTA DE GEOCIENCIAS**



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

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

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

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cual será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si deseas participar o contribuir con algún manuscrito, por favor 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:** *Lepidocyclina* es un género de foraminífero bentónico de la familia *Lepidocyclinidae*. En la imagen un ejemplar de *Lepidocyclina pustulosa*, proveniente de la Formación Punta Carnero (Eoceno medio), Isla de Margarita, Venezuela. El ancho del ejemplar de *Lepidocyclina* es 1 mm. Fotomicrografía de **Jhonny E. Casas**.

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



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

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

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



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

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

# COLABORADORES



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



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

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

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

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

[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)



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

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

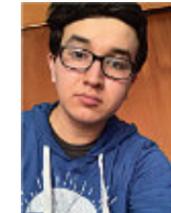
[ensilvacruz@gmail.com](mailto:ensilvacruz@gmail.com)



**María Guadalupe Cordero Palacios** es candidata para obtener el grado de maestra en ingeniería por la UNAM, geocientífica entusiasta por la divulgación en México. Se ha desempeñado como geocientífica en el área de exploración de recursos naturales en las empresas Fresnillo PLC, SGM y ha colaborado

con la Universidad Complutense de Madrid. Su principal gusto en las geociencias se centra en la geología estructural.

[lup@comunidad.unam.mx](mailto:lup@comunidad.unam.mx)



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

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

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



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



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

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

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



**Dr. Alejandro Carrillo-Chávez.** Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inició su trabajo en el Instituto Mexicano del 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](mailto:ambiente@geociencias.unam.mx)



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

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

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

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

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

[norma.olvera@atmosfera.unam.mx](mailto:norma.olvera@atmosfera.unam.mx)

## Estimados colegas y amigos, demos una cordial bienvenida a la **Dra. Norma E. Olvera Fuentes**, nueva Colaboradora Oficial de la Revista Maya de Geociencias.



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

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

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

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

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

[norma.olvera@atmosfera.unam.mx](mailto:norma.olvera@atmosfera.unam.mx)

### 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>



# OBITUARIO





La Facultad de Ingeniería lamenta  
el sensible fallecimiento del

## Dr. Guillermo Alejandro Pérez Cruz

Acaecido el viernes 29 de noviembre.

quien fue un destacado académico del Posgrado en Exploración y Explotación de Recursos Naturales, gran mentor y excelente ser humano. El doctor Pérez Cruz impartió asignaturas como Temas selectos de Geomorfología Sísmica y Evaluación de Prospectos Exploratorios, contribuyendo de manera relevante a la formación de múltiples generaciones de profesionistas. Participó activamente en proyectos de vinculación para la industria.

Asimismo, se desempeñó como gerente de Exploración en PEMEX PEP.

La comunidad de la Facultad se une al dolor que embarga a sus familiares y amistades.

# CONTENIDO

DICIEMBRE  
2024

Semblanzas.....	<a href="#">11</a>
Pioneros de las Geociencias – Tectónica.....	<a href="#">26</a>
Miscelanea de imágenes.....	<a href="#">34</a>
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	<a href="#">37</a>
Los libros recomendados.....	<a href="#">46</a>
Temas de interés.....	<a href="#">49</a>
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	<a href="#">73</a>
Notas geológicas.....	<a href="#">77</a>
<b>Misceláneos</b>	
Museos de historia natural.....	<a href="#">119</a>
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	<a href="#">120</a>
XI Convencion Ciencias de la Tierra– Cuba.....	<a href="#">122</a>
The Venezuelan American Petroleum Association.....	<a href="#">123</a>
Geological Surveys North America.....	<a href="#">124</a>
Geos UGM.....	<a href="#">125</a>
Enseñansa y comunicación de las Geociencias.....	<a href="#">126</a>
Boletin de la Sociedad Geologica Mexicana.....	<a href="#">127</a>
Caverna del Arte.....	<a href="#">128</a>
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	<a href="#">132</a>
La casa de la atmósfera.....	<a href="#">133</a>
Kartchner Caves, Arizona.....	<a href="#">134</a>
Asociaciones geológicas hermanas.....	<a href="#">135</a>

# SEMBLANZAS

**Luis Ugueto Pérez: 1868 - 1936**

**LUIS UGUETO 1868 – 1936; ENTRE LA SISMOLOGÍA Y LOS FENÓMENOS ASTRONÓMICOS: OBSERVATORIO CAGIGAL. CARACAS-VENEZUELA**

José Antonio Rodríguez Arteaga

[rodriguez.arteaga@gmail.com](mailto:rodriguez.arteaga@gmail.com)

Colaborador de la Revista Maya

## RESUMEN

El presente ensayo contiene una breve biografía de Luis Ugueto Pérez enriquecida con la revisión de por lo menos cuatro autores y sus trabajos. Ella se complementa con algunos tópicos del biografiado escasamente conocidos y raramente empleados por los investigadores de la sismología histórica venezolana de los siglos XX y lo que va del XXI, como es el caso de la “Relación de terremotos en Venezuela” publicada por Ugueto en 1935 en una Gaceta Oficial de la República, la cual constituye una novedad en tono histórico-sísmico.

Se incluyen dos relatos de fenómenos astronómicos de principios del siglo XX con sus datos: el eclipse total de sol de 1916 y el Cometa Halley en igual fecha, estudiados por Ugueto y su grupo desde la perspectiva del país. Estas singulares apariciones en el cielo de Venezuela muestran el singular comportamiento poblacional y las reacciones que ellas produjeron.

**Palabras claves:** Luis Ugueto Pérez, relación de terremotos nacionales; cometa Halley, eclipse de sol.

## BREVE BIOGRAFÍA DE LUIS UGUETO PÉREZ (1870-1936)

Nace el 1° de mayo de 1868 en la población de Maiquetía, Distrito Federal, actual estado La Guaira ubicado en la región centro-norte del país, frente al Mar Caribe y a pocos kilómetros de Caracas (Fuentes Dávila, 1988).

Integró junto a sus hermanos una abundante familia constituida por 7 hermanos, productos del matrimonio de Canuto Ugueto y Mercedes Pérez. Así sin orden particular alguno, fueron ellos: 3 hembras, Gerónima, Francisca de Paula, Nicolasa y 4 varones, Canuto, Martín, José Antonio el propio Luis y Sebastián.



Figura 1. Luis Ugueto P.

Sus estudios de enseñanza básica los realizó en su tierra natal y los de educación media en el colegio Santa María - inaugurado el 2 de octubre de 1859 y que funcionará hasta el 9 de junio de 1919- dirigido por Agustín Aveledo, ingeniero y educador quien se distinguirá por ser otro de los miembros de la intelectualidad caraqueña de la época.

En 1887 Ugueto se gradúa en la Universidad Central de Venezuela y ejerce labores de matemático, astrónomo, físico, geodesta, agrimensor y filósofo además de docente universitario Pérez-Marchelli, 1997).

Por su capacidad e intensa actividad en el Observatorio Cagigal, es considerado como uno de los pioneros de la astronomía venezolana en el siglo XIX, ejerciendo igualmente el profesorado en cálculo y astronomía, pues otra de sus pasiones fue la enseñanza. Este polifacético profesional (Figura 1) fallece en Caracas el 2 de enero de 1936 a los 66 años de edad.

## EL OBSERVATORIO CAGIGAL ENTRE LA SISMOLOGÍA Y LA ASTRONOMÍA

### La sismología en Luis Ugueto y sus consecuencias inmediatas

En el Observatorio Astronómico y Meteorológico de Caracas u Observatorio Cagigal, hará irrupción el estudio de la actividad sísmica nacional en las postrimerías del siglo XIX e inicios del XX, con el uso de los datos publicados en la prensa y ayudados con un especial instrumento, el telégrafo (Rodríguez A., 2024 en prensa digital).

La consecuencia inicial e inmediata de este ejercicio intelectual consistió en llevar una relación estadístico-sismológica del país, y el estudio de los fenómenos astronómicos y meteorológicos vistos o sucedidos sobre territorio venezolano. Tras la aprobación presidencial para el estudio de los sismos, un 22 de noviembre de 1901 a poco más de un año y un mes del terremoto caraqueño del 900', Ugueto, inicia la instalación de los primeros sismógrafos en Venezuela. Y así, a partir de la información recogida, revisada y ordenada año a año es posible hacer algunas consideraciones sobre las primeras producciones científicas en sismos con sus errores y aciertos, producto de las ideas que se manejaban en tiempos decimonónicos (Rodríguez A. José A., 2024, en prensa digital) hasta recalar en los tiempos de la formalización de un servicio sismológico auténtico promovido por Luis Ugueto (Grases, et al., 2012: 4).

En 1911, este expresaría:

(...) Las observaciones sismológicas que son de interés singular, carecen de la amplitud necesaria para obtener de ellos resultados de importancia científica y algún día práctica, por falta de sismógrafos perfectos que los de uso actual en aquel instituto [Cagigal] y por carecerse de otras estaciones sismográficas en territorio venezolano para la indispensable relación de observaciones" (...)  
(Rodríguez, A., 2024, en prensa digital)

Sin lugar a dudas se refería a instrumentos "viejos" y a la necesidad de más de una estación sismológica, pero surge una duda, ¿estaban instaladas estaciones sismológicas en Caracas?, Salvo la denominada "estación Caracas" ubicada en terrenos del Cagigal actual, se presume que esta ha sido la única, aún en pie, pese a la duda de su actual

funcionamiento en lo que va del siglo XXI. De acuerdo a Salas (1990: 17), en 1931 era evidente el deterioro que los sismógrafos Ewing de fabricación inglesa y Agamennone, italiano, instalados en 1901 necesitaban reemplazo.

Ello sería una muestra de los primeros pasos en la observación sismológica de Venezuela para el siglo XIX e inicios del XX: muy rudimentaria y en avance lento. Faltaría casi 100 años para obtener progresivamente personal técnico y universitario calificado para realizar estudios en el terreno que procurasen la investigación necesaria y productiva, sobre todo en los aspectos geológicos, ingenieriles y de aplicación, actividad realizada entrados los años 80's y 90's.

Una muestra de las capacidades que Luis Ugueto tuvo como ingeniero, astrónomo profesor universitario y practicante de la sismología ha sido volcada en una publicación que bien lo pudiera calificar como historiador sísmico y que pese a haber sido mencionada por Grases (1981:28) y Méndez (2008:34), los mismos no publicarán parcial o totalmente su contenido a pesar de su importancia (Figura 2).

**La Sismología venezolana una "ciencia subversiva" en el siglo XIX**

En los comienzos de la sismología autóctona no existían instrumentos de "medida" (Salas, 1990:1) y los primeros equipos instalados lo harán a partir de 1901, como ya ha sido expuesto, teniendo Luis Ugueto el cargo de Director (e) del Observatorio. Como interlocutor válido éste dirigirá una solicitud al Dr. Agustín Aveledo, Director del Colegio Santa María en donde el astrónomo e ingeniero civil cursará sus primeros estudios y quien a la vez era Director de la Escuela de Ingeniería.



Figura 2. Reproducción digital del encabezado de la publicación oficial en que se inserta la recopilación de Ugueto para 1935, La función de la misma, desde su entrada en vigencia, 1872, era: imprimir, publicar y difundir las decisiones jurídico-políticas emanadas de los entes oficiales. En este caso la decisión venía emanada del Ministerio de Instrucción Pública.

El primero, Luis Ugueto, solicitaría instrumental consistente en: *...termómetros para la capa terrestre [sic] y seismómetros...* Mas en resumen, no ha podido ser encontrada documentación primaria que sostenga tal afirmación pese a que se ha mostrado que los espacios de Cagigal fueron dotados de aparatos de medición sísmica luego del Terremoto de San Narciso o Terremoto de Caracas del 29 de octubre de 1900, como históricamente se le conoce.

**De las observaciones sismológicas instrumentales en Cagigal**

Una de las características importantes de las observaciones sismológicas, con que se inicia este punto es que las mismas siguen siendo un tanto oscuras pese a las referencias dadas por Olivares (1997: 17-24). Muy probablemente el autor manejó dichas observaciones como documentos primarios, pero no han podido ser encontradas; ello no es óbice para insertar unos 4 ejemplos, así:

- 1900: Sin informe al Ministerio de Instrucción Pública por razones obvias: el terremoto.
- 1902-1915: Observaciones recogidas por Ugueto en su condición de Director (e) del O. Cagigal. En las memorias del Ministerio de Instrucción Pública, MIP, en este lapso, se podía seguir el proceso de

observaciones sismológicas recogidas por Luis Ugueto (Olivares, 1997:17).

- En 1901, el MIP informa al Congreso lo siguiente: *Con satisfacción os impongo que el Observatorio continúe a cargo del ingeniero Luis Ugueto; se han hecho en este año, innovaciones importantes como son la instalación de los sismógrafos Ewing y Agamennone, instrumentos que funcionan perfectamente.*
- En 1903, continuará Ugueto informando sobre estos instrumentos de Cagigal e indica la conveniencia de instalar pequeños sismógrafos como el Agamennone en las ciudades más azotadas por las convulsiones [sic] sísmicas, y así sucesivamente hasta 1935 en que aparece publicada la Gaceta Oficial con los datos acá insertos. Necesario decir que esta red de pequeños instrumentos no fueron instalados aparentemente.

El trabajo aparentemente único es *...una compilación de datos y observaciones sismográficas pionera para este tipo de trabajos en Venezuela...* (Méndez, 2008:34), el cual no se transcribe en este ensayo por lo voluminoso, constando de 6 páginas, 337 entradas de información aproximadamente y que abarca desde el 1° de septiembre de 1530 en la página 103.084, al 10 de abril de 1935, página 103.090. Llama la atención que al inicio de esta larga compilación se encuentre como tercer subtítulo: *"Servicio Seismográfica"* (Figura 3) pues como tal, en el observatorio no existía dependencia alguna con este nombre.



Figura 3. Particular título de **Servicio Seismográfico** que muestra en su existencia una duda razonable, pues la documentación regular de Cagigal se encuentra desaparecida en su totalidad tras una veintena de años del siglo XXI. (Fuente: Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 18.651, página 103.084).

**LUIS UGUETO, EL ASTRÓNOMO**

Abordó como astrónomo que era al concluir sus estudios universitarios, multiplicidad de temas desde la Loma Quintana, sede del Observatorio Cagigal (Figura 4) estudiando dos especiales fenómenos astronómicos avistados en Venezuela: El Cometa Halley y el eclipse total de sol de 1916. Fuera del estudio de los terremotos, la

observación de fenómenos astronómicos por parte de nuestro "protagonista", serán realizados en 1916, teniendo como base el espíritu fundacional de dicha dependencia científica. Los datos acá insertos corresponden a ambos fenómenos y se complementan con anécdotas y especiales personajes.



Figura 4. Fachada norte del antiguo Observatorio Cagigal, circa 1915.

#### El cometa Halley, una cronología

Desde una de las cúpulas del Observatorio Cagigal, Luis Ugueto Pérez y el equipo que lo acompañaba, comenzaron a prepararse para ubicar y observar al cometa Halley. El mes de diciembre de 1909 iniciaron sus actividades pero debieron encarar un problema, carecían de crónicas y datos recientes que les permitieran ejecutar actividades de seguimiento reciente, una de tantas dificultades que tenía el observatorio en sus inicios. En consecuencia, procedieron al cálculo orbital del Halley utilizando crónicas antiguas.

El trabajo físico-matemático que hicieron resultó efectivo, y el 4 de febrero de 1910 fue localizado el cometa. Pese a lo limitado de los recursos, como se formuló anteriormente, el personal que acompañó al astrónomo, logró divisar por primera vez y a simple vista al cometa el 17 de abril del mismo año.

Una especial escena se vivió a medida que el cometa se acercaba. Crecía el pánico en la población atendiendo las predicciones del reconocido astrónomo francés, *Camille Flammarion*, en cuyo periódico mensual *L'Astronomie* colaboró José María Martel alrededor de 1894. Éste era comunicador social, estudioso de las ciencias naturales nacionales y afanoso investigador en sismología y

astronomía (Márquez Caro, 2010: 90). La pregunta es obvia, ¿Qué decían esas predicciones?. Las circunstancias ocasionaron que Ugueto se viera obligado a hacer una campaña periodística en donde ilustra el fenómeno en forma sencilla, demostrando lo exagerado de los temores. El 13 de mayo Don Luis y su equipo hacían esfuerzos para medir la cola del cometa y determinar su posición, pero fueron los días 18 y 19, los críticos, en los cuales se estimó la mayor magnitud y se realizaron observaciones especiales de tipo meteorológico.

Fue así que este astrónomo inicia la redacción del informe correspondiente el cual no se presentó de inmediato al carecer Cagigal de cartas estelares, indispensables para ser empleadas como referencia en el cálculo de la posición del Halley.

#### El eclipse solar de 1916 en los estudios de Don Luis Ugueto

Este fenómeno ocurrido el 6 de febrero de 1916, fue estudiada por una una comisión presidida por el propio Ugueto Pérez, la cual estaba integrada por: Francisco J. Duarte (1883-1972, matemático; Manuel V. Hernández B. (?); Francisco Gascue Anderson (?), ingeniero; Eduardo Röhl agrimensor e investigador científico (1891-1959) quien será años después director del observatorio, y los señores J. J. Navarro, Federico Linton y Juan M. Romero

Barrios, además de gran número de voluntarios apostados en diferentes ciudades de Venezuela como Barquisimeto y Cabudare, a título de ejemplo.

La población venezolana exaltada y curiosa se reunió para observar el fenómeno y ello trajo como consecuencia el poder establecer el cono de sombra según los datos recogidos entre San Antonio, La Grita y Tovar, estado Táchira al suroccidente del país; las poblaciones de Tovar y Mérida; estado Mérida; Ospino, población del estado Portuguesa; El Tocuyo y Barquisimeto, estado Lara; San Felipe, estado Yaracuy; Puerto Cabello y Tucacas del estado Falcón y las islas de Los Roques y La Orchila.

A las 10:00 de la mañana la sombra del eclipse "toca tierra" por la frontera oeste del país y después de recorrer las ciudades y pueblos citados, desaparece pasadas las 11:00 am. La oscuridad que produjo este fenómeno solar duró más de una hora y permitió que varios espectadores, como E. Röhl y F. Tomás, dibujasen las manchas solares y la corona del sol.

El informe completo fue publicado con mucho detalle llevando por título: *El eclipse total de sol del 3 de febrero de 1916 en Venezuela*. Este importante documento contó para su elaboración con la *Comisión nacional para la observación del eclipse de sol del 3 de febrero de 1916* y al título siguió su necesaria identificación: Observatorio Cajigal [sic], Ministerio de Instrucción Pública, 42 páginas

+ dibujos y diagramas. Este trabajo, fue reimpresso posteriormente por la Universidad de Michigan recibiendo los elogios del *Bulletin Astronomique*, órgano informativo de *L'Observatoire de Paris*, Francia en cuyas páginas aparecerán los comentarios que de él hiciera Fortunato Javier Devoto (1872-1941), sacerdote argentino en 1917.

No dejaría el *Boletín Astronómico - Bulletin Astronomique* en dejar constancia escrita de las actividades realizadas por la Comisión, las cuales han sido transcritas en versión libre de su idioma original, el francés, y aparece en el tomo 34, número 22137, páginas 31 y siguiente, tal como se ha transcrito y cuya portada es reproducción fiel del original (Figura 5).

ESTADOS UNIDOS DE VENEZUELA  
(Ministerio de Instrucción Pública)  
EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 3 DE FEBRERO DE 1916  
Caracas, 1916

Cette publication contient la relation des travaux faits par la Commission nommée par le Gouvernement de Vénézuéla pour l'observation de l'éclipse totale du Soleil du 3 février 1916, visible dans une large zone du territoire de cette République. L'idée de la création de cette Commission appartient au directeur de l'Observatoire

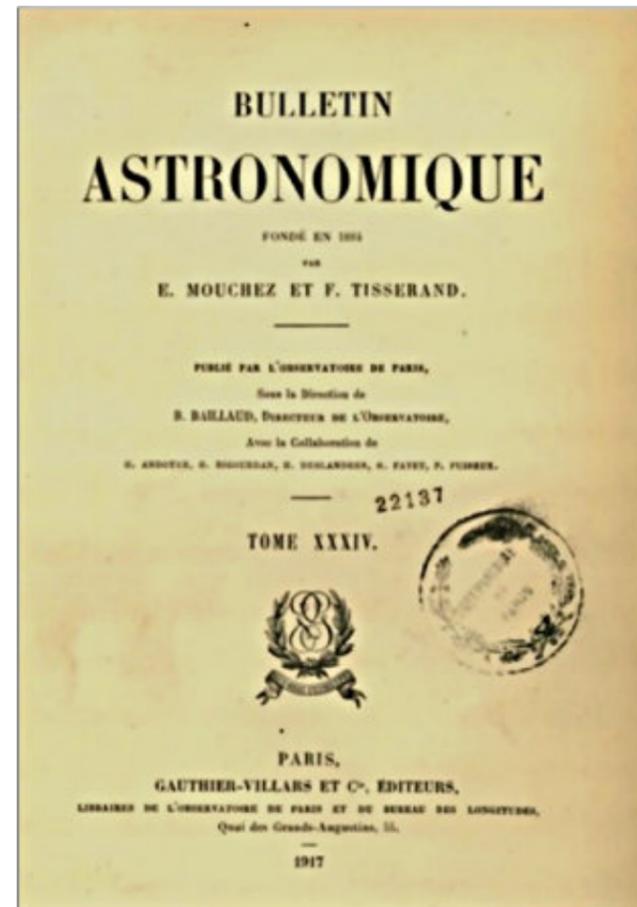


Figura 5. Portada del *Bulletin Astronomique* correspondiente al ejemplar en donde se imprimieron las observaciones de Devoto sobre el artículo: El eclipse total de sol, 1916.

Cajijal de Caracas, Louis Ugueto qui, après avoir intéressé le public dans la question par différents articles de presse, obtint du Ministre de l'Instruction publique, M. J. Guevara Rojas, la nomination d'une Commission de huit membres pour aller observer l'éclipse à Tucacas, presque au centre de la zone de totalité.

La Commission eut à sa disposition deux lunettes dont l'une de 2m de distance focale et 15 cm d'ouverture, avec monture équatoriale, un théodolite Troughton, un photomètre de Heyde, deux chronomètres, un appareil photographique avec objectif de 18 cm de diamètre, un baromètre, des thermomètres; elle réussit à observer les quatre contacts, à prendre des photographies et des dessins de la couronne et à faire une série de mesures sur la température, la pression, l'état hygrométrique de l'air, la lumière du jour pendant l'éclipse, les ombres volantes, etc.

Les écarts entre les observations et les calculs ont été de +19° et -33° pour les contacts extérieurs, de -10° et -17° pour les intérieurs: le thermomètre au Soleil s'est abaissé de 9° et la colonne barométrique est descendue, au moment de la totalité, de 0,5 mm. Les ombres volantes ont été aperçues 6 secondes avant et quelques secondes après la totalité, dit l'observateur M. Rohl elles ont montré une forme ellipsoïdale de 0,40m x 0,10 m, se succédaient à des intervalles de 0", 20 avec une vitesse de 5 m à 6 m par seconde et leur couleur rappelait celle de l'ombre que projette une traînée de fumée.

Parmi les astres visibles à l'œil nu, on n'a aperçu d'une façon certaine que Jupiter, Vénus et Véga, et pendant la totalité, une personne de vue normale a pu lire le titre de la Connaissance des Temps à la distance de 0,80 m. Le rapport, rédigé par M. Ugueto, est accompagné de 4 Tableaux et 4 graphiques des observations météorologiques du 31 janvier au 3 février, de 9 photographies de différentes phases de l'éclipse, d'un dessin de la couronne fait par MM. Hernandez et Gazcue Anderson, de différentes vues des instruments et de l'emplacement de l'Observatoire de Tucacas, et de dessins des ombres volantes et des taches solaires du 25 janvier au 3 février.

Comme Appendice, on a ajouté différents rapports envoyés par des observateurs libres tous n'ont certainement pas la même valeur et leur intérêt repose surtout sur les observations météorologiques et sur les impressions qu'ils racontent avoir eues pendant l'éclipse; un des observateurs esquisse même une théorie sur les ombres volantes qui, sans que l'auteur le soupçonne, s'approche bien de celle de Bigelow et Pickering. «Je crois, dit-il, que le phénomène est dû aux ombres des courants d'air qui circulent dans l'atmosphère et qu'il n'est pas possible d'apercevoir dans d'autres circonstances à cause de l'excessive intensité des rayons solaires.

F. DEVOTO.

### ANÉCDOTAS MERIDEÑAS

Tulio Febres Cordero, acusioso investigador emeritense describe su experiencia y la reacción de su pueblo ante el eclipse total de sol de 1916 el cual fue visible en la capital del estado y en algunas poblaciones. Don Tulio transcribe en párrafos aislados sobre el fenómeno astronómico, el eclipse lo que a continuación sigue :

*“Momentos antes de eclipsarse por completo, ya el sol apenas despedía por entre la tenue neblina una luz indefinible, distinta de la que vierte moribundo desde el ocaso, en su diaria carrera, nada de arreboles ni celajes, ningún cambiante de hermosa luz crepuscular ni de caprichosos colores: era una luz amarillenta, de cirio funerario, conmovedora y triste, últimos reflejos de un sol agonizante. En estos momentos próximos a la gran crisis, silenciosamente empezó la alarma. Personas de todas clases, aún aquellas perfectamente instruidas en la materia, dejaron sus oficios unas, y otras abandonaron los corrillos formados en los establecimientos y en la calle, penetradas de lo excepcional del caso y de la honda impresión que causaría, y todos volvían a sus casas, a esperar la plenitud del fenómeno al lado de sus familias. La noche artificial se acercaba en medio de la más viva expectación. Acaso por efecto de la niebla, sobrevino algo como un súbito resplandor no muy intenso, uno como postrer aliento del Padre de la Luz; y en seguida, las tinieblas cubrieron la tierra. Había llegado el momento más sublime del fenómeno. Brillaron por entre la niebla algunas estrellas; resonaron aquí y allá voces, gritos, exclamaciones de profunda sorpresa, y ruidos confusos de cerrar de puertas y pasos precipitados. Rayos de luz artificial salieron de algunas casas y establecimientos prevenidos contra la oscuridad, a tiempo que en el seno de algunos hogares manos trémulas por la angustia, manos de mujeres sencillas encendían la vela bendita de Candelaria, o rezaban de rodillas la oración de las grandes tribulaciones el popular Trisagio, pues no era poco lo que veían por vez primera en su vida. ¡Apagado el sol en la mitad del cielo!... Un disco negro encerrado en un anillo de plata muy delgado, era cuanto quedaba a la simple vista del astro esplendente del día. Pero como todo no ha de ser rigor, el amanecer después de esta brevísima noche, fue de gran efecto. Apareció de pronto como un espléndido lucero al lado del cadáver del sol, un foco titilante y hermoso, que alegró el firmamento, derramando a torrentes la blanca luz de las estrellas, luz que fue lentamente tornándose en dorados e intensos reflejos, hasta verse ya distintamente la primera parte del sol libre de sombra. Era la resurrección del astro muerto, la brillante aurora del nuevo día, que llenó de gozo los corazones e hizo volver el color y la sonrisa a muchos rostros atribulados; y todo mundo se entregó a la gran crónica, que dura y durará por luengos días. De los pueblos vecinos, han llegado noticias más o menos interesantes. En el Morro, los vecinos se refugiaron en el templo, llenos de espanto. En Mucuchíes, la conmoción general fue tan*

*sensible, que las campanas tocaron a plegaria, a fin de que el pueblo acudiese al templo para tranquilizarlo....”*

### A MANERA DE CONCLUSIÓN

Una visión transversal de las actividades científicas emprendidas por Luis Ugueto Pérez, remite tanto a la instrumentación sismológica en el Observatorio Cagigal como a la adquisición de instrumentos nuevos para su uso, llevándose en ello poco más de una treintena de años de labor personal y profesional en las que se puede incluir todo tipo de actividades, pese a las serias limitaciones que en cualquier orden tuvo dicha dependencia y su personal. Ugueto vivirá y trabajará hasta 1936 cuando fallece. 39 años de servicios dedicado a la ciencia, escribiendo, investigando, asesorando, elaborando cartografía física y política de Venezuela; la determinación fronteriza del territorio nacional; la creación de una red de estaciones meteorológicas cuyas experiencias sirvieron a modo de guía en otras partes del orbe.

En síntesis, Don Luis Ugueto bien puede ser calificado como un individuo integral cuyo prodigioso intelecto no deja dudas. Con apenas la información aquí presentada es muestra de la fenomenología sísmico-astronómica que practicó y que legó a las generaciones por venir.

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

**PÉREZ MARCHELLI, H.** 1997. *Luis Ugueto Pérez*, Diccionario, <https://diccionariofep.fundacionempresaspolarg.org/dvd/entradas/u/uguetoperezluis/>, [Documentación en línea], (consulta: octubre 25, 2024).

**SALAS, H.** 1988. *Primeros sismógrafos en Venezuela*. Memorias del V Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. (reimpreso en el *Boletín de la*



**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

*Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias*. 39 (1990): 1-6.

**FUENTES DÁVILA, R.** 1988. *Astrobiografías*. Luis Ugueto Pérez. <<http://www.tayabeixo.org/biografias/uguetoh.htm>> [Documentación en línea] (31 agosto, 2023).

**GACETA OFICIAL DE LOS ESTADOS UNIDOS DE VENEZUELA - MINISTERIO DE INSTRUCCIÓN PÚBLICA.** 1935. *Relación de terremotos en Venezuela*, Año LXIII, Mes VIII, N° 18.651.

**MÉNDEZ, N.** 2008. *Adiós techos rojos, hola bulldozers: ingeniería y cambio modernizador en Venezuela de 1923 a enero de 1958*. Rev. Fac. de Ing., Universidad Central de Venezuela, Caracas, 23(1): 31-47

**MARQUEZ CARO, H.** 2010. *Historia de la contabilidad (teneduría de libros)* en Venezuela. Periodo 1830-1930, Barquisimeto, estado Lara. 166pp.

**OLIVARES, ALBERTO E.** 1997. Datos históricos sobre las observaciones sismológicas y normas sísmicas en Venezuela. *Diseño Sismorresistente. Especificaciones y criterios empleados en Venezuela*. (Grases. J., coord.), Vol. XXXIII, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 662 pp.

**GRASES, J.; GUTIÉRREZ, A. Y SALAS RAFAEL J.** 2012. *Historia de la ingeniería estructural en Venezuela. La ingeniería sísmo-resistente*, Cap. VII, (sin paginación), <http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/libros.php>, [Documentación en línea] (julio 18, 2012). (página fuera de acceso a internet).

**RODRÍGUEZ A., J. A.** 2024. *Pioneros de la sismología del siglo XIX, una visión personal*. Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, (en impresión digital).

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.artega@gmail.com](mailto:rodriguez.artega@gmail.com)

# Vincenzo Costanzo Alvarez

**EL PROFESOR VINCENZO COSTANZO - ALVAREZ**  
**Ejemplo de una continua y dilatada carrera profesional en las geociencias Su legado en la aplicación de la geofísica en impacto ambiental y riesgos de salud**

**Marianto Castro Mora**  
notasgeologiavenezuela@gmail.com

## RESUMEN

El profesor Vincenzo Costanzo – Alvarez es un ejemplo de devoción y dedicación en el ámbito de las geociencias en Venezuela. A lo largo de sus 32 años de distinguida carrera académica, en las aulas de la Universidad Simón Bolívar, localizada en el Valle de Sartenejas en Caracas, Venezuela, contribuyó no solo en la formación de numerosas generaciones de geocientíficos, sino que investigó y contribuyó con numerosas publicaciones relacionadas a la aplicación del paleomagnetismo a diferentes estudios geológicos. Posterior a su jubilación, ha continuado su vida profesional aplicando toda su experiencia para entender y tratar de resolver problemas ambientales y su impacto social y de salud en las comunidades de nativos originarios de Canadá y en comunidades remotas. El equipo multidisciplinario de trabajo del profesor Vincenzo Costanzo – Alvarez ha logrado integrar la ciencia y la cultura originaria indígena de estas poblaciones para tratar de resolver problemas y brindar bienestar a sus habitantes.

A lo largo de este escrito, se realiza una sinopsis de las diferentes etapas de trabajo de investigación, labor docente, científica y social del profesor Vincenzo Costanzo – Alvarez a través de los años, así como de su legado en la aplicación de la geofísica en impacto ambiental y riesgos de salud.

## ABSTRACT

Professor Vincenzo Costanzo – Alvarez is an example of devotion and dedication in the field of geosciences in Venezuela. Throughout his 32-year distinguished academic career, in the classrooms of the Universidad Simón Bolívar, located in the Sartenejas Valley in Caracas, Venezuela, he contributed not only to the training of numerous generations of geoscientists, but also researched and contributed to numerous publications related to the application of paleomagnetism to different geological studies. After his retirement, he has continued his professional life applying all his experience to understand and try to solve environmental problems and



their social and health impact in the native communities of Canada and in remote communities. The multidisciplinary work team of Professor Vincenzo Costanzo – Alvarez has managed to integrate science and the indigenous culture of these populations to try to solve problems and provide well-being to their inhabitants.

This paper presents a synopsis of the different stages of research work, teaching, scientific and social work of Professor Vincenzo Costanzo – Alvarez over the years and his legacy in the application of geophysics in environmental impact and health risks.

**Palabras claves:** física, geofísica, investigación, impacto ambiental, salud

**Key Word:** physics, geophysics, research, environmental impact, health

## INTRODUCCION

Vincenzo Costanzo - Alvarez es un físico graduado en la Universidad Simón Bolívar en Caracas, Venezuela en el año 1982. Posee una maestría de La Universidad de Toronto en el año 1987 y un doctorado en física, especialidad geofísica, en la misma universidad en Canadá, en el año 1991. Detenta un certificado de postgrado, MBA, Gestión de Proyectos y Responsabilidad Social Corporativa de la Universidad de Santiago de Compostela, España.

## ETAPA COMO PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR, CARACAS, VENEZUELA

Vincenzo, comenzó a trabajar en la Universidad Simón Bolívar luego de graduarse de físico en esta casa de estudios. Trabajó como profesor permanente a tiempo completo durante 32 años hasta alcanzar su jubilación. Durante su trayectoria académica como profesor titular de geofísica en esta universidad realizó pasantías como

Científico Visitante, Investigador y Profesor en la Universidad de Edimburgo, Reino Unido; Universidad de Santiago de Compostela, España y en la Universidad de Buenos Aires en Argentina. Durante esta fructífera etapa publicó numerosos artículos en revistas científicas y liderizó varios proyectos de investigación y desarrollo en exploración petrolera y estrategias de responsabilidad social corporativa aplicadas al desarrollo sostenible del sector energético.

Su área de investigación se centró en la caracterización cercana a la superficie de los yacimientos de hidrocarburos mediante el estudio de las firmas

magnéticas (paleomagnetismo) y geoquímicas producidas por la microfiltración de petróleo y gas a través de los medios porosos de los estratos suprayacentes. También trabajó en la construcción de metamodelos paleoclimáticos y litológicos aplicando técnicas no lineales y herramientas de aprendizaje automático para analizar datos magnéticos, petrofísicos e isotópicos. Como consultor externo participó en proyectos relacionados con la reevaluación de campos petroleros maduros como fuentes de energía geotérmica y en el diseño y construcción de un sistema de biogás industrial. Ver la bibliografía del profesor Vincenzo Costanzo – Alvarez en el Anexo A.



Figura 1: Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela.

## ETAPA INMEDIATAMENTE POSTERIOR A SU JUBILACION

Luego de su jubilación, Vincenzo trabajó en Ecuador aproximadamente 1 año, dictando clases de Geología del Petróleo en la Escuela Superior Politécnica del Litoral conocida por sus siglas ESPOL, la cual es una universidad pública ubicada en Guayaquil, provincia del Guayas en Ecuador. La ESPOL cuenta con cinco facultades o escuelas, quince centros de investigación y varios centros asociados que imparten veintiséis títulos de pregrado y diez de maestría.

Posteriormente, en Julio del 2019, aceptó unirse al Laboratorio ATOMS (Optimización, Modelado y Simulación Térmica de Fluidos) en la Universidad de Toronto en Canadá como Senior Research Associate. Este laboratorio cuenta con cuatro áreas mayores de especialización: 1) Fenómenos de transporte a escala

nanométrica; 2) baterías y cargadores para vehículos eléctricos; 3) bioingeniería y dispositivos biomédicos; 4) sistemas energéticos y contaminación del suelo y del agua, siendo esta última el área en que Vincenzo ha concentrado su investigación.

## ETAPA DE APLICACIÓN DE LA GEOFISICA EN IMPACTO AMBIENTAL Y RIESGOS DE SALUD

En la actualidad, el trabajo de Vincenzo se basa en el modelado numérico de la migración de lixiviados y gases en rellenos sanitarios. El estudio tiene como objetivo obtener una tomografía de conductividad 3D para monitorear el movimiento y migración de contaminantes en el subsuelo. También busca cuantificar la sinergia entre las emisiones superficiales de metano y las acumulaciones de lixiviados en profundidad mediante herramientas de optimización y estadísticas.



Figura 2: Vincenzo Costanzo – Alvarez, Christina Cheng y Vincenzo Luciano Costanzo en la Conferencia Canadiense de Ingeniería Química 2024. Foto tomada del portal internet de Atoms Laboratory, University of Toronto.

<https://atoms.mie.utoronto.ca/>

Las comunidades de nativos del norte de Canadá, denominados “Canadian First Nations”, se están viendo afectadas por fuentes de contaminación, supuestamente vinculadas a problemas serios de salud. Los registros ambientales en los informes de calidad del agua de las comunidades son insuficientes para que los líderes de la colectividad tomen decisiones de planificación territorial. Es allí donde la geofísica y el trabajo multidisciplinario cobran importancia al realizar estudios geoeléctricos en un vertedero. Los volúmenes de isoresistividad e isocargabilidad resultantes de los niveles máximos de contaminación representan cuatro cuerpos anómalos hidrogeológicos que delimitan la extensión actual de la zona de impacto del vertedero de corteza. La información litoestratigráfica y de calidad del agua limita el análisis de estas anomalías. Los valores de resistividad y cargabilidad están asociados principalmente con la composición de los desechos y la distribución de metales en el subsuelo saturado. La conductividad hidráulica relacionada con la fractura en arcillas limosas controla el flujo oriental de los contaminantes en el agua subterránea. Una secuencia de mapas de datos hidrogeoquímicos integrados ilustra la migración del lixiviado a través de una sobrecarga superior y acuíferos de lecho rocoso. Los mapas de concentración de metales apilados muestran tendencias similares a los datos geoeléctricos extrapolados cuando se contrastan en cortes que intersecan los cubos de resistividad e IP a dos profundidades de detección. Los compuestos de hidrocarburos de petróleo cancerígenos también podrían desempeñar un papel en las anomalías geoeléctricas observadas.

Este es el primer estudio geofísico que trata de entender los problemas ambientales y epidemiológicos de una comunidad de nativos en Canadá. Es de vital importancia, pues marca la acción interdisciplinaria de intercambio

sincrético, no jerárquico, entre las prácticas de ingeniería ambiental basadas en la geociencia y el conocimiento indígena.

El equipo de investigación aborda las necesidades identificadas por la comunidad y mantiene el valor cualitativo y contextual en la agenda de investigación. Los círculos de conversación con la comunidad han guiado los esfuerzos para recopilar, manejar, integrar y comprender los datos hidrogeoquímicos y geofísicos. De este modo, se construye una base de conocimiento culturalmente apropiada para capacidades de monitoreo ambiental autosuficientes con la comunidad para garantizar decisiones informadas sobre la tierra. La sostenibilidad del marco propuesto depende de la no invasividad y el bajo costo de las herramientas ambientales y de ingeniería utilizadas, la transparencia de los resultados comunitarios obtenidos y su escalabilidad a otras comunidades de nativos.

El profesor Vincenzo Costanzo - Alvarez es un ejemplo de una vida dedicada a la enseñanza de numerosas generaciones de geocientíficos y de su legado de vida, aún posterior a su jubilación, manteniendo una carrera profesional y demostrando que la geofísica tiene aplicación ambiental, social y de salud pública. El enfoque metodológico que viene desarrollando el equipo de trabajo de Vincenzo está ayudando a comunidades remotas en Canadá y podría tener aplicaciones en otras áreas del planeta.

En el Anexo B, se presenta los trabajos presentados por Vincenzo y su equipo de trabajo, los cuales invito a leer por su importancia geocientífica y de aplicación concreta para evaluar los contaminantes ambientales mediante la integración interdisciplinaria de métodos de geociencias y enfoques de intercambio de conocimientos indígenas



Figura 3: Vincenzo Costanzo – Alvarez en trabajo de campo al norte de Ontario, Canadá.



Figura 4: Cable de 400 metros del tendido eléctrico. Junto a la banderola se puede apreciar el electrodo clavado en el suelo que se conecta cada 5 metros

centrados en la cultura. El impacto de estos trabajos geofísicos es tal que han sido publicados en revistas de impacto social, tecnología e innovación ambiental y de aplicación de algoritmos.

**AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, es un honor para la autora resaltar el trabajo que viene desarrollando el profesor Vincenzo Costanzo – Alvarez en la Universidad de Toronto en Canadá posterior

a su jubilación como profesor de la Universidad Simón Bolívar en Caracas, Venezuela. Su capacidad de trabajo, liderazgo, compromiso y valores son encomiables, dignos de admiración, respeto y un ejemplo para las futuras generaciones de geocientíficos. Igualmente, destaco su experiencia como aporte científico de innovación y aplicación práctica dentro de los diferentes equipos de trabajo.

Toda mi gratitud a Elizabeth Hernández y Omar Colmenares por leer los borradores y realizar las respectivas sugerencias y correcciones.

**ANEXO A**

Lista de publicaciones durante su etapa académica en la Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela (32 años) y en la Escuela Superior Politécnica del Litoral conocida por sus siglas ESPOL (1 año), ubicada en Guayaquil, provincia del Guayas en Ecuador.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DUNLOP, D. J. 1988. **Paleomagnetic evidence for post-2.55 Ga tectonic tilting and 1.1 Ga reactivation in the southern Kapuskasing structural zone, Ontario**, Journal of Geophysical Research, Jan 1, 1988.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DUNLOP, D. J. 1993. **Paleomagnetism of the Uairen Formation, Roraima Group, South-eastern Venezuela: evidence for one of the oldest (Middle Proterozoic) depositional remanent**, Canadian Journal of Earth Sciences 30, Jan 1, 1993.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DUNLOP, D. J. 1993. **Paleomagnetism of alkaline complexes and remagnetization in the Kapuskasing Structural Zone, Ontario, Canada**, Journal of Geophysical Research, March 10, 1993.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DUNLOP, D. J. 1993. **Paleomagnetism of the Red Lake greenstone belt, north-western Ontario: possible evidence for the timing of gold mineralization**, Earth and Planetary Science Letters, Jan 1, 1993.

SYMONS, D.T.A.; LEWCHUK, M.T.; DUNLOP, D.J.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; HALLS, H.C.; BATES, M.P.; PALMER, H.C.; VANDALL, T.A. 1994. **Synopsis of Paleomagnetic studies in the Kapuskasing Structural Zone**, Canadian Journal of Earth Sciences, Jan 1, 1994.

COSTANZO - ALVAREZ, V. 1994. **Results of a new method of magnetic granulometry applied to Precambrian anorthosite samples**, Acta Científica Venezolana No. 45, pp. 62-70, Jan 1, 1994.

MIRON VADESPINA, O.E.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 1997. **Paleomagnetic and Rock Magnetic evidence for Inverse Zoning in the Parguaza Rapakivi Granite (South-western Venezuela) and its implications about tectonics of the Guyana Shield**, Precambrian Research, V. 85, pp. 1-25, Jan 1, 1997.

ALSANA, M.; SUAREZ, N.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 1998. **Relaxations in complex materials: Thermally Stimulated Depolarization Currents (TSDC) technique applied to a lithological problem**, Proceedings of the Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 256 – 260, Jan 1, 1998.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DUNLOP, D. J. 1998. **A Regional Paleomagnetic Study of Lithotectonic Domains in the Central Gneiss Belt, Grenville Province, Ontario**, Earth and Planetary Science Letters, V. 157, pp. 89-103, Jan 1, 1998.

SUAREZ, N.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 1999. **TSDC study of a sedimentary sequence in North-eastern Venezuela, Radiation Effects and Defects in Solids**, No. 151, pp. 57-63, Jan 1, 1999.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; SUAREZ, N.; GAGO, J.L.; WILLIAMS, W. 1999. **Rock Magnetic and Dielectric characterizations of a formational contact in Cretaceous strata (Eastern Venezuela)**, Physics and Chemistry of the Earth, V. 24, No. 9, pp. 763 - 771, Jan 1, 1999.

ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; VITIELLO, D.; COLMENARES, L.; GOMEZ, G. 1999. **Framboidal Magnetic Minerals and their possible association to Hydrocarbons: La Victoria oil field (South-western Venezuela)**, Geofísica Internacional, V. 38, No. 3, pp. 137-152, Jan 1, 1999.

COSTANZO - ALVAREZ, V. 1999. **Estudios Paleomagnéticos y de Magnetismo de Rocas aplicados a la industria petrolera en Venezuela (Paleomagnetic and Rock Magnetic studies applied to the Venezuelan Oil Industry)**, Revista Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, No. 51, pp. 124-149, Jan 1, 1999.

SUAREZ, N.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 1999. **Confining effects in dielectric relaxations of water aggregates in rock samples from a lithological contact at two different locations (Northeastern Venezuela)**, Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 99 – 103, Jan 1, 1999.

COSTANZO - ALVAREZ, V. 1999. **A preliminary Archeomagnetic study of prehistoric Amerindian pottery from Venezuela**, Interciencia, No 5, pp. 293-299, Jan 1, 1999.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; ARISTEGUIETA, O.; MARCANO, M.C.; ACONCHA, E. 2000. **Study of magnetic contrasts in the Guafita oil field (South-western Venezuela)**, Physics and Chemistry of the Earth, V. 25, No. 5, pp. 437 – 445, Jan 1, 2000.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; WILLIAMS, W.; PILLOUD, A.; MIRON, O.; ALDANA, M. 2000. **Paleomagnetic Results of Remagnetized Mid-Cretaceous (Albian-Cenomanian) strata of northeastern Venezuela**, Geophysical Journal International, V. 41, No. 2, pp. 337-350, May, 2000.

C.; ALDANA, M.; ARISTEGUIETA, O.; MARCANO, M.C.; ACONCHA, E. 2000. **EPR and magnetic susceptibility studies in well samples from some Venezuelan oil fields**, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 25, No. 5, pp. 437 – 445, Jan 1, 2000.

CRUX, J.; PILLOUD, A.; CANACHE, M.; FARIAS, A.; PIEMONTE, C.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2000. **Comparison of published time scales, Paleocene - Miocene: are the differences between scales significant for oil exploration**, Proceedings of the VII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas, Caracas, Venezuela, pp. 37-51, Jan 1, 2001.

GONZALEZ, F.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; DIAZ, M.; ROMERO, I. 2002. **An integrated Rock Magnetic and EPR study in soil samples from a Hydrocarbon prospective area**, Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 27, No. 25 – 31, pp. 1311 – 1317, Jan 1, 2002.

DIAZ, M.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; SILVA, P. 2003. **Susceptibilidad Magnética y RPE aplicadas al estudio de yacimientos petroleros**, CIENCIA, Vol. 11, No.3, pp. 209-212, Jan 1, 2003.

ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; DIAZ, M. 2003. **Magnetic and Mineralogical Studies to Characterize Oil Reservoirs in Venezuela**, The Leading Edge, Vol. 22, No.

6, pp. 526-529, Jan 1, 2003.

ALDANA, M.; DIAZ, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; GONZALEZ, F.; ROMERO, I. 2003. **EPR studies in soil samples from a prospective area at the Andean Range, Venezuela**, Revista Mexicana de Física, Vol. 49, Suplemento: 3, pp. 4 – 6, Jan 1, 2003.

SUAREZ, N.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; MENDOZA, J. 2003. **Dynamical properties of water relaxations at a gradational lithological contact between different types of porous sedimentary rocks**, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 328, No. 1 – 3, pp. 20 – 30, Jan 1, 2003.

JACOME, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; IZARRA, C.; MIRON – VALDESPINO, O. 2004. **Gravimetric modeling of the Parguaza granitic intrusion, Guyana Precambrian Shield, southwestern Venezuela, using geochronological constraints**, Geofísica Internacional, Vol. 43, No. 3, pp. 383-393, Jan 1, 2004.

AYALA CALVO, R. C.; VELOZA FAJARDO, G. E.; BAYONA, G.; GOMEZ CASALLAS, M.; RAPALINI, A. E.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; CORTES, M. 2005. **Paleomagnetismo y mineralogía magnética en las unidades del Mesozoico de Bucaramanga y Macizo de Floresta**, Geología Colombiana, No. 30, pp. 49 – 66, Jan 1, 2005.

BAYONA, G.; RAPALINI, A. E.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; RONCANCIO, J. 2005. **Paleomagnetismo y Mineralogía Magnética en rocas de la Fm. Saldaña y unidades Cretácicas suprayacentes en la parte norte del Valle Superior del Magdalena**, Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander, Vol. 27, No. 2, pp. 69 – 85, Jan 1, 2005.

BAYONA, G.; RAPALINI, A.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2006. **Preliminary dielectric and rock magnetic results for a set of Prehistoric Amerindian pottery samples from different Venezuelan Islands**, Earth, Planets and Space, Vol. 58, pp. 1423 - 1431, Jan 1, 2006.

BAYONA, G.; RAPALINI, A.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2006. **Paleomagnetism in Mesozoic rocks of the northern Andes and its implications in Mesozoic tectonics of northwestern South America**, Earth, Planets and Space, Vol. 58, pp. 1255-1272, Jan 1, 2006.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; DIAZ, M.; BAYONA, G.; AYALA, C. 2006. **Hydrocarbon-induced magnetic contrasts in some Venezuelan and Colombian oil wells**, Earth, Planets and Space, Vol. 58, pp. 1401 – 1410, November 2006.

OTAMENDI, A. M.; DIAZ, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; PILLOUD, A. 2006. **EPR stratigraphy applied to the study of two marine sedimentary sections in southwestern Venezuela**, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 154, No. 3 – 4, pp. 243 – 254, March 2006.

DIAZ, M.; ALDANA, M.; JIMENEZ, S. M.; SEQUERA, P.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2006. **EPR and EOM studies in well samples from some Venezuelan oil fields: correlation with magnetic authigenesis**, Revista Mexicana de Física, Vol. S52, No. 3, pp. 63 – 65, Mayo 2006.

SUAREZ, N.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; SEQUERA, P. 2006. **Dielectric study of plasticization and antiplasticization effects in Cretaceous samples from eastern and western Venezuela**. Revista Mexicana de

Física, Vol. S52, No.3, pp. 81 – 84, Mayo 2006.

RADA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; CAMPOS, C. 2008. **Rock magnetic and Petrographic characterization of Prehistoric Ameridian Ceramics from the Dos Mosquises Island (Los Roques, Venezuela)**, Interciencia, Vol.33, No. 2, pp. 129 – 134, February 2008.

GUZMAN, O.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; DIAZ, M. 2009. **Evidencias Magnéticas de posibles acumulaciones de hidrocarburos no exploradas, en muestras de pozos secos, someros y viejos, en la Cuenca Oriental de Venezuela**, Proceedings of the X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas, Cartagena, Colombia, Jan 1, 2009.

DA SILVA, A.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; HURTADO, N.; ALDANA, M.; BAYONA, G.; GUZMAN, O.; LOPEZ – RODRIGUEZ, D. 2010. **Possible correlation between Miocene global climatic changes and magnetic proxies, using neuro fuzzy logic analysis in a stratigraphic well at the Llanos foreland basin, Colombia**. Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 54, pp. 607 – 631, December 2010.

DUNLOP, D. J.; OZDEMIR, O.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2010. **Magnetic Properties of Rocks of the Kapuskasing Uplift (Ontario, Canada) and Origin of Long-Wavelength Magnetic Anomalies**, Geophysical Journal International, Vol. 183, No. 2, pp. 645 – 658, November 2010.

DA SILVA, A.; HURTADO, N.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M. 2010. **Correlation Between Miocene Global Climatic Changes and Magnetic Properties Using Neuro Fuzzy Logic Analysis**, Proceedings of the 72nd European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE) Conference & Exhibition, Barcelona, Spain, June 2010.

GUZMAN, O.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; DIAZ, M. 2011. **Study of magnetic contrasts applied to hydrocarbon exploration in the Maturin sub-basin (Eastern Venezuela)**, Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 55, pp. 359 -376, May 2011.

RADA TORRES, M. A.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; SUAREZ, N.; CAMPOS, C.; MACKOWIAK – ANTCZAK, M. M.; BRANDT, M. C. 2011. **Petrographic, Rock Magnetic and Dielectric characterization of prehistoric Amerindian potsherds from Venezuela**, Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 55, pp. 717-736, September 2011.

ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; GOMEZ, L.; GONZALEZ, C.; DIAZ, M.; SILVA, P.; RADA, M. 2011. **Identification of magnetic mineralogies associated to hydrocarbon microseepage applying the DSA method to IRM curves from Venezuelan oil fields**, Studia Geophysica et Geodaetica, Vol. 55, pp. 343 – 358, May 11, 2011.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; BAYONA, G.; LOPEZ – RODRIGUEZ, D.; BLANCO, J. A. 2012. **Rock Magnetic Characterization of Early and Late Diagenesis in a Stratigraphic well from the Llanos Foreland Basin (Eastern Colombia)**, In: Remagnetization and Chemical Alteration of Sedimentary Rocks, Geological Society, London, Special Publications, Vol. 371, pp. 199-216, September 20, 2012.

PERALTA, A.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; CARRILLO, E.; DURAN, L. E.; ALDANA, M.; REY, D. 2013. **Numerical relationships between magnetic parameters measured in Quaternary sediments and global paleoclimatic proxies**, Geophysica et Geodaetica, Vol. 57, pp. 647-668, October 19, 2013.

EMMERTON, S.; MUXWORTHY, A. R.; SEPHTON, M. A.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; BAYONA, G.; WILLIAMS, W. 2013. **Correlating biodegradation to magnetization in oil bearing sedimentary rocks**, *Geochimica et Cosmochimica*, Vol. 112, pp.146-165, July 1, 2013.

HURTADO, N.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; LOPEZ - RODRIGUEZ, D.; ALDANA, M.; BAYONA, G. 2013. **Characterization of Lithostratigraphic Units using Neuro Fuzzy System Analyses Applied to Rock Magnetic Data**, *Proceedings of the 2nd International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, Barcelona, Spain, Vol. 1, pp. 686-689, Jan 1, 2013.

CAMACHO, V.; LOPEZ - RODRIGUEZ, D.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; HURTADO, N.; BAYONA, G. 2013. **A neuro fuzzy approach to recognize rock magnetic and lithological patterns in a stratigraphic well from the Llanos Foreland Basin (Colombia)**, *Studia Geophysica et Geodaetica*, Vol. 57, pp. 669-691, November 12, 2013.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M. 2016. **Porosity applying equations based on Fractal Theory in wells from the Maracaibo Lake (Venezuela) and the Teapot Dome Field (United States)**, *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, Vol. 31, No. 1, Jan 1, 2016.

AREVALO GROENING, J. A.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; CARRILLO, E.; AUDEMARD, F. 2017. **Magnetic record of El Niño Southern Oscillation in Late Pleistocene sediments from Mucubají Lake (western Venezuela)**, *Studia Geophysica et Geodaetica*, Vol. 61, pp. 336-360, February 24, 2017.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; DEVESA - REY, R.; ALDANA, M.; BARRAL, M. T.; LOPEZ - RODRIGUEZ, D.; ANDRADE, B. 2017. **Magnetic Properties of surface sediments as proxies of recent anthropogenic pollution in the Anllóns riverbed (NW Spain)**, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 76, Article 454, June 30, 2017.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; KRYACZKA, GUERRA, J.; ALDANA, M.; BOLIVAR, D.; GUZMAN, J. C. 2017. **A preliminary rock magnetic characterization of Fe-oxides synthesized by co-precipitation of Fe ions in Aloe vera**, *Latinmag Letters*, Vol. 7, No. 7, pp. 1 - 18, Jan 1, 2017.

COSTANZO - ALVAREZ, V.; RAPALINI, A. E.; ALDANA, M.; DIAZ, M.; KIETZMANN, D.; IGLESIA - LLANOS, M. P.; CABRERA, A.; LUPPO, T.; VALLEJO, M. D.; WALTHER, A. M. 2019. **A combined rock-magnetic and EPR study about the effects of hydrocarbon-related diagenesis on the magnetic signature of oil shales (Vaca Muerta Formation, southwestern Argentina)**, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 173, pp. 861 - 879, February 2019.

IRURZUN, M. A.; PALERMO, P.; GOGORZA, C. S. G.; SINITO, A. M.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; OHLENDORF, C.; ZOLITSCHKA, B. 2020. **Testing lake-level reconstructions based on rock magnetic proxies for the sediment record of Laguna Cháltel (Patagonia, Argentina)**, *Quaternary Research*, Vol. 95, April 6, 2020.

DE LA ROSA, R.; ALDANA, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; YEPEZ, S.; AMON, C. 2020. **The surface expression of**

**hydrocarbon seeps characterized by satellite image spectral analysis and rock magnetic data**, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 106, March 2021.

SIRAVO, G.; SPERANZA, F.; MULAS, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V. 2021. **Significance of Northern Andes Terrane Extrusion and Genesis of the Interandean Valley: Paleomagnetic Evidence From the "Ecuadorian Orocline"**, *Tectonics AGU Journal*, Jul 2, 2021.

#### **ANEXO B**

Lista de publicaciones durante la etapa de aplicación de técnicas geofísicas al entendimiento de problemas ambientales y su impacto en comunidades de nativos originarios de Canadá y comunidades remotas en la Universidad de Toronto desde Julio del 2019.

JACOME, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; PATRASCOVIK, P.; DRIELSMA, C.; GALATRO, D.; AMON, C. 2020. **A methodology to characterize a sanitary landfill combining, through a numerical approach, a geoelectrical survey with methane point-source concentrations**, *Environmental Technology and Innovation*, Vol. 21, February 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235218642031525X>

COSTANZO - ALVAREZ, V.; MENDOZA, J.; ALDANA, M.; JACOME, M.; DIAZ, M.; RAMIREZ, K.; AMON, C. H. 2022. **Comparing Direct Numerical Modeling Predictions with Field Evidence for Methane Vertical Microseepage in Two Geological Settings**, *Front. Earth Sci., Sec. Geomagnetism and Paleomagnetism*, Vol. 10, Aug 8, 2022. <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2022.940799/full>

COSTANZO - ALVAREZ, V.; ALDANA, M.; TRIGO - FERRE, R.; JACOME, M.; GALATRO, D.; IZARRA, C.; AMON, C. H. 2022. **Combining a geoelectrical survey with integrated groundwater quality data to map the spatial distribution and temporal variations of a leachate plume in a closed landfill (Southern Ontario, Canada)**, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 81, Article Number 498, Oct 15, 2022. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-022-10622-3>

GALATRO, D.; TRIGO - FERRE, R.; NAKASSHOOK - ZETTLER, A.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; JEFFREY, M.; JACOME, M.; BAZYLAK, J.; AMON, C.H. 2023. **Framework for Evaluating Potential Causes of Health Risk Factors Using Average Treatment Effect and Uplift Modelling**, *Algorithms* 2023, Vol. 16, No. 3, March 19, 2023. <https://www.mdpi.com/1999-4893/16/3/166>

GALATRO, D.; JACOME, M.; JEFFREY, M.; COSTANZO - ALVAREZ, V.; BAZYLAK, J.; AMON, C. H. 2023. **A non-hierarchical syncretic framework to assess environmental contaminants by interdisciplinary integration of geoscience methods and culturally-centred Indigenous knowledge exchange approaches**, *Societal Impacts Elsevier*, Vol. 3, June 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949697723000358?via%3Dihub>

## **Gerta Keller**



On June 4 (2021) **Gerta Keller** received the **Honoris Causa Degree of the University of Lausanne, Switzerland**, from the Faculty of Geosciences and Environment. Gerta was honored to receive this Honorary Doctorate Degree for her life-long research contributions to the mass extinction that killed off over 70% of Earth's life, known as the Dinosaur mass extinction 66 million years ago. This mass extinction is commonly believed to have been caused by a meteorite impact on Yucatan, Mexico, leaving a crater known as Chicxulub. Decades of research by my small team of students and collaborators, including from the University of Lausanne, have yielded a wealth of critical information that questioned the impact theory as sole cause and precise age for this mass extinction. Our research discoveries revealed Deccan volcanism in India as the most likely primary cause with the killing mechanism being rapid climate warming from greenhouse gases, ocean acidification, acid rain, and toxic gas emissions distributed globally and generating repeated toxic environments, particularly due to volcanic mercury gas emissions. Evidence supporting the volcanism theory for mass extinctions has been found for all five major mass extinctions in Earth's history and looms large as important analog for the currently ongoing sixth mass extinction where even more rapid climate warming is caused by fossil fuel burning and toxic emissions leaving life as vulnerable to humans as it was to dinosaurs 66 million years ago.

*In Prof. Keller's words: Our global research spanning four decades could not have been achieved without the many graduate and undergraduate students, current and past collaborators and supporters. I gratefully share this academic honor with all of them.*

Fuente: <https://gkeller.princeton.edu/awards-and-recognitions>

# PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

## Victor Moritz Goldschmidt: 1888 - 1947

### Geoquímica Moderna

La geoquímica moderna es una ciencia multidisciplinaria que integra técnicas analíticas avanzadas, modelos computacionales y estudios de campo para comprender los procesos químicos que dan forma a la Tierra y a otros cuerpos planetarios. Se centra en la distribución, el comportamiento y el ciclo de los elementos e isótopos en la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biósfera.

La geoquímica más avanzada emplea instrumentos de alta precisión, como espectrómetros de masas, microscopios electrónicos y sincrotrones, para analizar oligoelementos e isótopos a escala micro y nanométrica. Estas tecnologías permiten realizar estudios detallados de la formación de las rocas, la composición de los minerales y los procesos medioambientales. La geoquímica computacional utiliza modelos de aprendizaje automático y simulación para predecir las reacciones químicas y las propiedades de los materiales en condiciones variables.

Las aplicaciones de la geoquímica moderna abarcan desde la comprensión de la evolución de la Tierra y el cambio climático hasta la localización de recursos naturales, la evaluación de la contaminación ambiental y la geoquímica médica (interacción entre bioquímica y toxicología humana). También se extiende a la exploración planetaria, ya que ofrece información sobre la formación de los cuerpos celestes y la posibilidad de vida más allá de la Tierra. En este breve ensayo se describen las contribuciones de tres de los pioneros de las Geociencias: Geoquímica Moderna: Victor Moritz Goldschmidt, Vladimir Vernadsky y Clair Cameron Patterson.



### Victor Moritz Goldschmidt: el Padre de la Geoquímica

Victor Moritz Goldschmidt es ampliamente reconocido como el padre de la geoquímica moderna por sus contribuciones transformadoras a la comprensión de la composición química y el comportamiento de los elementos en la corteza terrestre y más allá. Su trabajo estableció la geoquímica como disciplina científica rigurosa y sentó las bases de numerosas aplicaciones modernas en geología, mineralogía y ciencias medioambientales. La investigación pionera de Goldschmidt abarcó varias áreas, como la clasificación elemental, el desarrollo de la cristalografía mineral y el estudio cuantitativo de los procesos geoquímicos.

#### La clasificación de Goldschmidt

Una de las contribuciones más perdurables de Goldschmidt es la "Clasificación Goldschmidt de los elementos", un sistema que categoriza los elementos en función de sus afinidades químicas y comportamientos en diferentes entornos geológicos. Goldschmidt dividió los elementos en cuatro grupos principales:

1. Elementos litófilos (afinidad a las rocas), que se concentran en minerales de silicato y dominan la corteza terrestre (por ejemplo, silicio, aluminio y oxígeno).
2. Elementos siderófilos (afinidad al hierro), que se asocian preferentemente con fases metálicas y abundan en el núcleo de la Tierra (por ejemplo, hierro, níquel y cobalto).
3. Elementos calcófilos (afinidad al azufre), que forman compuestos de sulfuro y suelen encontrarse en yacimientos minerales (por ejemplo, cobre, plomo y zinc).
4. Elementos atmófilos (afinidad a estado gaseoso), que se concentran en la atmósfera y la hidrosfera debido a su naturaleza volátil (por ejemplo, hidrógeno, nitrógeno y gases nobles).

Este sistema de clasificación sigue siendo una piedra angular de la geoquímica, ya que proporciona un marco para comprender el comportamiento de los elementos durante la diferenciación planetaria, la formación de minerales y los procesos volcánicos. También ayuda a predecir la distribución de los elementos en diferentes yacimientos geológicos, como la corteza, el manto y el núcleo.

#### Cristalografía de minerales y estructura atómica

Goldschmidt realizó importantes avances en la cristalografía mineral al explorar la relación entre la estructura atómica y las propiedades de los minerales. Utilizó técnicas de difracción de rayos X para estudiar las estructuras cristalinas de los minerales y relacionar sus características físicas y químicas con su disposición atómica. Este trabajo tendió un puente entre la química y la geología, permitiendo a los científicos explicar la formación y el comportamiento de los minerales en términos de procesos a escala atómica.

Sus investigaciones sobre los radios iónicos fueron especialmente revolucionarias. Goldschmidt desarrolló el concepto de "sustitución iónica", demostrando cómo el tamaño y la carga de los iones influyen en su capacidad para sustituirse unos a otros en la red cristalina de un

mineral. Esta comprensión es fundamental para explicar las variaciones en la composición mineral y el comportamiento geoquímico de los oligoelementos durante procesos como la cristalización y el metamorfismo.

#### El enfoque cuantitativo de la geoquímica

Goldschmidt fue uno de los primeros científicos en abordar la geoquímica de forma cuantitativa, utilizando mediciones precisas y análisis estadísticos para estudiar la distribución de los elementos en la corteza terrestre y otros sistemas geológicos. Analizó las concentraciones de elementos en rocas, suelos y minerales, correlacionando estas mediciones con procesos geológicos como la diferenciación magmática, la meteorización y la sedimentación.

Uno de sus logros más destacados fue la elaboración de tablas de datos geoquímicos, que proporcionaban información exhaustiva sobre las abundancias relativas de elementos en distintos materiales geológicos. Estas tablas ayudaron a establecer patrones de distribución de los elementos y sentaron las bases para la aplicación de la tabla periódica a las ciencias de la Tierra.

#### Geoquímica de los procesos de alta temperatura

Los trabajos de Goldschmidt sobre los procesos magmáticos revolucionaron la comprensión del comportamiento de los elementos en condiciones de alta temperatura. Estudió la partición de elementos entre distintas fases, como el fundido y los cristales, durante la diferenciación magmática. Sus descubrimientos explicaron cómo ciertos elementos se concentran en minerales o entornos geológicos específicos, dando lugar a la formación de yacimientos minerales de importancia económica.

Esta investigación también contribuyó a la comprensión de la formación de rocas ígneas, en particular cómo elementos como el silicio, el aluminio y el magnesio controlan la composición de diversos tipos de rocas. Los conocimientos de Goldschmidt sobre la geoquímica de

alta temperatura siguen siendo esenciales para estudiar los sistemas volcánicos y la evolución térmica de la Tierra.

#### *Contribuciones a los ciclos geoquímicos globales*

El trabajo de Goldschmidt se extendió a los ciclos geoquímicos globales, en particular al ciclo de los elementos entre los principales reservorios de la Tierra: la corteza, el manto, la atmósfera y la hidrosfera. Mediante el estudio de procesos como la meteorización, la sedimentación y las emisiones volcánicas, aportó información sobre cómo los elementos se mueven y transforman a lo largo de escalas de tiempo geológicas. Sus investigaciones fueron decisivas para comprender la estabilidad a largo plazo del sistema terrestre y el papel de los ciclos geoquímicos en la regulación del medio ambiente de la superficie de la Tierra.

#### *Influencia en la geoquímica planetaria y medioambiental*

Aunque Goldschmidt vivió antes del advenimiento de la ciencia medioambiental moderna, su trabajo ha tenido profundas implicaciones para la comprensión de la geoquímica medioambiental. Sus principios de distribución de elementos se utilizan para estudiar el comportamiento de contaminantes, metales traza y nutrientes en el suelo, el agua y los ecosistemas. Por ejemplo, el concepto de sustitución iónica ayuda a explicar cómo metales tóxicos como el plomo y el cadmio interactúan con minerales y sedimentos naturales.

Las investigaciones de Goldschmidt también sentaron las bases de la geoquímica planetaria. Su clasificación de elementos se aplica en estudios de otros planetas, lunas y meteoritos, proporcionando un marco para comprender sus composiciones e historias evolutivas. Esto es especialmente relevante en las misiones a Marte y otros cuerpos celestes, donde el análisis geoquímico trata de desentrañar sus orígenes y su potencial para la vida.

#### *Legado y relevancia moderna*

Las contribuciones de Victor Moritz Goldschmidt transformaron la geoquímica de un campo descriptivo en una ciencia cuantitativa y sistemática. Sus ideas sustentan muchas áreas de investigación modernas, como el estudio del interior profundo de la Tierra, los orígenes de la vida y el impacto medioambiental de las actividades humanas. Su trabajo también influyó en el desarrollo de herramientas como la espectrometría de masas y la modelización geoquímica, que ahora son esenciales para analizar los sistemas terrestres y planetarios.

El sistema de clasificación, los conocimientos cristalográficos y las metodologías cuantitativas de Goldschmidt siguen siendo fundamentales para la geoquímica. Su legado perdura en la actual exploración de los procesos químicos de la Tierra, el descubrimiento de nuevos recursos minerales y la búsqueda de la comprensión de la evolución química del sistema solar.

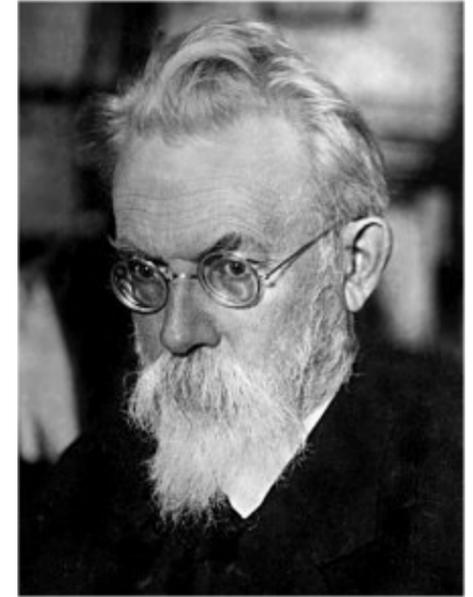
## Vladimir I. Vernadsky : 1863 - 1945

**Vladimir Ivanovich Vernadsky** fue un científico ruso cuyos trabajos pioneros sentaron las bases de la geoquímica moderna, la biogeoquímica y el concepto de biosfera. Su enfoque interdisciplinar vinculó la geología, la química y la biología, revolucionando la forma de entender los sistemas de la Tierra. Las ideas de Vernadsky sobre la interacción entre los organismos vivos y los procesos geoquímicos de la Tierra siguen siendo fundamentales en las ciencias medioambientales, los estudios climáticos y la ecología planetaria.

#### *La biosfera y la biogeoquímica*

Una de las aportaciones más influyentes de Vernadsky fue su concepto de biosfera, que definió como la región de la Tierra donde la vida interactúa con los componentes abióticos, impulsando procesos químicos y geológicos. En su obra fundamental *La Biosfera* (1926), Vernadsky sostenía que la vida no es un mero elemento pasivo de los sistemas terrestres, sino una poderosa fuerza geológica capaz de transformar el planeta. Observó que la actividad biológica desempeña un papel fundamental en el ciclo de elementos como el carbono, el nitrógeno y el oxígeno, esenciales para la vida. Estos ciclos, ahora denominados ciclos biogeoquímicos, son fundamentales para comprender cómo los sistemas de la Tierra mantienen el equilibrio. El reconocimiento por Vernadsky del papel geoquímico de la vida sentó las bases del campo de la biogeoquímica, que explora las interacciones entre los procesos biológicos y geológicos.

Por ejemplo, Vernadsky destacó el papel de los microorganismos como mediadores de transformaciones químicas, como la fijación del nitrógeno y la descomposición de la materia orgánica. Este enfoque de la importancia geoquímica de la vida anticipó los estudios modernos sobre el ciclo global del carbono, la dinámica de los nutrientes del suelo y el impacto de la actividad humana en los procesos naturales.



#### *El papel de la energía en los procesos geoquímicos*

Vernadsky fue uno de los primeros en destacar la importancia del flujo de energía en el impulso de los procesos geoquímicos. Propuso que la biosfera funciona gracias a la energía solar, que alimenta la fotosíntesis y permite a la vida influir en la geoquímica de la Tierra. Al vincular el flujo de energía al ciclo de la materia, Vernadsky introdujo una perspectiva dinámica de la interacción entre la vida y el medio abiótico.

Esta visión ayudó a enmarcar los estudios modernos sobre el metabolismo de los ecosistemas y la energía planetaria. Su trabajo sentó las bases para comprender cómo la disponibilidad de energía influye en la estructura y función de los ecosistemas y en la capacidad de la Tierra para albergar vida.

#### *La evolución de la biosfera*

Los trabajos de Vernadsky también se extendieron a la evolución de la biosfera a lo largo del tiempo geológico. Propuso que la biosfera evoluciona a través de la creciente complejidad e intensificación de los ciclos

biogeoquímicos, impulsada por la adaptación de la vida al medio. Esta idea prefigura los conceptos modernos de evolución del sistema terrestre, incluida la teoría Gaia y los estudios sobre cómo la vida ha moldeado la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera de la Tierra.

Por ejemplo, las ideas de Vernadsky sobre el papel de la fotosíntesis en la producción de oxígeno ayudaron a explicar cómo la vida transformó la atmósfera durante el Gran Evento de Oxidación hace unos 2.500 millones de años. Este acontecimiento sentó las bases para el desarrollo de la vida compleja y alteró de forma permanente los ciclos geoquímicos del planeta.

#### *Contribuciones a la geoquímica*

Además de sus trabajos sobre la biosfera, Vernadsky realizó importantes contribuciones al campo de la geoquímica. Fue uno de los primeros científicos en estudiar sistemáticamente la distribución de los elementos químicos en la corteza terrestre y su comportamiento en los procesos geológicos. Sus investigaciones sobre la geoquímica de elementos raros, como el uranio y el torio, contribuyeron a los primeros conocimientos sobre la desintegración radiactiva y sus implicaciones geológicas.

Vernadsky también fue pionero en el concepto de «entorno geoquímico», subrayando que la composición química de la Tierra está determinada por una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos. Esta perspectiva holística se ha convertido en la piedra angular de la geoquímica moderna, sobre todo para comprender los ciclos de los elementos y la formación de depósitos minerales.

#### *La influencia humana y la noosfera*

Otra aportación importante de Vernadsky fue su concepto de noosfera, que describió como la siguiente etapa de la evolución de la Tierra, configurada por la inteligencia y la actividad humanas. Sostenía que los humanos, gracias a sus avances tecnológicos y culturales, se han convertido en una fuerza dominante en la alteración de los ciclos geoquímicos.

Esta idea resuena con fuerza en el contexto moderno del Antropoceno, donde la actividad humana se reconoce como un motor significativo del cambio medioambiental global. La previsión de Vernadsky al vincular el desarrollo humano con los procesos planetarios le ha convertido en una figura central en los debates sobre sostenibilidad y gestión medioambiental.

#### *Legado*

El enfoque interdisciplinar de Vernadsky y su reconocimiento del papel de la vida en la configuración de la Tierra han influido en un amplio abanico de disciplinas científicas, desde la geoquímica y la ecología hasta la climatología y los estudios planetarios. Sus ideas sobre la biosfera y la noosfera siguen informando la investigación sobre la ciencia de los sistemas terrestres y la búsqueda de vida en otros planetas.

En el contexto de los retos medioambientales actuales, la obra de Vernadsky ofrece una visión crítica de la interconexión de los procesos biológicos y geoquímicos y de la necesidad de una gestión sostenible de los recursos de la Tierra. Su visión de la biosfera como un sistema dinámico impulsado por la vida sigue siendo un principio rector para comprender el pasado, el presente y el futuro del planeta.

## Claire C. Patterson : 1922 - 1995

**Clair Cameron Patterson** fue un geoquímico estadounidense cuyos trabajos pioneros sobre datación isotópica transformaron nuestra comprensión de la edad de la Tierra y las ciencias medioambientales. Patterson es conocido sobre todo por su revolucionaria determinación de la edad de la Tierra mediante la datación isotópica uranio-plomo (U-Pb), pero sus aportaciones se extienden a la geoquímica medioambiental, en particular al tratamiento de la contaminación por plomo. Su trabajo tuvo implicaciones de gran alcance para la geología, la ciencia planetaria y la salud pública.

#### *Determinación de la edad de la Tierra*

Una de las contribuciones más significativas de Patterson fue la determinación precisa de la edad de la Tierra, una tarea que los científicos habían eludido durante mucho tiempo. A principios de la década de 1950, Patterson, bajo la dirección del geoquímico Harrison Brown, utilizó la datación isotópica del uranio-plomo para analizar muestras del meteorito Canyon Diablo. Midiendo las proporciones de los isótopos de uranio y sus productos de desintegración (isótopos de plomo), Patterson calculó la edad de la Tierra en aproximadamente 4.550 millones de años.

Este logro, publicado en 1956 en *Geochimica et Cosmochimica Acta*, supuso la primera estimación precisa y ampliamente aceptada de la edad de la Tierra. El meticuloso trabajo de Patterson no sólo resolvió uno de los grandes misterios de la ciencia, sino que también estableció la datación por uranio-plomo como un método sólido para determinar la edad de la Tierra y de los materiales extraterrestres. Sus hallazgos siguen siendo una piedra angular de la geoquímica moderna y de la ciencia planetaria, ya que permiten a los científicos comprender la cronología de la formación del sistema solar y la evolución de la corteza terrestre.



#### *Desarrollo de técnicas analíticas de alta precisión*

Los revolucionarios descubrimientos de Patterson fueron posibles gracias al desarrollo de técnicas analíticas innovadoras. En aquella época, la medición exacta de isótopos de plomo en muestras geoquímicas requería una precisión extraordinaria, libre de contaminación. Los esfuerzos de Patterson por crear laboratorios ultralimpios establecieron nuevas normas para la geoquímica analítica.

Introdujo rigurosos métodos de control de la contaminación, incluido el uso de salas blancas y reactivos ultrapuros, para eliminar las fuentes externas de plomo y otros oligoelementos en sus muestras. Estas técnicas no sólo le permitieron determinar la edad de la Tierra, sino que sentaron las bases para futuros análisis geoquímicos de alta precisión. En la actualidad, las prácticas de laboratorio limpias de las que Patterson fue pionero forman parte integral de muchos campos, como la geoquímica isotópica, las ciencias medioambientales y la investigación biomédica.

#### *Contribuciones a la geoquímica medioambiental*

El meticuloso estudio de Patterson sobre los isótopos del plomo le llevó a descubrir la contaminación generalizada

del medio ambiente por plomo antropogénico, en particular procedente de la gasolina con plomo. Al estudiar muestras de sedimentos oceánicos, núcleos de hielo y polvo atmosférico, halló pruebas de un aumento espectacular de los niveles de plomo que se correspondía con la llegada de la industrialización y el uso generalizado del tetraetilo de plomo como aditivo de la gasolina.

Sus hallazgos fueron revolucionarios: demostraron que la actividad humana había introducido grandes cantidades de plomo en el medio ambiente, con consecuencias potencialmente perjudiciales para los ecosistemas y la salud humana. En un documento histórico de 1965, Patterson demostró que los niveles naturales de plomo en el medio ambiente eran mucho más bajos de lo que se suponía, lo que ponía en entredicho la opinión predominante de que la contaminación por plomo era insignificante.

#### *Defensa y eliminación del plomo de la gasolina*

La investigación de Patterson le llevó a convertirse en un firme defensor de la reducción de la exposición al plomo, en particular mediante la eliminación de la gasolina con plomo. A pesar de la importante resistencia de la industria del plomo, los datos de Patterson proporcionaron pruebas irrefutables de los peligros de la contaminación por plomo. Testificó ante el Congreso y los organismos reguladores, destacando los vínculos entre la contaminación por plomo y los riesgos para la salud, incluidos los problemas de desarrollo en los niños.

Los esfuerzos de Patterson fueron decisivos para la eliminación progresiva de la gasolina con plomo en Estados Unidos, un proceso que comenzó en los años setenta y culminó con su prohibición en los noventa. Su trabajo ha tenido un impacto duradero en la salud pública, contribuyendo a una reducción drástica de los niveles de plomo en la atmósfera y el correspondiente descenso de los niveles de plomo en sangre de la población.

#### *Impacto más amplio en la geoquímica y las ciencias planetarias*

Además de su trabajo sobre los isótopos del plomo y la edad de la Tierra, Patterson contribuyó de forma significativa a comprender la evolución geoquímica de la Tierra y el sistema solar. Mediante el estudio de las composiciones isotópicas de los meteoritos, aportó información sobre los procesos de diferenciación planetaria, la formación del núcleo y el manto de la Tierra y los orígenes de la Luna.

Sus investigaciones sobre los isótopos de plomo también hicieron avanzar el estudio de los sistemas de isótopos radiogénicos, que ahora se utilizan ampliamente en geoquímica para rastrear procesos como la formación de minerales, la evolución de la corteza terrestre y la dinámica del manto.

#### *Legado*

El legado de Clair Cameron Patterson va mucho más allá de sus logros científicos. Su determinación por descubrir la verdad, combinada con su compromiso con la salud pública y la protección del medio ambiente, ejemplifica el papel de la ciencia a la hora de abordar los retos de la sociedad.

Su trabajo en geocronología revolucionó nuestra comprensión de la historia de la Tierra y sentó las bases del campo de la geoquímica isotópica. Las técnicas analíticas que desarrolló siguen siendo práctica habitual en laboratorios de todo el mundo. La defensa de Patterson de la reforma medioambiental subraya la importancia de aplicar los conocimientos científicos para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente.

#### **Conclusiones**

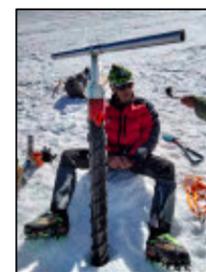
Los legados de Victor Moritz Goldschmidt, Vladimir Vernadsky y Clair Cameron Patterson son fundamentales para la geoquímica moderna, ya que determinan la forma en que entendemos los sistemas químicos y biológicos de la Tierra. Goldschmidt fue pionero en la clasificación sistemática de los elementos y su distribución en la corteza terrestre, sentando las bases del análisis geoquímico. Vernadsky revolucionó la comprensión del

papel de la vida en la formación de la Tierra con su concepto de la biosfera y los ciclos biogeoquímicos, haciendo hincapié en la interacción dinámica entre los organismos vivos y los procesos geológicos. La determinación precisa de la edad de la Tierra mediante datación isotópica y la lucha contra la contaminación por plomo de Patterson unieron los descubrimientos científicos con la salud pública y la protección del medio ambiente. Juntos, sus contribuciones trascienden la geoquímica e influyen en campos como la ciencia planetaria, la ecología y la sostenibilidad. Sus métodos innovadores, sus enfoques interdisciplinarios y su compromiso para afrontar los retos mundiales siguen inspirando y guiando la investigación contemporánea, consolidando su papel como pioneros de las ciencias de la Tierra y el medio ambiente.

#### **Bibliografía básica:**

Faure, G., & Mensing, T. M. (2005). *Isotopes: Principles and Applications*. Wiley.

Glasby GP (2006) V.M. Goldschmidt: the British connection. A tribute on the 60th anniversary of his death. *Geochemical News* 129: 14-31



**Dr. Alejandro Carrillo-Chávez.** Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inicio su trabajo en el Instituto Mexicano del Petróleo y después inicio vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingreso 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 sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. [ambiente@geociencias.unam.mx](mailto:ambiente@geociencias.unam.mx)

Grossman L (1993) A Giant in Geochemistry [book review]. *Science* 261: 114 -115

Goldschmidt VM (1954) *Geochemistry*. Clarendon Press, UK, 730 pp

Johnson KG (1985) Memorial of Lester William Strock January 23, 1906– March 21, 1982. *American Mineralogist* 70: 209-211

Margulis, L., y Sagan, D. (1997). *Slanted Truths: Essays on Gaia, Symbiosis, and Evolution*. Copernicus Books.

Mason B (1992) Victor Moritz Goldschmidt: Father of Modern Geochemistry. *Geochemical Society Special Publication No. 4*, 184 pp

Needleman, H. L. (1998). Clair Patterson y Robert Kehoe: Two Views of Lead Toxicity. *Environmental Research*, 78(2), 79-85.

Nriagu, J. O. (1990). Contaminación por plomo del medio ambiente: Contribuciones de Clair C. Patterson. *Environmental Research*, 51(1), 117-119.

Patterson, C. C. (1956). Edad de los meteoritos y de la Tierra. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 10, 230-237.

Vernadsky, V. I. (1926). *La Biosfera*. Springer.

Smil, V. (2002). *The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change*. MIT Press.

White, L. (1974). Vernadsky y la noosfera. *American Scientist*, 62(6), 647-653.

# Miscelanea de Imágenes

## Salto Ángel: la cascada más alta del mundo

El Salto Ángel, conocido localmente como “Salto Ángel”, es una maravilla natural impresionante ubicada en el Parque Nacional Canaima en la región de la Gran Sabana de Venezuela. Reconocido por su impresionante altura y su prístina belleza, el Salto Ángel es considerado una de las cascadas más impresionantes de la Tierra. Sus fascinantes cascadas y su exuberante entorno lo convierten en un

destino popular para los entusiastas de la naturaleza y los buscadores de aventuras.

**Altura y Dimensiones:** El Salto Ángel ostenta el título de ser la cascada ininterrumpida más alta del mundo, con una altura asombrosa de aproximadamente 3,212 pies (979 metros). Las cataratas emergen del Auyán-tepui, una de las muchas mesas (tepui) que caracterizan el paisaje único de la región.



**Origen del nombre:** Las cataratas llevan el nombre de Jimmy Angel, un aviador estadounidense que fue el primero en sobrevolar las cataratas en 1933. Su atrevida expedición y posterior aterrizaje en el tepui atrajeron la atención internacional hacia esta maravilla natural.

**Flujo durante todo el año:** Una característica notable del Salto Ángel es su flujo constante durante todo el año. Las cataratas son alimentadas por el río Churún, lo que garantiza un caudal constante incluso durante la estación seca. El agua cae sobre el acantilado de Auyán-tepui, creando un espectacular despliegue de fuerza y belleza de la naturaleza.



**Importancia como la cascada ininterrumpida más alta del mundo:**

**Maravilla natural:** El Salto Ángel es celebrado mundialmente como una maravilla natural, que cautiva a los visitantes con su gran altura y belleza etérea. El descenso ininterrumpido de agua desde el Auyán-tepui aumenta su atractivo, convirtiéndolo en un destino imperdible para los amantes de la naturaleza y la aventura.

**Atracción turística:** Las cataratas atraen a turistas de todo el mundo que se embarcan en desafiantes viajes para presenciar su esplendor. Las visitas guiadas y las expediciones ofrecen la oportunidad de explorar el parque nacional circundante, brindando una aventura única a través de la naturaleza venezolana.

**Importancia cultural y geológica:** Los tepuis de la región, incluido el Auyán-tepui, tienen un significado cultural entre los indígenas locales Pemón. Estas montañas de cima plana se consideran sagradas y el Salto Ángel es una parte integral del paisaje que tiene valor cultural y espiritual.

**Conservación y Protección:** El Parque Nacional Canaima, que abarca el Salto Ángel, es reconocido por su importancia ecológica. Se hacen esfuerzos para conservar y proteger este entorno prístino, asegurando

la existencia sostenida de las cataratas y el ecosistema único que sustenta.

### Formación del Salto Ángel:

El Salto Ángel se formó a través de procesos geológicos que dieron forma al paisaje único de las Tierras Altas de Guayana en América del Sur. Las cataratas se originan en la cumbre del Auyán-tepui, una enorme montaña de mesa o tepui. La formación del Salto Ángel se puede explicar en los siguientes pasos:

**Formación Tepuy:** Los tepuyes son formaciones geológicas antiguas que se caracterizan por tener cimas planas y planas con acantilados verticales en los bordes. Las tierras altas de Guayana, donde se encuentra el Salto Ángel, experimentaron una intensa actividad geológica hace millones de años, lo que provocó la elevación y erosión que crearon estos distintivos tepuyes.

**Erosión e Incisión del Río:** Con el tiempo, la región fue sometida a la erosión por el viento, la lluvia y los procesos fluviales. El río Churún, que atraviesa la cumbre del Auyán-tepui, jugó un papel crucial en la formación del Salto Ángel. El río gradualmente talló un canal profundo en el tepui arenisca superficie, creando un camino para que el agua fluya sobre el borde.

**Formación de cascada:** A medida que el río Churún continuó erosionando la superficie del tepui, finalmente

llegó a un punto en el que se precipitó sobre los escarpados acantilados, dando lugar al espectacular Salto Ángel. El descenso ininterrumpido de agua desde la cima hasta la base de las cataratas contribuye a su estatus como la cascada ininterrumpida más alta del mundo.

**Características del Salto Ángel:**

Alto El Salto Ángel es famoso por su notable altura, de aproximadamente 3,212 pies (979 metros). Esto la convierte en la cascada más alta del planeta, creando un espectáculo impresionante cuando el agua cae libremente desde la cima del Auyán-tepui hasta la base.

Descenso Ininterrumpido: Una de las características que definen al Salto Ángel es su descenso ininterrumpido. A diferencia de muchas cascadas que pueden tener múltiples niveles o interrupciones en el flujo, el Salto Ángel mantiene una caída continua desde la cima hasta la base, lo que aumenta su impacto visual y lo convierte en una maravilla natural única.

Flujo durante todo el año: El Salto Ángel se beneficia de un flujo de agua constante durante todo el año, gracias al río Churún. Esto garantiza que los visitantes puedan

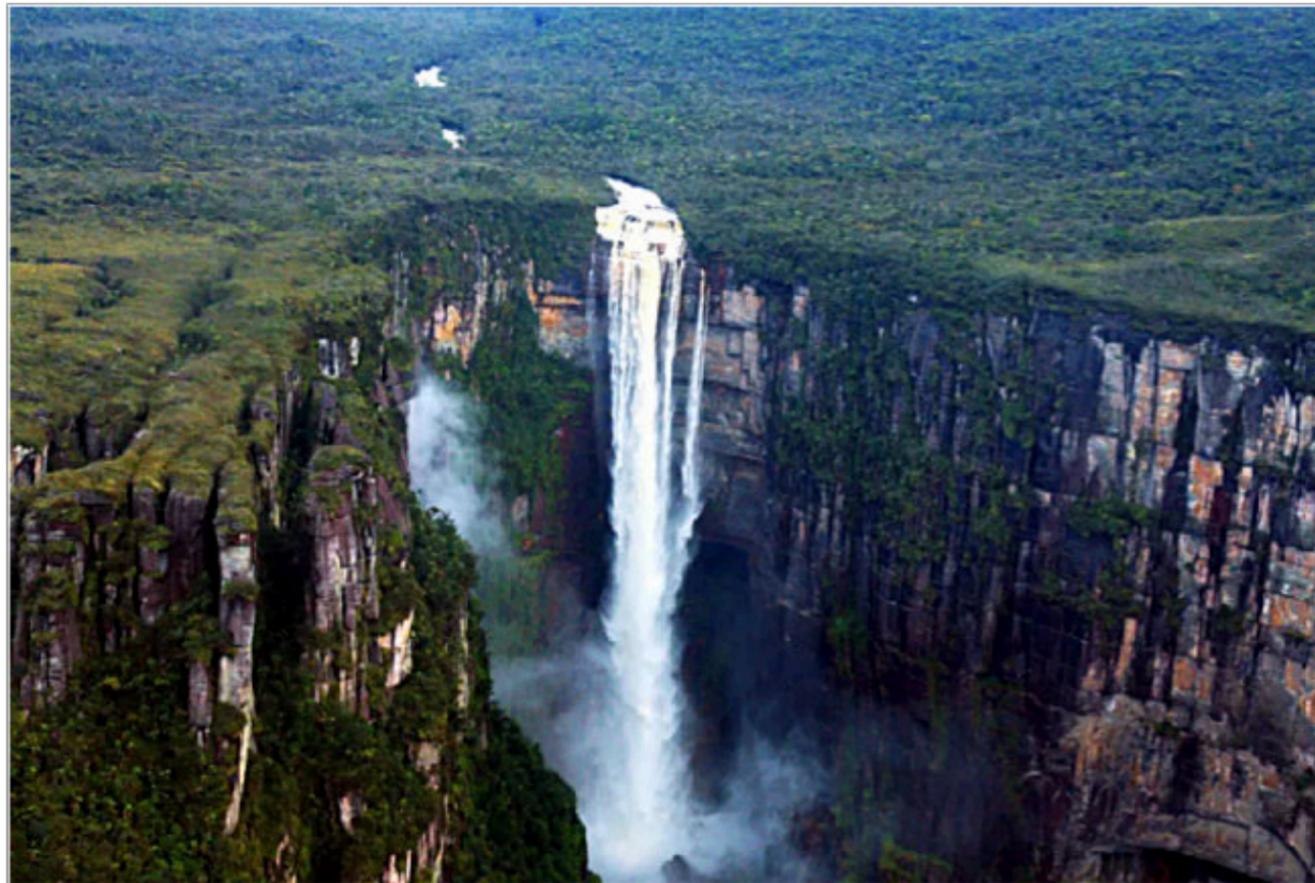
presenciar la majestuosidad de las cataratas independientemente de la temporada, lo que las distingue de algunas cascadas que pueden experimentar un flujo reducido durante los períodos secos.

Paisaje que rodea: Las cataratas tienen como telón de fondo el prístino Parque Nacional Canaima, rodeado de exuberantes bosques tropicales, tepuyes y diversa flora y fauna. El impresionante paisaje mejora la experiencia general de los visitantes y contribuye a la importancia ecológica de la región.

Importancia cultural y espiritual: El Salto Ángel no es sólo una maravilla geológica sino que también tiene un significado cultural y espiritual para los indígenas pemones que habitan la región. Los tepuis, incluidos el Auyán-tepui y el Salto Ángel, son considerados sagrados en sus creencias culturales.

En general, la formación y las características del Salto Ángel reflejan la dinámica historia geológica de las Tierras Altas de Guayana y la interacción continua de fuerzas naturales que han creado esta cascada icónica.

<https://es.geologyscience.com/>



# PUBLICACIONES

## TESIS & RESÚMENES

**Ezequiel D. Antokoletz**

### **Análisis de variaciones temporales de gravedad registradas con un gravímetro superconductor en Argentina**

Universidad Nacional De La Plata, Argentina.

Tesis presentada para optar el grado académico de Doctor en Geofísica. Febrero 2022.

Directora de tesis: *Dra. Claudia N. Tocho*

**Resumen**

El Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia (AGGO) es un observatorio geodésico fundamental ubicado en las cercanías de la ciudad de La Plata, Argentina. AGGO cuenta con las principales técnicas geodésicas localizadas, GNSS, VLBI y SLR, complementadas con técnicas gravimétricas. El laboratorio de gravimetría está actualmente equipado con dos gravímetros: el gravímetro superconductor SG038, el cual registra en forma continua las variaciones del campo de gravedad desde diciembre del 2015; y el gravímetro absoluto FG5-227, que mide periódicamente desde enero del 2018. AGGO es la única estación en funcionamiento con estas características en América del Sur y el Caribe.

Los gravímetros superconductores (SG's) son los gravímetros relativos de mayor sensibilidad y estabilidad, con la capacidad de detectar señales geofísicas y geodinámicas en un amplio rango espectral. Desde este punto de vista, una medición de gravedad debe ser considerada como una señal integradora, donde las componentes de menor amplitud pueden aislarse y estudiarse sólo mediante un cuidadoso procesamiento de las observaciones y modelado de los efectos de sus principales contribuciones.

Esta Tesis tiene como objetivo analizar y comprender las principales variaciones de gravedad medidas por el SG038 en AGGO. En primer lugar, se analizaron los parámetros instrumentales del SG038 mediante la combinación de sus observaciones con mediciones de gravedad absoluta del FG5-227. Esta combinación también facilitó el establecimiento de la función de referencia de gravedad para AGGO, que posibilita la predicción de valores absolutos de gravedad basados en el SG038. Mediante esta función de referencia, junto con la disponibilidad de varios pilares para realizar comparaciones entre gravímetros absolutos, AGGO cuenta con los requerimientos para establecerse como una estación de referencia y comparación del Marco de Referencia Internacional de Gravedad (IGRF).

A partir de un cuidadoso pre-procesamiento de cinco años de las observaciones del SG, se obtuvo un modelo de mareas para AGGO que describe tanto los efectos de mareas terrestres como los de carga oceánica mareal. Este modelo permite eliminar de manera efectiva las componentes de marea de las mediciones de gravedad en la estación, lo que no es posible realizar en forma precisa con modelos teóricos.

Los residuos de gravedad del análisis de mareas están dominados por efectos hidrológicos, superpuestos por señales que se relacionan con efectos de carga no mareal del océano. Esto motivó el análisis de los efectos de la carga oceánica no-mareal y su relación con las correcciones atmosféricas, encontrando que los métodos actuales subestiman el efecto total.

En consecuencia, en este trabajo se propone un nuevo método para combinar tales efectos, el cual tiene en cuenta todas las contribuciones de la atmósfera y los océanos. Este método mostró una reducción significativa de la variabilidad de los residuos de gravedad registrada con SG's en comparación con los métodos clásicos no sólo en AGGO, sino también en otras estaciones.

Finalmente, los resultados de esta Tesis contribuyen a establecer a AGGO como la primera estación de referencia del IGRF a nivel regional y a comprender las variaciones de gravedad registradas por los SG's, lo que facilita futuros trabajos en esta y otras estaciones. La comprensión y eliminación de las principales componentes de las variaciones de gravedad observadas mediante un procesamiento detallado es imprescindible para investigar otros fenómenos de origen geofísico/geodinámico.

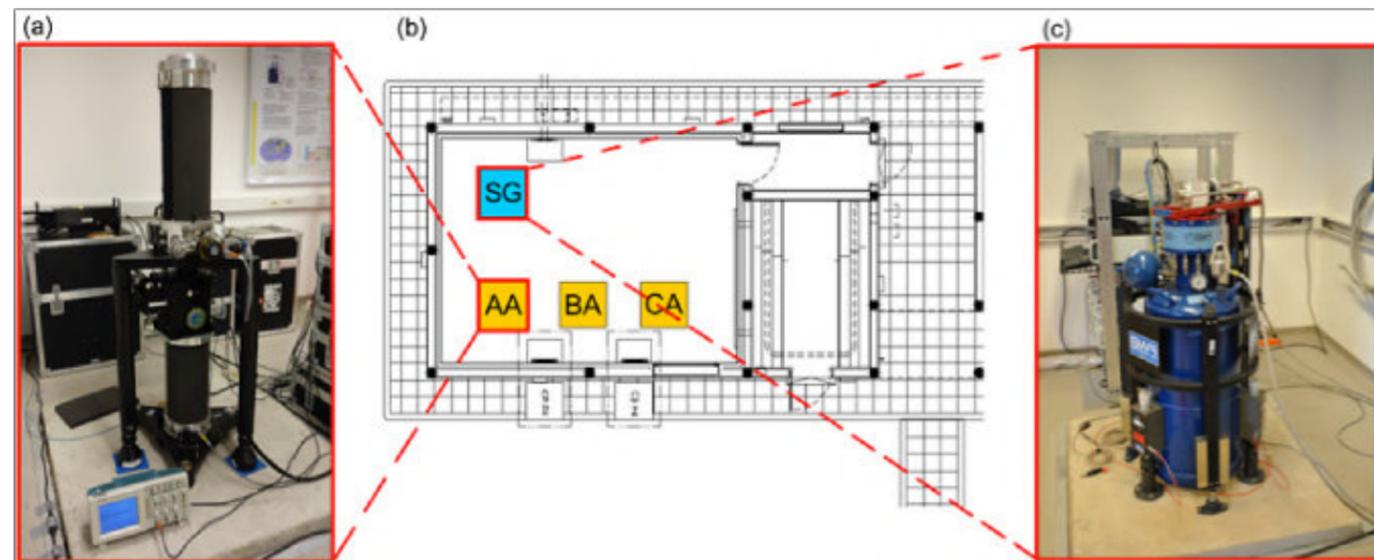


Figura 1.1. Laboratorio de Gravimetría en AGGO. (a) Gravímetro Absoluto FG5-227. (b) Plano en planta del laboratorio con la ubicación de los instrumentos. BA y CA son los pilares auxiliares para efectuar comparaciones entre gravímetros absolutos. (c) Gravímetro Superconductor SG038.

### Análisis comparativo entre la geoestadística Obasada en variogramas y la geoestadística basada en múltiples puntos para el modelado de yacimientos petrolíferos reales

Universidad del Zulia, Venezuela. Trabajo de Grado presentado ante la Ilustre Universidad del Zulia Para optar al Grado Académico de Magíster Scientiarum En Geología Petrolera. 2016

Sustentante: **Lisbett Susana Materano-Escalona**

Director de Tesis: *Dr. Efrain Nava*

Agradecimientos: Néstor Queipo, Elieser Dominguez

La geoestadística constituye una herramienta fundamental en la búsqueda de generar modelos de yacimientos cada vez más reales mediante la simulación de las características geológicas presentes en el subsuelo. Entre los métodos de simulación geoestadística disponibles que intentan reproducir los cuerpos sedimentarios con sus geometrías, destacan la Simulación Secuencial de Variables Indicadoras (SIS por sus siglas en inglés) que se apoya en el uso de los variogramas, y la Simulación basada en Estadística de Múltiples Puntos (MPS por sus siglas en inglés) que se fundamenta en el uso de imágenes de entrenamiento y estadísticas de múltiples puntos; éste último ha demostrado el potencial de ser una alternativa más efectiva que la basada en variogramas para la reproducción de ambientes sedimentarios. Sin embargo, la evidencia del desempeño relativo de estos métodos en el modelado de yacimientos reales es muy limitada. Este trabajo ofrece un análisis comparativo del desempeño relativo de los métodos mencionados en el modelado estático y dinámico de un yacimiento real ubicado al Este de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Se identificaron las siguientes medidas de desempeño: *i*) significado geológico de las realizaciones (e.g., reproducción del ambiente sedimentario), *ii*) el impacto en el modelado estático (i.e., POES), y *iii*) el impacto en el modelado dinámico (i.e., producción acumulada). MPS demostró ser una alternativa efectiva en la reproducción de los ambientes sedimentarios a cambio (ver Figura 1) de un alto costo computacional, que bien pudiera justificarse a la luz de los beneficios obtenidos, una mejor reproducción del ambiente de sedimentación. El costo computacional en las simulaciones con MPS es sustancialmente mayor, pero la creciente disponibilidad de capacidad de cómputo hace cada vez más viable el uso de este método.

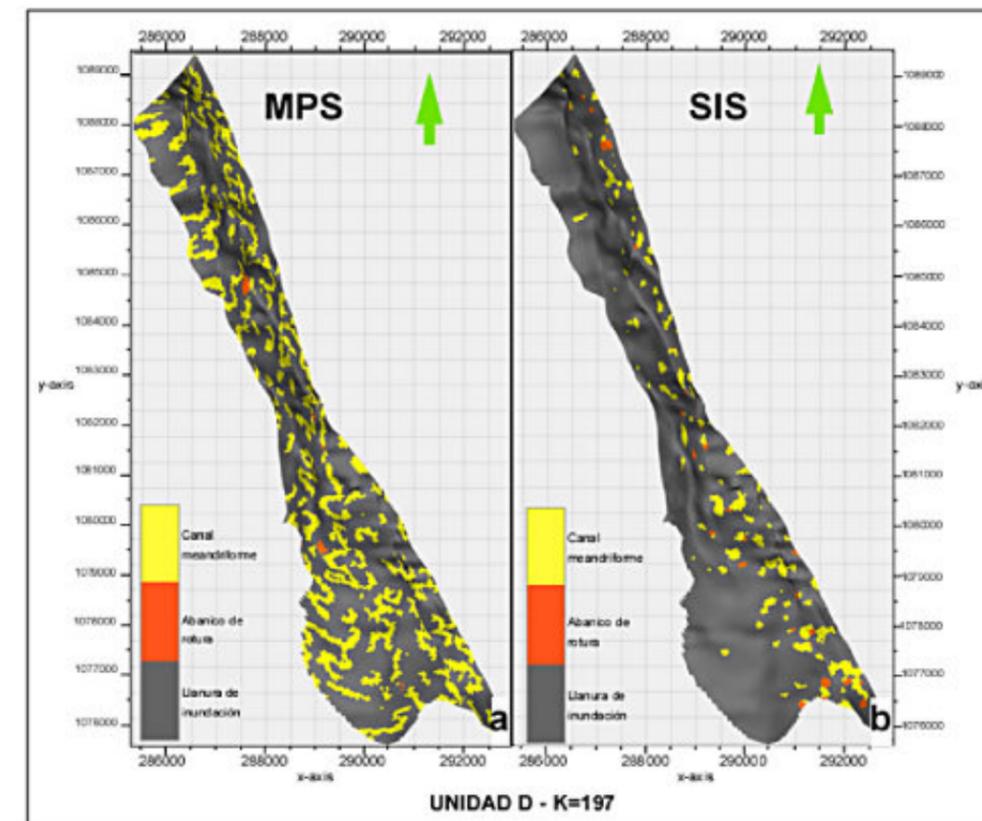


Figura 1. Comparativa de simulación de facies entre los métodos MPS y SIS en la Unidad D, capa 197. Se aprecia que el método MPS proporciona una representación más detallada y coherente de los canales medriformes, mientras que el resultado obtenido con SIS muestra patrones dispersos y sin orientación definida.

## Análisis geoestadístico del modelo estático para la arena "R" del campo limones del Área Mayor de Oficina Cuenca Oriental de Venezuela

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Geológica. Para optar al título de Ingeniero geólogo. 2009

Sustentantes: **Lisbett Susana Materano-Escalona; Dexy Muñoz**

Director de tesis: Odreman, Oscar;

Asesores: Montesdeoca, Carlos; Lobo, Carlos.

El área de estudio se encuentra ubicada en la Cuenca Oriental de Venezuela, Campo Limón perteneciente a la Formación Oficina, de edad Mioceno Temprano (Inferior) a Medio. El objeto de estudio fue realizar un análisis geoestadístico partiendo de la caracterización geológica del yacimiento. De esta manera disminuir el grado de incertidumbre con relación a la distribución de facies y propiedades petrofísicas presentes en la zona, y así definir las estructuras y la geometría del yacimiento. La metodología se llevó a cabo a partir de la información obtenida por los registros eléctricos. A partir de las secciones estructurales se validó el modelo estructural, con un homoclinal de buzamiento suave ( $2^\circ$  a  $4^\circ$ ) hacia el N-NE característico del área de estudio. Se encuentra fallado en su parte Sur por una falla de rumbo Oeste-Este y buzamiento hacia el Sur, que posee un salto entre 290' y 390'. La falla constituye el cierre estructural. El modelo sedimentológico interpretado se caracteriza por un sistema de playa o isla de barrera. Esto se logró mediante la identificación de electrofacies, obteniéndose para la unidad tres (3) facies (barra, canal y llanura costera). Se evaluaron las propiedades petrofísicas, permitiendo establecer los pozos con mejores prospectos porosos. Los valores promedios obtenidos de la evaluación petrofísica son: Porosidad ( $\Phi$ ) de 17 %, Permeabilidad (K) de 332 md, arcillosidad (Vsh) de 25% y Saturación de agua ( $S_w$ ) de 16.44%. Para modelar las propiedades del yacimiento se construyó un grid o malla 3D del mismo, conformada por un total de 71390 celdas, las cuales presentan una dimensión horizontal aproximada de 50m x 50m y espesores entre 5' y 38', con la finalidad de que el espacio geológico quede dividido en celdas lo suficientemente pequeñas para que se garantice la representatividad del escalamiento de las propiedades. Para obtener los 3 modelos estocásticos se efectuaron 72 realizaciones con de algoritmo de Simulación Gaussiana Truncada (TGS: *Truncated Gaussian Simulation*), realizando variaciones del parámetro de "Suavizado de Celdas" (*Smooth*) y la "Semilla Aleatoria" (*Seed Random*). Mientras que el modelado petrofísico se realizó por el método de la Simulación Secuencial Gaussiana. El geomodelado del yacimiento permitió generar un cálculo de POES de 22 MMBN, lo que representa una disminución respecto a los datos oficiales de 44MMBN y un GOES de 4 MMPCN, mostrando una notable disminución respecto al dato oficial de 9 MMPCN. Esta diferencia en los resultados se debe a que se está recalculando el área del yacimiento en base a los límites establecidos en el modelo estático, y que sólo se está calculando el volumen de los fluidos para la arena porosa considerada como reservorio, y que pasan los parámetros de corte establecidos. En la Figura 1 se muestra una representación de los resultados mostrando la estructura del yacimiento, las propiedades petrofísicas dentro del modelo de facies y la distribución de ellos fluidos.

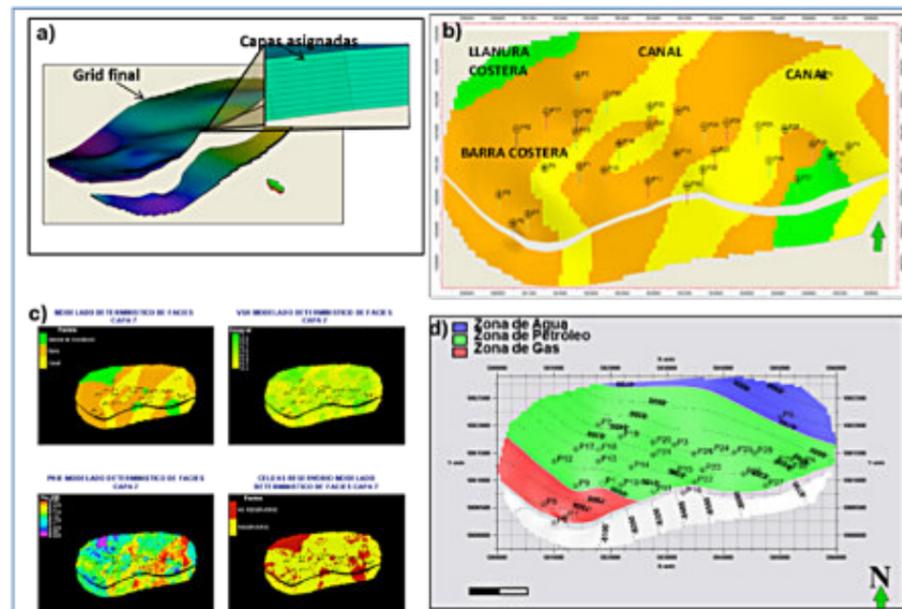


Figura 1. a) Mallado del modelo estructural del yacimiento. b) Modelo determinístico de facies. c) Modelado de Propiedades dentro del Modelado Determinístico de Facies. D) Mapa de distribución de los fluidos.

## ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOMECÁNICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL CASAHUIRI, PERÚ.

Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa.

Tesis presentada para optar el Título Profesional de: Ingeniero Geólogo. 2022.

Sustentante: **Quispe Garate, Joan Jacks.**

Asesor de tesis: *Dr. Ing. Meza Aréstegui, Pablo Rubén.*

### Resumen

El presente trabajo se realizó en el proyecto "Variante de carretera Casahuiri km 260+300 al km 261+100". El proyecto se ubica en la comunidad campesina de Iaco, distrito de San Gabán, provincia de Carabaya, Región Puno a una altitud promedio de 1416 m.s.n.m. El proyecto es un desvío de 743 m de longitud en la carretera interoceánica Perú – Brasil, el desvío se hizo para liberar área a las obras cabecera de la central hidroeléctrica San Gabán III, el proyecto contempla la construcción de 538.90m de carretera a cielo abierto, 40m de carretera en falso túnel y 164.10m de carretera en túnel.

Las características del túnel son: túnel Carretero de 164.10m, cuya forma geométrica es tipo herradura, la sección es 13.86m de ancho y 8.38m de altura, la litología excavada es roca metamórfica y suelo coluvial, la roca es un ortogneis de biotita de la formación Sandia, de edad perteneciente al ordovícico. La construcción del túnel estuvo a cargo de la empresa especializada "Sinohydro Corporation Limited Sucursal Del Perú".

En el proceso constructivo del túnel se hizo seguimiento geológico – geomecánico como: caracterización geomecánica del macizo, clasificación geomecánica del tipo de roca, y mapeo geológico geomecánico arco rebatido. El criterio geomecánico de clasificación del macizo rocoso aplicado en la ejecución del túnel fue: el RMR de Bieniawski, además se recolectó datos geomecánicos con el método "scan line", con los que en gabinete se hicieron los respectivos análisis de la estabilidad del túnel por cada tramo avanzado, esta información nos sirvió para desarrollar el presente trabajo cuyo resultado del estudio comprende la caracterización de los macizos rocosos e interpretación de resultados.

Uno de los temas en que más se centrará el presente estudio es la elaboración e interpretación de los mapeos arco rebatido, tomando como base las tres secciones de excavación: sección tipo herradura, sección tipo baúl y sección circular, en los que se puede aplicar el mapeo arco rebatido, que dependiendo de la sección y proceso de excavación daremos las respectivas recomendaciones.

En el proyecto se presenta un túnel de sección tipo baúl, el cual será modelo para el desarrollo del mapeo arco rebatido, además se presentará dos excavaciones que no pertenecen al proyecto, solo con la intención de dejar más claro el mapeo arco rebatido en cualquier tipo de excavación.

La ejecución del mapeo arco rebatido es relativamente fácil, pero dependerá de la habilidad y práctica del profesional ejecutor, siendo necesario el uso de conceptos fundamentales de geología estructural, geología de campo, geometría descriptiva y mucha imaginación, estos criterios permiten una mayor precisión en el dibujo de los planos, es por ello que el geólogo encargado de la elaboración de este mapeo tenga una adecuada preparación.

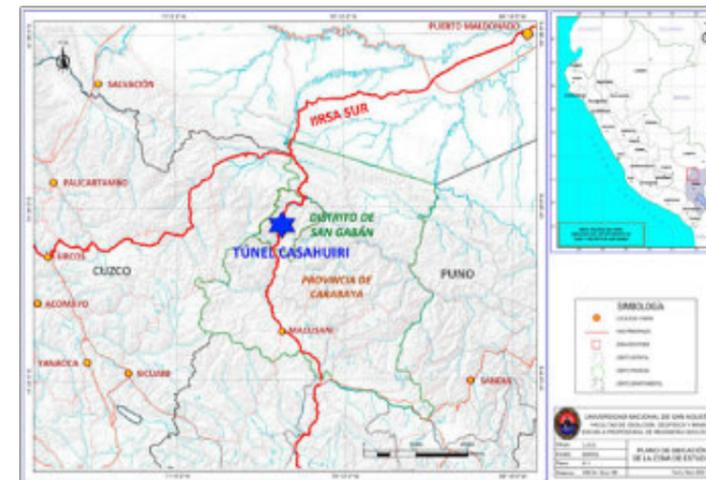


Figura 1.1. Localización del túnel Casahuiri (elaboración propia).

**MODELADO DE FUENTE SÍSMICA MEDIANTE INVERSIÓN DE FORMA DE ONDA. APLICACIÓN EN TIERRA DEL FUEGO.**

Universidad Nacional De La Plata, Argentina Tesis presentada para optar el grado académico de Doctora en Geofísica. Marzo 2021.

Sustentante: **María Celeste Bollini**

Directora de tesis: *Dra. Nora C. Sabbione*

**Resumen**

Tierra del Fuego (TdF) se encuentra atravesada por un sistema de fallas geológicas activas que generan una actividad sísmica continua. Si bien la mayor parte de los sismos son de baja magnitud, TdF tiene una sismicidad histórica que incluye dos eventos de carácter destructivo ocurridos el 17 de diciembre de 1949 con magnitudes estimadas 7.5 y 7.8, posicionando a la Isla Grande de TdF en un nivel de peligrosidad sísmica entre moderada y alta según el Instituto Nacional de Prevención Sísmica. La determinación de modelos de fuente de terremotos es importante no sólo para entender mejor la física asociada a los procesos que los generan, sino también para poder llevar adelante estudios de riesgo sísmico, que son fundamentales para planificar las construcciones y para diseñar planes de mitigación de posibles desastres. Esto fue lo que motivó esta Tesis, cuyos objetivos son el cálculo de nuevos mecanismos focales en TdF y la evaluación de la potencialidad que tendría una red de acelerómetros para el estudio de fuente de futuros grandes terremotos en la región. Para cumplir estos objetivos aplicamos diversos modelados de fuente sísmica con técnicas de inversión de forma de onda a tres sismos: uno de gran magnitud cercano a nuestra zona de estudio, que nos permitió validar el uso de las técnicas de inversión en la región; otro de magnitud moderada dentro de la Isla Grande de TdF sin soluciones de mecanismo focal calculadas previamente; y un sismo de magnitud muy grande fuera de nuestra zona de estudio para el cual hicimos un modelado de fuente finita usando un conjunto de datos de acelerómetros. Como resultado obtuvimos un mecanismo focal para el evento en TdF, lo cual es de gran importancia ya que, excluyendo el terremoto de 1949, es el primer resultado de este tipo obtenido para un sismo dentro de la Isla Grande de TdF. Otro resultado alcanzado fue la evaluación satisfactoria de la potencialidad de la red de acelerómetros en el estudio de fuente de un sismo de gran magnitud, ya que su modelado nos permitió obtener los parámetros generales que caracterizan al proceso de fuente, mostrando que una red de acelerómetros puede ser útil por sí misma para estudiar procesos de ruptura en un amplio rango de magnitudes. Esto último es especialmente útil en eventos de magnitud moderada que no tienen soluciones publicadas por agencias internacionales. Este resultado representa una fuerte motivación para ampliar la red de acelerómetros en TdF cubriendo el territorio argentino de la Isla, ya que actualmente hay solo un instrumento perteneciente a la red chilena. Estas aplicaciones nos permitieron además concluir que, dada la alta recurrencia de eventos de baja magnitud evidenciada por la sismicidad detectada desde hace más de 10 años en TdF, un estudio sistemático de los mecanismos focales requeriría de una red de sismómetros banda ancha más densa que la actual, por lo que la instalación de acelerómetros debería hacerse como complemento a la densificación de la red existente de sismómetros en el territorio argentino de la Isla. La necesidad de buscar sitios apropiados para la instalación de instrumental, que garanticen la obtención de registros con buena señal-ruido, puede ser la motivación de futuros estudios en TdF.

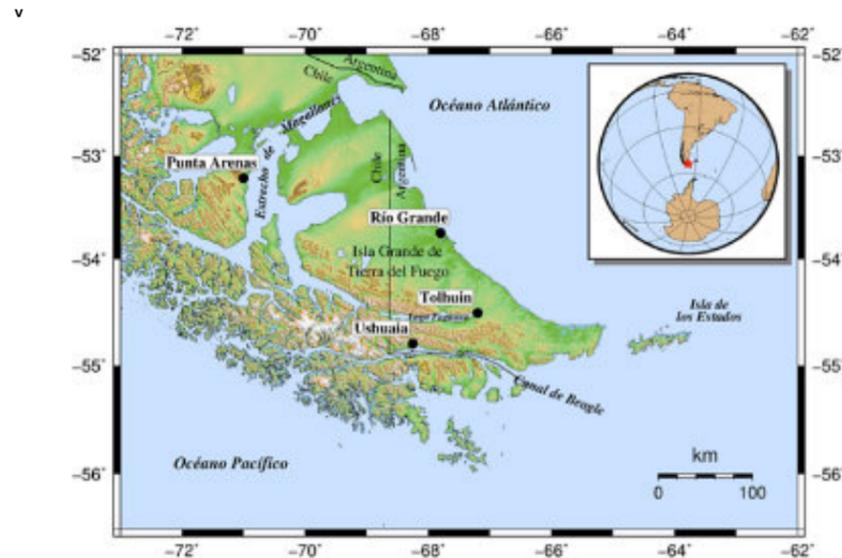


Figura 1.1. Ubicación geográfica de Tierra del Fuego. Las ciudades principales en el sector argentino de la Isla son Río Grande, Tolhuin y Ushuaia, y se indican con círculos negros.

**TESIS SELECTA PRESENTADA DURANTE EL 2019**

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**Caracterización y modelado de propiedades petrofísicas de un yacimiento petrolero en rocas terrígenas.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Geofísico.

Sustentante: **Licon Caselin Zaira Anel**

Director de Tesis: M.C Valencia Flores Luis Ángel

**Resumen.**

La presente Tesis, muestra los resultados obtenidos al proponer un modelo geológico-geofísico que integre para fines prácticos la información del campo **Zwicky 18** en intervalos del "ZALC" de un cuerpo de arenas. Presentando tres espesores con potencial productor y que por presencia de arcilla han sido separados e identificados los espesores arcillosos dentro de tres horizontes interpretados, el horizonte Yacimiento, se destaca por su correlación en este trabajo con la sísmica, petrofísica y modelado Geoestadístico; así mismo la distribución de propiedades, Volumen de Arcilla (Vcl), Saturación de Agua (Sw), Porosidad efectiva (PHIE) y permeabilidad (K).

Se analiza y resaltan particularidades en láminas delgadas, en conformidad al objetivo del trabajo. Se caracteriza un yacimiento de arenas pobremente consolidadas, el cual se ve afectado por intrusión salina. El yacimiento reporta mediante la evaluación de registros geofísicos y modelo estático un espesor neto promedio de 71 m, teniendo una porosidad efectiva en promedio de 18%, permeabilidad promedio de 502 mD y saturación de agua promedio de 20%.

Se hace notar que los puntos concluyentes se muestran en gráficas e integran datos de laboratorio para el análisis de registros geofísicos de pozo; por medio de una simulación gaussiana se muestra el modelo final propuesto.

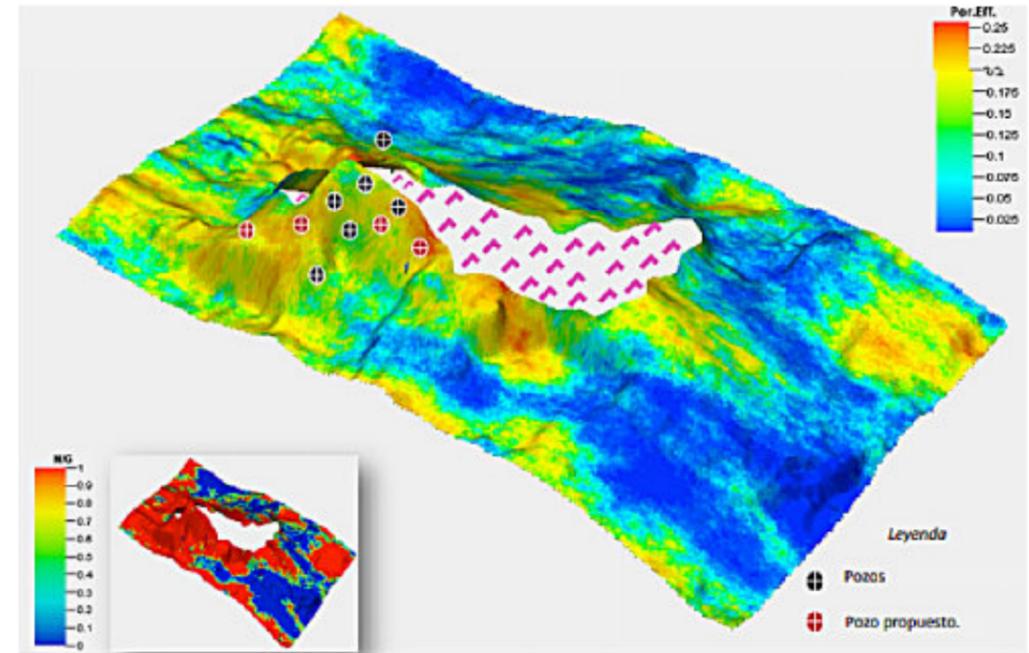


Figura 1.1. Pozos propuestos, se muestran las ubicaciones de pozos que fueron utilizados en la integración y correlación. De igual manera se muestran los pozos propuestos exploratorios como resultado del modelo estático.

**TESIS SELECTA PRESENTADA DURANTE EL 2021**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Relaciones espacio-temporales y petrología de los batolitos de la región de Jamiltepec-Puerto Escondido, Oaxaca**

Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra  
**Sustentante: Hermes Martín García Rodríguez**  
(Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM)  
Asesor: Dr. Dante Jaime Morán Zenteno  
(Instituto de Geología, UNAM)

**Resumen.**

La margen continental del sur del estado de Oaxaca es conocida por la presencia de numerosos batolitos cenozoicos emplazados en el complejo metamórfico Xolapa. Estos cuerpos pertenecen a las raíces de un arco magmático extinto, expuestas en superficie como resultado de la rápida exhumación-erosión de la margen continental mexicana. En este trabajo se presentan nuevos datos para tres batolitos aflorantes entre las localidades de Jamiltepec y Puerto Escondido. Estos batolitos están expuestos en un área aproximada de 1300 km<sup>2</sup> y pertenecen a un pulso magmático oligocénico que se extiende de manera continua desde Pinotepa Nacional hasta Salina Cruz. Estos cuerpos intrusivos presentan composiciones modales principalmente monzo-graníticas, granodioríticas y tonalíticas, con biotita y hornblenda como las principales fases máficas. En el caso particular de los batolitos Jamiltepec y Progreso, destaca también la presencia conspicua de fenocristales de titanita. Los análisis de elementos mayores y trazas reflejan un típico comportamiento de magmatismo de arco, con un claro enriquecimiento de elementos LIL respecto a los HFSE, así como una alta relación de LREE / HREE, que sugieren fraccionamiento de una fuente relativamente somera. Las afinidades calcalinas y metaluminosas refuerzan esta interpretación, aunque también se cuenta con ligeros atisbos adakíticos en el batolito Jamiltepec, que también podrían indicar una fuente magmática profunda. Las relaciones <sup>87</sup>Sr / <sup>86</sup>Sr y <sup>143</sup>Nd / <sup>144</sup>Nd indican aportes corticales claros, mientras que los datos termobarométricos indican una profundidad de emplazamiento de ≈ 14 km. Los fechamientos de U-Pb arrojaron 4 edades de cristalización que oscilan entre 27.5 y 25.9 Ma, las cuales se asemejan a las edades de enfriamiento de K-Ar previamente obtenidas en el área. Esto indica procesos rápidos de emplazamiento y enfriamiento magmático, seguidos de una exhumación moderadamente rápida estimada en 0.4 km/Ma. De estos fenómenos se deduce la remoción de la margen continental mexicana, favorecida por el desplazamiento siniestral del bloque Chortís y la subsecuente erosión por la subducción. Con el avance del bloque, el límite transcurrente evolucionó a un margen convergente activa, lo que produjo la reducción del ángulo de subducción y la migración paulatina del magmatismo hacia el norte y el este. Al considerar las edades de cristalización de U-Pb obtenidas en batolitos adyacentes se puede estimar una tasa de extinción magmática de 23.6 km/Ma para el segmento Tierra Colorada - Salinas Cruz, con una dirección NW-SE. Finalmente, la obtención de 2 edades paleozoicas permitió reconocer la presencia de un basamento pérmico en el área de Puerto Escondido, el cual parece tener afinidad con el Complejo Juchatengo.

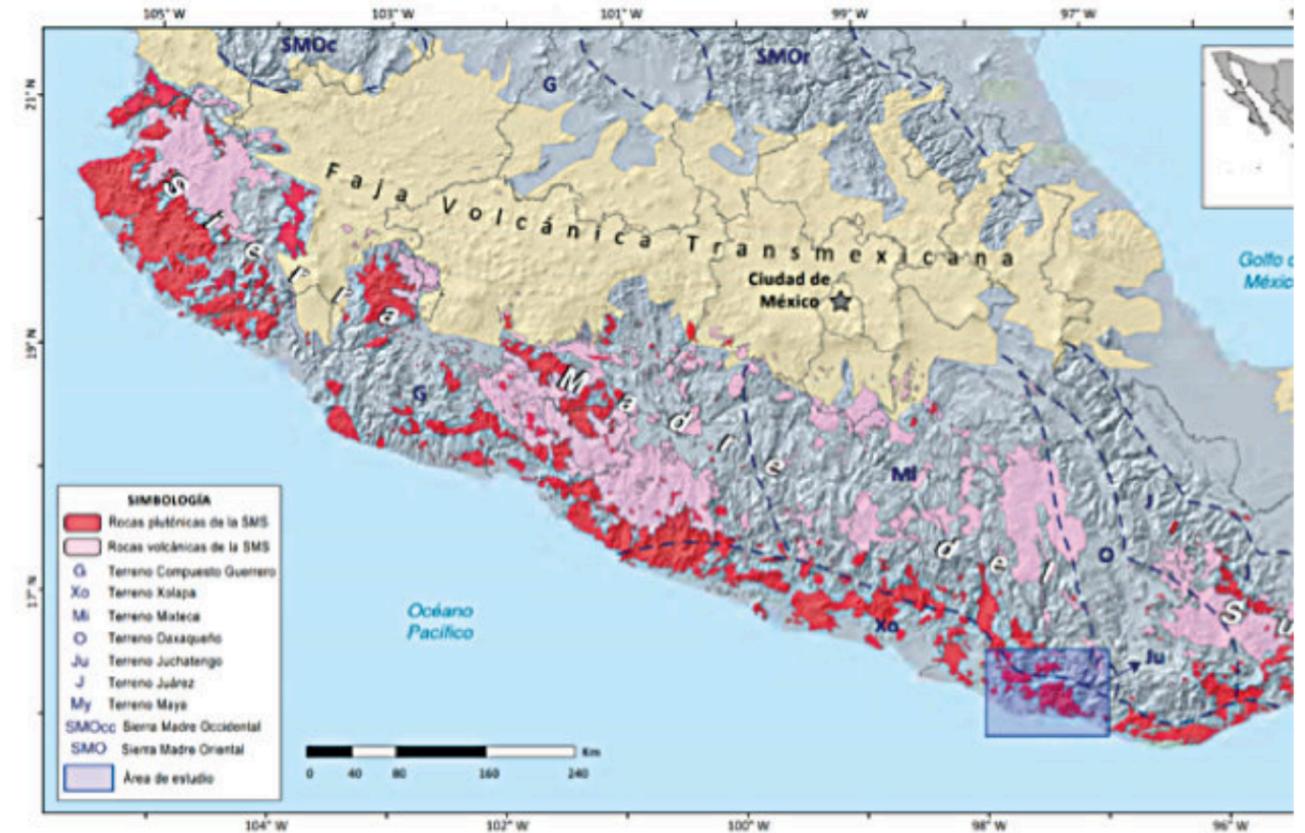
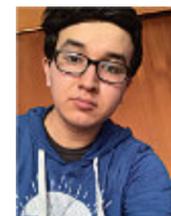


Figura 1.1. Distribución regional de las rocas magmáticas de la SMS. Modificado de Morán-Zenteno et al. (2018). Límites de los terrenos tectonoestratigráficos por Campa y Coney (1983); Sedlock et al. (1993).

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](mailto:diegogabriel807@gmail.com)

## El libro recomendado

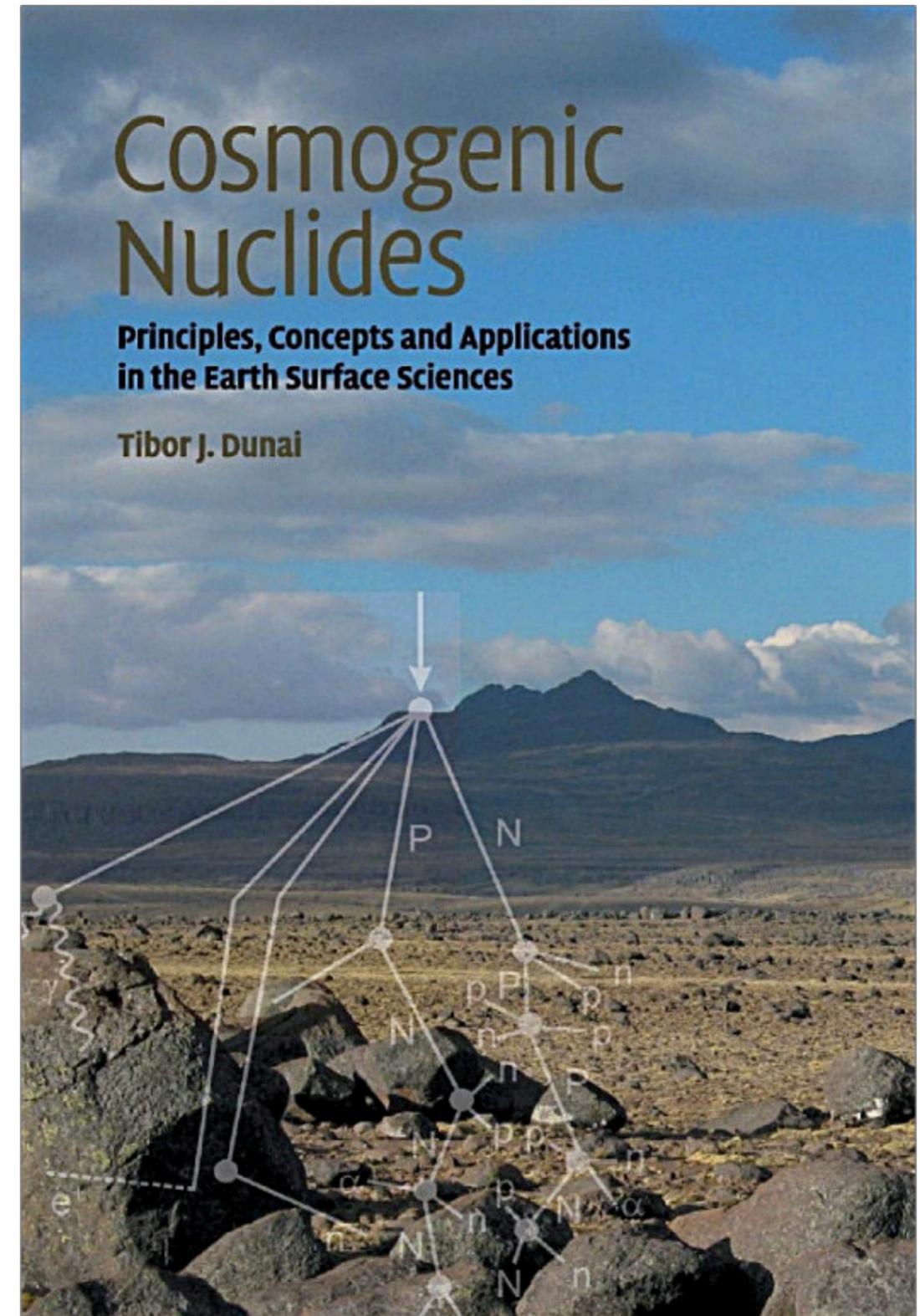
[https://www.libreriavirtualcuba.com/bookstore\\_search/venturas-y-aventuras-de-un-geologo](https://www.libreriavirtualcuba.com/bookstore_search/venturas-y-aventuras-de-un-geologo)



Los amantes de la exploración de lo desconocido disfrutarán esta obra, pues se viven experiencias reales, peligrosas, sorprendentes y divertidas, relatadas por un conocido geólogo cubano, en sus experiencias tras los restos de naves de los vikingos, el comercio del jade por los aborígenes, una mina de chapapote, los misterios del ámbar y visitas a galaxias remotas. Historias que se presentan con imágenes animadas y fotos las cuales enriquecen la experiencia de su lectura. *Disponible en varios formatos como ebook, audiolibro y aplicación.*

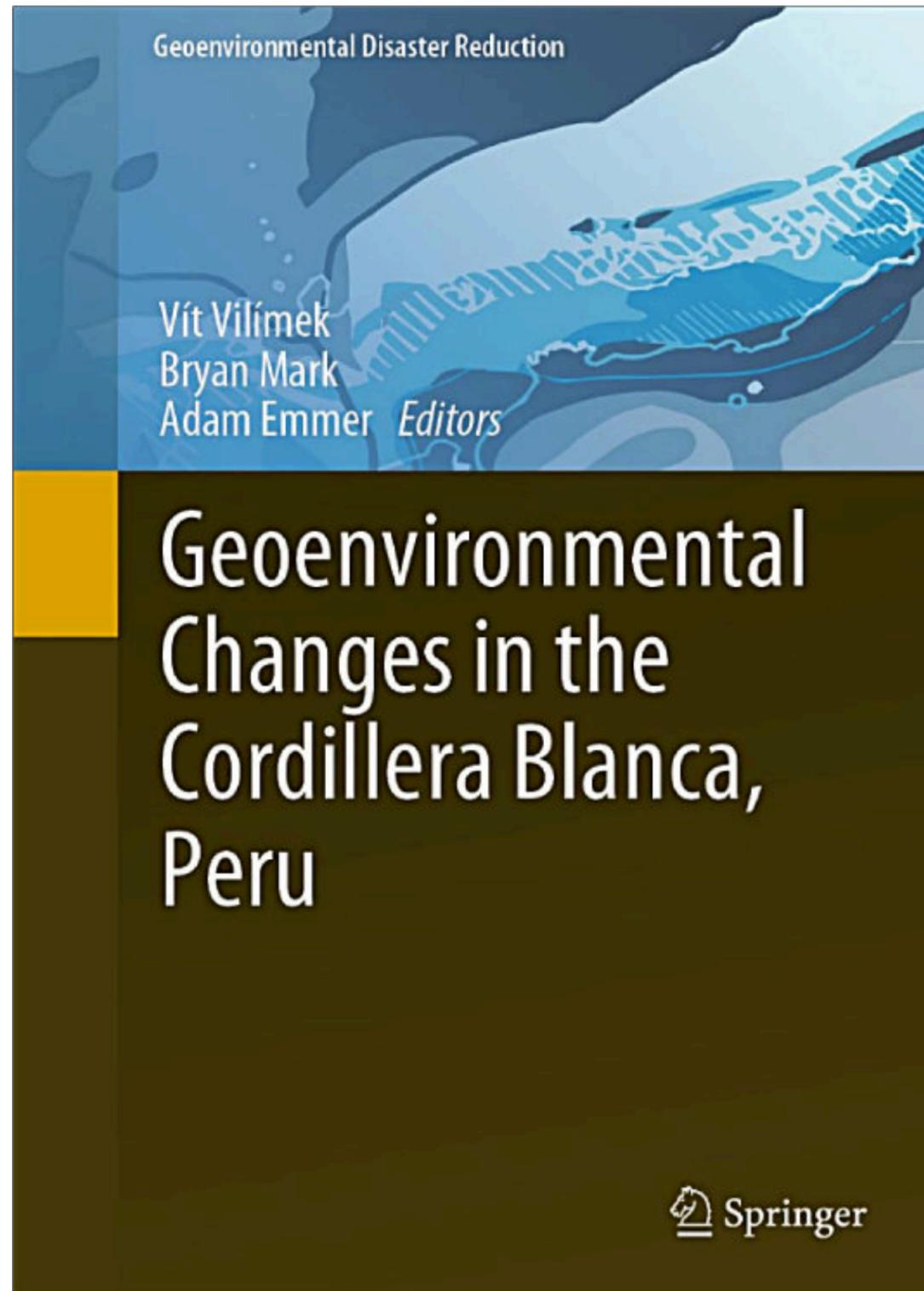
## El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Cosmogenic-Nuclides-Principles-Concepts-Applications/dp/1108445721>



## El libro recomendado

[https://www.amazon.com/Geoenvironmental-Changes-Cordillera-Disaster-Reduction-ebook/dp/B0CZR8HP4R/ref=sr\\_1\\_2?crid=1LJ33ABMCXPJ0&dib=eyJ2IjojMSJ9.EqC-4zSMVKTR3GCtKiz8iCkgj\\_xhldOLyRr1vTObXhvGjHj071QN2OLucGBJIeps.kfoS5wcQBTi6Uy1oi0ca6dw3lyLv5Gbyhyu4alrIHp4&dib\\_tag=se&keywords=cordillera+blanca+geology&qid=1731109165&srefix=cordillera+blanca+geology%2Caps%2C192&sr=8-2](https://www.amazon.com/Geoenvironmental-Changes-Cordillera-Disaster-Reduction-ebook/dp/B0CZR8HP4R/ref=sr_1_2?crid=1LJ33ABMCXPJ0&dib=eyJ2IjojMSJ9.EqC-4zSMVKTR3GCtKiz8iCkgj_xhldOLyRr1vTObXhvGjHj071QN2OLucGBJIeps.kfoS5wcQBTi6Uy1oi0ca6dw3lyLv5Gbyhyu4alrIHp4&dib_tag=se&keywords=cordillera+blanca+geology&qid=1731109165&srefix=cordillera+blanca+geology%2Caps%2C192&sr=8-2)



# TEMAS DE INTERÉS

### Sostenibilidad en la transición energética. Reciclaje de baterías de vehículos eléctricos.

**Natalia Silva Cruz**  
Colaboradora de la Revista

En uno de mis primeros artículos para esta revista les hablaba de los materiales críticos para la construcción de baterías, desafortunadamente, en él llegamos a una conclusión alarmante, y es que según la tecnología existente y las reservas de litio en el mundo, si lo utilizamos en su totalidad y no entregamos nada a otras industrias, probablemente sí podríamos producir las baterías de los 2.000 millones de vehículos que tiene como meta la Agencia de Energía Internacional, IEA, el meollo es que tardaríamos más de 100 años según la tasa de extracción actual. Para la premura con la que necesitamos descarbonizar el transporte, continuar con lo que estamos haciendo hoy es completamente inviable. Y para añadirle complejidad a nuestra situación, la vida de una batería de vehículo eléctrico está entre los 10 y 20 años, así que, aunque alcancemos los anhelados 2.000 millones de unidades, debemos también planear cómo produciríamos las baterías que reemplazarán a las que alcancen su vida útil. Mientras que los vehículos eléctricos sigan siendo una de las principales alternativas limpias al transporte tradicional, debemos implementar proyectos sostenibles para la obtención de los elementos indispensables para cubrir la demanda de la producción de baterías. La propuesta natural y más directa para suplirnos de los materiales requeridos es mediante el reciclaje de las mismas baterías para extraer litio, níquel, cobalto y manganeso, principalmente. Veamos ahora en qué consiste:

**Litio.** La recuperación se realiza a través de procesos hidrometalúrgicos avanzados en los que ácidos o bases se usan para disolver los metales del cátodo para generar una solución iónica a partir de la cual se separa el litio. La recuperación de litio mediante este proceso está cerca del 50%, pero los demás metales presentan valores más altos. La meta que se propone la Unión Europea es que para el 2032 se mejoren los mecanismos de reciclaje, alcanzando un 80% de recuperación.

**Níquel y cobalto.** Existen dos procesos: mediante hidrometalurgia, como el caso anterior, y pirometalurgia, en el que se funden los metales a 1.200 – 1.400 °C y de ahí se recuperan el níquel y el cobalto, desafortunadamente, se sacrifican el litio y el manganeso, por lo que no es muy

recomendado (técnicamente, una fracción podría obtenerse realizando una separación con procesos hidrometalúrgicos posteriormente pero no se realiza en la práctica). La tasa de níquel y cobalto que se puede extraer hoy es del 90%.

**Manganeso.** Este elemento es bastante más sencillo de conseguir que los anteriores, por lo que los esfuerzos para reciclarlo son menores, se podría ver como un subproducto que se obtiene en la búsqueda de elementos con mayor criticidad. Su obtención a través del reciclaje se realiza mediante hidrometalurgia.

Los materiales recuperados cuentan con la misma pureza y propiedades que los que son obtenidos mediante minería, con la ventaja de que en muchos casos los procesos de reciclaje son más sostenibles con el ambiente y no cuentan con las barreras sociales y éticas propias de la extracción tradicional. Para nuestra fortuna, el reciclaje de baterías no es exclusivo de la industria automotriz, desde hace un siglo lo hacemos con las baterías de ácido-plomo, y desde hace unas 3 décadas lo venimos haciendo con las de ion de litio, por lo que ya contamos con decenas de años de investigación que se están implementando con éxito, ahorrándonos tiempo con el que ni siquiera contábamos.

El reciclaje de baterías de vehículos eléctricos a escala comercial está apenas comenzando, esto en parte a que hasta hace pocos años es que las baterías que se construyeron hacia finales de los años 2000 empezaron a alcanzar su vida útil. De hecho, no todas deben ser recicladas, muchas de ellas, que ya no son aptas para el transporte porque cuentan con menos del 70% de su capacidad original, sí que pueden ser de mucha utilidad para otros fines. Para hacernos una idea, la batería más pequeña tiene unos 28 kWh (Mini Cooper), la más grande, unos 200 kWh (GMC Hummer), el consumo promedio de una casa en Estados Unidos, que es uno de los mayores del mundo, está en 30 kWh, de manera que la batería más pequeña disponible, con una capacidad reducida al 70%, es decir, un poco menos de 20 kWh, podría fácilmente cubrir la demanda de al menos medio día de un hogar en uno de los países donde se consume la mayor energía per cápita. De esta manera, esas baterías que ya alcanzaron su vida útil en el transporte podrían ser integradas en sistemas de energías limpias para almacenar excedentes de electricidad generada que puede ser utilizada cuando la energía renovable no esté disponible, como sucede con los sistemas fotovoltaicos, extendiendo el ciclo de vida de la batería.

Ahora, no todo es felicidad, nos estamos quedando cortos en la infraestructura y desarrollo de plantas de reciclaje que cuenten con las dimensiones necesarias para cubrir la cantidad de baterías que van a dejar de funcionar en el futuro cercano. Como sucede en casi todo lo relacionado con la transición energética, la principal limitante es la viabilidad financiera, los procesos de reciclaje no son baratos, o no tan baratos como la minería tradicional, pero esto puede cambiar próximamente, los elementos serían más fáciles y económicos de reciclar si la producción de baterías se realiza con una mentalidad sostenible, la arquitectura de baterías debe ser rediseñada pensando en

que será desensamblada posteriormente para la reutilización de materiales. Por ahora, países de la Unión Europea y China están estimulando el reciclaje mediante incentivos monetarios y regulaciones como que los fabricantes se encarguen de que las baterías sean recicladas o que las nuevas contengan un mínimo de material reciclado. Factores como la innovación tecnológica, el apoyo gubernamental y la demanda de los consumidores serán determinantes para que el reciclaje sea una industria masificada y sostenible en el cercano plazo.

Chemical & Engineering News. Lithium-ion battery recycling goes large. Noviembre 2023.

<https://cen.acs.org/environment/recycling/Lithium-ion-battery-recycling-goes/101/i38>

The Equation. How are EV batteries (actually) recycled? Octubre 2023.

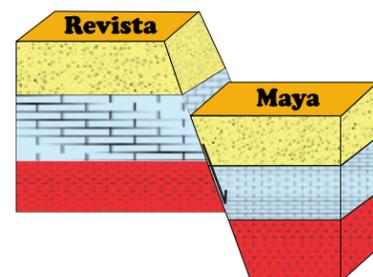
<https://blog.ucsusa.org/jessica-dunn/how-are-ev-batteries-actually-recycled/>



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

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

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



**El fracaso no es más que una oportunidad de volver a empezar, esta vez de un modo más inteligente.**

**Henry Ford**

## Consejos para el examen profesional

**M. en E. Reyna Elizabeth Ramírez Camarillo**  
Jefa del Departamento de Evaluación y Seguimiento Académico  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U. Ticomán, IPN

El día en que presenté mi examen profesional de licenciatura, no lo recuerdo bien, recuerdo el lugar, a los sinodales, a mi familia, como iba vestida, la sensación de angustia al inicio y de felicidad y orgullo al final; pero no puedo recordar exactamente las preguntas de mis sinodales o mis respuestas, me hubiera gustado filmarme, pero en ese momento era muy caro poder grabar un video. (no hagan cuentas)

Lo que si recuerdo muy bien es la preparación previa, ensayé y ensayé mi presentación junto con mi asesor de tesis, hasta que me dijo: ¡Ya estás listas, lo vas a hacer muy bien!... pero obsesiva como soy le insistí: ¿pero, y si me equivoco?... ¿si me preguntan algo y no se la respuesta?

José de Jesús, me miró fijamente y dijo: “escúchame bien... nadie en esa sala va a saber tanto del tema como tú, solo sal y plátcales lo que aprendiste”

Esta anécdota la cuento porque estoy convencida de que el examen profesional no es cualquier cosa, nos impone y los nervios pueden hacernos pasar un mal momento. Pero cuando tenemos un trabajo previo, cuando nos preparamos para ese momento, el estrés que sentimos, solo nos dará el impulso necesario para hacer las cosas excelentemente bien.

### Para empezar

Debemos de dejar muy claro que un examen profesional NO evalúa los conocimientos que adquiriste a lo largo de tu carrera, sino la capacidad que se tiene para reflexionar con un grupo de expertos en el tema y defender tu posición con argumentos de corte académico.

### Consejos importantes (no olvidar a lo largo de todo el proceso)

1. **Nunca olvides que tu hiciste el trabajo.** Para hacer una analogía es como si construyeras una casa desde cero. Sabes qué tipo de cimientos tiene, a que profundidad están, la calidad de los materiales que se usaron, etcétera. Tú eres el experto.
2. **Disfruta el proceso.** Basándonos en las estadísticas, lo más probable es que sea el único examen profesional que presentes en la vida (ojalá no). Así que no lo veas como un requisito o como una carga, sino como una experiencia que vas a recordar toda tu vida (y grábala por favor). La maestra Cayetana Santaolalla (2019) utiliza una anécdota interesante, dice que es como si hubieras corrido un maratón y el examen profesional es la vuelta gloriosa que das al estadio, después de haber cruzado la meta, es tu momento, es donde demuestras a los demás qué has aprendido y tienes lo necesario para empezar a ejercer como ingeniero o ingeniera.

### Días antes del examen...

1. **Prepara tu presentación**
2. Elige una fecha de examen que te permita prepararte
3. Realiza la presentación de tu trabajo usando: PowerPoint, Prezi, Canva o algún otro.
4. Conviértela a PDF
5. Sistematiza tu presentación, no olvides que solo tienes 30 minutos para presentar, así que explica rápidamente el desarrollo de tu trabajo (planteamiento del problema, objetivos, justificación, metodología) y céntrate en lo más importante y relevante, como tus resultados y conclusiones. (ajústate al tiempo asignado, utiliza un cronómetro).
6. No abuses de las diapositivas, para 30 minutos de exposición vas a requerir de 20 a 25 diapositivas
7. Incluye imágenes y gráficos que vayan de la mano con lo que estás diciendo
8. Haz un esquema que te sirva de guía en los ensayos y recuerda que estas contando una historia, así que debe de tener introducción, desarrollo y conclusiones.

### Prepara tu exposición oral

- Explica con sencillez las cosas difíciles, para lograrlo ensaya por lo menos 8 veces tu presentación ante diferentes públicos, (aunque puedes hacerlo frente al espejo o grabarte si eres tímido(a)) que te hagan algunas observaciones en torno a temas tales como: calidad de las diapositivas, sencillez para explicar, manejo del tiempo, tono de voz, presencia, manejo del espacio, dominio de los contenidos, organización y secuencia de la información.
- Investiga a tus sinodales, nombres y perfiles, para que, en función de esto prepares algunas posibles preguntas y sus respuestas, las que podrías también ensayar.
- Juega con la tonalidad de tu voz y tu expresión corporal (por ejemplo: utiliza tus manos, o ten entre manos una pluma o señalador).
- Si presentas en equipo, no dividas la presentación en partes iguales es preferible que se vayan intercalando la descripción de las diapositivas (Macias 2020).

### Prepara tu ropa

1. Prepara la ropa que vas a utilizar, recuerda que no se trata de vestirse como para ir a una fiesta, pero tampoco de ponerte lo primero que tengas a la mano. Es un acto formal y de acuerdo a tus posibilidades, deberías lucir muy guapo o guapa y dar una imagen profesional.
2. Utiliza zapatos cómodos, recuerda que va a ser un día muy movido y necesitas sentirte cómodo(a).

### Preparate emocionalmente

- Investiga y practica alguna técnica de respiración para el manejo del estrés (en caso necesario)
- Si tienes serios problemas de memoria, evita el estrés y haz una check list con todas las cosas que requieres llevar el día del examen (así no olvidarás nada).

### Un día antes del examen...

- 1) Has algo que te haga feliz y despeje tu mente como ir al cine, salir con amigos, ir a un spa...

### El día del examen...

1. Párate temprano

2. Sigue tu rutina normal
3. Báñate, arréglate
4. Haz un desayuno saludable
5. Checa tu lista de cotejo
6. Dirígete al lugar del examen con tiempo, de tal forma que puedas llegar por lo menos 45 minutos antes de la hora estipulada.
7. Si los nervios te invaden, ve al baño y pon en práctica la técnica de respiración para el manejo del estrés y repite que todo va a salir excelente, que si has llegado hasta ese punto es porque en realidad eres bueno(a), que los sinodales no comen a sus estudiantes, o algún otro mantra que te centre.
8. Prueba que todos los aparatos electrónicos estén funcionando, y no olvides tener a la mano una botella de agua y tu señalador.
9. Inicia tu presentación saludando al presídium y al público.
10. Cuando estés exponiendo, no te concentres en un solo punto ve cambiando el foco de atención, y a tus sinodales vélos por encima de la cabeza.
11. Al iniciar las preguntas de tus sinodales, asegúrate de haber comprendido bien la pregunta, antes de responderla piensa en la respuesta, responde en forma clara y sencilla, no inventes la respuesta. Si no sabes la respuesta puedes decir simplemente algo así como: disculpe, no lo sé, no tengo clara la respuesta, no estoy familiarizado con el tema o en esa parte veo que me faltó investigar (no es un crimen no saber una respuesta). (Cano, S. 1996).
12. Escucha con humildad los comentarios, críticas y aportaciones de los sinodales a tu trabajo de tesis.

### Al terminar el examen...

- Cuando regresas para conocer el resultado, agradece (independientemente del desenlace) ya que de una u otra forma va a ayudarte a crecer, y en ciencia nada es un fracaso.
- Prepara un pequeño discurso, ya que regularmente te pedirán dirijas unas palabras al público.
- ¡¡¡Disfruta y festeja!!!

### Referencias

Cano-Santana, Z. (1996). Cómo presentar un examen de grado. <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/44/CNS04403.pdf>

Macias P. (2020, 25 octubre). *TIPS para LA TESIS: Exposición + Tutorial*. (Video). <https://www.youtube.com/watch?v=ybL-DbHwnOs>

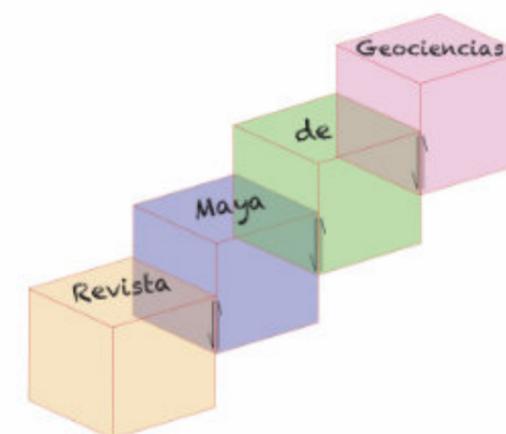
Santaolalla C. (2019, 7 de marzo). *CONSEJOS para la DEFENSA del TFG –TFM* (Video). [https://www.youtube.com/watch?v=z7b\\_ADodwwc](https://www.youtube.com/watch?v=z7b_ADodwwc)



**Reyna Elizabeth Ramírez Camarillo** es Licenciada en Psicología por la UNAM y Maestra en Educación por el Instituto ISU Docente en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, ESIA Unidad Ticomán, del Instituto Politécnico Nacional con una trayectoria de 21 años de servicio. Asignada a la Academia de Humanísticas en donde imparte las unidades de aprendizaje de Geografía Social y Humana, Desarrollo Profesional y Ética, Proyecto Terminal 1 y 2.

Ha sido facilitadora en pláticas, talleres, cursos y diplomados, para alumnos y personal docente y de apoyo, en temas técnico- pedagógicos, tutorías, formación humana, derechos humanos, ética, equidad de género, entre otros temas.

Desarrollándose como orientadora, enlace del Programa Institucional con Perspectiva de Género, Promotora de los Derechos Politécnicos y Coordinadora de Tutorías, y actualmente, funge como Jefa el Departamento de Evaluación y Seguimiento Académico.



## EL CAMINITO DEL REY

Una aventura a través de la historia y la geología de esta localidad de Andalucía (España)

JHONNY E. CASAS

Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



### INTRODUCCION

El Caminito del Rey se encuentra ubicado en El Chorro, aldea perteneciente al municipio de Álora, cerca de la comarca del Valle del Guadalhorce, al lado de un embalse sobre el río Guadalhorce, en la provincia de Málaga, Andalucía, España.

Es uno de los principales centros de escalada sobre roca de Europa debido a estar situado junto al Desfiladero de los Gaitanes. Al filo de este desfiladero discurre el Caminito del Rey, un sorprendente trazado con vertiginosas pasarelas que trazan un interesante recorrido entre los cañones que serpentean el curso del Río Guadalhorce.

El Caminito del Rey es un paraje natural conocido también como Desfiladero de los Gaitanes, localizado en el centro de la provincia de Málaga. Desde los siglos XIX y XX se ubicaron en esta zona un conjunto de infraestructuras ferroviarias e hidroeléctricas que todavía permanecen activas en tiempos actuales. Este

enclave geográfico ha sido foco de influencia para el asentamiento de grupos humanos desde épocas prehistóricas, documentado por la abundancia de yacimientos arqueológicos en los alrededores.

La obra del Caminito del Rey fue inaugurada por el rey Alfonso XIII (1886-1941), y constituyó el único acceso ferroviario a la ciudad de Málaga desde el interior de Andalucía en esa época. Comprende varios túneles excavados en las paredes de este desfiladero, cuyos accesos actualmente se encuentran reformados y pueden ser visitados mediante unas pasarelas de madera, acero y hierro que discurren por sus paredes.

En este recorrido a lo largo del Caminito del Rey, apreciamos una buena parte de la geología de esta zona, así como numerosos elementos estructurales como anticlinales, fallas y fracturas, afectando principalmente las rocas del Mesozoico, donde las facies carbonáticas constituyen la principal litología de la secuencia sedimentaria de esta región. El área,

además de numerosas evidencias de disolución kárstica en las rocas carbonáticas, lo cual ayudó a que el Río Guadalhorce pudiera excavar dichas litologías desde hace millones de años, en lo que se conoce como el Arco Calizo Central de Málaga, en busca de su camino para desembocar en el mar.

El caminito del Rey es uno de los paisajes más impresionantes de la sierra malagueña, ya que posee desfiladeros con paredes escarpadas de gran altura, cortadas por el río Guadalhorce, y que dejan al visitante totalmente asombrado y sin aliento.

### HISTORIA

La Sociedad Hidroeléctrica del Chorro, propietaria de los Saltos del Gaitanejo y del Chorro, necesitaba un acceso a ambos para facilitar el paso de los operarios de mantenimiento, transporte de materiales y vigilancia, así que decidieron construir una serie de pasarelas para efectuar dicho paso. Las obras empezaron en 1901 y terminaron en 1905. El camino comenzaba junto a las vías del ferrocarril y recorría el desfiladero del Gaitanejo. Las visitas a la zona por parte de ingenieros y personas interesadas en este proyecto en general, se hicieron frecuentes durante su construcción entre 1914 y 1921, dada la gran belleza geográfica y geológica que se podía contemplar recorriendo el camino, en 1921 el rey Alfonso XIII presidió la inauguración de los embalses Guadalhorce-Guadalteba, y sus pasarelas de acceso (Bestue & Perez, 2015). No está claro realmente hoy en día si el rey realmente cruzó todo el camino de pasarelas previamente construido, o solamente visitó una parte del mismo. Aún así, y desde entonces, se le empezó a llamar Caminito del Rey (Wikipedia), denominación que persiste actualmente.

A principios del siglo XX se construyeron dos represas conectadas por la garganta excavada por el río Guadalhorce en las rocas; y esta conectaba con una central hidroeléctrica al final de las mismas. Para construir la infraestructura se construyeron túneles y puentes que, para darles mantenimiento, requirieron de la construcción adicional de estrechas pasarelas dentro de las gargantas. Una primera pasarela liviana fue ensamblada al comienzo, pero tras problemas con las crecidas del río Guadalhorce (que llegaba a cubrir el nivel de las pasarelas), se decidió la construcción de una segunda más elevada, hecha de cemento y vigas de hierro, sustituyendo así a la primera. Tras ser conocidas al principio como los Balconcillos, estas pasarelas habilitadas a través del desfiladero y tras la visita de

Alfonso XIII, como se mencionó, pasaron a denominarse el Caminito del Rey. Actualmente parte del volumen del agua entra al nuevo túnel en la de Gaitanejo, justo al principio del recorrido, y va hasta la central sustituta Nuevo Chorro situada al final del Desfiladero de los Gaitanes (Cantalejo, 2016).

El Caminito del Rey ha pasado por diversas vicisitudes desde que, a principios del siglo pasado, fuera construido como camino de servicio para las labores de mantenimiento del canal de conducción de agua de la Estación de El Chorro. Después de varios accidentes motivados a su mal estado de conservación, fue cerrado definitivamente en el año 2000. En el año 2015 (finales de marzo), el proyecto de restauración de las pasarelas culminó y fueron abiertas nuevamente al público, para cuya visita se precisa comprar entradas y seguir ciertas normas de seguridad muy concretas. La razón es que se trata de un sendero potencialmente peligroso, pero que además atraviesa un entorno ambientalmente frágil e históricamente muy relevante.

### EL ACCESO Y SU RECORRIDO

Comenzamos el recorrido para llegar al Caminito del Rey, estacionando en el Complejo Turístico Rural La Garganta, desde donde salen autobuses o lanzaderas que te llevan al acceso norte (única entrada) del caminito. Desde este acceso principal se puede comenzar a recorrer el Caminito del Rey en dirección sureste y finalizar en el punto de origen (Complejo La Garganta). El recorrido sólo se puede realizar en un sentido único, entrando por la zona norte (Ardales) y saliendo por el sur (Álora).

Para llegar al punto de control de acceso del Caminito del Rey se puede utilizar un sendero de uso público Gaitanejo o, un túnel peatonal ubicado a unos 100 m del estacionamiento de autobuses (Ardales) y con una distancia de recorrido de aproximadamente 1,5 km. En esta puerta de control y acceso, se reúnen los grupos con guías para entrar en el Caminito de Rey y cada uno es provisto de un obligatorio casco azul como medida de seguridad. Además, se controla dosificadamente la entrada de los grupos a fin de no sobrecargar de peso a las pasarelas.

Una vez en la entrada, allí hay que contar con la reservación anticipada o ticket de entrada, de venta online a través de la página web del Caminito. Estas entradas suelen agotarse enseguida; debido a la alta demanda de visitantes y al limitado número de tickets

que se venden para cada día. En ciertas épocas es incluso difícil encontrar entradas hasta con un mes de anticipación.



Imagen de Google en la que se ha dibujado el trazado (línea amarilla punteada) del Caminito del Rey.

En líneas generales, el entorno del Caminito está constituido por tres gargantas fluviales, las dos primeras seguidas y una tercera distanciada de las demás por el valle del Hoyo. El segundo camino de servicio construido, el propiamente llamado del Rey, está unos 5-20 metros de altura sobre el original. Desde varios puntos del desfiladero se pueden ver todavía restos de aquellos soportes de hierro, con ojales por donde pasaba una cuerda de seguridad.

Iniciando el recorrido, tras unos metros caminando, se observan litologías que desarrollan unas curiosas formas erosivas eólicas, oquedades de diferentes dimensiones (desde varios centímetros a varios metros). La más espectacular de ellas es la conocida como "Arco Gótico" y que se puede ver en la margen izquierda del río, antes de llegar al acceso norte.

Más adelante, finalmente se entra en la primera y más estrecha de las gargantas: el tajo del Gaitanejo. Este es el nombre local que se le ha aplicado y donde podemos observar numerosas marmitas excavadas por la erosión fluvial en la parte más baja del río. A veces la garganta se estrecha tanto que la distancia entre paredes, es de solo escasos metros. La pasarela está construida de tablas de pino rojo y lateralmente cuenta con una malla de acero inoxidable para seguridad de los visitantes. Los soportes son principalmente varas de hierro ancladas en las paredes de roca, aunque hay algunos tramos efectuados en cemento.



Entrada al desfiladero de Gaitanejo (Foto del autor).



Detalle de los anclajes que soportan las pasarelas en el Caminito del Rey (Foto del autor).

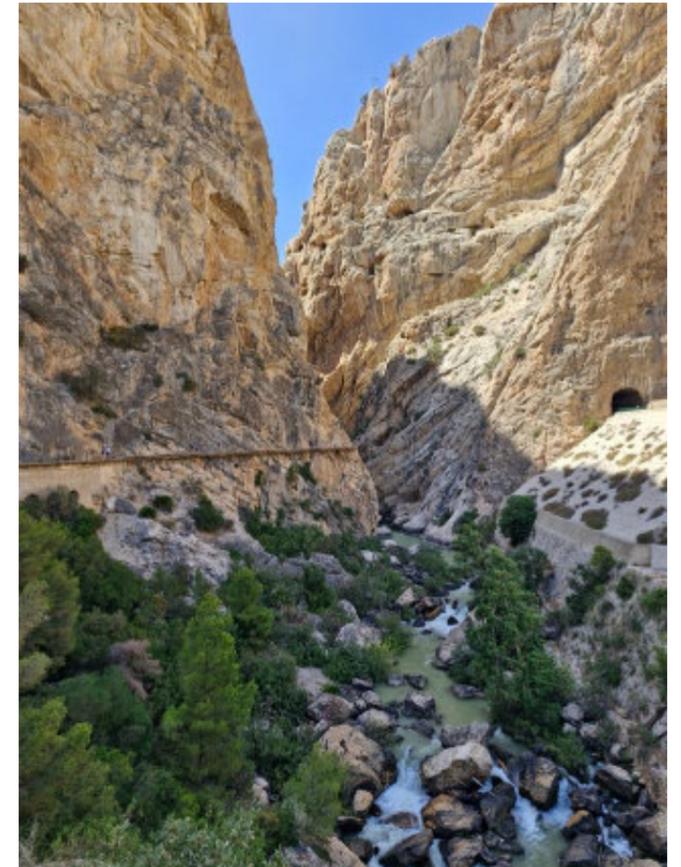
La distancia entre paredes se hace mayor justo cuando aparece al otro lado, la línea de ferrocarril Málaga-Bobadilla fácilmente visible por sus túneles excavados en la montaña. Aquí comienza el segundo desfiladero o garganta, el llamado tajo Ballesteros, e inmediatamente comienza la siguiente garganta, llamada el tajo de las Palomas. Aquí la pasarela va por un nivel superior a los tramos originales y a casi la misma cota que el ferrocarril.



Desfiladero de Gaitanejos donde se pueden observar calizas del Jurásico Superior correspondientes a la Formación Torcal, con un ligero buzamiento hacia el norte, coincidiendo con el flanco norte del anticlinal (Foto del autor).

Hacia el ferrocarril, cruzaba el puente del Rey, y fue el punto hasta el que supuestamente llegó la comitiva real en la visita de 1921. Tras esta segunda garganta, empieza el valle del Hoyo, una zona muy ensanchada y excavada en las calizas y yesos del Triásico, lo que provoca unos derrubios de ladera ocupados por pinos, algarrobos, y algunas encinas. La inestabilidad del terreno hizo necesario abovedar un lado del canal casi al completo (Cantalejo, 2016).

Entrando en el canal a la altura de la cara norte del Castillón de la Ermita, comienza el tramo más famoso del desfiladero, el propiamente llamado de los Desfiladero de los Gaitanes, por los buitres leonados y otras grandes aves rapaces que suelen sobrevolarlo a gran altura.



Salida del desfiladero de Gaitanejos. En la pared de la izquierda se puede observar la pasarela y al fondo del valle, el río Guadalhorce (Foto del autor)..

En el primer cañón que atravesamos anteriormente, los estratos de caliza que pudimos observar tenían un buzamiento próximo a los 45 grados, pero aquí en los Gaitanes, son prácticamente verticales, de modo que sus aproximadamente 300 metros de espesor y unos 50 millones de años de historia geológica, pueden ser examinados por el visitante en el sentido de la marcha, desde las capas más antiguas a las más jóvenes. Con la vía férrea cortándolos, aparecen frente a nosotros los llamados Nichos de San Cristóbal (o los Tres Techos de los escaladores). Estas gigantescas oquedades se desarrollaron en los estratos de la Formación Endrinal del Jurásico Inferior.

A continuación, el paisaje se vuelve realmente espectacular, con el siguiente ensanche de la garganta, en una zona donde según la literatura hay mayor cantidad de fósiles de ammonites en los estratos con tendencia a colores pardos y rojizos (Formación Ammonítico Rosso).



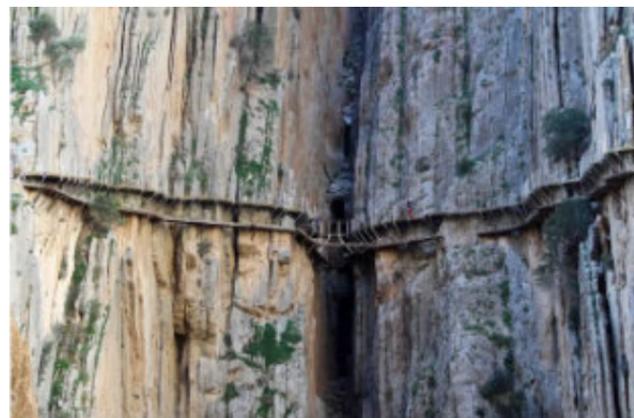
El autor y su familia a la salida del desfiladero de Gaitanejos. Nótese la obligatoriedad de usar cascos de seguridad durante el recorrido.



Otra vista de la pasarela a gran altura antes de entrar en el desfiladero de Los Gaitanes y al fondo el valle del Hoyo (Foto del autor).



Espectacular morro de calizas donde se observan tres oquedades escalonadas por encima del puente de la vía del tren, y que corresponden a los llamados Nichos de San Cristóbal (Foto del autor).



Pasarela a gran altura observándose a la derecha las capas de la Formación Ammonitico Rosso y a la izquierda las capas claras de la Formación Torcal.

Un poco más adelante, al lado del acueducto que pasa el agua al otro lado del cañón cárstico (el Puente de Ribera), el sendero utiliza un puente de cables y rejillas en una zona donde el viento suele muy fuerte, tan así que sentí que el casco se me iba a volar cuando lo cruzamos.



Desfiladero de Los Gaitanes con el puente de Ribera (Foto del autor).

Luego de atravesar el puente, las pasarelas son ahora descendentes, con tramos de escaleras de cemento, las cuales de repente giran bruscamente hacia la izquierda (este), discurriendo totalmente paralelo a la superficie de los últimos estratos sobresalidos. Antiguamente el Caminito terminaba en el puente de hierro del ferrocarril, pero ahora asciende con un tramo que pasa por encima de la vía férrea y llega al nivel de la tubería de hormigón que forma el salto de la nueva central hidroeléctrica. Lo que resta es seguir la vía de grava hasta llegar a la zona de aparcamientos y servicios de la Estación de El Chorro donde finalizó nuestro recorrido por el Caminito del Rey.

#### GEOLOGIA REGIONAL

La región donde se localiza el Caminito del Rey se incluye en el denominado Orógeno Alpino Perimediterráneo Occidental, que incluye a la Cordillera Bética, los Apeninos, los Alpes y los Pirineos. Esta gran cordillera se levantó como consecuencia de los procesos orogénicos alpinos que se sucedieron hace 25 millones de años en la zona del Mediterráneo, como consecuencia de la colisión entre las placas africana y europea.

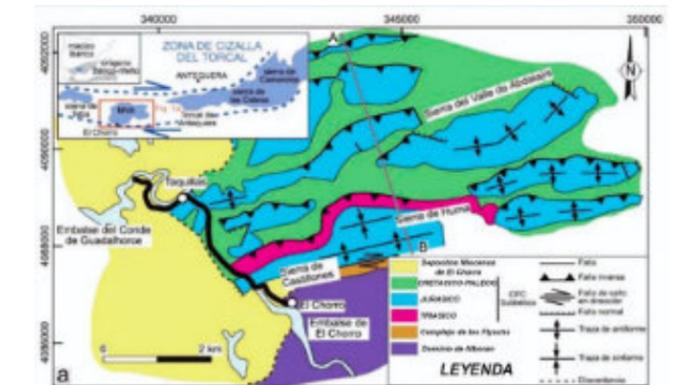
La Cordillera Bética, como parte del Arco de Gibraltar, se extiende por el sur de la Península Ibérica y continúa al otro lado del Estrecho de Gibraltar hacia la Cordillera del Rif (una región montañosa al norte del actual Marruecos), formando una estructura muy compleja que se divide en varios dominios geológicos: la Zona Interna formada por tres Complejos apilados, las Unidades Frontales, las Unidades de los Flysch y la Zona Externa que a su vez se subdivide en tres dominios: la

Zona Prebética, las Unidades Intermedias y la Zona Subbética. Esta última a su vez, ha sido diferenciada en Subbético Externo, Subbético Medio y Subbético Interno. La zona que se atraviesa con el Caminito del Rey (Sierra de Huma), ha sido descrita por Martin (1987), dentro del Subbético Interno occidental.

#### DESCRIPCION GEOLOGICA DEL CAMINITO

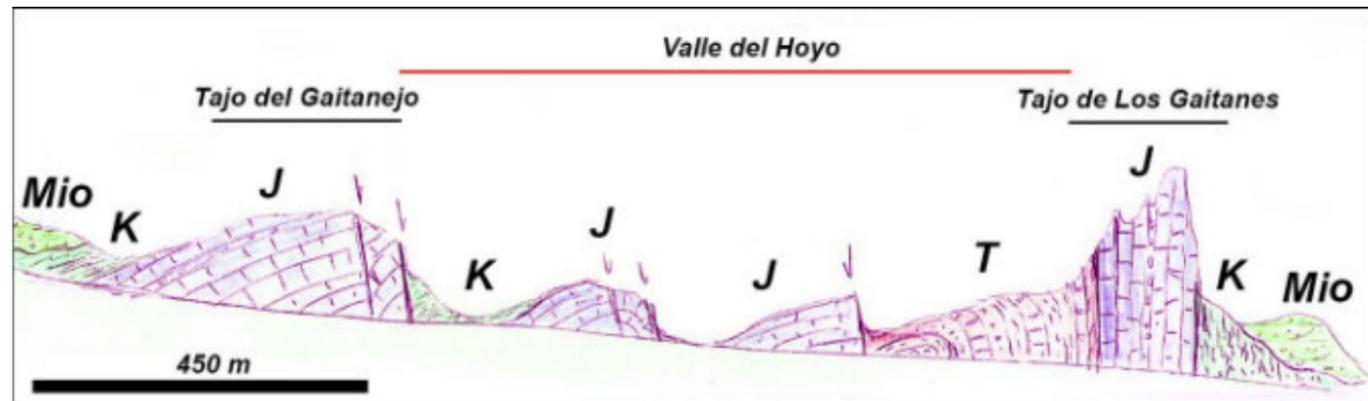
La traza del caminito se inicia en el túnel que parte del estacionamiento público del Mirador de Ardales. Este túnel excavado en la roca atraviesa la Sierra de Almorchón y sale al Embalse de Gaitanejo donde se sitúa el acceso norte a la entrada del Caminito del Rey.

La longitud total del desfiladero que los visitantes atraviesan es de unos 3,4 km con paredes verticales de 300 m de altura tanto en su tramo inicial como en el final, y donde, en algunos lugares, hay apenas 10 m de separación entre las paredes del desfiladero. Se incluye el mapa geológico con la demarcación correspondiente a la traza del Caminito del Rey.



Mapa geológico de los alrededores de el Caminito del Rey. La traza del camino esta resaltada con una línea negra. Modificado de Ramírez (2018) en Carrasco (2022).

El mencionado túnel de acceso, esta excavado en materiales del Tortonense (Mioceno tardío) y está compuesto por areniscas, limos, margas y conglomerados interpretadas como depósitos de abanico deltaico que algunos autores consideran que formaban parte del "Corredor del Gaudahorce" una antigua conexión entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo, antes de la llamada Crisis de Salinidad del Mesiniano y de la apertura del Estrecho de Gibraltar.



Sección geológica a través del Caminito del Rey. Modificado de Duran (2013) en Carrasco (2022)



Túnel corto de acceso al Caminito del Rey, excavado en areniscas del Mioceno (Foto del autor).

Más adelante, en el camino llegando a la Presa de Gaitanejos se puede observar como las areniscas Tortonenses se disponen discordantemente sobre las capas rojas cretácicas (Formación Capas Rojas). En estos materiales terciarios se desarrollan unas curiosas formas erosivas eólicas, cavidades de diferentes dimensiones (de varios centímetros a varios metros). La más espectacular de ellas es el conocido como “El Arco Gótico” que se puede ver en la margen izquierda del río Guadalhorce, antes de llegar al acceso norte.

Luego de caminar varios cientos de metros llegamos al embalse de Gaitanejos a través del cual se entra en la primera garganta: El Desfiladero de Gaitanejos, excavado en las calizas jurásicas de la Formación Torcal.

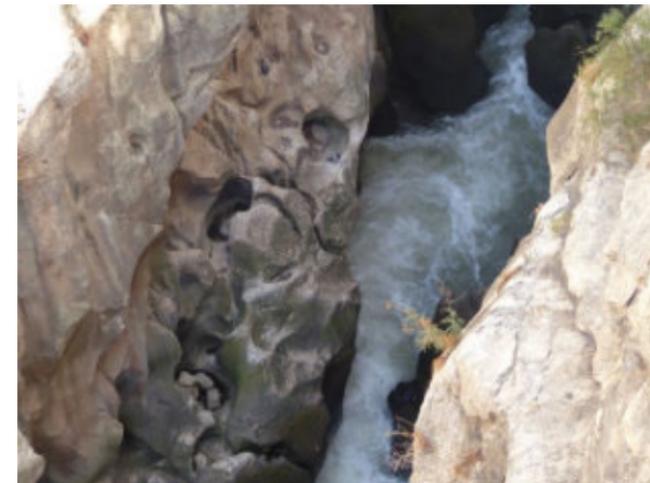


Embalse de Gaitanejo, donde se observan del lado izquierdo, areniscas Tortonenses (Mioceno) suprayacentes en forma discordante sobre capas rojas del Cretácico (Foto del autor).



Espectacular forma erosiva representativa del relieve y formas del modelado en areniscas del Mioceno, que localmente se conoce como “Arco Gótico”.

Al inicio de la ruta en el desfiladero, puede verse el contacto entre las calizas grises masivas del Jurásico y las calizas margosas blandas y margas rojas de la Formación Capas Rojas del Cretácico (Cenomaniense) al Eoceno. A continuación, se entra en un estrecho y profundo cañón de origen fluvio-kárstico de 800 m de longitud excavado por el Río Guadalhorce en rocas carbonáticas. Se trata de calizas jurásicas de color gris claro y aspecto masivo con indicios de estratificación gruesa y con algunos niveles de calizas finamente estratificadas y de calizas nodulosas. Todas las anteriores litologías mencionadas corresponden a la ya nombrada Formación Torcal. Son muy abundantes las formas exokársticas con un gran desarrollo de las formas conocidas como marmitas. Las distintas formas del cañón son indicativas de varias fases de incisión y estabilización del canal fluvial.

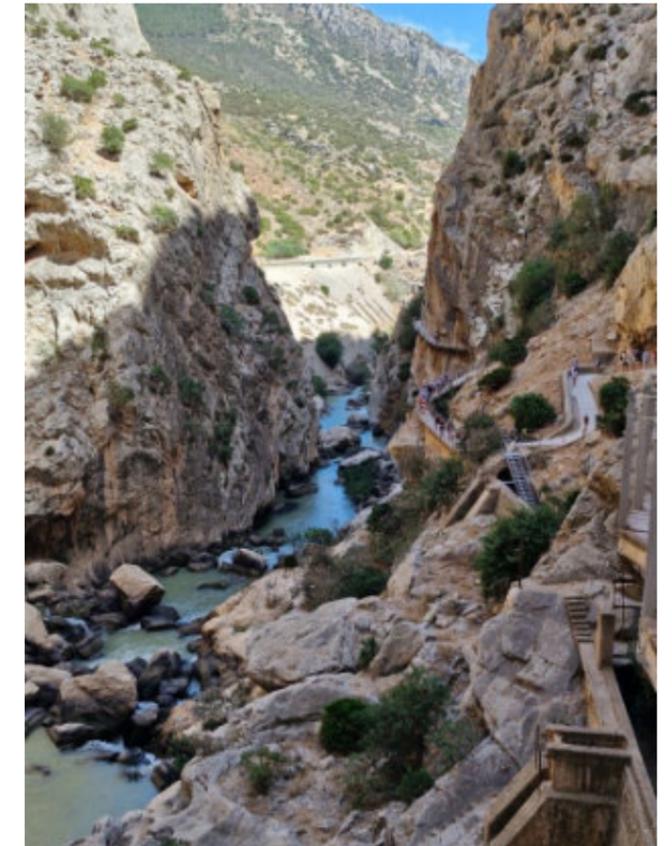


Presencia de numerosas marmitas de disolución al fondo del cauce del río Guadalhorce en el desfiladero de Gaitanejos (Foto del autor).

Las calizas presentes en este desfiladero se presentan buzando suavemente hacia el NW y afectadas por una serie de sistemas fracturas. Una vez que se sale del Desfiladero de Los Gaitanejos el paisaje se abre al denominado Valle del Hoyo.

El trazado del Caminito del Rey discurre luego por los Tajos del Almorchón, casi siempre sobre derrubios de ladera que tapan los materiales de la Formación Capas Rojas primero y luego por encima a los materiales de la denominada Unidad Olistrostrómica. Esta unidad es una mezcla (mélange) producida por un proceso de removilización y emplazamiento en masa de formaciones rocosas constituidas por tectonosomas y olistostomas. Así pues, los afloramientos de esta unidad

se interpretan como brechas de origen tectónico con depósitos de deslizamientos, avalanchas y flujos de cantos durante el Mioceno Medio, según Roldan et al, (2012) a través de las cuales se canalizaron los despegues tectónicos posteriores al Serravaliense (Mioceno medio).



Desfiladero de Los Gaitanejos, cortado por el río Guadalhorce (Foto del autor).



Valle del Hoyo exhibiendo calizas Jurásicas de la Formación Torcal a la izquierda (Foto del autor).

Al otro lado del río, por donde discurre la vía del tren, se pueden observar afloramientos de las calizas jurásicas (Formación Torcal) con abruptos escarpes ocasionados por fallas normales que la ponen en contacto con materiales más blandos del Triásico. El tercer tramo del Caminito es el más espectacular de todo el recorrido y atraviesa el Desfiladero conocido como de Los Gaitanes, el cual aprovecha el corte que el río produjo al incidir transversalmente en las rocas jurásicas verticalizadas de las estribaciones de la Sierra de Huma correspondientes a la nariz erosionada del anticlinal.

Primeramente, se observan calizas oolíticas masivas de colores claros, correspondientes a la Formación Endrinal del Jurásico Inferior, luego aparecen calizas nodulosas pardas y rojizas finamente estratificadas, correspondientes al Ammonitico Rosso del Jurásico Medio y en la parte media hasta el final del desfiladero, las calizas oolíticas y calizas nodulosas correspondientes a la Formación Torcal del Jurásico Superior.



*Desfiladero de Los Gaitanes. Al fondo se puede observar uno de los túneles excavados y puente, en estas calizas por donde pasa la vía del ferrocarril (Foto del autor).*

El Desfiladero de los Gaitanes tiene una longitud de 100 m y profundidades del orden de los 300 m con una anchura que a veces no llega a los 12 m, y como en el caso del Gaitanejo, la incisión del corte por el río, se ha producido en distintas fases con momentos de estabilización produciendo un encajamiento en forma de embudo. En este desfiladero es donde la geología parece hacerse más compleja pues en un corto tramo atravesamos las tres formaciones que definen el Jurásico del Penibético Externo.

Nada más entrar en la garganta, nos encontramos con las dolomitas de la Formación Endrinal que en su parte inferior forma un macizo rocoso mal estratificado con una marcada erosión kárstica. Más hacia el tope, las dolomitas pasan a calizas con una estratificación mucho más marcada. A continuación, encontramos calizas nodulosas intercaladas con margas rojas, típicas de la famosa formación del área del Mediterráneo, Ammonitico Rosso (Martire et al, 2006), y que presenta fósiles de grandes ammonites que la caracterizan, y han permitido una datación geocronológica precisa. Debido a que, en este lugar, las capas se presentan con una disposición completamente vertical, estas constituyen un corte de excepcional belleza e interés geológico.



*Calizas margosas rojas, típicas de la Formación Ammonitico Rosso, que presentan fósiles de grandes ammonites como el observado en la fotografía y que ha sido protegido de los elementos mediante una pantalla acrílica (Foto del autor).*

Sobre estas facies aparecen de nuevo las calizas bien estratificadas de la Formación Torcal con su característico aspecto tableado y color gris. El Desfiladero termina abruptamente en una pared o capa vertical que es el contacto con las formaciones más

blandas del Cretácico y que dan ese aspecto de un valle amplio por donde sigue discurriendo plácidamente el río.



*Calizas estratificadas de la Formación Torcal dispuestas verticalmente, y la pasarela del Caminito del Rey, adosada a la última capa en el tope de la formación (Foto del autor).*

La parte final del caminito hasta la estación de El Chorro discurre por la ladera izquierda del río, cubierta por material de derrumbes en la que apenas se pueden ver algunos pocos afloramientos de rocas cretácicas compuestas por margas blandas y calizas muy delgadas, hasta que finalmente el camino sube hasta la carretera que lleva a el Complejo Turístico Rural La Garganta en El Chorro, nuestro punto original de partida.

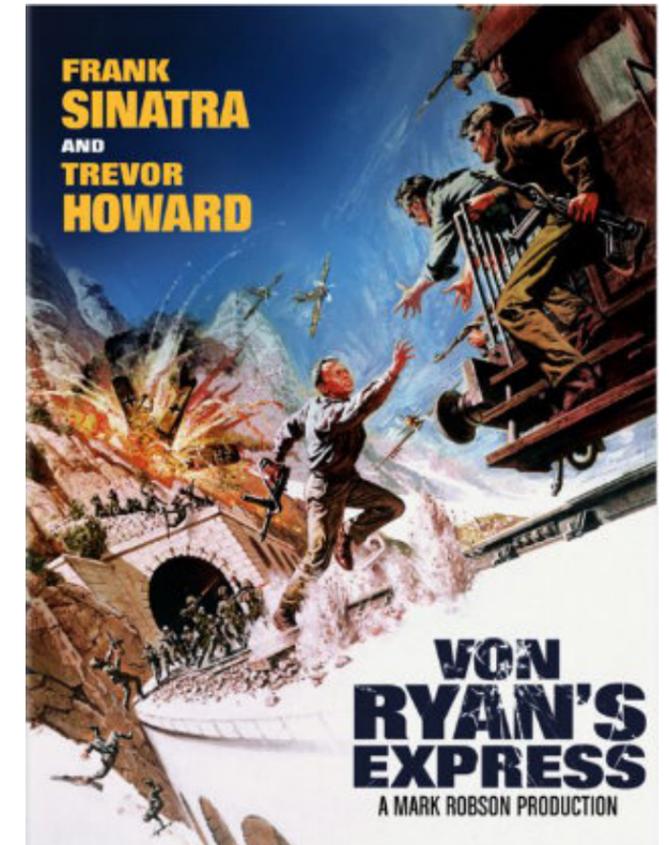
#### **ANÉCDOTA FINAL**

Von Ryan's Express (El expreso de Von Ryan) fue una película estadounidense del género bélico, dirigida por Mark Robson en 1965 y con la actuación estelar de Frank Sinatra, Trevor Howard y la diva italiana Raffaella Carrà. La película, estrenada el 23 de junio de 1965 en USA, narra las aventuras de un grupo de soldados ingleses y americanos que intentan abandonar Italia tras haberse fugado de un campo de prisioneros durante la Segunda Guerra Mundial, siendo liderados por el coronel americano Joseph L. Ryan (interpretado por Frank Sinatra). La mayor parte de la trama de la película transcurre en un tren secuestrado por los

#### **REFERENCIAS CONSULTADAS**

- Bestue Cardiel, I. y Pérez Marrero, J. (2015) El Caminito del Rey. Un recorrido con historia. Diputación de Málaga.  
Cantalejo Duarte, P. (2016) Guía para Visitantes del Caminito del Rey y el Desfiladero de Los Gaitanes. Diputación de Málaga.  
Carrasco, F. (2022). Guadahorce – El entorno orográfico/geológico. Academia Malagueña de Ciencias. [https://issuu.com/sobestrana/docs/carrasco.geolog\\_a.pptx](https://issuu.com/sobestrana/docs/carrasco.geolog_a.pptx)

soldados fugados, y que se desplaza a través de la Italia ocupada por los alemanes, hacia Suiza. Algunas de sus escenas se rodaron en las vías del tren que pasa por los espectaculares parajes del Desfiladero de los Gaitanes. La película fue nominada a un Premio Óscar, en la categoría de "Mejores Efectos Especiales" en la edición de 1966 (Wikipedia).



*Poster de la época anunciando el estreno de la película El Expreso de Von Ryan (1965), filmada parcialmente en las vías del ferrocarril que discurre paralelo al Caminito del Rey. Fuente: [https://ww2-movie-characters.fandom.com/wiki/Category:Von\\_Ryan%27s\\_Express](https://ww2-movie-characters.fandom.com/wiki/Category:Von_Ryan%27s_Express)*

- García Aguilar, J.M. (2014). Patrimonio Geológico de la provincia de Málaga. Servicio de publicaciones de la Universidad de Málaga (Málaga). 263 pp.
- Martin-Algarra, A. (1987) Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 1171 pp.
- Martire. L., Clari. P., Lozar. F. and Pavia. G. (2006) The Rosso Ammonitico Veronese (Middle-Upper Jurassic of the Trento Plateaux): A proposal of Lithostratigraphic ordering and Formalization. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia 112(2): 227-250

<http://speedstar71.blogspot.com/2018/05/el-caminito-del-rey-la-geologia-vertical.html>

[https://unesco.caminitodelrey.info/es/7383/com1\\_md-3/com1\\_md3\\_cd-32627/la-geologia-en-el-caminito-del-rey](https://unesco.caminitodelrey.info/es/7383/com1_md-3/com1_md3_cd-32627/la-geologia-en-el-caminito-del-rey)



[jcasas@geologist.com](mailto:jcasas@geologist.com)

**Jhonny E. Casas** es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 37 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.

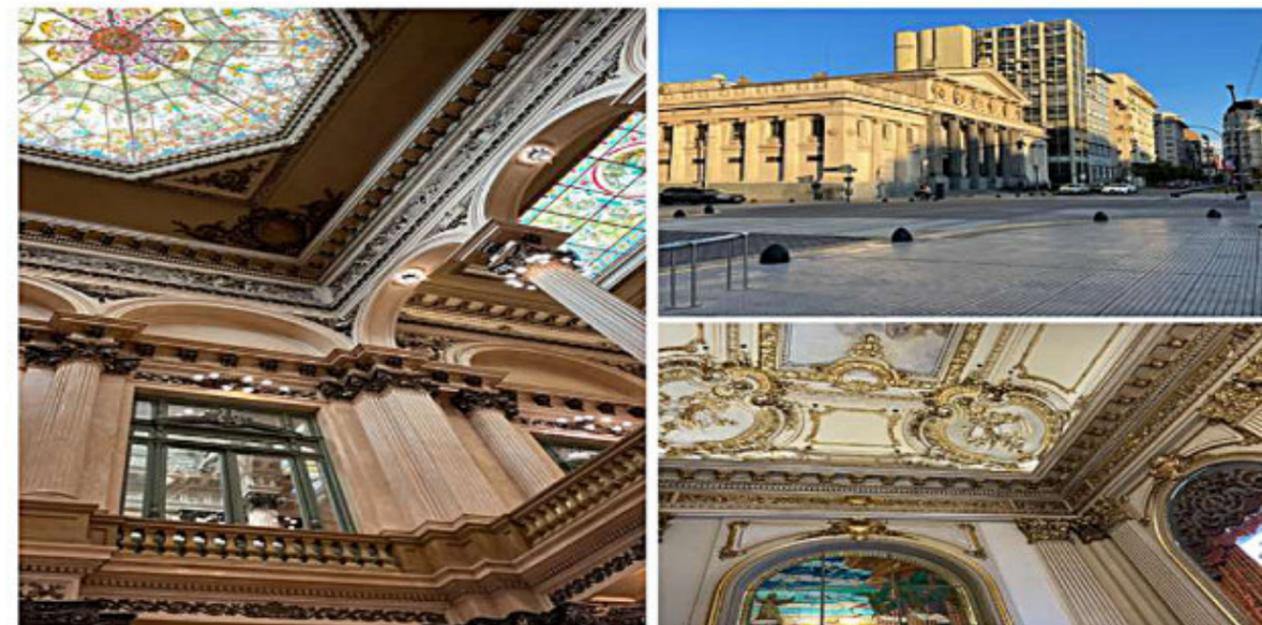
Autor/Co-autor en 56 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Caribbean Journal of Earth Sciences y Journal of Geological Engineering; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos y de exploración de hidrocarburos 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 (2003-2023), 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).

## MARMOLES y FOSILES DEL TEATRO COLON, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Jesús S. Porras M.

Consultor Independiente



### INTRODUCCIÓN: UN POCO DE HISTORIA

El Teatro Colón, ubicado en el corazón de la ciudad de Buenos Aires, es una de las maravillas arquitectónicas y símbolo cultural del mundo. Debido a su acústica excepcional es uno de los teatros de ópera mejor clasificados y sala de música de renombre dentro del campo artístico. Fue declarado Monumento Histórico Nacional en 1989.

De estilo ecléctico, que combina estilos del Renacimiento italiano, Barroco francés y ático-griego, e incluso alemán, su construcción tardó unas dos décadas, y no se terminó totalmente sino hasta 1908. El edificio fue diseñado originalmente por el famoso arquitecto italiano Francesco Tamburini y finalmente rediseñado y completado por el italiano Vittorio Meano y el belga Jules Dormal. La construcción inicial se atribuye a Angelo Ferrari y es terminada por Pellizzari y Armellini. Durante su vida ha sufrido varias modificaciones y reparaciones, en los años 1935, 1970 y 2005-2010.

El edificio principal, de 5006 metros cuadrados de superficie y siete pisos, consta de una entrada principal y

un vestíbulo con escaleras rodeadas de majestuosos balaustres y barandillas que conducen a los pisos superiores y palcos, así como varias salas, de las cuales la sala principal está coronada por una cúpula pintada con escenas inspiradas en el mundo de la música y las artes. Otras habitaciones -para usos y diferentes propósitos- están decoradas con muebles, motivos y textiles también diferentes.

### LA CONSTRUCCIÓN DEL TEATRO

Para su construcción y decoración, se utilizaron diversos materiales y piedras naturales de construcción. A principios de 1900, las piedras naturales decorativas eran un elemento indispensable de la arquitectura. Rocas ornamentales de la más alta calidad forman parte del legado geológico del teatro.

Casi todos los materiales utilizados en el edificio provenían de fuentes locales, excepto las losas de mármol, que provenían de Europa.

Apliques de bronce, laminados y recubrimientos de oro y otros elementos metálicos como hierro fundido y bronce

también se utilizaron tanto en la construcción como en la decoración del teatro. Materiales modernos como el vidrio y el acero forman ahora parte del edificio.

El interior es una muestra de piedras naturales decorativas que incluyen al menos seis variedades de mármol fino, presentadas como losas de una sola pieza, bases de columnas, pedestales o esculpidas y talladas. Los mármoles cubren pisos, columnas, zócalos y escaleras, así como barandillas y balaustres. Algunos de ellos, contienen fósiles.

### MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

La fachada exterior, paredes, techo y suelos y el edificio, en general, se realizaron con materiales comunes de mampostería y herrería.

Las columnas, pedestales, molduras y algunas paredes fueron recubiertas con un estuco especial para darles texturas y acabados de piedra y/o mármol. El piso del hall de entrada está cubierto con millones de teselas de gres de formas irregulares.

Las calizas mármoreas y los mármoles predominan como elementos decorativos pétreos. Se han incorporado como revestimientos de suelos, escaleras y barandillas, columnas y paredes interiores del teatro, e incluso sobre pedestales de monumentos o estatuas, dando una textura y color particular a cada elemento. Los mármoles son variados y de diferente origen.

### LOS MÁRMOLES DEL TEATRO COLÓN

Mármoles europeos de muy alta calidad se utilizaron originalmente como piedra decorativa en la arquitectura interior del teatro.

Por lo general, son de color claro, aunque se reconoce una variedad oscura. Los mármoles pueden ser, fosilíferos o no, con estilolitas, microfracturas y venas.

Entre las variedades reconocidas se encuentran los mármoles italianos Blanco de Carrara, Rojo Verona y Amarillo Siena; un mármol rojo de probable origen español, un mármol rosa de Portugal y un mármol negro-verdoso de Bélgica.?).

En la sala principal hay una gran escalera de mármol de Carrara que conduce a los pisos superiores, así como columnas y moldes de un símil de mármol tipo Botticino con bases de un mármol fosilífero de Rojo Verona. Esta escalera de entrada está flanqueada por dos barandillas que

terminan en cabezas de león talladas como piezas únicas en mármol rosa. Las barandillas y la balaustrada están hechas de mármoles amarillos y rosas, de Siena y Portugal, respectivamente, que le dan diferentes tonos de color y textura. Las bases de las columnas en la sala principal se hicieron con un mármol fosilífero Rojo Verona.

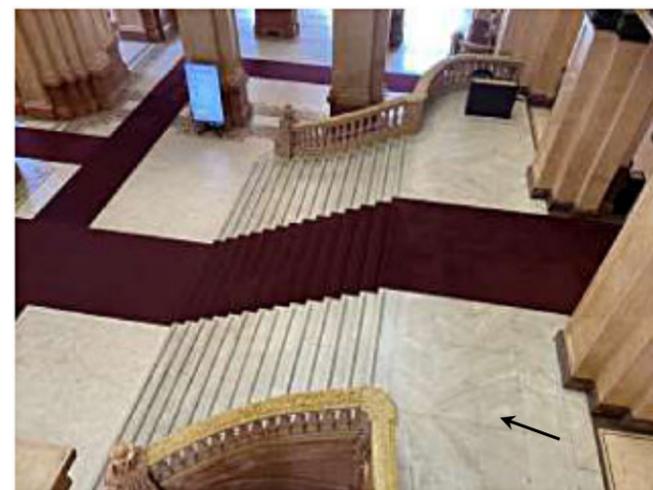
A los niveles superiores se llega a través de escaleras sucesivas con barandas del mismo mármol amarillo. Este mármol es altamente fosilífero. Las bases de pilares y columnas en el primer piso están recubiertas por un mármol rojo con rudistas y por el mármol negro verdoso.

Los fósiles más comunes son huellas de moluscos – amonites y bivalvos marinos – que se reconocen en superficies pulidas y trabajadas de revestimientos de base de columnas, paredes y en los pasamanos de las escaleras. Las impresiones pueden estar completas, fragmentadas o ligeramente deformadas. Las impresiones mejor conservadas y definidas muestran detalles excepcionales.

### El Mármol “Blanco de Carrara”

La elegante escalera de mármol del teatro fue construida con mármol blanco italiano pulido de Carrara, una de las piedras decorativas más famosas y el principal elemento arquitectónico de la época.

Proviene de las canteras de Carrara, en los Alpes Apuanos, en el norte de Italia, una zona ampliamente reconocida por producir algunos de los mejores mármoles del mundo. Este mármol se utiliza con frecuencia tanto para la escultura de estatuas como para la ornamentación arquitectónica, especialmente columnas y pisos.



**Fig 1.** Escalera de mármol blanco de Carrara en sala principal del Teatro

Este mármol de grano fino, de edad Triásico a Jurásico temprano, de textura sacaroidea, tiene un color variable entre blanco puro, y crema a blanco jabonoso. Tiene manchas de color gris claro y venas muy finas, y no contiene fósiles.

### El Mármol Rojo de Verona: Rosso Ammonítico

Geológicamente se le conoce como el rosso ammonítico por su excepcional riqueza fósil. Es una roca calcárea nodular, procedente de Verona, Italia.

Tiene un color variado entre beige y rosado, a rojo ladrillo, que puede variar de intensidad, aunque variedades blanquecinas o amarillentas pueden encontrarse.

Ha sido ampliamente utilizada en esculturas y como losa ornamental. Se caracteriza por adquirir buen pulimento.

En el teatro, se le encuentra en las bases de las columnas y escaleras de la entrada.

Padula & Lazo (2022) reportaron losas de calizas nodulares con restos fósiles de moluscos marinos, principalmente amonitas de edad jurásica, del llamado Rosso Ammonítico, en el vestíbulo principal del teatro.



**Fig 2.** Base de columnas y escaleras en mármol Rosso de Verona o Rosso Ammonítico (izq) y detalle de losa con impronta fósil (der).

### El Mármol Amarillo Siena

Esta piedra decorativa de color amarillo es un mármol de grano muy fino o piedra caliza muy alterada teñida de amarillo ocre por la presencia de minerales secundarios de hierro.

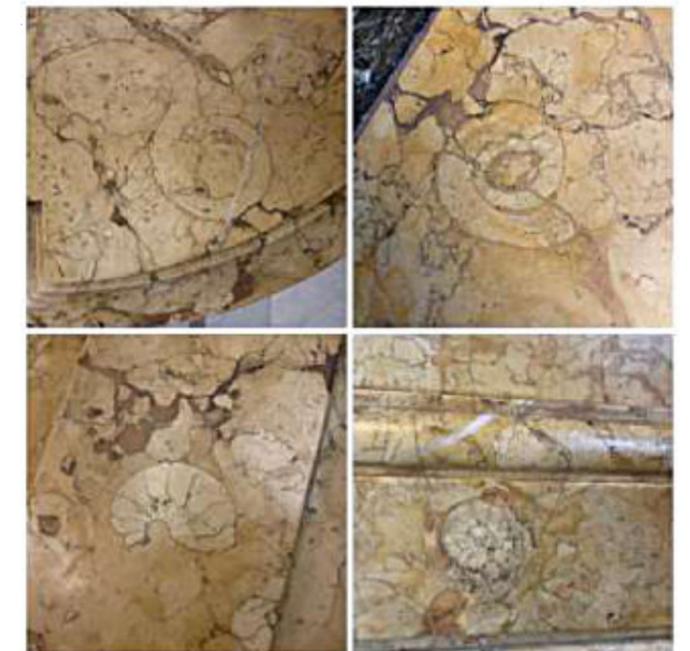
Tiene un fondo uniforme de color ocre amarillo, con variaciones hacia tonos más claros y oscuros que le dan una apariencia nodular y muestra estilolitas oscuras, microfracturas y venas mineralizadas bien definidas.

También se llama Giallo di Siena o Siena amarillo, y probablemente proviene de las canteras de Monte Arrenti, cerca de Sovicille, Provincia de Siena, Italia. Su edad es Jurásico Inferior.

Los topes y bases de las barandas que conducen de un piso a otro del teatro están hechas de este mármol amarillo a beige. La piedra es particularmente rica en fósiles entre los que destacan amonitas, pequeños moluscos, gasterópodos y conchas marinas.

Se identificaron huellas fósiles en escaleras de todos los pisos del edificio. Se pueden ver amonites fósiles en las barandillas de las escaleras que conducen a las cajas del balcón del costado de la calle Tucumán.

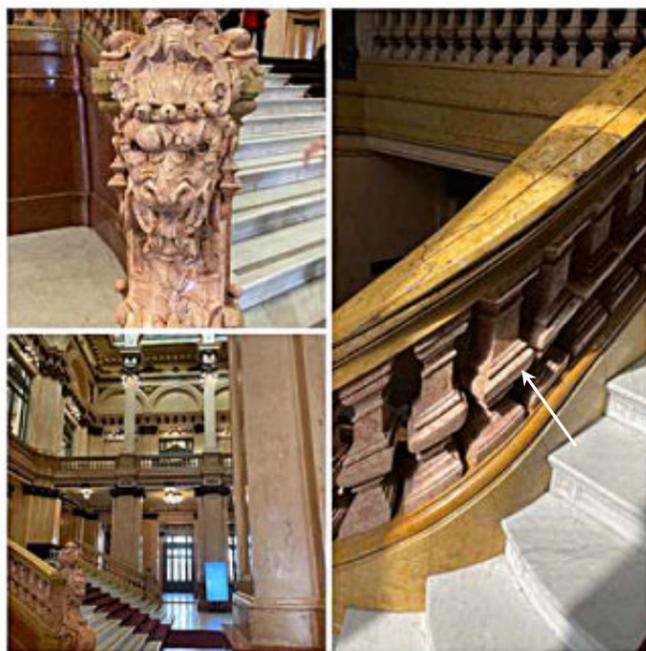
<https://www.facebook.com/PorSiempreColoneros/photos/a.415340425254144/2075482075906629/?typ>



**Fig 3.** Mármol Amarillo de Siena de barandillas de las escaleras. Es rico en fósiles, entre los que destacan amonites, pequeños moluscos, gasterópodos y conchas marinas

### El Mármol Rosa Portugal

El mármol Rosa Portugal es un mármol de color rosa, que se puede ver en las balaustradas de la escalera de la sala principal y también tallado a mano como figuras de leones al final de las barandillas que flanquean la escalera.



**Fig 4.** El mármol Rosa Portugal se puede reconocer en las balastradas de la escalera de la sala principal y también tallado a mano como figuras de leones al final de las barandillas que flanquean la escalera. Es de color rosado a salmón.

La piedra natural tiene un tono de color rosa, con variaciones desde rosa claro hasta un color salmón más oscuro o diferentes tonos de rosa; un patrón nodular, y puede mostrar pocas fracturas de color oscuro.

Presenta muy pocas venas, ninguna estilolita. No fueron identificados fósiles en la piedra.

El origen de esta piedra decorativa se atribuye a la región del Alentejo, en la parte sur de Portugal y cerca de la frontera con España, considerada la principal cantera de mármol portugués, con una larga historia de extracción y producción. Es de edad Paleozoico Medio (400 ma)

#### El Mármol Rojo de Rudistas (Rojo Ereño)

Los zócalos y las bases de los pilares y columnas ubicados al entrar a la sala del primer piso están recubiertos por un mármol rojo contentivo de rudistas.

Esta piedra de caliza micrítica se caracteriza por un fondo de color rojo intenso, debido a la impregnación de óxido de hierro de la matriz de roca, aunque la intensidad del color también es variable entre granate y rosado.



**Fig 5.** Mármol Rojo de Rudistas o de Ereño: está presente en zócalos y bases de los pilares y columnas ubicados al entrar a la sala del primer piso. Es rico en rudistas (flecha).

Fueron reconocidos por Padula & Lazo (2022) en la sala principal del teatro como una serie de losas de piedra caliza que recubren los lados de la platea, justo debajo de los palcos bajos. Se referían a que las placas tienen un llamativo fondo rojo oscuro y un abundante contenido de conchas de grandes moluscos que corresponden a rudistas.

De edad Cretácica Inferior, esta roca ornamental es altamente fosilífera. Los fósiles predominantes son moluscos coloniales. Los bivalvos, especialmente los rudistas policoníticos, son los más abundantes y proporcionan el aspecto particular y el color blanco de la piedra. Las conchas exhiben una forma circular.

Este mármol es probablemente de la región de Vizcaya en el norte de España, donde tiene nombres comerciales como Rojo Bilbao y Rojo Ereño. También se le llama piedra caliza arrecifal de rudistas.

Algunas losas de un rojo más profundo a parduzco, muestran vetas blancas anchas mineralizadas en un patrón irregular

#### El Mármol Negro de Bélgica

El Belge Noir fue durante muchos años, el estándar de mármoles negro azabache disponibles. Son homogéneos, de grano fino, libres de fósiles y admiten un buen pulido.

El color negro es impartido por el carbono finamente diseminado a través de la piedra que se formó en un ambiente marino anóxico.

Las variedades se extraían en Tournai, Namur y en Golzines y provenían de estratos que variaban en edad desde el Devónico hasta el Carbonífero Inferior.

Estas piedras son muy difíciles de distinguir y también son difíciles de distinguir de otros "mármoles" negros como los negros irlandeses y los negros británicos Ashford. Las bases de las escaleras en el primer piso están revestidas, posiblemente, de este mármol negro de origen belga.

Numerosos textos han indicado la existencia de este mármol que cubre la base de las escaleras en el primer piso; sin embargo, no ha sido plenamente reconocido en las últimas visitas al teatro. En su lugar hay un mármol verde negruzco muy similar en textura.

#### LOS MÁRMOLES DE LAS FICHAS DE RECONOCIMIENTO

Se trata de mármoles (y materiales) reconocidos en la fase de restauración del año 2011. Comprende las placas de mármol que cubren los basamentos, los mármoles de arranque de escaleras y barandas y la balastrada del balcón (MDU/FADU-UBA, 2011). El estudio incluyó también el reconocimiento e inventario de artefactos eléctricos y sistema ornamental.

Fueron agrupadas en dos sectores: Foyer y Salón de los Bustos, como se indica:

- **Foyer**
  - **Bases y Zócalos**
    - Dolomita
    - Rosso Verona
  - **Barandas y balastradas de escaleras**
    - Beige Comblanchien
    - Rosso Corallo
    - Rojo Alicante
- **Salón de los Bustos**
  - Verde Alpes

#### Foyer: Bases y Zócalos

*Dolomita:* utilizada con feldespato como agregado del mortero para dar el color ocre a elementos arquitectónicos como paredes, cornisas, balaustres, frisos, molduras, etc.

Se empleó en la restauración del revestimiento (similar piedra) de dolomita de la fachada.

*Rosso Verona:* caliza jurásica nodular, de grano fino de color variable de rojo a rojo ladrillo y rojo violeta, de rosa coral a color carne (clavel), de amarillo a blanco, rica en fósiles, especialmente amonites.

#### Foyer: Balastrada y Escaleras

*Beige Comblanchien:* es una piedra caliza beige extraída en Francia. Se encuentra en la escarpa de Côte d'Or, a 12 kilómetros al norte de Beaune.

La piedra es una caliza micrítica, de grano fino de vetas rosadas de edad jurásica (Bathoniana). El nombre proviene del pueblo de Comblanchien y tiene aspectos similares al mármol con variaciones que van desde vetas rosadas hasta un color beige claro.

En la cantera se extraen tres (3) variedades: a) Comblanchien light, la más homogénea, b) Comblanchien Légèrement Moucheté (LM), y c) Comblanchien Moucheté.

La piedra tiene características similares a las del mármol y destaca por la variedad de sus tonos de color, el rosa de la enredadera (Convolvulus) y el beige. Su veteado armoniza con cualquier estilo decorativo y es capaz de admitir el pulido.

*Rosso Corallo:* es una piedra caliza "roja" extraída en las colinas de Verona, Italia, con matices que van desde el blanco rosado hasta el rosa suave.

La Caliza de Verona, de la Formación Scaglia Rossa (Cretácico-Eoceno), es una biomicrita fosilífera con abundantes bioclastos diminutos y grandes intraclastos flotando en matriz, probablemente un flujo de detritos (*debris flow*). Tiene conspicuas estilolitas.

También se le llama Verona Rosso Corallo, Rosso Corallo Verona, Rosso Verona Corallo, Rosso Corallo Marble y Rosa Corallo Marble.

Es ligeramente más clara en color que el Rosso Verona

*Rojo de Alicante:* fue identificado en las bases de las columnas del primer piso. Las losas tienen un rojo

profundo a parduzco y muestran anchas vetas blancas mineralizadas de patrones irregulares.

Es un mármol único con tonos rojizos terrosos variables y vetas blancas, procedente de las canteras de Cavarrasa en Alicante - España. Las vetas están irregularmente dispersas, inexistentes o muy abundantes.

Es una caliza biocrítica fosilífera politextural. Puede presentar características nodulosas.

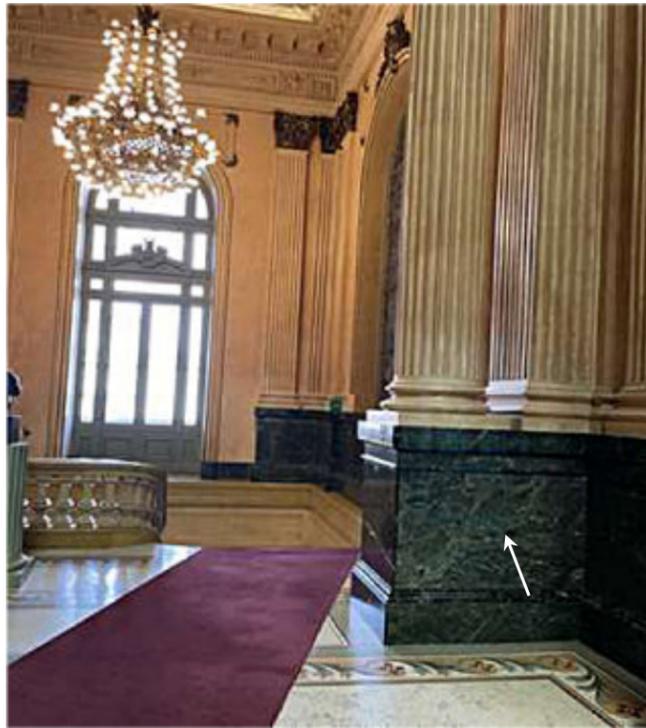
Su edad se atribuye al Jurásico Inferior (límite Liásico-Dogger)

También se le llama Rosso Alicante, Mármol de Alicante, Mármol Rojo de Alicante, Mármol Rosso de Alicante, entre otros nombres.

### Salón de los Bustos

*Mármol Verde Alpes:* Verdi Alpi es un nombre genérico para un gran número y variedad de serpentinitas extraídas en los Alpes franceses e italianos en la región de Val D'Aosta y las regiones fronterizas francesas adyacentes.

Incluye piedras comercializadas bajo los nombres de Verde Maurin, Verde Mogiove, Verde Gressoney y muchos otros.



**Fig 6.** Mármol variedad Verde Alpes en las bases de columnas del Salón de los Bustos. Se distingue por su color verde oscuro vetado con verdes claros y blanco.

Su color es verde intenso vetado con verde claro y blanco. Generalmente son tonos de verde, sin embargo, las variedades rojas también se conocen y describen por separado (ver Rosso Levante).

Estas rocas representan fragmentos de fondo marino alpino, emplazadas en el continente europeo durante la orogenia alpina.

Se reconoce en las bases de columnas del salón.

### OTRAS PIEDRAS DECORATIVAS

#### Salón de los Bustos

La sala recibe su nombre debido a las figuras escultóricas de compositores famosos que forman parte de la decoración, entre ellos Beethoven, Bellini, Bizet, Gounod, Mozart, Rossini, Verdi y Wagner.

Las losas de mármol se encuentran en el vestíbulo que conduce a las butacas. Las bases de las columnas son de mármol verde y pilastras de mármol tipo Botticino. La estatua del mitológico Cupido es, como la original en Roma, de mármol estatuario de Carrara.



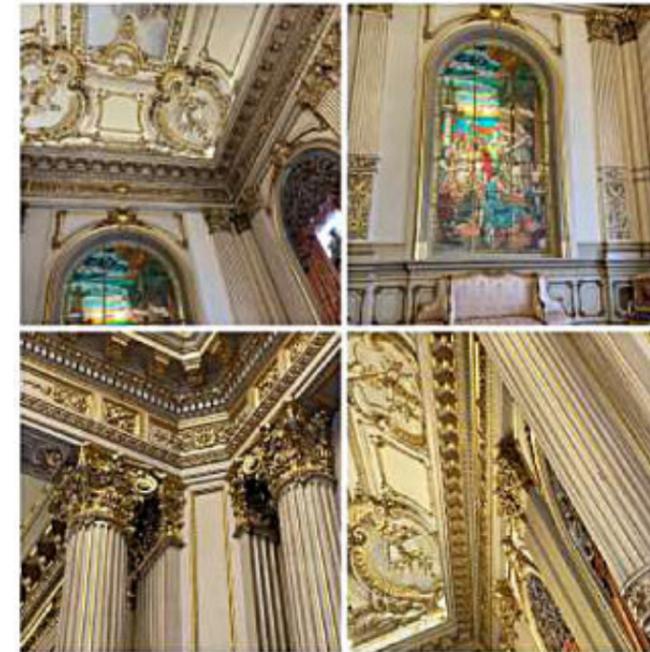
**Fig 7.** Estatua de Cupido en mármol de Carrara, Italia.

Las cornisas, donde descansan los bustos, están adornadas con oro laminado de 22k.

### Salón Dorado

Las columnas de estilo griego del Salón Dorado están talladas finamente con abundancia de detalles dorados. Están hechas de estuco imitando mármol.

El mobiliario es francés, con un lujoso trabajo de marquetería. Los sillones y sillas están tapizados en un color rosa pálido.



**Fig 8.** Detalles en oro de las columnas del Salón Dorado.

### COMENTARIOS FINALES

- Para la construcción y decoración del teatro, se utilizaron materiales comunes (interior-exterior) y piedras decorativas u ornamentales naturales (interior).
- Los materiales utilizados en el edificio provenían de fuentes locales. Las piedras decorativas interiores vinieron de Europa.
- Los mármoles de la construcción original incluyen al menos seis variedades: Carrara Blanca, Verona Roja, Siena Amarilla; Rojo Ereño, Rosa Portugal y un mármol negro de Bélgica. Durante la restauración de 2011 se reportaron seis variedades, no todos iguales: Dolomita, Rosso Verona, Beige Comblanchien, Rosso Corallo, Rojo Alicante y Verde Alpes. La mayoría de estas últimas ha sido difícil de identificar.
- Los muros del Foyer y Salón de los Bustos están revestidos de estuco símil mármol, predominantemente

de color ocre a rosado pálido, y hasta dorado, y acabados con un vetado negro-rojizo difuminado.

- Muchas huellas espectaculares de fósiles se pueden encontrar en los mármoles Rojo Verona, Siena Amarillo y Rojo Ereño. Los dos primeros son ricos en moluscos, el último es un mármol de rudistas.

### REFERENCIAS

Barron A.J., 2018, Carrara Marble, Mercian Geologist 19(3), p 188-194

Damas Mollá L., Aranburu A., García-Garmilla P., Fano H., 2013, Rocas Ornamentales del País Vasco y Navarra (1). Tierra y Tecnología Nº 42

Damas Mollá L., Aranburu A., García-Garmilla P., Uriarte J.A., Zabaleta A., Bodego A., Sagarra M. y Antigüedad I., 2022, Cantera Gorria and Red Ereño: Natural and Cultural Geoheritage (Basque Country, Spain), Geoheritage (2022) 14:76bhttps://doi.org/10.1007/s12371-022-00709-5

Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, Fundación Banco Ciudad, 2011. Teatro Colón Puesta en valor y actualización tecnológica, 296 p.

Oxford University Museum of Natural History, Corsi Collection of Decorative Stones (<http://www.oum.ox.ac.uk/corsi/>)

Padula Horacio & Lazo Darío, 2022, Fósiles en el Teatro Colón, Revista Buena, Gobierno Ciudad de Buenos Aires, <https://revistabuena.vivamoscultura.buenosaires.gob.ar/content/18835-fosiles-en-el-teatro-colon>

Por Siempre Coloneros, acceso 10/04/2019 (<https://www.facebook.com/PorSiempreColoneros>)

UBA/FADU, Catedra Arq. Carlos Pernaut, Historia II, Plaza Lavalle/ Teatro Colon 1890-1908. Proyecto Francisco Tamburini, Víctor Meano, Julio Dormal Construcción Ángel Ferrari /Ficha Bibliografica Nº 21, 17 p

Wikiarquitectura: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/teatro-colon/>

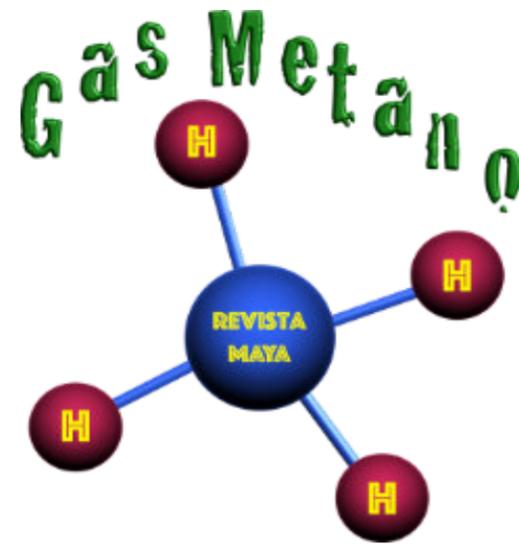
**Sobre el Autor:**



**Jesús S. Porras M.** es ingeniero geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela. Posee más de 35 años de 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 Sr. liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales.

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



**El fracaso es el ingrediente que da sabor al éxito.**

**Truman Capote**



**PLIEGUE SINCLINAL**  
**Huaral-Perú**

Pliegue simétrico en la Formación Jumasha de edad Cretácico Medio.

La Formación Jumasha presenta estratos regularmente macizos con calizas fosilíferas, brechoides, de colores amarillo grisáceos en estratos de 1 a 2 m. En algunos se presentan una secuencia lajosa de calizas por el alto grado de tectonismo. Este plegamiento se debe a esfuerzos compresivos.

Fotografías de **Alexandra Pamela Bustos Lostaunau** – Estudiante Pasante de ingeniería Geológica - Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) Lima, Perú.

**PLIEGUE ANTICLINAL-CHEVRON**  
**San Luis-Ancash-Perú**

Afloramiento de la Formación Chimú de edad Cretácico Inferior, consiste principalmente de estratos de areniscas sacaroideas y macizas en capas de 1 a 3 m de espesor, el grosor puede variar entre 600 y 100m. Se pueden observar pliegues de tipo Chevron al lado derecho y simétrico al lado izquierdo. Estos pliegues son causados por la tectónica Andina.





Gossan aurífero del yacimiento de cobre Mantua, Pinar del Río, Cuba. Fotografía de **Ramón Guillermo Pérez Vázquez**, CUAJE, La Habana, Cuba.



Yacimiento ferroniquelífero de Moa, Holguín, Cuba. Fotografía de **Ramón Guillermo Pérez Vázquez**, CUAJE, La Habana, Cuba.



Figura 1: Perfil de la Formación Tenamastepec.

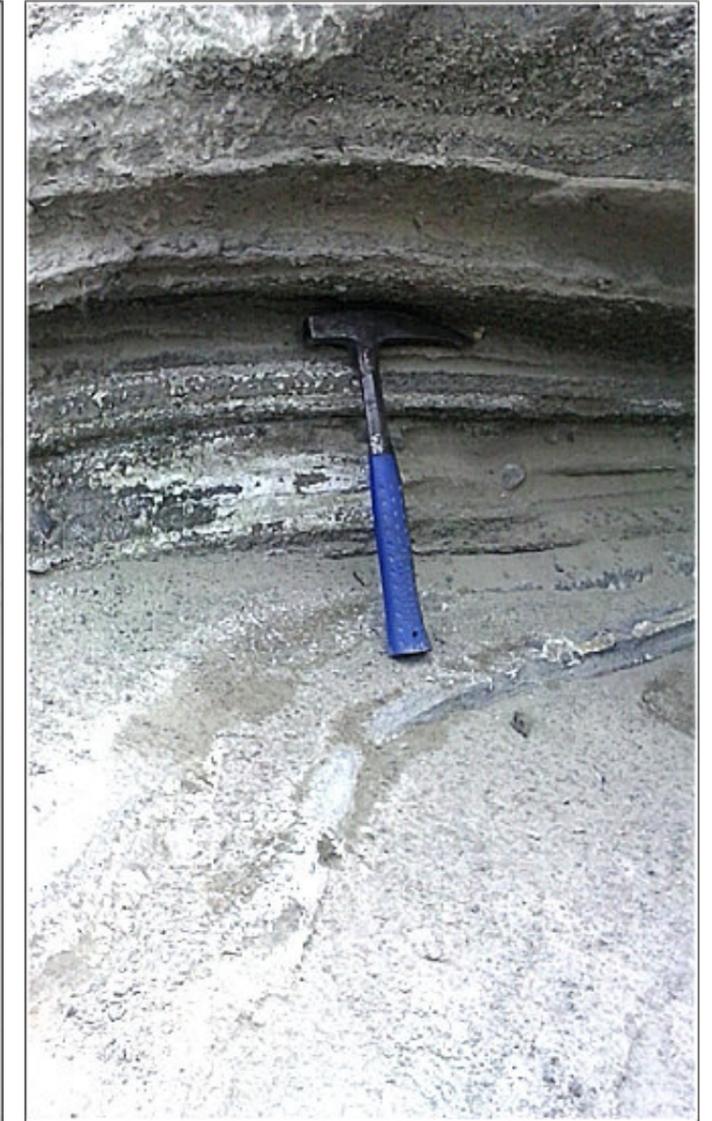
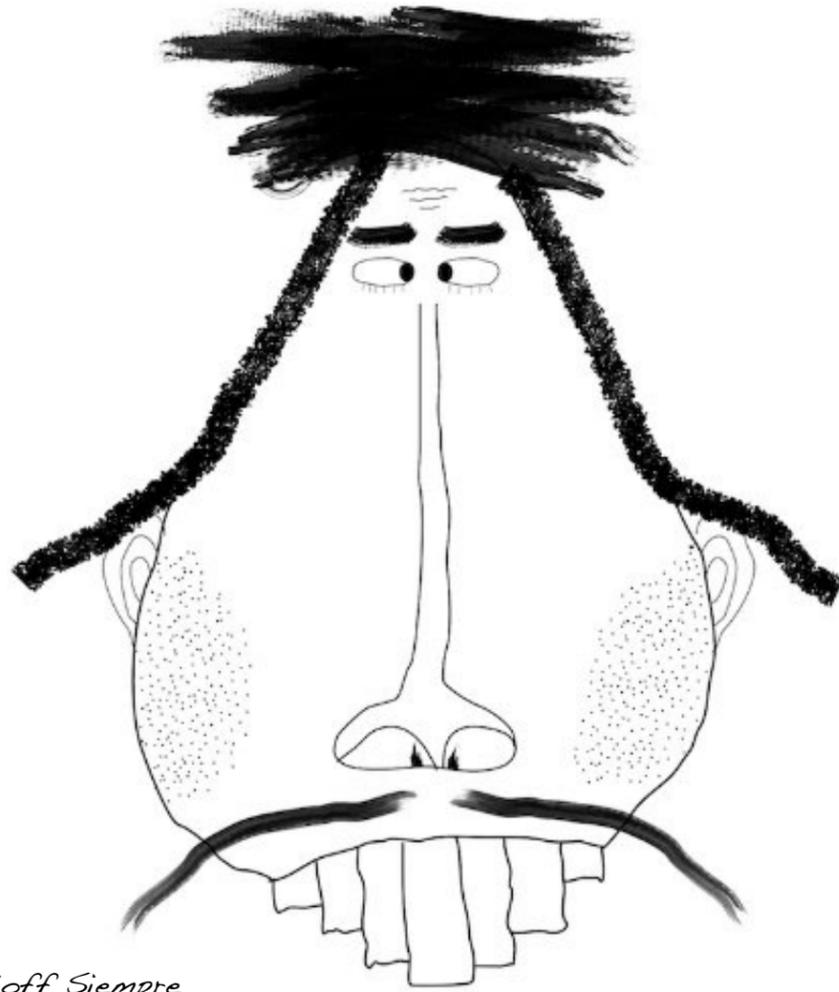


Figura 2: Acercamiento en la base del perfil.

#### Laguna de Alchichica

Fotografías de un perfil de 2.5 a 3.0 m de altura aproximadamente en el Lago de Alchichica, en el estado de Puebla, México. Se aprecia parte de la Formación Tenamastepec, constituida por escoria basáltica y producto de erupciones de conos monogenéticos del Pleistoceno (Maraver, 2012) como una serie de lahares de matriz areno-arcillosa no consolidada. En la sección se logran distinguir las secuencias laminares de depositación del material piroclástico. Aportaciones: **Nayra Atziri Aguilar García**. Pasante de Ingeniería geológica. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán, Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.



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

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

**Comunícate con**

**Saúl Humberto Ricardez Medina**

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

**quien está a cargo de organizar esta información.**

## **Interpretación geológica y geoelectrica de un deslizamiento rotacional relacionado con paleodrenaje en el fraccionamiento Valle del Sur, en Tijuana, Baja California**

Luis A. Delgado-Argote\*, Marco A. Pérez-Flores, Fernando Herrera-Barrientos, Olga Sarychikhina, Manuel Contreras-López, Luis Ochoa-Tinajero, Thalia A. Avilés-Esquivel

División de ciencias e la Tierra, CICESE  
\*[ldelgado@cicese.mx](mailto:ldelgado@cicese.mx)

\*Este artículo es una reproducción tomada de Geos, V.37-2. (<https://geos.cicese.mx/index.php/geos/article/view/4>) con autorización del editor y del autor principal.

### **RESUMEN**

Durante el periodo de lluvias del primer trimestre de 2017 ocurrió un deslizamiento rotacional en el talud norte del Fracc. Valle del Sur (FVS) en la ciudad de Tijuana, Baja California. De acuerdo con las imágenes históricas de Google Earth, en diciembre de 2006 el terreno estaba preparado para la construcción de un desarrollo de más de 70 casas habitación y, en junio de 2008, 16 de las 17 casas, cuyo peso aproximado es de 60 ton cada una, ubicadas en el borde de dicho talud, estaban terminadas. La pendiente del talud de 160 m de longitud es de 40° y 18 m la diferencia de altura. No hay reportes de inestabilidad durante el periodo 2008-2016, coincidente con un periodo de lluvias escasas en la región. Durante las lluvias invernales (diciembre 2016-febrero 2017) un rápido deslizamiento rotacional dañó severamente las 12 casas de los primeros 100 m del lado W del talud. El deslizamiento es asimétrico y está más pronunciado a los 70 m desde el margen W, definido por estrías de movimiento hacia 320°/62° y 325°/47°, con componente lateral en la dirección de las estructuras geológicas regionales. Se midieron fracturas en las obras civiles y la resistividad eléctrica en perfiles E-W en la base del talud N, en el margen sur del FVS y en un perfil N-S en el centro del fraccionamiento. Se efectuó la inversión conjunta de los datos geoelectricos con los métodos Dipolo-Dipolo y Wenner, los cuales muestran el nivel freático horizontal y posibles paleocanales que se bifurcan hacia el sur, topográficamente hacia arriba. En la parte baja del talud

del norte, el principal cuerpo de conductividad alta está delimitado por una falla normal en el este con caída hacia el oeste, y otra de desplazamiento lateral izquierdo con caída al este, las cuales corresponden a los flancos laterales que definen el cuerpo principal del deslizamiento rotacional. En los costados de dichos planos la permeabilidad aumenta por la formación de fracturas asociadas con el movimiento de bloques. Existe una buena correlación entre discontinuidades de cuerpos conductivos del perfil norte con la geometría del deslizamiento rotacional, el cual se desarrolla básicamente en un cuerpo de limos y arcillas que se interpreta fueron depositados en un paleocanal o drenaje antiguo que, al saturarse de agua, tuvo un comportamiento plástico. Las características geológicas interpretadas son características de gran parte del subsuelo tijuanaense, por lo que se recomienda la obligatoriedad de estudios geológicos y geofísicos en los desarrollos inmobiliarios futuros en gran parte del NW de Baja California.

**Palabras clave:** Deslizamiento rotacional; perfiles geoelectricos; Fraccionamiento Valle del Sur, Tijuana.

### **Antecedentes y localización**

El fraccionamiento Valle del Sur se ubica en el sur de la zona densamente poblada del norte de la Delegación San Antonio de los Buenos, en una zona de colinas donde se registra un desarrollo urbano acelerado (Figura 1). Hasta la fecha de publicación del Atlas de Riesgos del Municipio de Tijuana, B.C. (DMPCT, 2000), en el área de estudio no estaban identificadas "zonas susceptibles a deslizamientos de terreno en caso de ocurrencia de un sismo hipotético en la falla La Nación Mw=6.5", ni zonas afectables por "agentes perturbadores de origen meteorológico". Aproximadamente desde ese año inició el desarrollo urbano en la zona y, en consecuencia, la modificación de su morfología.

Según los reportes meteorológicos mensuales en <https://weather.com> para San Ysidro, California, que corresponderían prácticamente a las de la zona de estudio, las precipitaciones acumuladas entre diciembre de 2016 y enero de 2017 alcanzaron los 125.7 mm, superando en 47% la precipitación histórica promedio

Tabla 1. Precipitación en mm registrada en San Ysidro, California, La Presa (E de Tijuana) y promedio histórico en San Ysidro, California.

Mes, año	La Presa (E de Tijuana, B.C.)**	San Ysidro, California, E.U.A.*	Promedio histórico en San Ysidro, California, E.U.A.*
Septiembre, 2016	29.9	0.0	3.56
Octubre, 2016	0.0	0.5	13.46
Noviembre, 2016	4.5	4.06	23.11
Diciembre, 2016	84.8	52.34	36.32
Enero, 2017	11.7	73.4	49.27
Febrero, 2017	26.2	52.6	60.2
Marzo, 2017	Sin datos	0.51	42.93
Abril, 2017	Sin datos	0.0	17.53
Mayo, 2017	Sin datos	19.3	2.28

\*Weather Channel: San Ysidro; diciembre 2016 y enero 2017 = 125.74; promedios históricos San Ysidro, CA: diciembre+enero = 85.59

\*\* CONAGUA a través de Santiago Higareda, División Oceanología, CICESE: Presa de Tijuana: diciembre 2016+enero 2017=96.5 mm



Figura 2. Panorámica del fraccionamiento Valle del Sur, Delegación San Antonio de los Buenos, Tijuana, Baja California. La fotografía tomada en febrero de 2017 desde el Libramiento Sur de la ciudad, mirando hacia el sur. En el talud norte del fraccionamiento se observa el movimiento de las primeras 12 casas del lado oeste. En primer plano está una planta maquiladora industrial BBS.

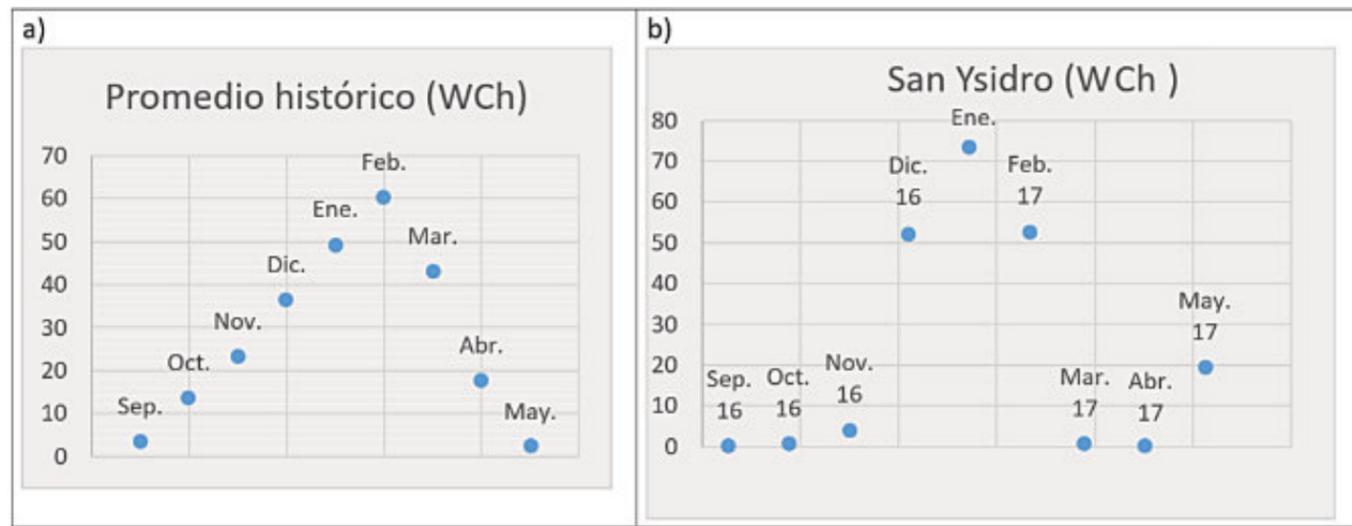


Figura 1. Precipitación mensual en la región del sur de San Diego, California. a) Promedio histórico en San Ysidro, California, E.U.A. y b) Precipitación mensual para el periodo de septiembre de 2016 a mayo de 2017 en San Ysidro. Ambos reportes se tomaron de Weather Channel (WCh; <https://weather.com/>).

de 85.59 mm (Tabla 1 y Figura 1). Según los datos de CONAGUA (proporcionados por S. Higareda, agosto de 2017) las lluvias acumuladas en la estación La Presa, al oriente de la ciudad, para el mismo periodo alcanzaron los 96.5 mm. Como resultado de dichas lluvias, desde finales de enero y durante febrero, diferentes lugares de la zona urbana de Tijuana sufrieron deslizamientos del terreno, entre ellos la parte norte del Fraccionamiento Valle del

Sur (Figura 2). Aproximadamente el 20 de febrero y la primera semana de marzo, cuando varias casas de la zona norte del fraccionamiento mostraban desplazamientos laterales de más de un metro y verticales mayores a 1.5 m, personal de Protección Civil Municipal visitó la zona.

A petición de los colonos del fraccionamiento, a través de su representante, Sra. Carolina Ricárdez, se efectuó un

estudio geológico y geoelectrico con el objetivo de identificar las características geológicas del terreno sobre el que se asienta el desarrollo inmobiliario. Los trabajos de campo de las brigadas de geología y geofísica se desarrollaron durante los días 15 y 16 de marzo.

Para alcanzar el objetivo se hizo un análisis geomorfológico del terreno en un área de 2 x 2 km, dentro del que se asienta el fraccionamiento Valle del Sur, el cual cubre un área de 15,165 m<sup>2</sup> (Figuras 3 y 4). Para identificar rasgos del drenaje que pudieran indicar la asociación entre el relieve y estructuras de fallas y fracturas se interpretaron imágenes de satélite recientes y anteriores al desarrollo inmobiliario y posteriormente se cartografió la litología, posición de los estratos, fracturas y fallas. En el fraccionamiento, se midieron fracturas y separaciones en las obras civiles que pudieran asociarse con el movimiento del terreno. El estudio geoelectrico se hizo en los extremos norte, sur y parte central del fraccionamiento para buscar zonas de concentración de humedad o discontinuidades asociadas con espacios vacíos que pudieran relacionarse con fracturas y pudieran promover la

inestabilidad del terreno. La intención del estudio es de, a través de la descripción física del terreno, presentar un marco geológico de referencia para la identificación de rasgos causantes de la inestabilidad del terreno el cual sirva, además, para el diseño de obras de remediación.

Geográficamente, el fraccionamiento Valle del Sur se ubica al sur del entronque del Blv. Gustavo Aubanel Vallejo y el Periférico o Libramiento Sur (Figura 3a). Las coordenadas UTM (WGS84) de las esquinas son: NW: 3,592,857 N/ 496,243 E; NE: 3,592,845 N/ 496,243 E; SW: 3,592,772 N/496,232 E; SE: 3,592,769 N/ 496,418 E.

### Metodología

#### Geológica y geomorfológica

Se efectuaron caminamientos en los alrededores del fraccionamiento para identificar las unidades litológicas y medir estructuras geológicas dominantes, tales como fallas, fracturas y orientación de los estratos. La información recabada en los puntos de la Figura 3c se georeferenció con un GPS Garmin etrex y la edición de las

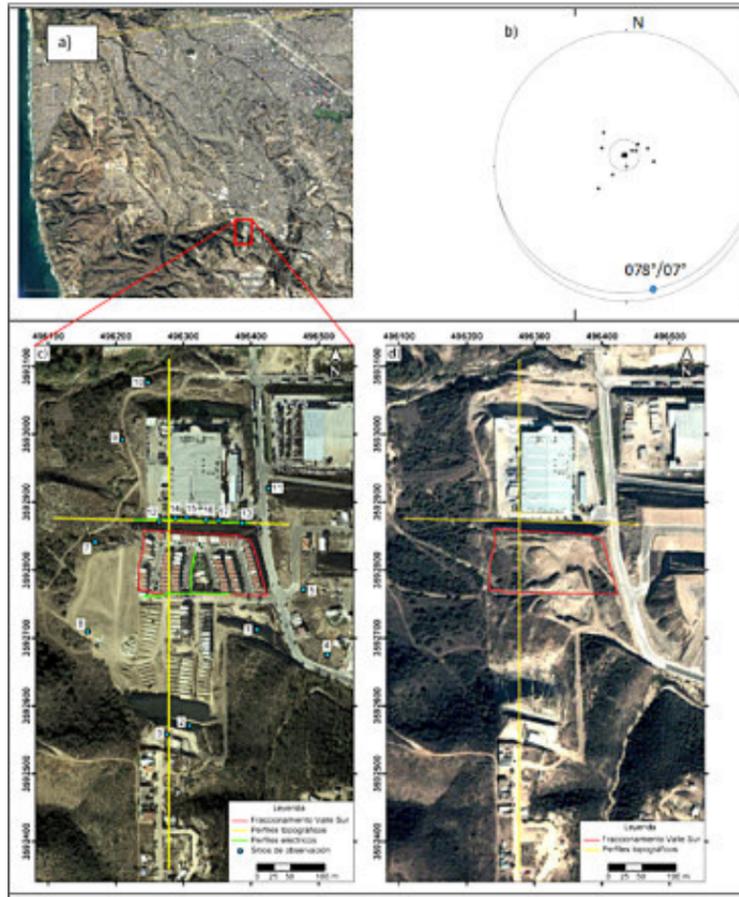


Figura 3. a) Ubicación del fraccionamiento Valle del Sur en el cuadro en rojo sobre la imagen Google Earth del 17 de noviembre de 2016. b) Polos de los planos de estratificación de los estratos de los alrededores del fraccionamiento. El punto más grande representa el polo del promedio de las capas y la línea en el estereograma es el plano promedio de las capas (078°/07°). c) Se cartografió geológicamente un área de aproximadamente 350 x 750 m. d) Imagen de Google Earth de enero de 2006. Las líneas amarillas N-S y E-W son los perfiles topográficos obtenidos a partir de datos LIDAR (2006), el polígono rojo delimita el área del fraccionamiento, las líneas verdes son las de prospección geoelectrónica y los puntos con número son sitios de medición geológica estructural.

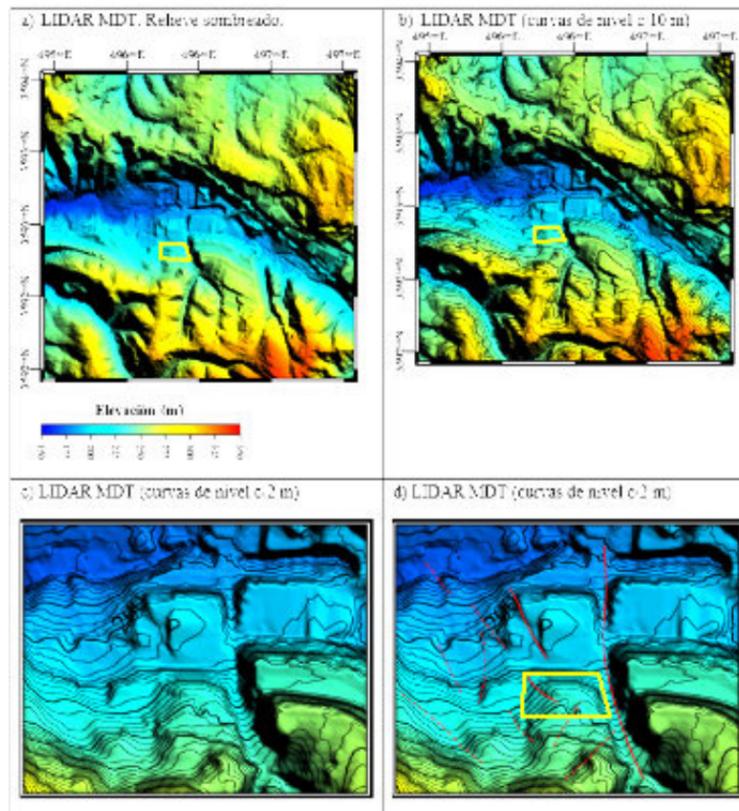


Figura 4. a) Imagen de relieve sombreado obtenido a partir de Modelo Digital del Terreno (MDT) de LIDAR (Light Detection and Ranging) del INEGI de 2006. Las alturas están en metros sobre el nivel medio del mar. b) Imagen de relieve sombreado con curvas de nivel cada 10 m. c) Detalle paleotopográfico de la zona del fraccionamiento con curvas de nivel cada 2 m. d) Lineamientos rectilíneos principales. El rasgo dominante es casi N-S en el arroyo de la calle Villas de San Antonio. Los lineamientos principales se orientan hacia el NW y pueden estar relacionados con el drenaje pluvial natural antiguo. La información topográfica es consistente con las cartas topográficas escala 1:50,000 del INEGI El Rosarito (Playas de Rosarito; I11C79) de 1980, 1996 y 2005.

imágenes se realizó por medio de Adobe Illustrator, Microsoft Excel y ArcMap 9.3. Se consideró que los rasgos topográficos lineales están asociados con discontinuidades estructurales (fallas o fracturas), o litológicas, como las producidas por los contrastes entre materiales, por ejemplo, entre capas de arena con las limo-arcillosas, o conglomeráticas con las arenosas. De dichos rasgos lineales pueden interpretarse drenajes antiguos que se desarrollan a su vez en discontinuidades estructurales que caracterizan a zonas tectónicamente activas, como las que se han cartografiado en el norte de la península de Baja California y particularmente en Tijuana (Delgado-Argote et al., 2012 y referencias en él). La imagen de Google Earth de 2006, en la que se hicieron las interpretaciones geomorfológicas de la Figura 4, muestra el área de estudio antes del desarrollo inmobiliario (Figura 3d).

Para realizar el análisis geomorfológico se obtuvieron los datos de topografía de diferentes fuentes, formatos, resolución y años de elaboración/adquisición de datos. Se analizaron tanto las cartas topográficas (.pdf), como Modelos Digitales de Elevación (MDE), que son los arreglos continuos de valores numéricos que corresponden con los valores estimados de elevación de puntos en la superficie del terreno. Del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se obtuvieron Modelos Digitales de Elevación (MDE) de 1978 y 1996, cuyas fuentes son cartas topográficas escala 1:50,000 con equidistancia entre las curvas de nivel de 20 m y resolución espacial de 50 m; cartas topográficas escala 1:50,000 de 1980, 1996 y 2005, en formato .pdf, con equidistancia entre las curvas de nivel de 20 m; MDE de alta resolución LIDAR (Light Detection And Ranging) de 2006 con resolución espacial de 5 m. También se analizó el MDE de SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 2000 con resolución espacial de 30 m. Debido a su alta resolución espacial, el MDE de LIDAR fue el de mayor utilidad. Se analizaron tanto el Modelo Digital de Superficie (MDS) que representa todos los elementos existentes o presentes en la superficie de la tierra (vegetación, edificaciones, infraestructura y el terreno propiamente), como el Modelo Digital de Terreno (MDT), que reproduce la forma del terreno una vez que fueron removidos todos los elementos ajenos al terreno, como son la vegetación, edificaciones y demás elementos que no forman parte del mismo. A partir de MDS y MDT se elaboraron imágenes de relieve sombreado, mapas de pendiente, curvas de nivel con equidistancia entre ellas de 20, 10 y 2 m, así como perfiles topográficos.

La topografía de la zona de estudio antes de la construcción del fraccionamiento muestra varios drenajes naturales rectilíneos que reflejan los rasgos estructurales de la zona, con base en los datos de LIDAR (MDT) de 2006 (Figura 4). En la naturaleza, el drenaje rectilíneo puede desarrollarse, tanto a lo largo de planos de falla o fractura, como en los límites entre unidades de roca o sedimentos. Para el periodo correspondiente a los depósitos del último millón de años de la región de San Diego-Tijuana, el ambiente era el de una costa con topografía suave caracterizada por un drenaje pluvial trenzado. Dependiendo del régimen de lluvias, el sistema de drenaje cambiaba la distribución de canales, siendo frecuente la disección de paquetes sedimentarios formando sistemas de canales o drenajes rellenos por materiales con sedimentos más o menos gruesos, dependiendo del régimen de lluvias. En un ambiente tectónicamente activo, muchos de estos canales se desarrollaron en zonas con fallas y fracturas, como se ha documentado en lugares como los alrededores de los fraccionamientos El Valle y Hacienda Acueducto, al oriente del área de estudio (Delgado-Argote et al., 2011). En la Figura 3d se muestran los rasgos más notables en los alrededores de la zona del fraccionamiento Valle del Sur. El rasgo más prominente es la línea casi N-S que corresponde al arroyo de la calle Villas de San Antonio, el cual da acceso al fraccionamiento. Otros rasgos más pequeños son ortogonales entre sí y se orientan principalmente hacia el NW y NE. Dos de ellos se ubican en la zona del fraccionamiento, en particular el orientado hacia el NW, paralelo a la tendencia estructural dominante en la región.

### Geofísica

El estudio geoelectrónico consistió en la inyección de corriente continua al subsuelo con una fuente artificial para medir su resistividad eléctrica, una propiedad intrínseca de las rocas medida en ohm-metro, equivalente al grado de dificultad que encuentran las corrientes eléctricas para transmitirse en el medio. En principio, la resistividad está relacionada con el grado de humedad en el subsuelo, por lo que las rocas ígneas cristalinas característicamente tienen resistividades altas (conductividad baja). Las rocas sedimentarias de grano grueso (conglomerados y areniscas), cuya porosidad y permeabilidad son altas, también se caracterizan por tener resistividades altas (conductividad baja), mientras que las rocas sedimentarias de grano fino,

ricas en minerales arcillosos, aunque son poco permeables, tienden a concentrar la humedad y a comportarse de manera poco resistiva y ser buenas conductoras de la electricidad.

La prospección eléctrica se realizó con un resistímetro Supersting R1/IP de la empresa AGI y cables con

sensores inteligentes activos cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 2. Se instalaron arreglos tetrapolares con dos electrodos de corriente y dos de medición de potencial de los tipos Dipolo-Dipolo y Wenner. En el arreglo Dipolo-Dipolo, el dipolo de potencial (electrodos M, N) se aleja del dipolo de corriente (electrodos A, B; Figura 5.a). Al alejar los dipolos se profundiza más y, al

Tabla 2. Características del resistímetro utilizado para la prospección geoelectrica.

Rango de medición	+/- 10 V
Resolución de la medida	Máximo 30 nV dependiendo del nivel de voltaje
Intensidad de corriente de salida	1mA-2000mA
Voltaje de salida	800 Vp-p dependiendo de la transmisión de la corriente y resistividad del suelo
Potencia de salida	200 W
Ciclos de medida de Resistividad	0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 3.6, 7.2 o 14.4
Supresión de ruido	Mejor a 100 dB en $f > 20$ Hz
Configuraciones disponibles	Schlumberger, Wenner, Dipolo- dipolo, Polo-dipolo, Polo-polo, SP, IP
Rango de temperatura para operar	(-5, +50) oC

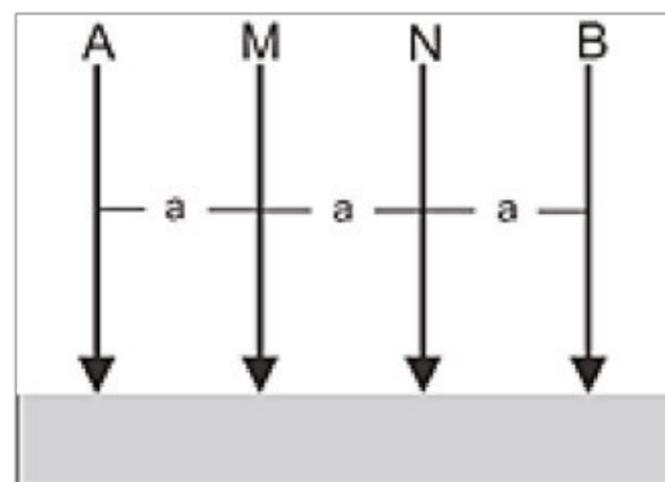
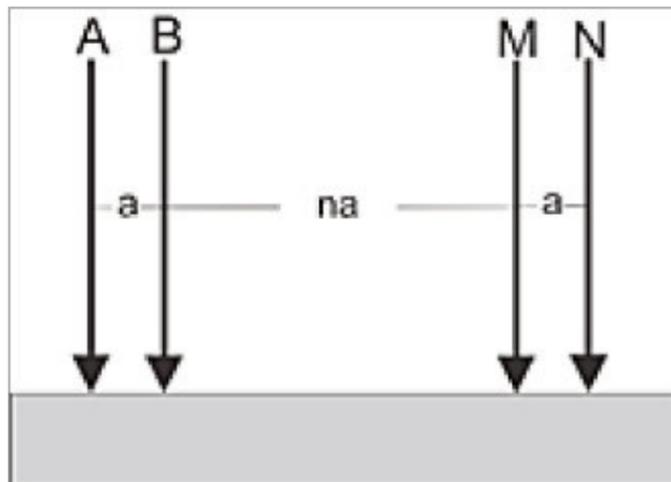


Figura 5a. Arreglo de electrodos con geometría dipolo-dipolo, con los electrodos de inducción de corriente A y B separados una distancia a en pares. La distancia na separa A-B de los electrodos de medición de potencial M-N, cuya separación es a.

Figura 5b. En el arreglo tetraelectrónico Wenner, los cuatro electrodos tienen una separación uniforme de a. Las letras A, B, M y N tienen el mismo significado que en la Figura 5.a.

mover lateralmente los dipolos, se observan variaciones laterales de la resistividad (Telford et al., 1990). En el arreglo Wenner los electrodos tienen un espaciado uniforme a lo largo de la línea de prospección (Figura 5.c). Este arreglo es un caso particular del arreglo Schlumberger en el que, manteniendo los electrodos

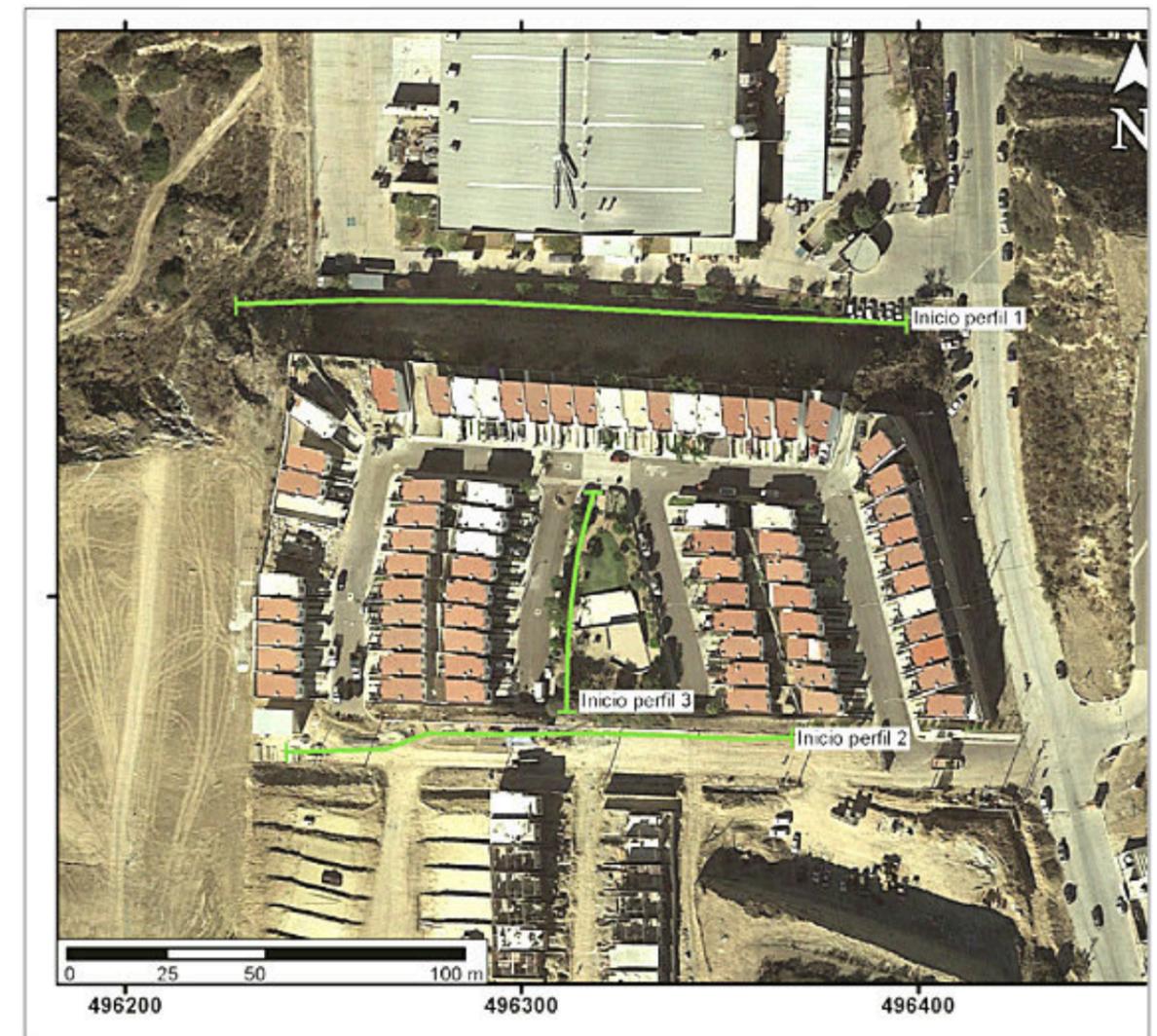
equidistantes, al incrementar la distancia "a", la penetración es mayor (Telford et al., 1990). De acuerdo con el patrón de corrientes, con cada método o arreglo se obtiene una "imagen" del subsuelo distinta, por lo que cada uno nos dará una versión distinta de medio. Ninguno de los tres arreglos ofrece una visión completa de la

realidad, pero al reunirlos, de las fortalezas de cada uno se obtiene un modelo con la versión más cercana al medio real. Durante el trabajo de campo se inyectó corriente continua con una fuente artificial para medir la resistividad eléctrica a lo largo de tres perfiles, los cuales se ubicaron de forma tal que pudieran dar una visión de las condiciones en que se encuentran las zonas afectadas por el movimiento del terreno. El perfil más extenso es el 1, con 161 m de longitud, ubicado debajo del talud

que delimita la zona de deslizamiento donde se encuentran las casas más dañadas (Figuras 1 y 6).

**Procesado y resultados de los datos geofísicos**

La interpretación de los datos de resistividad aparente obtenidos en el campo se realizó por medio de Imaging (Pérez-Flores et al., 2001), que es un método que utiliza aproximación de bajos contrastes en la resistividad aplicando un método de inversión con el que se convierten las resistividades aparentes en reales. Bajo



	Coordenadas de inicio	Coordenadas finales	Longitud (m)	Distancia entre electrodos (m)
Perfil 1	496400 E, 3592871 N	496238 E, 3592875 N	161	7
Perfil 2	496360 E, 3592757 N	496224 E, 3592761 N	135	5
Perfil 3	496310 E, 3592772 N	496314 E, 3592827 N	54	2

Figura 6. Ubicación de las líneas de sondeo geoelectrico indicando el inicio de cada perfil. El perfil 1, o norte, se encuentra en la parte baja del talud a un costado de la cerca del predio de la planta industrial BBS. El perfil 2, o sur, se ubica en la parte alta del talud del sur del fraccionamiento y el perfil 3, o parque, en el lado oeste del parque.

esta forma de aproximación se puede ver que las resistividades aparentes obtenidas en el campo representan el promedio ponderado de las resistividades verdaderas que hay en el subsuelo, en un volumen que encierra al conjunto de los cuatro electrodos. El resultado de la inversión conjunta es un modelo de resistividad que ajusta mejor los dos arreglos de datos obtenidos (Dipolo-Dipolo y Wenner). Ésta técnica de inversión o de Imaging produce buenos resultados cuando existen contrastes

de resistividad bajos y moderados (Pérez-Flores et al., 2001). Se debe tomar en cuenta la fuerte dependencia de muchas de las propiedades eléctricas con respecto a la humedad, de forma que la asignación de valores de conductividad es compleja (Keller, 1989) y debe ponderarse a partir de criterios geológicos.

Los resultados de la inversión conjunta de los datos adquiridos con los métodos Dipolo-Dipolo y Wenner se

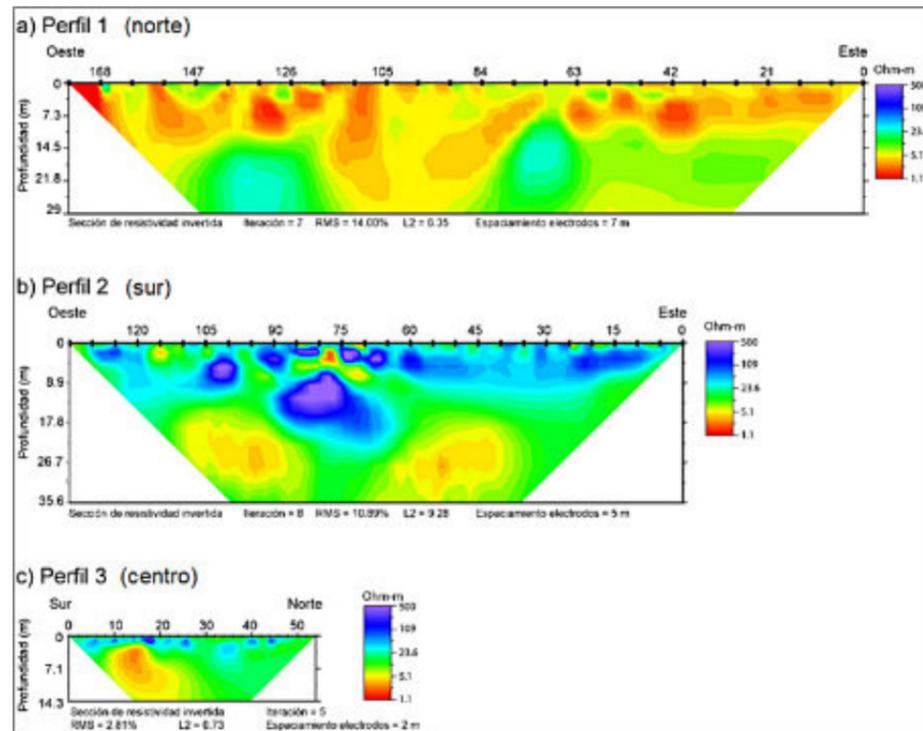


Figura 7. a) Sección eléctrica del perfil 1 o norte. b) Sección eléctrica de perfil 2 o sur. c). Sección eléctrica del perfil 3 o parque. La distancia y la profundidad están en metros. Los valores de resistividad en  $\Omega$ -m están graficados en escala logarítmica.

muestran en los perfiles geoelectricos de la Figura 7. En los perfiles a-c de conductividad ( $\Omega$ -m) se hace referencia a cuerpos resistivos o poco conductores como sinónimos, ya que la conductividad es el inverso de la resistividad. En el perfil norte resaltan las estructuras con alta conductividad (1.1 a 5.1  $\Omega$ -m; Figuras 5 y 6a), la cual se debe a la saturación de agua. En la parte central del perfil norte esta característica es más notoria y alcanza hasta 29 m de profundidad, la cual corresponde además, a la zona con mayor afectación por deslizamiento. En el perfil sur (Figuras 6 y 7b) son notables las estructuras resistivas (23-500  $\Omega$ -m) en la parte más superficial, mientras que las estructuras más conductivas (1.1-5.1  $\Omega$ -m) se encuentran por debajo de 17 m. En la Figura 7c del perfil localizado en el parque, que es perpendicular a los anteriores, se observa una estructura conductiva al sur, la cual se

extiende hacia el centro del perfil. Esta estructura también tiene una resistividad variable entre 1.1 y 5.1  $\Omega$ -m.

#### Rasgos geológicos de referencia e interpretación conjunta

#### Geología regional

La respuesta del terreno a modificaciones en la topografía o a cambios en el grado de humedad está en concordancia con los rasgos estructurales (fallas y fracturas) y litológicos regionales. La litología sobre la que se asienta la mayor parte de Tijuana se presenta de forma sintetizada en el mapa de la Figura 8. En ella se observa que las rocas más antiguas son las del basamento constituido por rocas volcánicas e intrusivas (unidades 10 y 11), tanto del arco volcánico Jurásico correspondiente a la Formación Santiago Peak, como a los granitoides cretácicos del Cinturón Batolítico

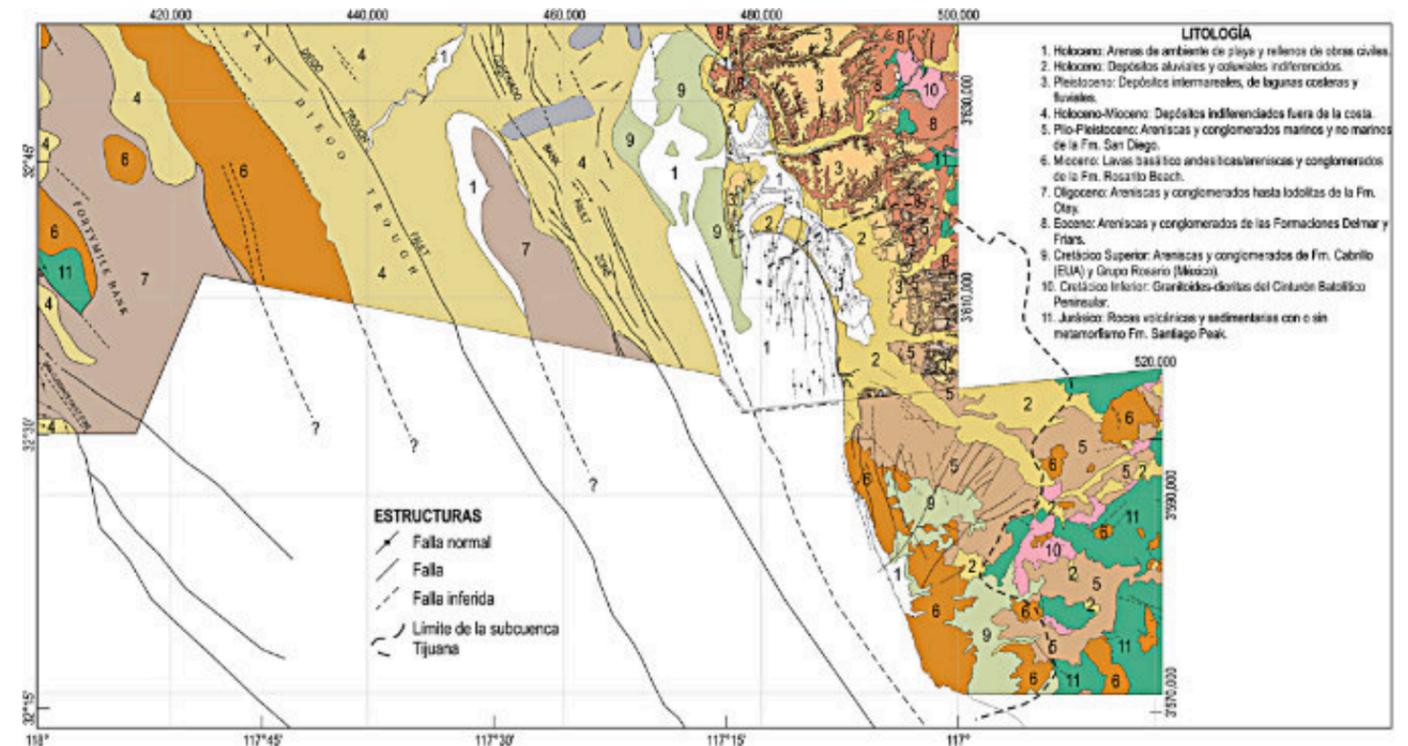


Figura 8. Mapa geológico del NW de Baja California y área de San Diego, California, E.U.A. La descripción litológica sintetiza la información de Kennedy y Tan (2008) y de Delgado-Argote et al. (2012). Las principales unidades litológicas de Baja California son a partir de los datos vectoriales geológicos del INEGI (2000) escala 1:250,000, y los rasgos estructurales en tierra son de Gastil et al. (1975) y los marinos de Legg et al. (1991). Se indican las áreas donde se han desarrollado trabajos similares al de este estudio: A) fraccionamientos El Valle y Hacienda Acueducto (Delgado-Argote et al., 2011), B) Fracc. Jardines de Agua Caliente (Delgado-Argote et al., 2012), C) fraccionamiento Valle del Sur (este trabajo). Las tres áreas se encuentran en la Formación San Diego. A y B entre fallas principalmente normales y pliegues paralelos orientados hacia el NE. El Fracc. Valle del Sur (C) se encuentra entre estructuras no diferenciadas paralelas a las fallas normales del oeste de la ciudad que se interpreta que se formaron por levantamiento regional.

Peninsular, más antiguos que 110 Ma (Kennedy y Tan, 2008). Después de ese periodo geológico, la región estuvo sujeta a una serie de levantamientos que provocaron la erosión de las rocas cristalinas, de cuyos sedimentos se desarrollaron la Formación Cabrillo y Grupo Rosario, en California, E.U.A. y Baja California, respectivamente. Estas unidades litológicas del Cretácico superior-Eoceno (9 en la Figura 8) profundizan hacia el oeste y se reconocen fuera de la costa en el condado de San Diego, California, E.U.A., donde les sobreyacen las Formaciones Lusardi, Point Loma y Cabrillo, formadas por sucesiones de areniscas y conglomerados (Kennedy y Tan, 2008). De acuerdo con Ashby (1989), durante el Mioceno, gran parte de Tijuana se localiza en la subcuenca Tijuana, la cual, según el autor, se extiende hasta la ciudad de San Diego, California. En esta cuenca se depositó la Formación Rosarito Beach (unidad 6 en la Figura 8), que está constituida por sedimentos epiclásticos y volcánoclasticos

sobreyacidos por derrames de lava. En la zona fronteriza México-E.U.A. la Formación Rosarito Beach descansa sobre depósitos continentales de lodolitas y areniscas lacustres con fósiles de mamíferos (Kennedy y Tan, 2008). Sobre la secuencia anterior, en la transición del Plioceno al Pleistoceno, durante un periodo de una gran transgresión marina se depositó la Formación San Diego (5 en la Figura 8), formada por dos unidades litoestratigráficas: una inferior compuesta predominantemente de areniscas finas, y una superior formada de areniscas y conglomerados (Deméré, 1982). En el área de Tijuana Minch (1967) también reconoce dos miembros: el inferior, compuesto de areniscas finas a grano medio con lentes ocasionales de conglomerados, y el superior, de areniscas medias a gruesas y conglomerados arenosos. En esta unidad litológica se manifiestan cambios en el nivel del mar y levantamientos regionales (Kennedy y Tan, 2008) representados por abundantes cambios de facies y desarrollo de



Figura 9. Identificación de las diferentes partes del deslizamiento rotacional entre el fraccionamiento Valle del Sur y la planta BBS de acuerdo con el modelo de Highland y Bobrowsky (2008). Los nombres en itálicas se refieren a los nombres del modelo de deslizamiento.

paleocanales. Aunque no se cuenta con una cartografía detallada, es probable que los canales hayan tenido anchuras mayores a 1,000 m y relieves de varias decenas de metros, desarrollados bajo condiciones topográficas con pendientes de 1° a 2°, como los descritos en varios lugares de la costa de California, E.U.A. (Nardin, 1983). Dependiendo de la energía de las corrientes fluviales, los sedimentos que rellenaron los canales son de granulometría variable que, en el área de estudio, varía desde conglomerados gruesos y areniscas con matriz limo-arcillosa, hasta capas de limos y arcillas. Las unidades de la Formación San Diego y otros depósitos marinos y continentales interdigitados (parálidos) del Pleistoceno (Kennedy y Tan, 2008) están agrupados dentro de la unidad 5 de la Figura 8 de areniscas y conglomerados ya que no se cuenta con una cartografía de detalle de la región.

El conocimiento de la paleogeografía permite entender por qué las capas sobre el basamento cristalino no forman rocas, sino secuencias de sedimentos arenosos y conglomeráticos que fueron sepultados someramente, por lo que no alcanzan a consolidarse y por lo tanto se disgregan fácilmente al contacto con el agua. Además, los levantamientos sucesivos del terreno por factores tectónicos desarrollaron drenajes favorecidos por estructuras de fallas y fracturas, como los mostrados

en la Figura 4. Tales estructuras de falla son paralelas a las regionales del mapa de la Figura 8.

Los trabajos geológicos sobre Tijuana son escasos. La mayoría tratan sobre riesgos geológicos (p. ejem. Delgado-Argote et al., 1996; 2012), en los que se destaca la existencia de fallas sísmicamente activas orientadas NW y una sismicidad de magnitud menor con epicentros alineados con dirección NE, perpendiculares a las fallas regionales (Frez y Frías-Camacho, 1998). Además, levantamientos regionales a lo largo de la costa durante el Cenozoico (continúan hasta la actualidad) están ampliamente documentados tanto en la costa (Rockwell et al., 1989) como fuera de ella (Legg, 1991; Legg et al., 1991).

#### Rasgos geológicos de la zona de estudio e interpretación del deslizamiento

Estudios sobre deslizamientos en Tijuana (Delgado-Argote et al., 1996), muestran la frecuencia de los de tipo rotacional debidos a la conjunción de factores como la presencia de fallas o fracturas, pendientes del terreno mayor o igual a 18% (10°) y litologías poco competentes por su pobre consolidación, como las de la zona de estudio. Los trabajos anteriores también mencionan que los factores disparadores importantes de los deslizamientos son el grado de saturación de agua en

los sedimentos, la sismicidad y otros factores de naturaleza antrópica, principalmente asociados con cortes pronunciados en el terreno y la carga por edificaciones. Litológicamente, los alrededores del fraccionamiento están formados por capas alternadas de conglomerados y areniscas de espesores variables. Los polos de los planos de estratificación se muestran en la Figura 3.b, cuyo promedio está representado por el plano 078°/07°, el cual es inverso a la pendiente del talud norte donde ocurre el deslizamiento rotacional. Los efectos de este movimiento en dicho talud se muestran en la serie de fotografías de la Figura 9, en donde se incluye el modelo de bloques rotacionales de Highland y Bobrowsky (2008). En las zonas más elevadas hacia el sur, se observa un aumento en la proporción de arena con respecto a conglomerado (tanque de la CESPT en el punto 3 de la Figura 3c) mientras que en el talud donde se localiza el deslizamiento rotacional principal, los limos y arcillas forman un depósito continuo entre los sitios 12 y 17 de la Figura 3c, interpretándose como depósitos en un arroyo o drenaje excavado en conglomerados. Los limos debieron depositarse en un periodo de relativa calma, con flujos suaves que transportaban sedimentos limosos y arcillosos. Hacia arriba, el relleno del paleodrenaje se enriquece en sedimentos arenosos hasta formar una capa de areniscas con conglomerados que se extienden lateralmente y caracterizan a la mayor parte de las capas que sobreyacen gradualmente a los depósitos del talud norte del fraccionamiento.

Los lineamientos interpretados de la topografía antigua que se muestran en la Figura 4d, los cuales tienen una orientación similar a las estructuras regionales del mapa geológico de la Figura 8, permiten inferir que los arroyos antiguos pudieron desarrollarse en estructuras similares. El buzamiento de los estratos de conglomerados hacia el sur, hacia el fraccionamiento, en sentido contrario al talud, mantuvo estable el terreno antes de la saturación de agua.

En el talud, dentro de la capa de limos del sitio 12 de la Figura 3c, se cartografiaron planos de deslizamiento orientados 290°/75°/53° y 315°/80°/50° con estrías de movimiento hacia 320°/62° y 325°/47°, lo que significa que son de movimiento por gravedad, con desplazamiento lateral izquierdo en la dirección de las estructuras regionales (Figura 8 y 10). Se interpreta que dichas fallas laterales se producen cerca del contacto entre limos y los conglomerados que los encajonan y que el movimiento se debe a que los sedimentos finos, en contraste con los conglomerados

y arenas, retienen el agua, se comportan como un cuerpo coherente y se deslizan en la dirección de la pendiente por el borde del paleocanal o arroyo antiguo. En el sitio 14 (figuras 3c y 10) se midió un plano de deslizamiento equivalente a una falla normal de bajo ángulo orientada 265°/30°/65° con estrías de movimiento orientadas 325°/30°. Es importante resaltar que las estrías de los dos planos de deslizamiento son casi paralelas y que el segundo plano tiene un ángulo bajo y es casi paralelo a las capas de limos del sitio 15 (Figura 3c), orientadas 065°/07°. De acuerdo con el modelo de deslizamiento rotacional de Highland y Bobrowsky (2008) de la Figura 9, el plano 265°/30°/65° se localiza cerca de la parte baja del cuerpo principal del deslizamiento rotacional, mientras que los planos de movimiento lateral, en el mismo modelo, corresponden al flanco lateral. Las diferentes partes del deslizamiento rotacional en el talud norte del fraccionamiento se muestran en las fotografías de campo de la Figura 9.

En el interior del fraccionamiento se midieron separaciones y fracturas en pisos y bardas, para estimar la zona de influencia del deslizamiento y, en su caso, identificar la dirección del movimiento en las diferentes zonas. En la Figura 10 se presenta una síntesis gráfica de dichos rasgos, los datos estructurales medidos en el talud que se describen en el párrafo anterior, así como los perfiles geoelectrónicos y el perfil topográfico N-S de las figuras 3c y 7. En la rosa de fracturas de la Figura 10a se grafican los datos del conjunto de casas del extremo E del fraccionamiento, de los cuales, 10 de los 17 datos (60%), se orientan hacia el NNW (345°), con dirección probable del movimiento hacia el W. La Figura 10b muestra la misma dirección preferente en las casas del centro-este, además de fracturas orientadas E-W que sugieren que los movimientos deben estar dirigidos hacia N y W. Las fracturas en la parte central, en el parque (Figura 10c) refuerzan la sugerencia de 10b indicando que el movimiento en ese sector es hacia el N. El conjunto de casas del centro-oeste (Figura 10d), con fracturas de separación WNW, sugieren que su origen se asocia a movimientos hacia el N-NE. El movimiento hacia el E y NE se deduce del bloque de casas del extremo oeste (Figura 10e). Esta serie de observaciones muestra un arreglo de aspecto cónico que coincide con la zona de mayor afectación en las primeras 10 casas del lado oeste y mínima o nula afectación en las casas localizadas lejos del talud (figuras 2 y 10). Las fracturas en los patios traseros de las casas ubicadas en el margen del talud (Figura 9)

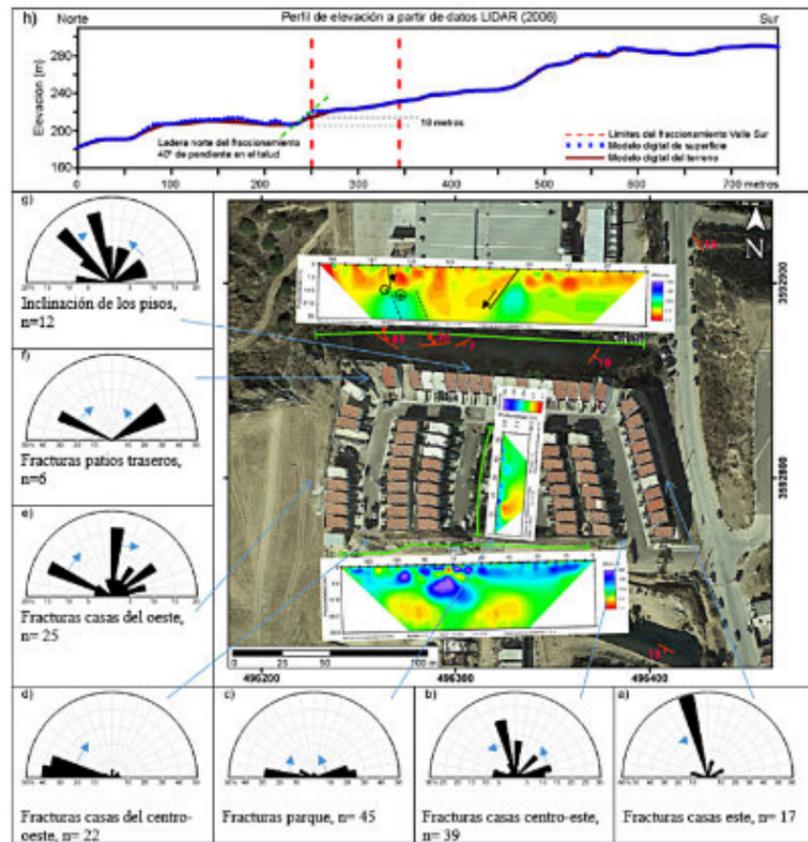


Figura 10. Mapa del fraccionamiento Valle del Sur y rosas de fracturas en casas y pisos (Tablas 1 y 3) e inclinación de pisos en el bloque de casas del norte (Tabla 2). Las flechas en el perfil norte indican dirección de movimiento y el punto y cruz en los círculos la dirección de movimiento lateral acercándose o alejándose del observador. Las flechas azules en los diagramas de rosa indica dirección de movimiento del terreno. El perfil en h) corresponde a la línea N-S de la Figura 3c.

se orientan únicamente hacia el NE y NW (Figura 10f), indicando separación hacia el NW y NE, respectivamente, lo cual coincide con la distribución de las fracturas en el interior del fraccionamiento, que también es consistente con la inclinación medida en los pisos de las 10 primeras casas basculadas del W en la zona del talud norte (Figura 10g).

Los perfiles geoelectrónicos levantados en la parte baja del talud del norte del fraccionamiento, en el parque del centro y en la parte topográficamente alta del extremo sur del mismo se muestran en la Figura 10. En el perfil del norte se muestran cuerpos de conductividad alta (rojo) por el contenido alto de agua. El cuerpo con la más alta conductividad se observa debajo de 126 m, donde se cartografiaron limos y arcillas saturadas con en agua. Este cuerpo contrasta con el de menor conductividad (azul) localizado inmediatamente al oeste. Dicho contraste corresponde también con un plano de deslizamiento con echado de 85°E y estrías de deslizamiento lateral dirigidas hacia el NW (315°/55°; sitio 12 de la Figura 3c). Arriba del punto de 63 m del perfil geoelectrónico en la base del talud (figuras 7a y 10) se cartografió una falla normal de bajo ángulo desarrollada también en un estrato limo-arcilloso

que indica el movimiento de la masa hacia el norte (estrías orientadas hacia 325°/30°; sitio 14 de la Figura 3c). Se interpreta que el cuerpo de más alta conductividad puede estar delimitado por debajo de los 30 m de profundidad por fallas normales que forman un cuerpo con permeabilidad más alta. En el lado oeste del talud el movimiento horizontal es mayor, produciendo una falla de desplazamiento lateral en el flanco lateral oeste del modelo de deslizamiento rotacional de la Figura 9, mientras que en el este del cuerpo deslizado, donde la conductividad es alta, la falla normal con poco movimiento es la dominante, razón por la que las casas del lado este están menos movidas. La parte baja del cuerpo de aspecto tabular horizontal de conductividad alta localizado al este de la falla normal, a aproximadamente 14 m, se interpreta que corresponde al nivel freático local. Durante la exploración, este nivel alcanzaba la superficie del talud y mantenía húmedo el suelo desarrollándose musgo en toda la zona impregnada. En el perfil geoelectrónico del parque se observa que la cima del cuerpo con conductividad alta se encuentra a aproximadamente 3 m de profundidad y tiene sólo 15 m de anchura, mientras que en el perfil del sur los dos cuerpos de conductividad alta se ubican a cerca de 18 m de

profundidad. Tomando en cuenta el perfil topográfico de la Figura 10h, se interpreta que dichas profundidades de la cima de los cuerpos conductivos representan la profundidad del nivel freático y que la impregnación de un paleocanal rico en sedimentos limo-arcillosos debió promover el deslizamiento rotacional en la zona del talud cuya inclinación es de 40°. El peso de las 17 casas construidas en el borde del talud se estima en 60 ton cada una, debió ser un promotor importante en el movimiento de la masa.

### Conclusiones

El análisis geomorfológico con base en imágenes de Google Earth, cartas topográficas, Modelos Digitales de Elevación (MDE) de 1978 y 1996 cuyas fuentes son cartas topográficas y LIDAR de 2006, muestra un drenaje natural rectilíneo que refleja estructuras asociadas con fallas o fracturas. El fraccionamiento Valle del Sur se asienta principalmente sobre terreno natural y termina en su parte norte en un talud de aproximadamente 40° de inclinación. Litológicamente, los alrededores del fraccionamiento están formados por capas alternadas de conglomerados y areniscas de espesores variables de la Formación San Diego. Dichos estratos tienen una orientación promedio 078°/07°, buzando en sentido contrario a la inclinación del talud, el cual se conservó estable mientras no se saturó de agua. El área de estudio se ubica entre estructuras regionales orientadas NNW (~350°), como las fallas normales paralelas a la línea de costa. Localmente, se cartografiaron planos de deslizamiento con estrías de movimiento hacia 320°/62° y 325°/47° en el talud norte del fraccionamiento, con componente lateral que coincide con la dirección de las estructuras regionales. La geometría de los planos de movimiento y la deformación en la parte baja del talud corresponden con un modelo de deslizamiento rotacional. Dicha geometría también es consistente con el sentido de movimiento interpretado a partir de la distribución de fracturas en el interior del fraccionamiento.

Los perfiles geoelectrónicos levantados en la parte baja del talud del norte, en el parque y en la parte alta del límite sur del fraccionamiento muestran un nivel freático horizontal y posibles paleocanales que se bifurcan hacia el sur, topográficamente hacia arriba. En la parte baja del talud del norte, el principal cuerpo de conductividad alta está delimitado por una falla normal en el este con caída hacia el oeste, y otra de desplazamiento lateral

izquierdo con caída al este, las cuales corresponden a los flancos laterales que definen el cuerpo principal del deslizamiento rotacional. En los costados de dichos planos la permeabilidad aumenta por la formación de fracturas asociadas con el movimiento de bloques.

Existe una buena correlación entre las discontinuidades de los cuerpos conductivos del perfil norte con la geometría del deslizamiento rotacional, el cual se desarrolla básicamente en un cuerpo de limos y arcillas que se interpreta fueron depositados en un paleocanal o drenaje antiguo durante la depositación de la Formación San Diego y que, al saturarse de agua, tuvo un comportamiento plástico. Los conductivos más someros, desde la superficie hasta aproximadamente 14 m, corresponden al nivel freático en la zona norte del área de estudio. La anchura del cuerpo conductivo principal dominado principalmente por sedimentos finos es de por lo menos 70 m, por lo que es conveniente disminuir la pendiente y remover peso para evitar el avance de fracturas y eventual deslizamiento en la corona del deslizamiento rotacional.

Dada la frecuencia con que ocurren movimientos de masa en la ciudad de Tijuana, aún en temporadas de sequía, es altamente recomendable que en futuros desarrollos inmobiliarios se exijan estudios geológicos y geofísicos a detalle para evitar pérdidas materiales y, en el peor de los escenarios, humanas.

### Agradecimientos

Los autores agradecemos a los colonos del fraccionamiento Valle del Sur por su confianza y, a la Sra. Carolina Ricárdez, su representante, por la autorización para publicar los resultados de este estudio de diagnóstico. Agradecemos también a Víctor Frías por la elaboración del mapa geológico con información del California Geological Survey (Kennedy y Tan, 2008) bajo el permiso por escrito del Dr. John G. Parrish (16 de febrero de 2018), así como a Humberto Benítez por su apoyo editorial. La versión final de este trabajo mejoró enormemente gracias a las revisiones críticas de Felipe de Jesús Escalona y Miguel Téllez.

### Referencias

Ashby, J.R., 1989, A resume of the Miocene stratigraphic history of the Rosarito Beach Basin, Northwestern Baja California, Mexico. En

## EL FAMOSO GEÓLOGO QUE DESCRIBIÓ EL “MAL DE PARKINSON”

En el mundo de la medicina, muchos saben que la enfermedad de Parkinson lleva el nombre del Dr. James W. Parkinson, pero pocos saben que el mismo Parkinson fue también un afamado geólogo/paleontólogo

**JHONNY E. CASAS**

Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



### INTRODUCCIÓN A JAMES WILLIAM KEYS PARKINSON

James W. Parkinson es un nombre muy conocido hoy en día, pero no por el trabajo que lo convirtió en una celebridad durante su vida. Su genio y su insaciable curiosidad en el campo de la geología y la paleontología lo convirtieron en un gigante en su época del siglo XVIII, mientras que su descubrimiento de la enfermedad que ahora lleva su nombre, apenas pasó desapercibido en aquel entonces.

Nacido el 11 de abril de 1755, en el número 1 de Hoxton Square, parroquia de St. Leonard, Shoreditch, justo al norte de Londres, Inglaterra, James fue el mayor de tres hermanos, hijos de John Parkinson (1725-1784) y Mary Parkinson (1721-1811). Su padre era un conocido y apreciado boticario y médico de familia que ejerció durante muchos años en Hoxton. Durante el aprendizaje de James como boticario y ayudante de cirujano de su padre, se casó con Mary Dale (1757-1838), una joven también de Shoreditch, muy versada en temas de medicina y geología. De este matrimonio nacieron siete hijos, de los cuales tres murieron en la infancia. El segundo hijo de James, John William Keys

Parkinson (1785-1838), siguió la tradición familiar y se convirtió en aprendiz de su padre, primero como boticario y luego como miembro del *Royal College of Surgeons*, uniéndose a su padre en la práctica médica, una función muy parecida a la del médico de cabecera actual, de modo que, durante muchos años, ambos atendieron a pacientes tanto ricos como pobres, en su casa familiar de Hoxton, ubicada en uno de los distritos pobres de Londres. No existe ningún retrato auténtico de Parkinson, porque murió antes de la invención de la fotografía (PARENT 2017).

Como galeno, Parkinson fue un hombre compasivo, se dedicó a difundir información médica básica, a un amplio espectro de la sociedad, en una época en la que sólo aquellos económicamente acomodados, podían permitirse el lujo de visitar un médico. Fue un autor prolífico y escribió libros y numerosos artículos sobre temas que iban desde el cuidado de los niños y la higiene personal, hasta los beneficios nutricionales de la lactancia materna. En 1817, James Parkinson publicó un folleto titulado: *An Essay on the Shaking Palsy* (YORK 2017, DRAGE 2017), que contiene la primera

- Keller, G.V., 1989, Electrical properties, en: R.S.Carmichael, editor, Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals, CRC Press, pp. 361-427.
- Kennedy, M.P. and Tan S.S., 2008, Geologic Map of the San Diego 30' x 60' Quadrangle, California, California Geological Survey, Regional Geologic Map No. 3, scale 1:100,000 (<http://www.quake.ca.gov/gmaps/rgm/sandiego/sandiego.html>).
- Legg, M. R., 1991, Sea beam evidence of recent tectonics activity in the California Continental Borderland. En: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, The gulf and peninsular province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 179-196.
- Legg, M. R., Wong, V. and Suárez, F., 1991, Geologic structure and tectonics of the inner Continental Borderland of northern Baja California. En: Paul Dauphin and Bernard Simoneit, Editors, The gulf and peninsular province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, p. 145-177.
- Minch, J.A., 1967, Stratigraphy and structure of the Tijuana-Rosarito Beach area, northwestern Baja California, Mexico, Geological Society of America Bulletin, v.78, no. 9, p. 1155-1178.
- Nardin, T.R., 1983, Late Quaternary depositional systems and sea level change –Santa Monica and San Pedro basins, California continental borderland, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V.67-7, p. 1104-1124.
- Pérez-Flores, M. A., Méndez-Delgado, S., y Gómez-Treviño, E., 2001, Imaging low- frequency and dc electromagnetic fields using a simple linear approximation. Geophysics, 66, p. 1067-1081.
- Rockwell, K. T., Muhs, D., Kennedy, G., Hatch, M., Wilson, S. and Klinger, R., 1989, Uranium series ages, faunal correlations and tectonic deformation of marine terraces within the Agua Blanca fault zone at Punta Banda, northern Baja California, México. En: Patrick Abbott, editor, Geologic Studies in Baja California, The Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Los Angeles, California U.S.A., p. 1-16.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics. Cambridge University

- Geologic Studies in Baja California (Patrick L. Abbott, Editor), The Pacific Section of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 37-46.
- Delgado-Argote, L.A., Hinojosa-Corona, A., Aragón-Arreola, M., y Frías-Camacho, V., 1996, Estudio de riesgo geológico en Tijuana, Baja California, con base en rasgos estructurales y la respuesta del terreno, GEOS, vol. 16, no.2, p. 57-89.
- Delgado-Argote, Luis A., Juan Carlos Hurtado- Brito, Porfirio Avilez-Serrano y Gemma Gómez-Castillo, 2012, Factores geológicos y antrópicos de riesgo en Tijuana, Baja California: el caso del Fracc. Jardines de Agua Caliente, GEOS, v.32-2, p. 342-366. (<http://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos12-2/JardinesTijuana.pdf>).
- Delgado-Argote, L.A., G. Gómez-Castillo, T.A. Peña-Alonso, X.G. Torres-Carrillo y P. Avilez-Serrano, 2011, Rasgos geológicos y morfológicos asociados con peligros naturales en los fraccionamientos El Valle y Hacienda Acueducto, Tijuana, Baja California. GEOS, v.30-2, 1-16 pp. (<http://www.ugm.org.mx/publicaciones/gos/2010/vol30-2/05.pdf>)
- Deméré, T.A., 1982, Review of the lithostratigraphy, biostratigraphy and age of the San Diego Formation, in Abbott, P.L., editor, Geologic studies in San Diego: San Diego Association of Geologists, p. 127-134.
- DMPCT (Dirección Municipal de Protección Civil de Tijuana), Editor, 2000, Atlas de Riesgos del Municipio de Tijuana, B.C., versión 1.0, 36 pp.
- Frez, J. y Frías-Camacho, V.M., 1998, Distribución de energía sísmica en la región fronteriza de ambas Californias, GEOS, 18-3, p. 189-196.
- Gastil, R. G., Phillips, R. P., and Allison, E. C. (1975), Reconnaissance geology of the state of Baja California. Geological Society of America Memoirs, 140, 1-201.
- Highland, L.M., and Bobrowsky, P., 2008, The landslide handbook –A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.

descripción clínica clara de la parálisis temblorosa, como él la denominaba, y que ahora se la conoce como enfermedad o mal de Parkinson.

James Parkinson vivió durante el reinado de Jorge III (1738-1820), más concretamente en el periodo que correspondió a la Revolución Industrial (1760-1840). Su vida abarcó tres momentos históricos relevantes: la Revolución Americana, la Revolución Francesa y las Guerras Napoleónicas, que desempeñaron un papel importante en la configuración de su polifacética carrera. A la par de boticario y médico cirujano, Parkinson fue un virulento activista político, un popular escritor y colaborador académico en medicina, un apreciado y laborioso galeno parroquial, quien durante 25 años prestó sus servicios a la *Holly House* (un manicomio privado). Por si fuera poco, fue además un destacado químico aficionado, y un renombrado paleontólogo que coleccionó, describió e interpretó fósiles.

Parkinson, fue ampliamente reconocido en el mundo científico como un geólogo/paleontólogo influyente, que ayudó a fundar la Sociedad Geológica de Londres, la primera sociedad de su estilo, a nivel mundial. Escribió y publicó una monumental contribución en tres volúmenes denominada: *Organic Remains of a Former World* (Restos orgánicos de un mundo antiguo), entre 1804 y 1811, que fue ampliamente aclamada como una de las publicaciones más influyentes de su época.

### EL RETRATO DE JAMES PARKINSON

Hoy en día, una búsqueda en Internet de imágenes de James Parkinson arroja como resultado un par de fotografías, las cuales han aparecido a lo largo de los años en varios capítulos de libros y artículos, pero cabe señalar que Parkinson murió dos años antes de que aparecieran los primeros daguerrotipos, por lo que dichas fotografías no pueden corresponder al rostro del Dr. James Parkinson.

Para tratar de tener una idea de la imagen de James Parkinson, debemos acudir a la logia de los *Oddfellows*<sup>1</sup>, uno de los gremios de comerciantes y sociedades fraternales más antiguos del Reino Unido. En los siglos XVIII y XIX, las logias *Oddfellow* empleaban a un cirujano para brindar tratamiento médico a los miembros y sus familias, como beneficio de la membresía (LEES *et al.* 2018). Luego que Parkinson comenzara a ejercer la medicina junto a su padre en Hoxton Square, Londres, los registros muestran que fue nombrado cirujano de la

Gran Logia Imperial de *Oddfellow* en la plaza Old Street Square, Londres. Se conserva un grabado satírico de 1789 (Figura 1), que muestra una reunión de la Logia Imperial *OddFellows* en *The Cock, Old Street Square*, representando a los miembros y al cirujano de la logia (el cual sostiene un frasco de medicina y un pergamino). Los registros de *Oddfellows* confirman que Parkinson era el cirujano en el momento del grabado, por lo que se ha especulado que Parkinson podría ser efectivamente, el que aparece dibujado en dicho grabado (LEES *et al.* 2018).



**Figura 1.** Grabado satírico de 1789, dibujado por John Barlow, mostrando una reunión de los miembros de Logia Imperial *OddFellows* en *The Cock, Old Street Square*, representando a sus miembros y al cirujano de la logia (sosteniendo un pergamino y un frasco), el cual se cree que era James Parkinson. Fuente: <https://iooftyner821.org/history/>

Una probable representación de Parkinson proviene de la contraportada desplegable de un libro escrito por el mismo James Parkinson en 1804: *The Villager's Friend and Physician*, donde aparece una imagen titulada: *The Alehouse Sermon* (Figura 2). Una investigación histórica efectuada sugiere que el boticario con bata que aparece en la imagen de la contraportada puede ser en realidad un autorretrato de Parkinson, conversando y dando consejos de salud a gente sencilla del pueblo. Las mencionadas caricaturas de *Meeting Night of the Club of OddFellows* y *The Ale House Sermon*, parecieran ser consistentes entre sí ya que ambas representan a un caballero de baja estatura y rasgos bastante refinados (LEES *et al.* 2018).



**Figura 2.** Imagen de la contraportada plegada de *The Villager's Friend and Physician*, publicado en 1804, donde el médico en la imagen central con sombrero pudiera ser James Parkinson, dando consejos de salud a gente del pueblo. Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/The\\_Villager%27s\\_Friend\\_and\\_Physician\\_Wellcome\\_L0068467.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/The_Villager%27s_Friend_and_Physician_Wellcome_L0068467.jpg)

También existe una breve descripción de la apariencia y personalidad de James Parkinson que apareció en textos escritos por el famoso geólogo y paleontólogo inglés Gideon Algernon Mantell (1790-1852), reconocido por iniciar el estudio científico de los dinosaurios. A los 21 años, Mantell visitó a Parkinson en su casa, en busca de consejos y guía, antes de decidirse incursionar por completo en el campo de la paleontología. Mantell describe a Parkinson (que en aquel momento tenía 56 años), de la siguiente manera: "El Sr. Parkinson era más bien de estatura inferior a media, con un intelecto enérgico, una expresión agradable en el semblante y modales apacibles y corteses; impartiendo fácilmente información, ya sea sobre su ciencia favorita (paleontología) o sobre temas profesionales". Esta descripción se encuentra en el *Pictorial Atlas of Fossil Remains* (Atlas pictórico de restos fósiles) de Mantell, que se publicó en 1850 y que muestra en colores, muchas de las ilustraciones de fósiles publicadas anteriormente por Parkinson (PARENT 2018).

### EL POLÍTICO Y LUCHADOR SOCIAL

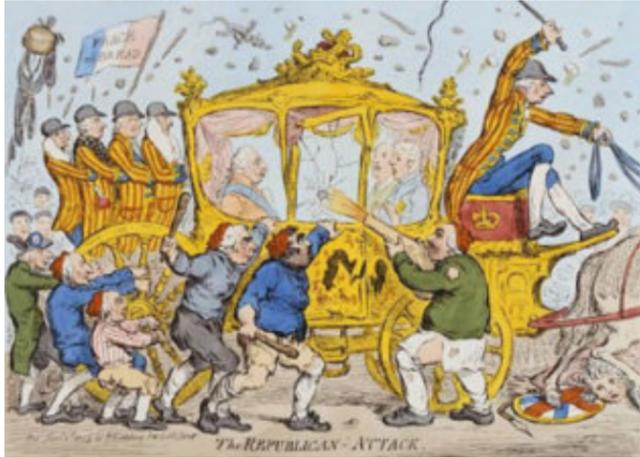
Parkinson desarrolló varios campos de interés desde temprano en su carrera, que iban desde el activismo político hasta la lucha social. Influenciado por la agitación sociopolítica de la Revolución Francesa (1789-1799), se convirtió en un firme defensor de los menos favorecidos, así como un crítico abierto y mordaz del gobierno del primer ministro del Reino Unido, William Pitt, apodado el Joven (1759-1806).

Parkinson luchó con particular intensidad por una justa representación del pueblo en la Cámara de los Comunes, la constitución de parlamentos anuales y el derecho al sufragio universal. De 1793 a 1795, período correspondiente al reinado del terror en Francia, Parkinson se convirtió en un prolífico panfletista y escribió alrededor de una docena de mordaces tratados, criticando al gobierno y exigiendo derechos para las mayorías, publicados bajo su propio nombre o bajo el pseudónimo de *Old Hubert* (PARENT 2017).

Asumió la defensa de los pobres de Londres, que no eran tomados en cuenta por el gobierno de turno, y abogó también por mejorar las condiciones de los presos en las cárceles del reino. Ya para 1792, Parkinson era miembro de varias asociaciones políticas secretas como *London Corresponding Society for Reform of Parliamentary Representation* (Sociedad de Correspondencia de Londres para la Reforma de la Representación Parlamentaria), y la *Society for Constitutional Information*, ambos clubes de debate que se dedicaron a agitar las calles de Londres, en favor de una reforma democrática del parlamento británico, durante la década posterior a la revolución francesa.

Los escritos políticos y sociales de Parkinson, lo hicieron popular entre el pueblo, pero fueron muy mal recibidos por los funcionarios del gobierno y de la justicia, incluido el *Privy Council*, también conocido como el Honorable Consejo Privado de Su Majestad, un cuerpo de asesores del soberano británico. Parkinson se manifestó innumerables veces contra el gobierno, al que calificaba de corrupto e incompetente (PARENT 2017). Los círculos conservadores de la época, tomaron de muy mala manera estas críticas, e inclusive hicieron que Parkinson fuera investigado, cuando una de las sociedades secretas a las que él pertenecía, fue involucrada en un plan denominado *The Popgun Plot*<sup>2</sup> (Figura 3), para asesinar al rey Jorge III (apodado el Rey Loco). Tras ser investigado, Parkinson reconoció ser el autor de los panfletos, así como su pertenencia a diversas sociedades, aunque siempre negó tener que ver con el presunto intento de asesinato del monarca. En octubre de 1795, Parkinson fue citado a comparecer bajo juramento, ante el primer ministro en persona y el consejo privado de su majestad, con cargos de traición por haber respaldado supuestamente un complot para asesinar al rey, disparándole flechas envenenadas (LEWIS 2012). Luego de la audiencia, no se presentaron cargos en su contra por falta de pruebas. Al final fue absuelto, y el caso fue archivado, pudiendo así evitar la

horca. Luego de este incidente y tal vez muy sabiamente, Parkinson no publicó más panfletos de índole política.



**Figura 3.** Caricatura de la época mostrando una turba enardecida atacando a su majestad Jorge III, donde uno de sus atacantes sostiene y dispara con un rifle de aire (popgun) hacia el carruaje real. Fuente: <https://blog.geolsoc.org.uk/2014/12/15/door-15-james-parkinson-and-the-popgun-plot/>

### SU FRUCTÍFERA CARRERA COMO MÉDICO

A principios del siglo XIX, Parkinson progresivamente se alejó de su tormentosa carrera política para concentrar sus esfuerzos en cuestiones médicas. Muy pocos datos existen acerca de la formación médica de James Parkinson, excepto que estudió en el Hospital de Londres (hoy día *The Royal London Hospital*) en Mile End Road durante seis meses cuando tenía 20 años y luego fue aprendiz de su padre a lo largo de seis años, calificándose como médico cirujano en 1784.

En 1777, la *Royal Humane Society* otorgó a James Parkinson una medalla de plata por haber logrado con éxito, la reanimación de Brian Maxley, un hombre que se ahorcó. En varias ocasiones durante su carrera médica, Parkinson tuvo que recurrir a este “proceso de reanimación”, desarrollado por la *Royal Humane Society*, que incluían los choques eléctricos, el remedio de moda en aquel momento, para casos de muerte por aparente ahogamiento o asfixia mecánica (PARENT 2018). En 1780 publicó: *Observations on Doctor Hugh Smith's Philosophy of Physic* (Observaciones sobre la filosofía de la física del doctor Hugh Smith), donde analiza el vital papel del aire en la sangre. Como pruebas adicionales del interés de Parkinson por la ciencia general y los fenómenos naturales, se puede señalar su descripción detallada sobre el efecto de los

rayos en el cuerpo humano (*Some Account of the Effects of Lightning*), publicada en las Memorias de la Sociedad Médica de Londres, en 1879 (LEWIS 2012).

Parkinson tuvo una carrera médica muy exitosa, siendo elegido miembro de la Sociedad Médica de Londres en 1787 (DRAGE 2017). Durante toda su carrera en medicina, Parkinson demostró una preocupación enorme por la justicia social. En uno de sus trabajos en 1799, comenzó a escribir folletos médicos que proporcionaban al público general, información esencial sobre diversas medidas destinadas a preservar la salud individual y social. La vacunación fue uno de los campos de la medicina en los que estuvo más vinculado; y se convirtió en uno de los primeros científicos en vacunar a la población londinense contra la viruela. (SADURNI 2024)

En 1800 apareció publicado su *Chemical Pocket-Book*, que tuvo varias ediciones, incluida una en Estados Unidos en 1802. Parkinson tenía la esperanza de poder transmitir al público general la idea de los principales conceptos de la ciencia química, que se desarrollaban en aquel momento tanto en Francia como en Inglaterra. El libro revela que Parkinson estaba bastante familiarizado con las más modernas teorías químicas, incluidas las recientemente publicadas por Antoine Lavoisier (1743-1794) en Francia (PARENT 2018).

Parkinson también fue un educador apasionado, no sólo de los estudiantes de medicina, sino también del público en general. Su obra maestra en dicha especialidad, fue un tomo de dos volúmenes que apareció en 1799, titulado: *Medical Admonitions Addressed to Families* (Admoniciones médicas dirigidas a las familias: Instrucciones para el tratamiento de los enfermos ante la primera aparición de la enfermedad). Este tomo, fue un compendio con múltiples consejos de salud y aunque su costo fue de nueve chelines para la época, era sin embargo demasiado caro para muchos. A pesar de ser muy completo y detallado, sin embargo, era fácil de leer, y luego de su publicación, era común encontrarlo en toda la Gran Bretaña e incluso en Estados Unidos. Posteriormente, escribió una versión más corta llamada: *The Villager's Friend and Physician*, con un precio de un chelín, y luego un cartel resumido de apenas seis peniques, llamado: *The Way to Health* (LEWIS 2017). En 1807 publicó: *Observations on the excessive indulgence of children* (Observaciones sobre la excesiva indulgencia hacia los niños), así como otro polémico libro: *Observations on Mr Whitbread's plans*

*for the re-education of the poor* (Observaciones sobre los planes del señor Whitbread para la reeducación de los pobres). También quizás se le pueda considerar uno de los primeros pediatras, ya que en 1808 añadió la publicación: *Dangerous Sports. A Tale Addressed to Children* (Deportes peligrosos. Un cuento para niños), (GARDNER-THORPE 2010).

Parkinson proporcionó una descripción detallada de la sintomatología y el tratamiento de la gota, en la que habló del padecimiento de su padre y del suyo propio. Además, en 1812, leyó ante la Sociedad Médica y Quirúrgica un artículo titulado: *A case of a diseased vermiform appendix* (Un caso de apéndice vermiforme enfermo), que fue escrito junto a su hijo John, y que ahora se reconoce como la referencia más temprana a la apendicitis en la literatura médica inglesa. Otras colaboraciones con su hijo dieron lugar a muchos más artículos sobre otros temas médicos, incluidos el trismo (contracción constante e involuntaria de los músculos de la mandíbula) y posiblemente casos de rabia o hidrofobia (PARENT 2018).

Parkinson estaba sumamente perturbado por las epidemias de tifus en Hoxton (Londres), que afectaban y aniquilaban a buena parte de la población, por lo que en 1815, James y su hijo John, que entonces eran médicos parroquiales de St. Leonard, convencieron a la junta directiva de la parroquia para construir un edificio con salas aisladas para pacientes febriles, y así evitar la propagación de la epidemia de tifus en el resto de los pacientes y por ende en la población (PARENT 2018). El tiempo le dio la razón a los Parkinson; el número de pacientes afectados se redujo notablemente después de la construcción de estas salas aisladas. En 1824, James Parkinson resumió su visión sobre el tema del tifus, en el que sería su último artículo, publicado en el *London Medical Repository*, donde recomendaba mucha higiene, aislamiento y aire fresco para esta peligrosa enfermedad de la época (GARDNER-THORPE 2010).

### LA ENFERMEDAD DE PARKINSON

Durante sus años como cirujano, Parkinson se interesó en diversas materias dentro de la medicina, pero el principal trabajo de este médico británico, fue un ensayo sobre lo que él denominó: parálisis temblorosa o parálisis agitante. Efectivamente, hace 207 años, en 1817 (aunque no se conoce la fecha exacta), James Parkinson publicó un folleto de 66 páginas titulado: *An Essay on the Shaking Palsy*, que contiene la primera descripción clínica detallada de la parálisis temblorosa,

y que ahora se la conoce como enfermedad o mal de Parkinson (LEWIS 2012). Parkinson por tanto, fue el primero en describir con exactitud los síntomas de la enfermedad que hoy lleva su nombre. Sin embargo, el valor de este ensayo no fue plenamente reconocido durante su vida.

Mientras viajaba (aunque nunca salió de Inglaterra) para ver pacientes y ejercer la medicina, continuó haciendo precisas observaciones y estableciendo conexiones entre los diversos casos. Luego de múltiples observaciones y de entrevistas con pacientes, Parkinson redactó la base para su síntesis y descripción de la parálisis por temblores, donde efectivamente reconoció la naturaleza progresiva de la enfermedad. Parkinson observó a lo largo de su carrera determinados condicionantes para dicha parálisis, pero fue a raíz de la observación detallada en sus pacientes y sus vecinos, especialmente en las manos y brazos de ellos, con lo que elaboró una descripción completa de la enfermedad.

Esta obra, la única contribución que hizo Parkinson a la neurociencia, se convirtió en un clásico de la literatura médica, porque por primera vez describe, la parálisis agitante o temblorosa, como una enfermedad distinta. Su descripción fue notablemente precisa: “Movimiento tembloroso e involuntario, con potencia muscular disminuida, en partes que no están en acción e incluso cuando está apoyado; con una propensión a inclinar el tronco hacia adelante y a pasar de un paso de caminar a uno de carrera: los sentidos y el intelecto ilesos” (ROWNTREE 1912). Esta descripción, ha resistido el paso del tiempo, atestiguando el agudo sentido de observación de Parkinson, así como su poder de fusionar varios síntomas neurológicos en una sola entidad clínica. En aquel tiempo sin embargo, Parkinson predijo equivocadamente que estos temblores podrían deberse a daños en la médula espinal cervical; aunque ahora se sabe que se trata de un trastorno neurodegenerativo crónico.

A pesar de algunos informes positivos que aparecieron en la literatura médica inglesa poco después de la publicación del ensayo sobre Parkinson, el trabajo permaneció relativamente ignorado hasta que el célebre neurólogo francés Jean-Martin Charcot (1825-1893), que trabajaba en el hospital *Salpêtrière* de París, lo redescubrió, 50 años después de su publicación. Basándose en las observaciones clínicas de la enfermedad, Charcot propuso cambiar los términos

parálisis temblorosa o parálisis agitante, por el de enfermedad o mal de Parkinson (LEWIS 2012, PARENT 2017), a pesar de ello, los neurólogos ingleses tardaron en aceptar el término enfermedad de Parkinson, que hoy en día nos resulta tan familiar a todos.

### EL ORICTÓLOGO

James Parkinson se hizo famoso durante su vida; sin embargo, su celebridad no le llegó de la mano de la medicina, sino de una rama de la geología denominada hoy en día paleontología, y que entonces se conocía como orictología<sup>3</sup>, término que deriva de la palabra griega *Oryktos*, que significa desenterrado, y que progresivamente fue ampliando su significado hasta abarcar el estudio de minerales, rocas y fósiles. En 1785, Parkinson tuvo oportunidad de asistir a conferencias impartidas por el famoso cirujano y geólogo escocés John Hunter (1728-1793). Por encima de la sala de conferencias de Hunter había otros dos pisos que albergaban su espectacular colección de historia natural, que incluía casi 3.000 fósiles. Parkinson recordó más tarde cómo desde el momento en que vio esa “espléndida y bellamente ilustrativa colección”, comenzó a coleccionar fósiles (LEWIS 2017). Parkinson, como muchos médicos del siglo XVIII, se convirtió en un coleccionista insaciable de fósiles y minerales, una pasión que dominaría el resto de su vida. Los ejemplares que colectó y otros que intercambió o compró a diversos coleccionistas de todo el mundo, pasaron a formar el núcleo de un museo muy popular, instalado en su casa de Hoxton (el museo incluía una colección de medallas y monedas).

Ya para 1804, James Parkinson tenía casi 50 años y había recolectado fósiles durante aproximadamente los últimos 20 años, cuando decidió publicar *Organic Remains of a Former World. An examination of the mineralised remains of the vegetables and animals of the antediluvian world, generally termed extraneous fossils* (Restos orgánicos de un mundo antiguo), que iba a ser su obra maestra (PARKINSON 1804). Dos volúmenes posteriores (Figura 4), siguieron al primero (PARKINSON 1808, 1811a). Finalmente, el tratado de *Organic Remains*, abarcó un total de 1146 páginas y estuvo acompañado por unas 42 láminas que comprenden 700 figuras, casi todas extraídas de especímenes de la propia colección de Parkinson (PARENT 2017). Dichos volúmenes, contenían observaciones sobre los fósiles, acompañadas de una serie de impactantes láminas dibujadas a mano por él, muchas de ellas coloreadas por su hija. En *Organic*

*Remains*, Parkinson analizó la historia de la paleontología, la preservación de fósiles, las plantas fósiles, los animales fósiles y la teoría creacionista. Los especímenes están profusamente ilustrados en este tratado de tres volúmenes, que rápidamente se convirtió en un libro de texto estándar de paleontología. Sus obras incluyeron descripciones de fósiles y clasificaciones increíblemente extensas de muchos grupos entre los que se pueden citar: reptiles, mamíferos, equinodermos, moluscos, insectos y vegetales, describiendo en detalle la morfología de cada uno de estos grupos. Parkinson tenía una buena comprensión de los hechos fundamentales de la geología tal como se entendían en ese momento, y los fósiles lo ayudaban a comprenderla mejor. A través del entendimiento que le dieron los fósiles, Parkinson describió la formación del carbón, del petróleo y la fosilización de la madera y los vegetales. También explicó como ciertos grupos, como los insectos, tenían mucha menos probabilidad de preservarse en el registro fósil.

Más que dedicado a la taxonomía, gran parte de *Organic Remains of a Former World* se enfoca en la descripción de especímenes fósiles individuales, su preservación y referencia a descripciones anteriores o comparaciones modernas. Parkinson era un firme creyente de los principios del catastrofismo, de la manera descrita por el naturalista francés George Cuvier (1769-1832), donde se postulaba que la Tierra moderna había sido moldeada por acontecimientos repentinos muy violentos, cataclísmicos, a escala mundial, ocurridos en el pasado. En particular, y como la mayoría de los científicos de la época, Parkinson era firme creyente en el Gran Diluvio Universal, descrito en la Biblia, y en el que Dios controlaba la creación y las extinciones de los seres vivos. (DRAGE 2017). Sin embargo, su mente científica y observadora no podía conciliar estas creencias con el concepto de tiempo geológico. No podía concebir en su mente que toda la creación pudiera haber sido efectuada por Dios en solo siete días, por lo que argumentaba en su obra, tal vez como una manera de suavizar dicha incongruencia, que cada día descrito por la Biblia era solo una manera alegórica de representar períodos de tiempo mucho más largos en escala geológica (ROWNTREE 1912).

Parkinson era como se mencionó, una persona profundamente religiosa y, como revela el título de su tratado paleontológico (Restos orgánicos de un mundo antiguo), inicialmente consideró que los fósiles

pertenecían a un mundo antediluviano. Sin embargo, después de una lectura cuidadosa de los volúmenes, se puede entrever de manera convincente, cómo Parkinson reconciliaba progresivamente sus creencias religiosas con su comprensión de la geología y la paleontología (LEWIS 2017). Aunque Parkinson tuvo cuidado de no contradecir u ofender los puntos de vista contemporáneos de una Tierra moldeada según los relatos bíblicos, su comprensión del registro paleontológico lo obligó a adoptar una interpretación bastante liberal de las escrituras, entonces de moda entre los pensadores radicales, para respaldar su punto de vista (PARENT 2017). Su evolución intelectual finalmente le permitió pasar de la creencia en los relatos de la Creación y el Diluvio, a la aceptación de la gran antigüedad de la Tierra y la ocurrencia de extinciones, al mismo tiempo que conservaba su fe en una sociedad benévola y creyente en la religión

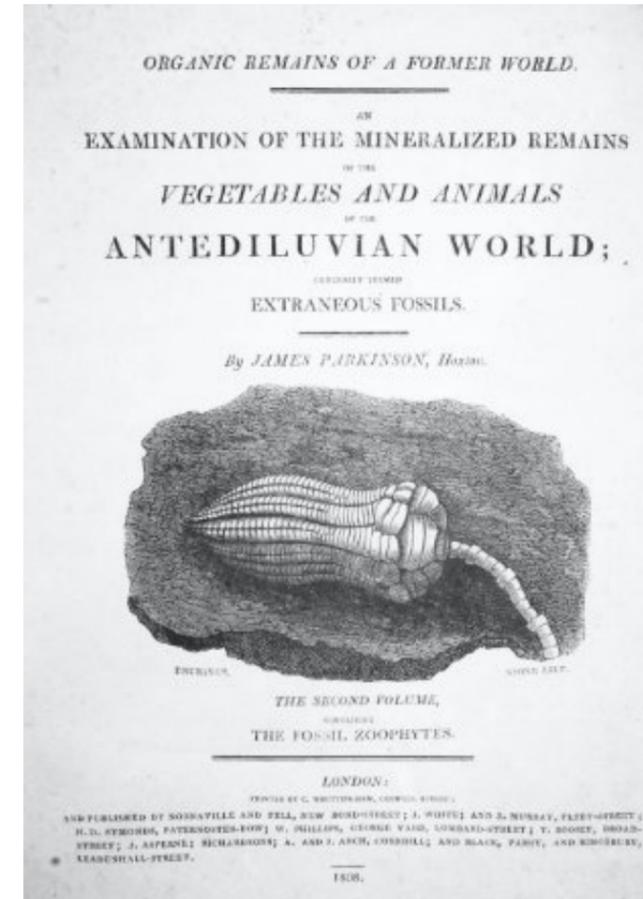


Figura 4. Portada del Volumen II de *Organic Remains of a Former World*.

Fuente:

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/74347#page/9/mode/lup>

Recibió gran renombre internacional durante su vida por su trabajo geológico y paleontológico, donde su gran obra: *Organic Remains of a Former World*, resultó ser un libro muy popular en Inglaterra y Europa. De hecho, su creciente reconocimiento y popularidad, le permitieron formar parte del grupo de 13 científicos que en 1807 fundaron la Sociedad Geológica de Londres<sup>4</sup> (*Geological Society of London*), la sociedad geológica más antigua del mundo. Fue el único miembro fundador de la sociedad con un interés real por los fósiles (todos los demás estaban interesados en la mineralogía). Años más tarde, en 1821, y en reconocimiento a esto, el naturalista londinense James Sowerby (1757-1822), nombró un género y especie de ammonites en honor a Parkinson. Descrito como "no sólo el mejor, sino casi el único especialista en fósiles de su época" (LEWIS 2012), fue Parkinson quien defendió apasionadamente las ideas del geólogo William Smith (1769-1839) dentro de la Sociedad Geológica. Parkinson se lamentaba de que los miembros de dicha sociedad, no entendieran el verdadero significado de los fósiles, y cómo podían usarse para comprender y descifrar la geología y la estratigrafía, partiendo del entendimiento de que distintos conjuntos de fósiles podían usarse para correlacionar rocas en diferentes regiones.

En 1811, Gideon Mantell (1790-1852), joven paleontólogo y futuro miembro de la Royal Society de Londres, visitó a Parkinson y quedó fascinado tanto por su personalidad como por su inmensa colección de fósiles. Unos 40 años después, Mantell (Figura 5), todavía recordaba vívidamente esta visita, sobre la cual comentó: “Él (Parkinson) amablemente me mostró y explicó los principales objetos de sus gabinetes y me señaló todas las fuentes de información sobre restos fósiles; una rama del conocimiento en aquella época poco cultivada en Inglaterra, pero cuyas circunstancias particulares habían contribuido a convertirla en el objeto absorbente de mi mente joven y ardiente. Años después, el señor Parkinson alentó calurosamente mis intentos de dilucidar la naturaleza de los estratos y restos orgánicos de mi condado natal, Sussex, un distrito que entonces se suponía carente de interés geológico, revisó mis dibujos y me favoreció con sus comentarios sobre muchos temas tratados en mi primer trabajo, Los fósiles de los South Downs” (LEWIS 2017, PARENT 2018).



Figura 5. Retrato de Gideon Mantell.

Fuente:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gideonmantell.jpg>

Parkinson también fue junto a otros, miembro fundador de la Sociedad Médica y Quirúrgica de Londres, y en 1823, se le otorgó la primera Medalla de Oro del *Royal College of Surgeons* en consideración a “sus útiles labores para la promoción del conocimiento natural, particularmente expresadas por su espléndido trabajo sobre Restos Orgánicos” (LEWIS 2012, PARENT 2017), así como por su prolífica contribución a la orictología, a la que él cariñosamente denominaba como su ciencia favorita.

#### EL PENSAMIENTO ANTEDILUVIANO

En la época de Parkinson prevalecía la teoría de que los fósiles eran restos de animales y plantas, pero todavía no se había podido explicar cómo se podían encontrar restos de criaturas marinas en el interior de los continentes, muy por encima del nivel del mar. Además, si bien algunos fósiles eran relativamente fáciles de identificar, al ser casi idénticos a sus homólogos modernos, otros no tenían análogos en el mundo actual, lo que era preocupante en la mente de los científicos. En ese momento, el pensamiento científico era bastante confuso y aún más confuso por el hecho de que por encima de todo racionalismo, la religión continuaba siendo el centro de la comprensión del mundo, tanto para los hombres de ciencia como para la gente común.

A medida que su colección crecía, a Parkinson le resultaba cada vez más difícil identificar y clasificar muchos de sus raros y hermosos especímenes, ya sea porque se había escrito poco sobre el tema, o sencillamente porque eran desconocidos. Por lo tanto, decidió asumir la tarea de realizar, lo mejor posible, el titánico trabajo de la descripción detallada, no sin antes tropezarse con varios problemas. En primer lugar, no existía una terminología para describir esta nueva ciencia; la palabra geología aún no se utilizaba en forma extendida, la palabra fósil se empleaba para definir cualquier cosa extraída de la Tierra, incluidos minerales y artefactos arqueológicos, y la palabra paleontología no se comenzaría a acuñar sino hasta 1822. Además, estaba el problema de conciliar la edad de los fósiles con las creencias religiosas. En esto último, Parkinson estaba al tanto de los consejos dados por el geólogo John Hunter (1728-1793), el cual utilizaba el término “muchos miles de siglos” al referirse a la edad de los fósiles. (LEWIS 2017).

Una muestra del conflicto entre la evidencia geológica y las concepciones religiosas, fue plasmada por Parkinson en las conclusiones del Volumen I de *Organic Remains of a Former World*, cuando dice en forma resumida lo siguiente: “Durante el desarrollo de nuestras investigaciones, se descubrió un hecho, que exige nuestra atención. Durante las numerosas exploraciones de los estratos que contienen los restos de organismos que existieron en el mundo antes del diluvio, no se ha encontrado ni una sola obra de arte antediluviana. Esta circunstancia constituye un fuerte argumento contra la eternidad de la existencia del hombre. Si la humanidad existiera eternamente, el número de seres humanos que existirían en el momento del diluvio habría sido tan grande, y su extensión sobre la faz de la tierra habría sido tan general, que sus armas, sus utensilios y muebles, necesariamente deberían haber sido descubiertos con frecuencia entre los restos antediluvianos. Esta circunstancia, sin embargo, debe admitirse, parece probar que al no encontrarse ninguno de los restos de los trabajos del hombre, nos encontramos sin pruebas de la existencia de seres humanos en el momento del diluvio; y por lo tanto tenemos más razones para suponer que el hombre no había sido creado en el período en que ocurrió este evento, en el que todas las especies, excepto unos pocos individuos, fueron destruidas”. De esta manera Parkinson contradice al libro del Génesis, donde se narra que luego de los 40 días del diluvio, todo ser vivo,

todo hombre, toda bestia, aves y reptiles, fueron borrados de la faz de la Tierra.

Otra idea interesante de resaltar, contradiciendo las ideas religiosas de la época, se encuentra en el prefacio del Volumen III de *Organic Remains of a Former World*, cuando dice en forma resumida: “Muchos dudan de la extinción total de algunas especies, y de la creación de otras, ya que esa circunstancia sería incompatible con el poder y sabiduría del Todopoderoso, quien habría formado su creación completa desde el principio, sin necesidad de cambios subsecuentes; pero debe observarse que los hechos son indubitables, la extinción de especies es algo que ocurre aún en nuestros días, como muestra el descubrimiento de valvas muertas en la isla de Santa Helena, las cuales difieren de cualquier especie conocida reciente o fósil, así como el pequeño número remanente de algunas especies como el pájaro Dodo<sup>5</sup>, lo cual soporta el razonamiento de que la extinción de especies continúa”.

#### ORGANIC REMAINS OF A FORMER WORLD – SU OBRA MAESTRA

El primer volumen de *Organic Remains of a Former World* de James Parkinson se publicó el 1 de junio de 1804, y le siguieron otros dos en 1808 y 1811. *Organic Remains* pronto se convirtió en el libro de texto preferido en el tema paleontológico. Su publicación fue considerada un acontecimiento memorable en la historia de la paleontología británica, porque fue el primer intento de dar un relato familiar y científico de las reliquias fósiles de animales (Figura 6) y plantas. Parkinson escribió este tratado, dividiéndolo en una serie de cartas o capítulos en tercera persona (“el escritor”) y usó el estilo epistolar para facilitar la difusión del conocimiento y la comprensión de nociones científicas complejas, dirigidas a todo tipo de público o lector en general, con la esperanza de conducirlos e interesarlos en las maravillas de la naturaleza, como él mismo explica en el prefacio del primer volumen. Pero a medida que su experiencia aumentó, los volúmenes posteriores retratan a un científico que ya no está interesado en los fósiles únicamente por su belleza, sino que examina diligentemente cada fragmento en busca de la información que podría proporcionar (PARENT 2017). Aunque siempre en el fondo de la mente de Parkinson estaba la acuciosa pregunta, que ya Leonardo da Vinci se había planteado hacía más de 300 años (CASAS 2024a): ¿cómo se convirtieron los fósiles en roca?

Al intentar responder a esta pregunta, Parkinson estudió sus especímenes con una lupa, en secciones pulidas e incluso iluminando secciones muy delgadas bajo un microscopio, de forma muy parecida a como lo haríamos hoy día. También realizó experimentos químicos con fósiles con la esperanza de encontrar evidencia del animal original. Afortunada o desafortunadamente, su práctica lo mantuvo tan ocupado que tenía poco tiempo para ir al campo a buscar especímenes él mismo (LEWIS 2017).

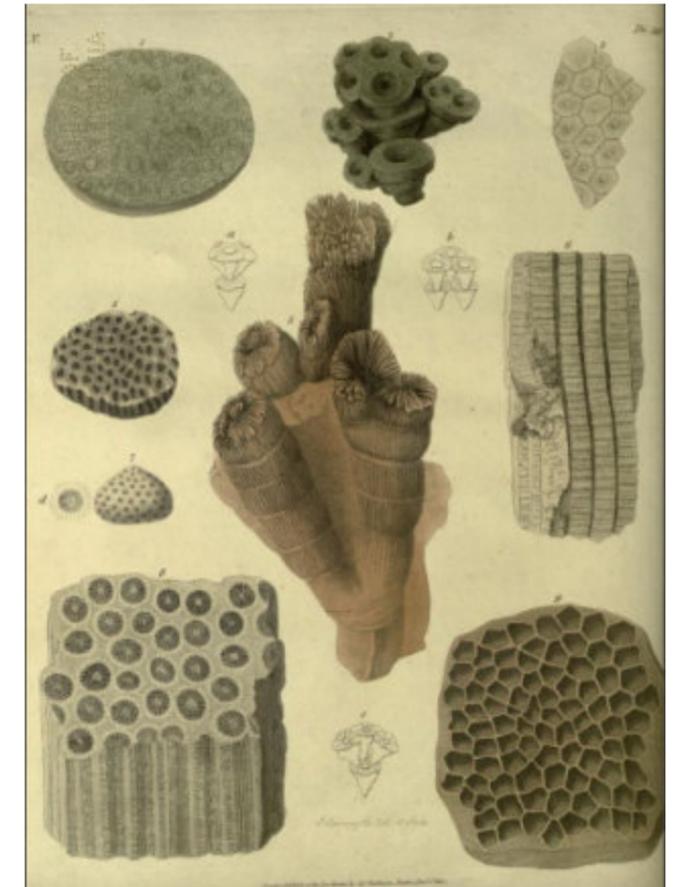


Figura 6. Lamina V del Volumen II de *Organic Remains of a Former World*, mostrando ejemplos de corales.

Fuente:

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/74347#page/324/mode/1up>

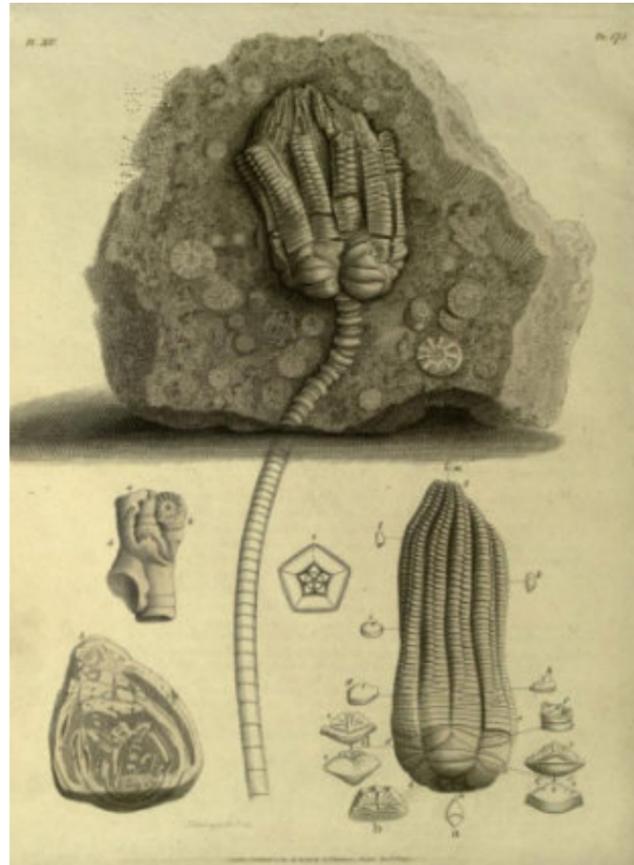
Aunque se cree que Parkinson era un dibujante habilidoso, él confió toda la iconografía de su *Organic Remains of a Former World*, al talentoso grabador Samuel Springsguth (1769-1844), cuyos grabados en planchas de cobre fueron notables por su precisión y realismo (PARENT 2017). Springsguth debió pasar largas horas discutiendo con Parkinson la ilustración de sus obras paleontológicas y la iconografía completa de los

tres volúmenes de *Organic Remains* (PARENT 2017). En 1822, Parkinson publica: *Elements of Oryctology: An Introduction to the Study of Fossil Organic Remains, especially of those found in British Strata* (Esbozos de orictología: una introducción al estudio de los restos orgánicos fósiles, especialmente de los que se encuentran en los estratos británicos), un libro de texto destinado a estudiantes interesados en el estudio de los fósiles, y su conexión con la formación de nuestro planeta (PARKINSON 1822).

En el momento de la muerte de James Parkinson en 1824, la geología apenas estaba entrando en su edad dorada, cuando la recolección y descripción de fósiles, se convirtió en la pasión de toda la nación. Pero fue Parkinson quien hizo avanzar la paleontología desde un ámbito meramente coleccionista, a un ámbito de ciencia real, insistiendo como lo hizo tan a menudo, en que los fósiles podían dar información sobre la formación de la Tierra, de una manera que nada más podía hacerlo.

Hoy sus láminas exquisitamente ilustradas (Figuras 6 y 7), pueden seguir siendo apreciadas por paleontólogos y aficionados a la paleontología. Los libros originales todavía se pueden conseguir y comprar por sumas respetables. La importancia de estas ilustraciones perduró durante muchas décadas después de la muerte de Parkinson y en 1850, Gideon Mantell las reimprimió en su atlas pictórico de restos fósiles (MANTELL 1850), reinterpretando algunos de los fósiles a la luz de conocimientos más recientes.

Parkinson, además colaboró con varios artículos en la revista *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, entre 1809 y 1812, así como en el primer, segundo y quinto volumen de *Geological Society's Transactions* (Transacciones de la Sociedad Geológica) entre 1811 y 1815. En el primer volumen publicó: *Observations on some of the strata in the neighbourhood of London, and on the Fossil Remains contained in them* (PARKINSON 1811b), donde resalta nuevamente que el estudio de los fósiles es una rama muy importante de la investigación geológica, y concluye por ejemplo, que su uso permite establecer la continuidad estratigráfica entre Francia e Inglaterra; una deducción muy avanzada para su tiempo.



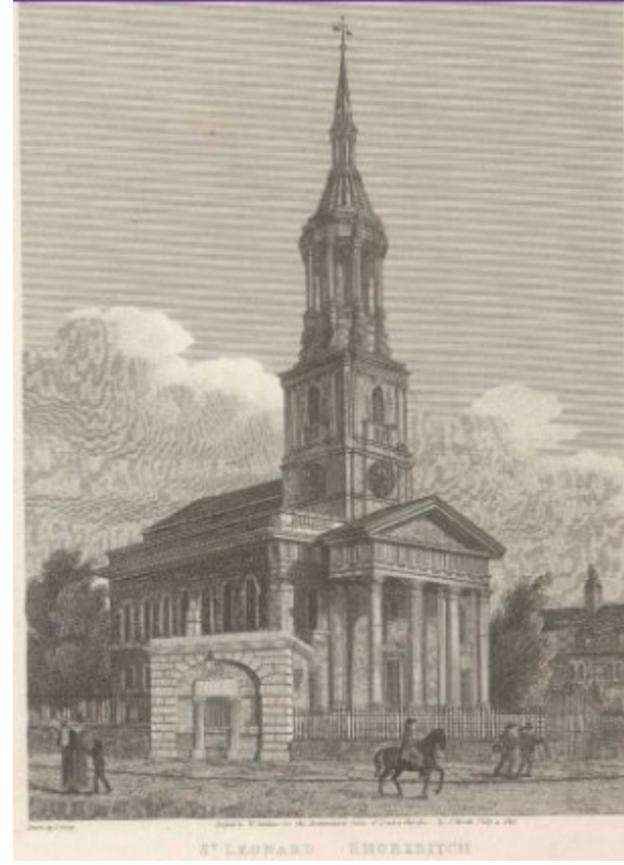
**Figura 7.** Lámina XIV del Volumen II de *Organic Remains of a Former World*, mostrando ejemplos de crinoideos fósiles.

Fuente:

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/74347#page/352/mode/1up>

#### SU MUERTE

James Parkinson falleció a los 69 años, de un derrame cerebral que lo dejó mudo y parcialmente paralizado el 21 de diciembre de 1824, en el número 3 de Pleasant Row, Kingsland Road, Hoxton. Legó sus casas en Langthorne a sus hijos y su esposa, y su botica a su hijo John William Keys, el cual continuó ejerciendo la medicina en la casa familiar durante 12 años, hasta que se mudó de Hoxton Square. Tanto James Parkinson, su padre John, y su hijo John William fueron enterrados en el cementerio de la iglesia St. Leonard, Shoreditch (Figura 8). Los logros de Parkinson se conmemoran con una losa de piedra dentro de la mencionada iglesia, ya que todos fueron miembros activos de la congregación de la misma. Se desconoce el lugar exacto de su tumba y su cuerpo posiblemente yace en la cripta de la iglesia o en algún lugar desconocido del cementerio de dicho lugar. (PARENT 2017).



**Figura 8.** Grabado del siglo XVIII de la Iglesia St. Leonard (Shoreditch), donde se encuentra enterrado James Parkinson. Fuente:

[https://en.wikipedia.org/wiki/St\\_Leonard%27s,\\_Shoreditch#/media/File:St\\_Leonard's,\\_Shoreditch.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/St_Leonard%27s,_Shoreditch#/media/File:St_Leonard's,_Shoreditch.jpg)

Luego de la muerte de Parkinson, su célebre colección de fósiles fue ofrecida por su esposa Mary, al *Royal College of Surgeons*, pero la cantidad solicitada aparentemente era demasiado alta. Como resultado de ello, la colección fue subastada en 1827, y se dispersó por todo el mundo. Gideon Mantell comentó sobre este tema lo siguiente: Su hermosa y selecta colección se vendió en subasta, donde una parte fue comprada por George W. Featherstonhaugh (1780-1866), un geólogo y geógrafo británico-americano, la cual incluía una excelente serie de ejemplares, que fueron llevados a América; donde algunos años después, fueron destruidos por un incendio que consumió el museo en el que se encontraban (PARENT 2017). Sin embargo, otra parte de la colección de Parkinson fue finalmente adquirida por las universidades de Oxford y Cambridge, así como por el Museo Británico de Historia Natural, donde algunos de los especímenes todavía se exhiben en la sección de geología.

#### COMENTARIOS FINALES

James William Keys Parkinson, fue una figura arquetípica de finales del siglo XVIII y comienzos del XIX en Inglaterra, con multiplicidad de facetas. Primero como boticario y médico cirujano, pasando luego a ser un activista político, luego un escritor de medicina popular, y un entusiasta colaborador académico también en medicina, siendo muy respetado por sus alumnos; todo al tiempo que trabajaba como un devoto y apreciado médico parroquial, así como un destacado químico aficionado, convirtiéndose además en un afamado y reconocido paleontólogo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció en 1997, el Día Mundial del Parkinson, celebrándolo cada año el día 11 de abril, fecha del natalicio de James W. K. Parkinson. Además de la enfermedad del mismo nombre, Parkinson ha recibido tributo con nombres de numerosos organismos fósiles y vivientes (CASAS 2024b), entre los que se pueden mencionar: el ammonite *Parkinsonia parkinsoni* (Figura 9), el nautiloideo *Paraturia parkinsoni*, el crinoideo *Apiocrinus parkinsoni*, el molusco *Perissoptera parkinsoni*, el erizo de mar *Tripneustes parkinsoni* (Figura 10), el gasterópodo *Rostellaria parkinsoni* (Figura 11) y *Turbo parkinsoni* (Figura 12), el árbol *Nipa parkinsoni*, la tortuga *Puppigerus parkinsonii* y el ave *Procellaria parkinsoni*. Es tarea de las nuevas generaciones de científicos, no olvidar a los grandes hombres, que con su vasta y multifacética contribución, impulsaron los avances de la ciencia.

#### NOTAS ADICIONALES

<sup>1</sup> *Odd Fellows, Oddfellows, Odd Fellowship o Oddfellowship*, es una fraternidad internacional formada por logias, documentadas por primera vez en 1730 en Londres (Wikipedia).

<sup>2</sup> *The Popgun Plot*: En la inauguración estatal del Parlamento en 1795, el carruaje de Jorge III fue atacado por una turba de gente. Las multitudes clamaron pidiendo pan y corearon "¡Abajo George!" y "¡No al Rey!". Una de las ventanillas del carruaje se rompió con el tumulto. El Gobierno detuvo a tres miembros de la Sociedad Correspondiente de Londres y un cuarto fue arrestado más tarde, como cabecillas de la conspiración. La afirmación era que un tirador había atentado contra la persona del Rey, con una pistola de dardos de aire de alta potencia. El dardo envenenado había sido disparado desde cierta distancia haciendo imposible encontrar al agresor, pero rompiendo el cristal del carruaje, sin alcanzar al Rey solo por centímetros. Meses más tarde, el principal testigo de cargo tuvo la mala suerte de morir, antes de que pudiera iniciarse el juicio. Sin que se presentaran otras

pruebas y sin que otros miembros de la Sociedad quisieran testificar contra ellos, todos fueron liberados a finales de 1796.

<sup>3</sup> El primer uso conocido del sustantivo orictología (el estudio de restos orgánicos fósiles), se remonta a mediados del siglo XVIII, siendo la evidencia más antigua del uso de la palabra, en 1753 (*The Oxford English Dictionary*).

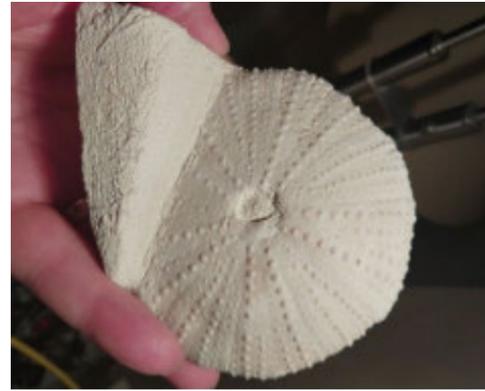
<sup>4</sup> La Sociedad fue fundada el 13 de noviembre de 1807 en la taberna de los Masones Libres (*Freemasons' Tavern*), en Londres por: William Babington, James Parkinson, Humphry Davy, George Bellas Greenough, Arthur Aikin, William Allen, Jacques Louis, Comte de Bournon, Richard Knight, James Laird, James Franck, William Haseldine Pepys, Richard Phillips, William Phillips, y recibió su nombramiento formal por parte del rey George V el 23 de abril de 1825.

<sup>5</sup> El pájaro Dodo (*Raphus cucullatus*), es una especie extinta de ave columbiforme no voladora, y endémica de la isla Mauricio, situada en el océano Índico (a 900 km de la isla de Madagascar). La extinción del dodo, a finales del siglo XVII, lo ha convertido en el arquetipo de especie extinta, causada por seres humanos. El último ejemplar fue visto en 1662, aunque se cree que debió de existir hasta 1690 (Wikipedia).



**Figura 9.** Ejemplar del ammonites *Parkinsonia parkinsoni*.

Fuente: <https://www.minerals-fossils.cz/amonit-parkinsonia-parkinsoni>



**Figura 10.** Ejemplar del erizo de mar *Tripneustes parkinsoni*.

Fuente: <https://picclick.fr/337g-Tripneustes-Parkinsoni-Du-Miocene-De-Lacoste-84-326343110656.html>



**Figura 11.** Ejemplar del gasterópodo *Rostellaria parkinsoni*. Cenomaniense, Colección de Gideon Mantell (1822).

Fuente:

<http://www.stromboidea.de/?n=Species.PerissopteraParkinsoni>



**Figura 12.** Ejemplar del gasterópodo *Turbo parkinsoni*.

Fuente: <https://www.minerals-fossils.cz/amonit-parkinsonia-parkinsoni>

## REFERENCIAS

- CASAS, J. E. 2024a. El pensamiento geológico de Leonardo da Vinci. *Bol. Acad. Nac. Ingeniería y Habitat*, Caracas, 62:121-139. <[https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/05/BOLETIN\\_62\\_ANIH.pdf](https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/05/BOLETIN_62_ANIH.pdf)>
- CASAS, J. E. 2024b. The Famous Geologist who discovered Parkinson's disease. *AAPG Explorer*, November, 54-63 <[https://explorer.aapg.org/story/articleid/67951/the-famous-geologist-who-discovered-parkinsons-disease?utm\\_medium=website&utm\\_source=2](https://explorer.aapg.org/story/articleid/67951/the-famous-geologist-who-discovered-parkinsons-disease?utm_medium=website&utm_source=2)>
- DRAGE, H. 2017. James Parkinson: A legacy to medicine and more. *The Paleontology Newsletter*. 95, 94-95. <<https://www.palass.org/publications/newsletter/legends-rock/legends-rock-james-parkinson-legacy-medicine-and-more>>
- GARDNER-THORPE C. 2010. James Parkinson (1755-1824). *J. Neurol.* 257:492-4933. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00415-009-5440-8>>
- LEES, A., EYRE, P. and BROWN, P. 2018. The true face of James Parkinson. *The Lancet - Neurology*. 17(6), p. 507. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29724594/>>
- LEWIS, P. 2012. James Parkinson: The man behind the shaking palsy. *Journal of Parkinson's Disease*, 2: 181-187. <<https://content.iospress.com/download/journal-of-parkinsons-disease/jpd012108?id=journal-of-parkinsons-disease%2Fjpd012108>>
- LEWIS, C. 2017. *The Enlightened Mr. Parkinson: The Pioneering Life of a Forgotten Surgeon*. Pegasus, London, 336 p.
- MANTELL, G. 1850. *Pictorial Atlas of Fossil Remains, consisting of coloured Illustration selected from Parkinson's "Organic Remains of Former World" and Arti's "Antediluvian Phytology"*. London: Bohn, 368 p. <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/97662#page/9/mode/1up>>
- PARENT, A. 2018. A Tribute to James Parkinson. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*. 45:83-89. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29334043/>>
- PARKINSON, J. 1804. *Preface to Organic Remains of a Former World. An examination of the mineralised remains of the vegetables and animals of the antediluvian world, generally termed extraneous fossils*, Vol. 1. Printed by C. Whittingham, Dean Street, and published by J. Robson, New Bond Street, London. P. 508. <<https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/30613>>
- PARKINSON, J. 1808. *Organic Remains of a Former World. An examination of the mineralised remains of the vegetables and animals of the antediluvian world, generally termed extraneous fossils*, Vol. 2. Printed by C. Whittingham, Dean Street, and published by J. Robson, New Bond Street, London. p. 382. <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/74347#page/9/mode/1up>>
- PARKINSON, J. 1811a. *Organic Remains of a Former World. An examination of the mineralised remains of the vegetables and animals of the antediluvian world, generally termed extraneous fossils*, Vol. 3. Printed by C. Whittingham, Dean Street, and published by J. Robson, New Bond Street, London. p. 464. <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/74348#page/11/mode/1up>>
- PARKINSON, J. 1811b. Observations on some of the strata in the neighbourhood of London, and on the Fossil Remains contained in them. *Transactions of the Geological Society*, 1:324-54. Printed for the Society by William Phillips, George-yard, Lombard-Street, London.
- PARKINSON, J. 1822. *Outlines of Oryctology. An introduction to the study of fossil organic remains; especially of those found in the British strata: intended to aid the student in his enquiries respecting the nature of fossils and their connection with the formation of the Earth*. Printed for the author; and sold by Sherwood, Neely, and Jones, Paternoster Row; and W. Phillips, George Yard, Lombard Street, London. p. 334. <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/51312#page/9/mode/1up>>
- ROWNTREE, L. G. 1912. James Parkinson. *Johns Hopkins Hospital Bulletin*. 23:33-45.
- SADURNI, J. (11 de abril del 2024). James Parkinson, el médico que describió los síntomas de la enfermedad de los temblores. Rastreador <[https://historia.nationalgeographic.com.es/a/james-parkinson-el-medico-que-describio-los-sintomas-de-la-enfermedad-que-lleva-su-nombre\\_17856](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/james-parkinson-el-medico-que-describio-los-sintomas-de-la-enfermedad-que-lleva-su-nombre_17856)>
- YORK, G. K. 2017. The history of James Parkinson and his disease. *Journal of Neurological Sciences*. 381(35): 36-42. <[https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X\(17\)30644-5/abstract](https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X(17)30644-5/abstract)>

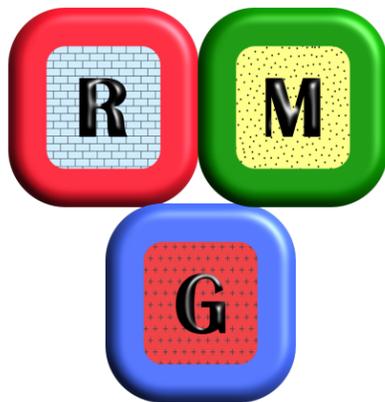


jcasas@geologist.com

**Jhonny E. Casas** es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 37 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 56 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, Explorer 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 petrolera en la revista 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 (2003-2024), 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).



**No existe el fracaso, salvo cuando dejamos de esforzarnos.**

**Jean Paul Marat**

## MELANGES Y MEGAMELANGES EN LA GEOLOGÍA DE CUBA

**Humberto Álvarez-Sánchez.**

**Colaborador de la Revista**

Miramar Mining Corp. República de Panamá.

*A la memoria de Edward Greenly a los 102 años de la publicación de The Geology of Anglesey en 1919 y al cumplirse 70 años de su deceso.*



Edgard Greenly por Gertrude Mary Coventry. Óleo sobre lienzo.

### Resumen

El texto aborda la problemática del uso de los términos "mélange" y "olistostroma" en la geología de Cuba. Estos términos se introdujeron para describir estructuras geológicas complejas y caóticas, abundantes en el territorio cubano. Sin embargo, su aplicación indiscriminada y sin una definición clara generó confusiones y dificultó la comunicación científica. Los autores citados en el texto (Gansser, Bailey, McCallien,

Flores, Hsü, Abbate, Hoedemaeker, entre otros) fueron pioneros en el uso de estos términos y su influencia se extendió a estudios geológicos realizados en Cuba. No obstante, la falta de rigor en su definición y aplicación llevó a una proliferación de interpretaciones discutibles y, en ciertos casos erróneas y a la necesidad de realizar estudios más detallados para aclarar su significado. El texto enfatiza la importancia de utilizar en la ciencia una terminología precisa y compartida por todos los investigadores, especialmente en campos tan complejos como la geología. En el caso del término "megamelange", se insiste en la necesidad de analizar su origen, su primera aplicación en estudios cubanos y las consecuencias derivadas de su uso, particularmente en regiones geológicamente complejas como el Macizo Metamórfico Escambray. En resumen, se realiza la crítica del uso indiscriminado de términos técnicos en geología y se aboga por una mayor precisión y rigor en la definición y aplicación de conceptos como "mélange" y "olistostroma".

Palabras clave: Origen y aplicación del término "megamelange en la geología de Cuba.

### Abstract

The text deals with the problematic use of the terms 'melange' and 'olistostroma' in the geology of Cuba. These terms were introduced to describe complex and chaotic geological structures, abundant in Cuban territory. However, their indiscriminate application without a clear definition generated confusion and hindered scientific communication. The authors cited in the text (Gansser, Bailey, McCallien, Flores, Hsü, Abbate, Hoedemaeker, among others) were pioneers in the use of these terms and their influence extended to geological studies carried out in Cuba. However, the lack of rigour in their definition and application led to a proliferation of debatable and, in some cases, erroneous interpretations and the need for more detailed studies to clarify their meaning. The text emphasises the importance of using precise terminology in science that is shared by all researchers, especially in fields as complex as geology. In the case of the term 'megamelange', it insists on the need to analyse its origin, its first application in Cuban studies and the consequences derived from its use, particularly in geologically complex regions such as the Escambray Metamorphic Massif. In summary, a critique is made of the indiscriminate use of technical terms in geology and a plea is made for greater precision and rigour in the definition and application of concepts such as 'melange' and 'olistostroma'.

Keywords: Origin and application of the term 'megamelange in the geology of Cuba.

**A petición de los lectores de la Revista Maya de Geociencias, re-publicamos este artículo de nuevo.**

**Introducción.**

La introducción de los términos melange y olistostroma en Cuba era indispensable en virtud de la abundancia de cuerpos geológicos de estructura desordenada en localizaciones geográficas numerosas y ambientes geológicos diversos; característica atractiva para los estudiosos de tales fenómenos. Y como era de esperarse; de la mano de Gansser, 1974; Bailey and McCallien, 1950, 1953; Flores, 1955, 59; Hsü, 1968; Abbate *et al.*, 1970; Hoedemaeker, 1973 y bajo su influencia, se aplicaron sus conceptos en algunos trabajos regionales por geólogos cubanos (Álvarez-Sánchez, 1975; Cobiella, 1978); o extranjeros (Pszczółkowski, *et al.*, 1975; Kuznetsov, en Konev y Segura Soto, 1979; Piotrowska, 1978; Pszczółkowski y Flores, 1986; Brezsniansky y Jenó, 1992). Sin embargo, emplear términos en la literatura científica sin definir su significado y los límites de su aplicación, es frecuente causa de confusiones y errores de interpretación. Enclaustrados en la literatura suelen citarse y reproducirse sin discusión, y, a veces se necesitan años de impugnaciones y hasta trabajos de terreno para desterrarlos. Cuanto más complicados son los fenómenos geológicos, tanto más es preciso afinar los términos apropiados para su descripción y así satisfacer la necesidad de hacerlos uniformes y comprensibles al público científico a través de propiedades inherentes a la ciencia, tales como la precisión, la neutralidad, la objetividad y la concisión (Santamaría Pérez, 2009).

Aunque la geología es una ciencia destacada por los neologismos; cuando no están justificados, evitarlos es indispensable. Con ese propósito, es conveniente realizar una breve discusión crítica del origen y significado del término megamelange en Cuba; ¿cuando surge? ¿en cuales trabajos se aplicó primero? y las consecuencias derivadas de su empleo; en particular, en el Macizo Metamórfico Escambray de Cuba central; región de la mayor complejidad geológica de toda la cuenca del Caribe.

**Origen del término melange.**

El término melange se inicia en la geología en la obra de Edward Greenly *The Geology of Anglesey* (1919). Greenly describió mezclas heterogéneas de bloques embebidos en una matriz y creó nuevos términos como *Autoclastic Mélange*, *Gwna Mélange*, *Autoclastic Phyllite-and-Grit Mélange*, que aún suenan familiares a pesar del siglo cumplido desde su formulación y, aunque parte de sus

conclusiones fueron superadas, su obra permanece como ejemplo de consagración y perspicacia científica. La amplia difusión actual del término es opinión que partió del trabajo de K. J. Hsü (1968) en los melanges franciscanos de California, dedicado a definir las reglas para su cartografía y distinción de las olistostromas. A continuación la revisión del concepto persiste por varios autores (Şengör, 2003; Festa *et al.*, 2010; Festa *et al.*, 2012; Wakabayashi, 2008). Medley y Zekkos, 2011 y Wakabayashi y Dilek, 2013; discutieron la complejidad estructural de los melanges en los problemas de la ingeniería. Festa *et al.*, 2010, publicó un excelente y completo estudio de los melanges con nuevos criterios de clasificación. Hoy día la palabra melange cuenta con su propia Torre de Babel geológica, aún no depurada de una sinonimia fatigosa.

Desde la conferencia de Penrose sobre melanges (1978), Silver y Beutner (1980) proponen usar el término solo de manera descriptiva, escoltado por adjetivos que denoten los procesos de formación. Con algo de mayor alcance Swarbrick y Naylor (1980) proponen utilizar la palabra "melange" de forma emergente o provisional mientras no se encuentra un término mejor. Como quiera que melange ya carece de los atributos que le fueron asociados durante muchos años y hace ya tiempo que perdió cualquier significado genético o dimensional; una brecha tectónica, una olistostroma, un cuerpo diapírico, deformados en combinación con recristalización metamórfica, metasomatosis intensa y ciertos tipos de control geotectónico, pueden ser llamados un "mélange"; sin una significación mayor que la de una palabra confortable.

**Una breve incursión en la geografía del término megamelange**

El prefijo mega es común en geología. En la descripción de objetos geológicos, algunos escritores enfatizan las dimensiones con el afijo y la gramática tolera ciertos términos en la formación de los sustantivos en concesión a la parquedad y economía. Hay muchos ejemplos: Mega-fault breccia (Şengör and Sakln, 2001). Megathrust (Wakabayashi and Dilek, 2013). Megablocks (Dilek *et al.*, 2012). Megabrechas (Festa *et al.*, 2012). En Cuba tenemos: Megacapa (Pszczółkowski, 1986).

Sería bueno conocer, en beneficio de la terminología científica, las razones que determinan y justifican el paso de melange a "mega-melange", ya que no se encuentra una definición de la palabra megamelange ni si posee un creador.

Uso sin definición previa, se reitera en trabajos sobre las grandes cordilleras de Asia Central. En el Tien Shan se describe el mega-mélange Kokshal de 20 x120 km, con "megaclastos" hasta 15-20 km; formado por un collage de 5 complejos; como parte de la sutura Laurasia-Gondwana (Solomovich y Trifonov, 2014) (Dobretsov y Buslov, 2004; Mikhno *et al.*, 2014; Schrtl, 2015). En el Karakórum entre India y Pakistan; en el macizo caledoniano de Borus al W de los Sayanes; en Chagan-Uzun del Altai; se describen unidades llamadas megamelanges (Coward *et al.*, 1982; Theunissen *et al.*, 2001; Wenjiao Xiao *et al.*, 2001).

¿Será Asia donde se origina el término? No siempre "megamelange" aparece en Asia. Se describen amalgamas denominadas "collages", con melanges en su interior (v. Buckman y Aitchinson, 2004). Williams and Stevens (1974) describen en Terranova el Milan Arm Melange como un megamelange con enormes bloques volcánicos. Wallace (1984) en EEUU refiere un megamelange en la sutura Nevada-Oregon, formado por restos de estructuras heterogéneas.

Pero, al leer estos trabajos y otros que se omiten por evitar redundancia; no encontré la razón de la exaltación de estos mélanges, desde su inicial condición hasta su promoción en la escala de tamaños para convertirse en "megas". No obstante, es claro del breve repaso anterior, el empleo de megamelange en la descripción de superunidades en zonas de colisión o de sutura; amalgamadas en collages tectónicos o diapíricos. Superunidades indistintamente formadas por arcos volcánicos, prismas de acreción, microcontinentes melanges ofiolíticos; etc.; o sus restos. Por tanto y, en conclusión: melanges.

Sin acotación precisa y definición clara en la palabra megamelange se aprecia su sentido confuso. No circunscribe categoría genética alguna, ni refiere un concepto dimensional, ni define un significado científico específico de uso general, más allá del alcance del termino primario: melange. Tampoco parece obedecer a reglas llamar a un melange megamelange por su extensión geográfica, hecho que al fin depende del afloramiento, o dimensiones de los bloques; lo que parece esforzarse en sugerir la palabra. El Melange Franciscano de California, con enormes bloques, parece no calificar para merecer esta distinción en ningún trabajo que he visto. Ni el Melange de Puerto Nuevo en la península Vizcaíno (Moore, 1986). Tampoco el Melange Lichi de la Cordillera

de la Costa de Taiwán (Chung-Pai *et al.*, 2000), en la falla entreplacas de Eurasia y Las Filipinas, compuesto de bloques kilométricos en una matriz arcillo-escamosa.

Evidentemente en un melange sus características, no dependen de teorías o leyes geológicas o lógicas. Es por tal causa que suele llamárseles complejos caóticos. Caos es la palabra que pone de acuerdo al 100% de los geólogos. Aceptada tal premisa prácticamente por todos ¿se aplican los términos alternativamente a lo relacionado con las dimensiones de los bloques, composición de la matriz, contexto geotectónico; o a su extensión geográfica? Sin una justificación clara y explícita de las razones de su empleo; megamelange es, o una etimología redundante o un ejercicio terminológico con algo de libertinaje.

**Impacto en la ingeniería.**

Abusar de la terminología puede que no tenga mas graves consecuencias que una polémica de gabinete o un fuego cruzado, entre académicos y teóricos de diversas parroquias en revistas geológicas. Al fin, un incidente mas de la frontera entre ciencia y especulación. Sin embargo, existe un mundo real donde es general la firme y generalizada creencia de que la geología debe servir para resolver problemas prácticos y satisfacer necesidades humanas.

Como sentencian Medley y Zekkos (2011) "*Aunque los melanges son emocionantes, desconcertantes y controvertidos para los geólogos, son los geopracticos y contratistas quienes deben trabajar con ellos para diseñar las obras construidas por la sociedad*".

Un ejemplo de las consecuencias en el mundo real se puede apreciar en las diferencias entre la cartografía geológica regional, destinada a la confección de mapas geológicos y el tratamiento de los melanges en la ingeniería, respecto al tamaño y condiciones mecánicas de los bloques del melange, entre otros numerosos parámetros (Figura 1), esencialmente importantes durante la construcción.

¿Cuáles serían los criterios aplicables para la distinción entre melange y megamelange en la practica humana y los posibles beneficios? Lo cierto es que, a pesar de la falta de criterios y definiciones; las quejas de los ingenieros y las discusiones académicas y hasta filosóficas; hasta hoy no se consigue descalificar las descripciones superdetalladas, conclusiones genéticas, clasificaciones precisas y aún aproximaciones cuantitativas cercanas a la estadística que

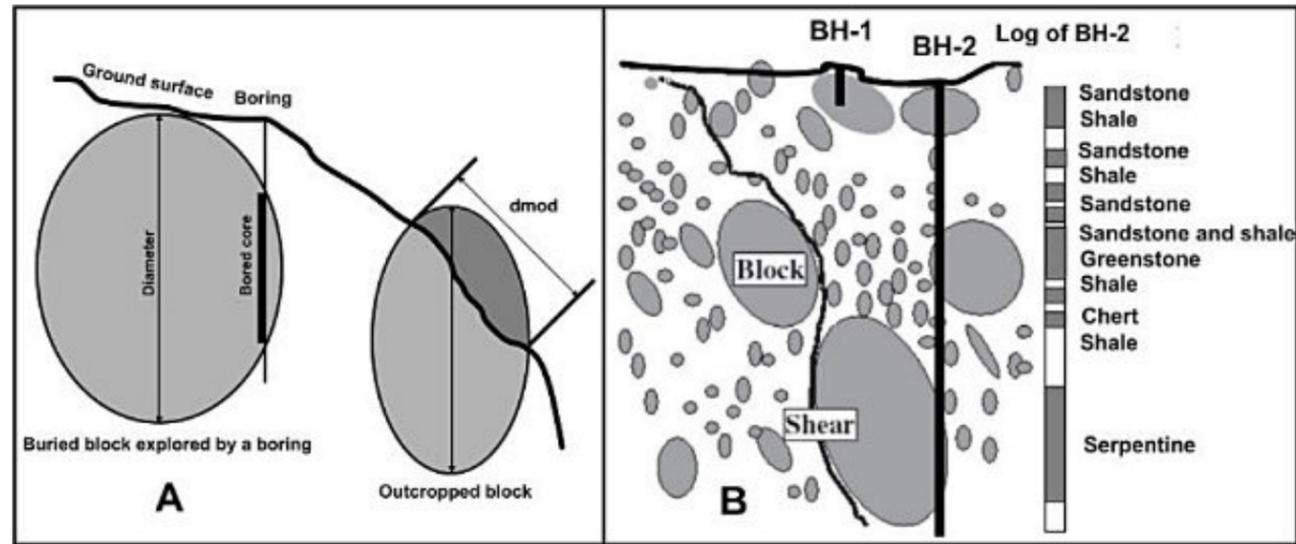


Figura 1. A- En un afloramiento, un bloque tiene un tamaño aparente  $d_{mod}$ , la dimensión máxima observada. En una perforación, el tamaño del bloque está aparentemente indicado por la línea recta que une los extremos de un arco. La longitud de la intersección entre la perforación y un bloque. Sin embargo, solo en raras ocasiones un  $d_{mod}$  o una línea que une los extremos son equivalentes al "diámetro" real o dimensión máxima de un bloque. (Según Medley (2002)). B- Las intersecciones en núcleos rara vez indican tamaños de bloque verdaderos, o formas, orientaciones o distribuciones. Notar que las cizallas en la matriz se configuran tortuosamente alrededor de los bloques. La secuencia de arenisca-esquisto en el núcleo no son "esquistos y areniscas intercalados". La yuxtaposición improbable de rocas (por ejemplo, esquistos verdes y lutitas) sugieren fuertemente un melange. (Según Medley, 1994. Figuras 6 y 7, en Medley y Zekkos, 2011).

lleen la literatura. Algo que parece inevitable y corresponde con la naturaleza de ciertos capítulos de la geología en su estado actual, que todos tenemos la tendencia de tolerar, sin que podamos establecer fronteras entre la especulación disciplinada y honesta y el disparate.

Al tomar en cuenta factores como el afloramiento, el relieve, la vegetación, la red fluvial y la meteorización; la realidad económica de la cartografía en áreas grandes; hace insostenible obtener valores precisos, estadísticamente ordenados por clases, de las dimensiones de bloques bajo la superficie, su densidad respecto a la matriz y la frecuencia de los cambios de composición de los bloques. Puestos los geólogos ante la necesidad de recursos técnicos resolutivos, de los que nunca se dispone o que nunca se completan y la alternativa de cometer un error, consciente pero aproximativo; se acepta la probabilidad del error. Tal selección suele motivarse generalmente por la esperanza optimista de que el progreso solucionará por sí mismo los problemas y el futuro se encargará de justificar el riesgo asumido.

#### Megamelange en Cuba oriental.

Extensos afloramientos del Cinturón Ofiolítico de Cuba se encuentran en el extremo oriental de la Isla, en las regiones de las Sierras de Nipe, Cristal y Purial; extendidos a lo largo de 180 km con un ancho de 30 km (Knipper y Cabrera, 1974). Varios estudios en el terreno caracterizan esta región (Knipper y Puig, 1967; Nagy *et al.*, 1976; Brezsnyszky y Jenó, 1992). Un lugar notable ocupa el trabajo realizado por Myron T. Kozary (1968). Kozary sostuvo una interpretación conservadora de la estructura tectónica, pero se le deben valiosas observaciones sobre las variedades heterogéneas de las rocas ultramáficas y los mecanismos de emplazamiento, entre ellos el diapirismo en frío de las serpentinitas, las variedades sedimentarias y las distinciones entre tectonitas. Kozary no empleó el término melange sino que lo rechazó, aunque sus mapas y perfiles pudieron animarlo perfectamente a emplearlo. En el excelente trabajo de Knipper y Puig (1967) se discute ampliamente la interpretación del emplazamiento frío de las serpentinitas bajo el nombre de protrusiones, con numerosos reconocimientos a la obra de Kozary y unos años después Knipper y Cabrera (1974) introdujeron el término precursor "brecha tectónica gigante". Es en el

informe de Pentelenyi *et al.*, 1988 donde surge el término mega-melange. Según nuestras fuentes, es la región donde primero aparece el término en Cuba, aplicado a las ofiolitas tectonizadas de la Zona Auras de la región de Holguín. Algo más tarde Brezsnyszky y Jenó (1992) introducen una terminología basada en el tamaño de los bloques inmersos en el melange (Tabla I), el grado de tectonización y la composición de la matriz. De este modo dividen el melange en tres clases; cada uno de ellos con diferente grado de participación, en tres mantos principales de corrimiento superpuestos.

De acuerdo a lo ya dicho; tal estadística podría aproximarse a la realidad mediante la aplicación de ingentes medios técnicos y geofísicos; en tal grado de densidad y detalle que desde el punto de vista económico, serían inusitados y hasta prácticamente imposibles en la cartografía geológica a escalas medias, incluso en las detalladas. Tales dispendios solo se ven en la exploración de minerales valiosos y en complicadas obras de ingeniería. Las divisiones de elementos constituyentes, agrupadas en clases (mezclas ofiolíticas puras, olistostromas deformadas y wildflysch); son entonces solo estimaciones descriptivas

Clases del megamelange	Dimensiones de los bloques
Macromelange	El tamaño de los bloques entre 2-10 km de extensión
Mesomelange	El tamaño de los bloques entre cientos de metros hasta 1.2 km
Micromelange	El tamaño de los bloques no sobrepasa 200 m.

Tabla I. Formaciones tectogenéticas de la Zona Auras, según Brezsnyszky y Jenó, 1992.

de valor general, en la misma región y no conceptos definidos por su valor para ser aplicables fuera de la región. Esta es una razón más de la vanidad del término megamelange.

Sin restar mérito al producto de un trabajo serio y científicamente honesto; en mi opinión se trata de un recurso, cuya utilidad facilitaba a los autores exponer los datos, respecto a como dichos datos son interpretados por ellos. Esto sin excluir de que se trate de un intento, explícito o no, de crear una definición general que finalmente no se concretó. De lo que no cabe duda es que el factor principal en la decisión de introducir el término megamelange, fue determinado por la categoría subjetiva de tamaños y el interés de que este factor fuera la premisa de la justificación del término.

#### ¿Mega-mélange en el Macizo Metamórfico Escambray de Cuba central?

La Expedición checoslovaco-cubana Escambray I (Stanik *et al.*, 1981) introdujo en el Escambray el concepto de melange. Diferenciaron un melange de matriz serpentinitica, con bloques de esquistos cristalinos y el "manto de cabalgamiento superior", interpretado como un melange de escamas meta-terígeno-calcáreas jurásicas de alta presión; gravitando sobre las unidades menos metamórficas subyacentes y limitado en su base por el melange serpentinitico. Sin objetar el concepto, en esencia correcto, de manto superior del Escambray; la supuesta estructura de melange no obtuvo suficientes

pruebas durante Escambray I y pasó a formar parte de los problemas de la expedición Escambray II de 1981-86 [Dublan y Álvarez-Sánchez (edit.) *et al.*, 1986].

Con el fin de ganar claridad en el problema, a pesar de haberse cumplido la cartografía de la región norte de la Cúpula de Trinidad a escala 1:50,000, se realizó una re-ambulacion detallada en 1983 y en 1984, Millán y Álvarez-Sánchez realizaron una revisión adicional de la totalidad de dicha región.

Durante 1991-92, Millán y Álvarez-Sánchez (1992, *ined.*), cartografiaron unos 700 km<sup>2</sup> de la esquina SW de la Cúpula de Trinidad; con su borde W y S ocupado por la unidad llamada por Stanik *et al.*, 1981 "el manto de cabalgamiento superior", equivalente en parte de la región norte de la Cúpula de Trinidad. Como resultado, confirmamos la continuidad de la composición del manto tectónico superior; compuesto por las Formaciones Loma La Gloria (metaterrígena) y Cobrito (calcárea) del Jurásico Inferior al Cretácico Inferior; en cuya sección en esencia participan metabasitas eglogíticas y otras metavulcanitas nativas, esquistos poliminerales Algarrobo y otros esquistos cristalinos también nativos. Un complejo estratigráfico constante y estable, para ambas cúpulas metamórficas del macizo Escambray, llamado Nappe de tipo Monforte (Álvarez-Sánchez, en Millán y Álvarez-Sánchez, 1992), nombre derivado del Klippe Monforte (v *et.* Millán, 1997, Figura 2). Por añadidura, una buena oportunidad para recordar, en justicia, que "Klippe Monforte" es un

rebautizo de "Lomas de San Juan" de Stanik *et al.*, 1981; interpretada por la Expedición Escambray I como un klippe, "formado por una placa de mármoles de la f. San Juan casi completamente rodeada por la f. Yaguanabo más joven que aflora en un nivel debajo de los mármoles" (Epígrafe 2.1.1.4. El problema de la estratigrafía invertida. Stanik *et al.*, 1981).

La síntesis de estas investigaciones sobre el terreno, unidas con los resultados de las campañas de cartografía de las dos cúpulas metamórficas, durante más de 20 años [Millán, 1978; Millán y Myczynski, 1978; Millán y Somin, 1981; Millán y Somin 1985a y 1985b; Dublan y Álvarez-

Sánchez *et al.*, 1986; Millán Trujillo, 1990; Millán y Álvarez Sánchez, 1992; Millán, 1997]; no confirmaron la interpretación de que la unidad tectónica superior, con su corte estratigráfico estable, efectivamente descansando sobre el resto de todas las unidades del Escambray, pudiera denominarse "un melange".

Poco antes del inicio del 2000; comienzan a publicarse trabajos sobre el Escambray por un grupo de académicos, quienes prestan especial atención a la petrología metamórfica y, de paso, a la cuestión de los melanges. El primero de estos trabajos, me conduce directamente a la cuestión principal del presente artículo y se debe a K. P. Stanek (Stanek, 1998, *n. v.*); quien introduce una división

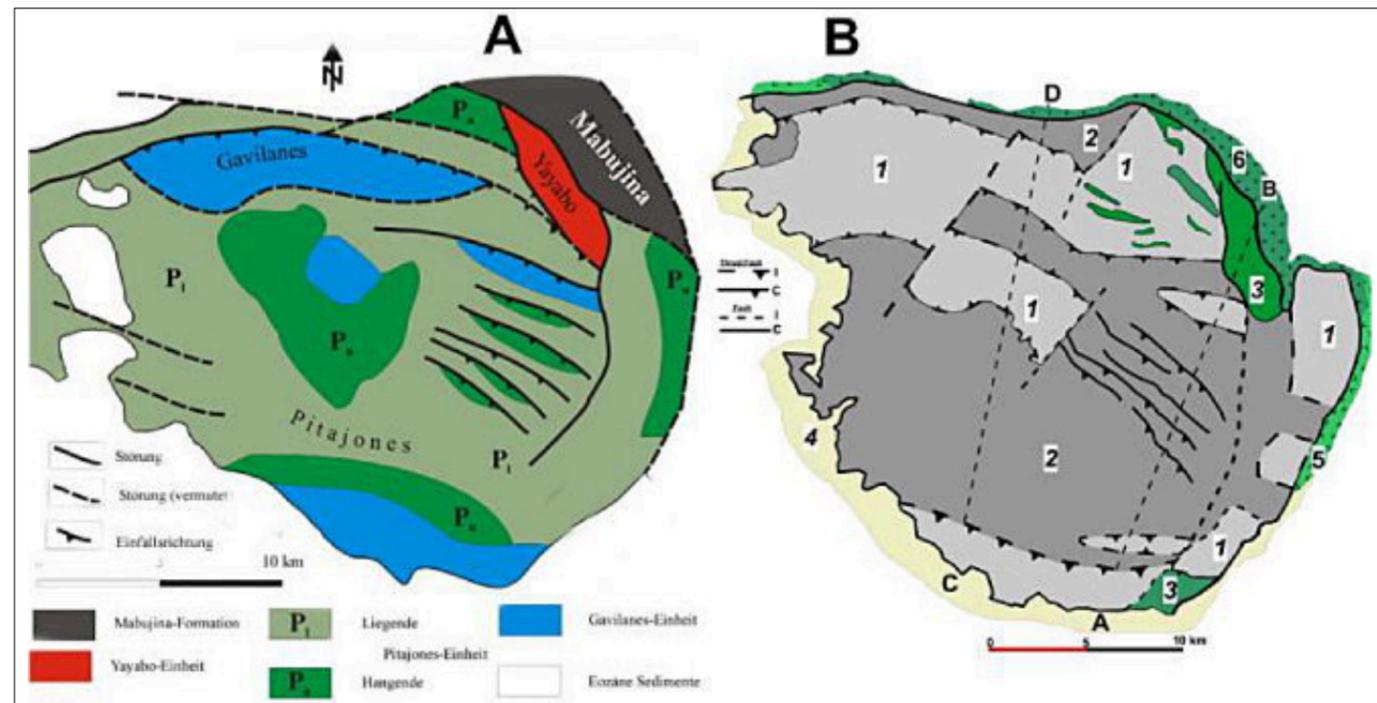


Figura 2. A: Mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus según Stanek, 1998. Negro: Formación Mabujina. Rojo: Unidad Yayabo. Azul: Unidad Gavilanes. Verdes: Unidad Pitajones. P<sub>v</sub>: Colgante. P<sub>1</sub>: Yacente. Blanco: Sedimentos eocenos. Störung: Falla. Störung vermuten: Falla supuesta. Einfallrichtung: Dirección del buzamiento. (tomado de la Figura 1.4 de Grevel, 2000). B: Mantos tectónicos de la Cúpula de Sancti Spiritus en otra versión de Stanek *et al.*, 2006, 8 años después. 1. Unidad Gavilanes. 2. Unidad Pitajones. 3. Unidad Yayabo. 4. Sedimentos del Cretácico tardío-Mioceno. 5. Arco de Islas Cretácico. 6. Unidad Mabujina (Simplificado de la Figura 4 de Stanek *et al.*, 2006).

de mantos tectónicos en la Cúpula de Sancti Spiritus (oriental) (Figura 2) y parece ser el primero de este grupo en retomar el termino "melange" para las unidades de la coraza superior de mayor grado metamórfico de presión. En efecto. En Grevel (2000, pag. 6) se hace claro en una cita de comunicación personal de Stanek: "Las zonas colgantes de la unidad de Pitajones se intercalan con la

unidad de Gavilanes, que es una zona de melange tectónica. En un basamento de esquistos de cuarzo y mica carbonatada, facies de eclogita y esquistos azules, aparecen serpentinitas, esquistos de talco y esquistos de mica granate como cuerpos tectónicamente limitados. Este melange tiene una anchura de unos 3 km (Fig. 1.4).....(Stanek, com. pers.)".

El volumen y tema del presente artículo no permiten una discusión detallada de las tesis de Stanek *et al.*, 2006 (ver Álvarez-Sánchez y Bernal, 2008); pero unas observaciones sucintas son posibles: Stanek (2006), aún a pesar de su aparente neutralidad con sus numerosas menciones contextuales de nombres de formaciones; descartó la sucesión litoestratigráfica del Escambray (Millán y Somin, 1981; Millán y Somin, 1985ab) como base de su construcción de nappes, bajo pretextos formalistas. Omitieron la presencia de varias formaciones cretácicas del Grupo La Sierrita (Los Cedros, Yaguanabo y La Sabina) (Álvarez-Sánchez y Millán, 1992 y en Huelves Alonso, 2013) afloradas dentro de los límites de una ventana tectónica delimitada en la culminación del centro de la Cúpula de Sancti Spiritus (Figura 3).

En consecuencia demarcaron una extensión irreal de los nappes Pitajones y Gavilanes en una imagen incoherente dentro de unos límites que carecen de realidad física en esta región. Mezclaron las unidades 3 y 4 de Millán (1997) en la unidad Gavilanes y así se vieron precisados a establecer límites por fallas inexistentes de sus contactos naturales y crearon una mezcla de los melanges de serpentinitas con bloques de eclogitas, con otras unidades

de eclogitas nativas derivadas de metabasitas autóctonas, sumadas a serpentinitas sin bloques cristalinos, existentes en el Escambray. De manera que como, resultado de lo anterior el nappe Pitajones resulta ser mucho más próximo a un melange que el nappe Gavilanes; resultado del cual Stanek probablemente ni se percató. Como epílogo, la idea de que la llamada Unidad Gavilanes de Stanek *et al.* 2006 consiste de un melange, está tomada al pie de la letra de Stanik *et al.*, 1981 sin que pueda encontrarse el debido reconocimiento a los autores de dicho concepto.

A lo sostenido por Stanek (2006) y también por otros (*e. g.* Hattori y Guillot, 2007; Iturralde-Vinent, 2011, 2012) contribuyen en gran medida varios rasgos notables de la estructura que no son privativos del manto superior. Entre ellos: El mal tratamiento en la literatura de las serpentinitas. denominando a todos sus cuerpos como melanges. En el Escambray existen cuerpos de serpentinas con bloques de esquistos cristalinos; bien caracterizados como el "Melange Los Guapos" (Álvarez Sánchez y Souček, en Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986); con el aspecto de "diapiros" que irrumpen a presión a través del manto superior. Otras son masas de antigorititas que

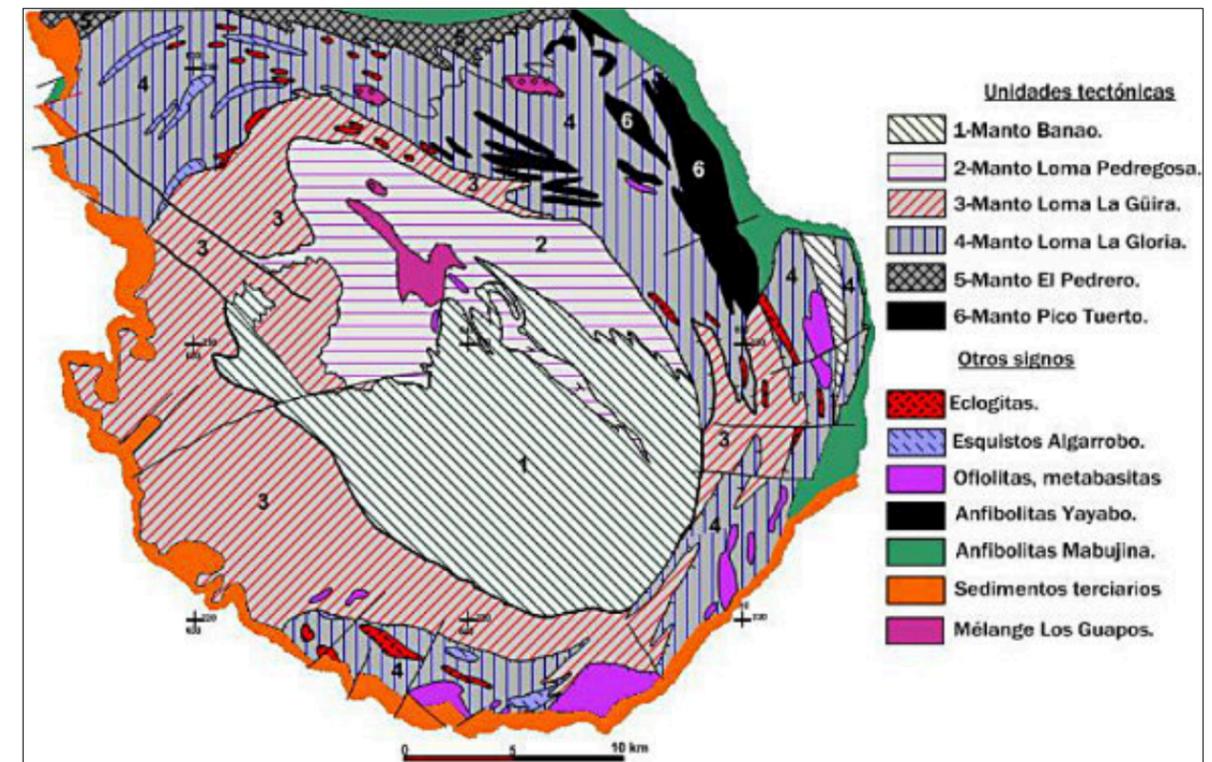


Figura 3. Esquema de los mantos tectónicos principales de la Cúpula de Sancti Spiritus, Macizo Metamórfico Escambray; delimitados sobre la base del Mapa Geológico Oficial 1:100,000 del Instituto de Geología y Paleontología (Según Álvarez-Sánchez y Bernal, 2008).

carecen de bloques de cualquier clase o solo de metasomatitas y yacen en la frontera tectónica de la base del manto superior; como es el cuerpo de Loma de Los Guaos de la Cúpula de Trinidad (Figura 4). Otros cuerpos de serpentinitas solo contienen bloques de metabasitas sin ninguna clase de bloques cristalinos; que son "formaciones rotas" o, inclusive conservando una estratificación magmática ofiolítica primaria. Es decir, tres clases de cuerpos de estructura y composición diferente. A los que

se suman las serpentinitas identificadas por Hill (1959) derivadas de cuerpos de metagabros de composición prácticamente ultrabásica, de posición tectónica equivalente a la de cualquiera de los restantes cuerpos de serpentinita.

En localidades innumerables en ambas cúpulas se producen inyecciones a presión de serpentinitas, fluyendo hacia el interior de fallas y hasta pequeñas grietas de plumaje, entre secciones coherentes de una misma

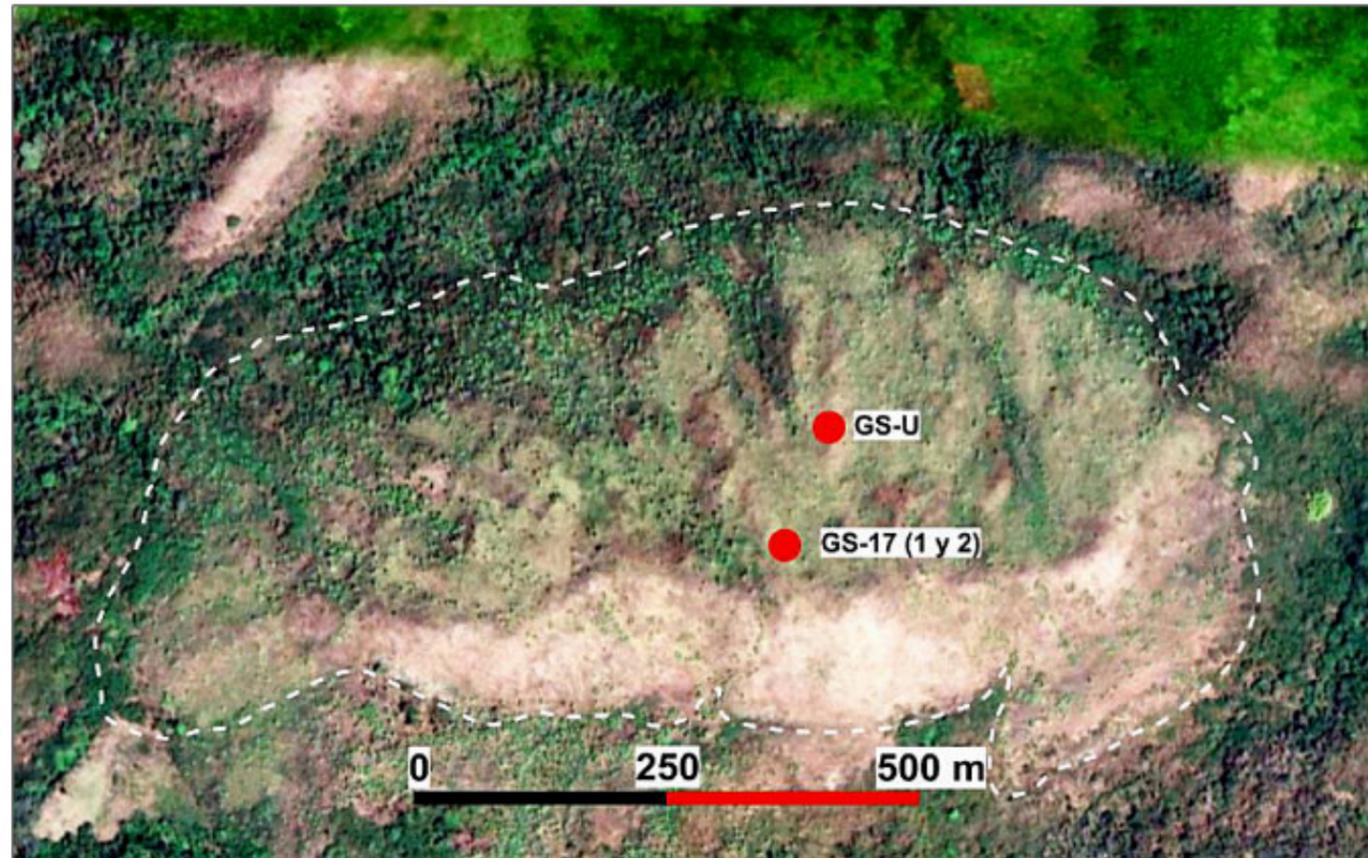


Figura 4. Serpentinitas de Loma de Los Guaos, al NE de la Cúpula de Trinidad, formado por antigorititas masivas, yacentes en la frontera tectónica entre la Unidad 3 de Orden Superior de Millán (1997), o la Unidad Carlota de Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; o el "manto de cabalgamiento superior", de Stanik *et al.*, 1981 y la Unidad 2 de Orden Superior de Millán; o Unidad Tectónica Crucecitas de Dublan y Álvarez-Sánchez *et al.*, 1986; al sur. (Las muestras son de MacDonald, 1977). (Foto de Google Earth).

formación, sin que ello determine alguna pérdida en la continuidad del corte estratigráfico. Esos casos, terminan por convencer a muchos, sin la suficiente experiencia en el Escambray, que se encuentran en presencia de alguna clase de melange.

Campos densos de fallas sintéticas que dan una apariencia "desordenada" a escamas tectónicas de metacarbonatos frágiles en contacto con metaterrígenos dúctiles, en

sectores multiplegados. Los metacarbonatos fragmentados por cizalla; en las condiciones de un mal afloramiento dan el aspecto de falta de continuidad. Pero los cortes profundos de ríos y las perforaciones no confirman que se trate de un melange, sino en todo caso una "formación rota" y solo por sectores. Localidades pueden observarse en la región de La Carlota, en la Cúpula de Trinidad.

Ahora bien. ¿Empleó Stanek el término megamelange? No en Stanek *et al.*, 2006. Pero al parecer sí en Grevel *et al.*, 2006, apenas meses después. En el último trabajo que estuvo a mi disposición (Stanek *et al.*, 2018) se puede encontrar un par de frases bastante confusas. Una donde se llama a la Unidad Gavilanes "una mezcla similar a un melange de rocas sedimentarias e ígneas derivadas de un margen pasivo con láminas exóticas de corteza oceánica y serpentinita". La otra referida a las profundidades de enterramiento "para varias partes de esta megamelange".

En términos de la imprecisión de los conceptos, la tesis sostenida por Stanek y asociados se encuentra en un nivel de posible aceptación, en contraste con los extremos a los que llegan Hattori y Guillot (2007) al caracterizar a la totalidad del Macizo metamórfico Escambray como un melange.

Ningún comentario por mi parte en cuanto a discutir la forma en que escribe cada cual y consigue, enfatizar la intrascendencia de las palabras que utiliza. Mi preocupación por el uso riguroso de los términos es probablemente estéril, ya que en el fondo quizá no tenga importancia alguna el uso de las palabras en geología cuando se usan sin un significado circunscrito y conciso. Y porque no representen algo concreto en términos de la realidad de la estructura o por causa de un acuerdo implícito de no prestar importancia alguna al peso de las palabras. Lo cierto es que desde mi percepción del problema la relación entre ciencia y lenguaje no es posible eliminarla del problema de demarcación entre ciencia y no-ciencia

#### Conclusión final.

¿Qué es al fin un megamelange? En mi indagación sobre el significado de esta palabra en la literatura sobre los melanges y sin ocultar mi desagrado por su futilidad, encuentro su carencia de algún significado científico particular. Me parece un ocioso e innecesario ejercicio semántico en la ciencia geológica cuyo uso depende de preferencias de cada cual. Y lo interpreto como producto del afán, común entre muchos geólogos, de crear neologismos inútiles y la fascinación al utilizar una palabra que pretende definir algo más allá de lo visible; ya sea honestamente o por motivo de sentir una especie de cosquilleo intelectual de novedad.

Identificar y describir una masa desordenada y compuesta de fragmentos heterogéneos como un melange, requiere cautela y gran volumen de información. De forma adicional

es necesario autodisciplina; porque basta con llamar melange o megamelange a un objeto de apariencia geológicamente desordenada cediendo a la tentación y obtener aceptación general del público escaso de práctica y experiencia; ya que la palabra posee un cierto ingrediente cautivador, sugestivo y atrayente en la geología.

Interpretar cuerpos aflorados como melanges, sin serlo, puede causarse por cartografía incompetente, entendimiento erróneo de la tectónica de fractura y estimados erróneos de las relaciones entre cuerpos rocosos. Otra posibilidad, es dar por correctas explicaciones previas (*magister dixit*) sin examen crítico ni conocimiento del terreno. Así que, deslizarse de la necesidad y conveniencia hacia la inutilidad y la confusión, es frecuente. El uso impreciso de conceptos puede transformar las palabras en redundancias sin contenido o en metáforas falsas. Así puede ocurrir con el término megamelange.

No hay como justificar en la ciencia el abuso de términos ambiguos e indefinidos. O la geología acepta los requisitos del lenguaje científico, como ciencia respetable, o no los cumple, en cuyo caso se trata de pseudociencia. La excesiva abundancia de términos inexactos, especulativos, condicionales y supuestos en los escritos geológicos, demuestra la inmadurez de la ciencia sobre ciertos problemas o las insuficiencias de los redactores de las descripciones. Los geólogos son los científicos que más necesitan un manejo riguroso del lenguaje y no existe razón para que tal exigencia no se refleje en la descripción de los fenómenos geológicos.

#### Referencias

- Abbate, E, Bortolotti, V y Passerini, P, 1970, Olistostromes and olistoliths. Sedimentary Geology, Volume 4, Issue 3, p. 521-557.
- Álvarez Sánchez, H., 1975, Estratigrafía de la parte Occidental de la llanura costera y piedemonte de la Provincia de Pinar del Río. Cuba. Arch. Inst. de Hidroec. P. del Río, 49 págs. 17 figs. 1 map. (inédito).
- Álvarez-Sánchez, H. F. y Bernal, L. R., 2008, Dilemas en la litoestratigrafía y el metamorfismo en la tectónica de mantos del Macizo Metamórfico Escambray. En Academia edu. 35 págs. 17 figs.
- Bailey, E. B., and W. J. McCallien, 1950, The Ankara Mélange and the Anatolian Thrust. Nature, volume 166, pages 938-940 (1950).
- Bailey, E. B., and McCallien, W. V., 1953, Serpentine lavas, Ankara Mélange and the Anatolian Thrust. Transactions of the Royal Society Edinburgh, 62, 403-442.
- Breznyanszky, K., y Jenó, B., 1992, El Mélange Ofiolítico de Holguín y sus características estructurales. En Contribución

- a la Geología de Cuba Oriental, IGPACC, La Habana. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. 1992. No. 20.
- Buckman, S., Aitchison, J. C., 2004, Tectonic evolution of Paleozoic terranes in West Junggar, Xinjiang, NW China. In: Malpas, J., Fletcher, C.J., Aitchison, J.C. (Eds.), Aspects of the Tectonic Evolution of China.: Geological Society, Special Publication, London 226, 101-129.
- Cobiella Reguera, J., 1978, Una mélange en Cuba oriental. *La Minería en Cuba*, Vol. 4, No 4, 46-51.
- Coward, M. P., Jan, M. Q., Rex, D., Tarney, J., Thirlwall, M., and Windley, 1982, Geo-tectonic framework of the Himalaya of N Pakistan. *Journal of the Geological Society*, 139, 299-308, 1 May 1982.
- Chang, Chung-Pai; Angelier, J., Huang, Chi-Yue, 2000, Origin and evolution of a mélange: The active plate boundary and suture zone of the Longitudinal Valley, Taiwan. *Tectonophysics* 325 (1) :43-62 · October 2000.
- Dilek, Y., Festa, A., Ogawa, Y., and Pini, G. A., 2012, Chaos and geodynamics: Mélanges, mélangé-forming processes and their significance in the geological record. *Tectonophysics* 568-569, 1-6. *Special Issue*. (in L. Jolivet, M. Liu, F. Storti, H. Thybo and A. Yin).
- Dobretsov, N. L. & Buslov, M. M., 2004, Serpentinitic Mélanges Associated with HP and UHP Rocks in Central Asia. *International Geology Review*. Volume 46, 2004 - Issue 11.
- Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H. (Editores), 1986, Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H. Mlcoch, B.; Mañour, J.; Lledíaz, P.; Molak, B., Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E., Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R., 1986, Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana*. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito).
- Festa, A., Pini, G. A., Dilek, Y., Codegone, G., 2010, Mélanges and mélangé-forming processes: a historical overview and new concepts. *International Geology Review*. Vol. 52, Nos. 10-12, pp 1040-1105.
- Festa, A., Dilek, Y., Pini, G. A., Codegone, G., Ogata, K., 2012, Mechanisms and processes of stratal disruption and mixing in the development of mélanges and broken formations: Redefining and classifying mélanges. *Tectonophysics* (2012), doi:10.1016/j.tecto.2012.05.021.
- Flores, G., 1955, Discussion in Beneo, E (1955): Les resultats des études pour la recherche pétrolifere en Sicily. *Proc. IV World Petroleum Cong. Rome Sec. 1/A& Boll. Soc. Geol. Ital. (1956)*, 78: 1-26 (109-124).
- Flores, G., 1959, Evidence of slump phenomena (olistostrome) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily. *5th World Petroleum Congress, 30 May-5 June, New York, USA (WPC-8013)*. *Proc. Sec. 1., pags. 259-275.*
- Gansser, A., 1974, The ophiolite mélangé: A world-wide problem on Tethyan examples: *Ecolgae Geologicae Helvetiae*, v. 67, p. 479-507.
- Greenly, E., 1919, The Geology of Anglesey. *Memoirs of the Geological Survey. England & Wales. Jan Truscott and Son, Ltd. London*. 444 pp.
- Greenly, E., 1919, The Geology of Anglesey. *Memoir of the Geological Survey of Great Britain, 2 vol. HMSO, London*. 980p.
- Grevel, C., 2000, Druck-und Temperaturentwicklung der metamorphen Deckeneinheiten des Escambray Massives, Kuba (Pressure and temperature history of the metamorphic nappes of the Escambray Massif, Cuba). *Unpublished Dr. rer. nat. Thesis, Ruhr-Universita't Bochum, Germany.*
- Grevel, C., Maresch, W. V., Stanek, K. P., Grafe, F. and Hoernes, S., 2006, Petrology and geodynamic significance of deerite-bearing metaquartzites from the Escambray Massif, Cuba. *Mineralogical Magazine, October 2006, Vol. 70(5), pp. 545-564.*
- Hattori, K. and Guillot, S., 2007, Geochemical character of serpentinites associated with high- to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Alps, Cuba, and the Himalayas: Recycling of elements in subduction zones. *Geophysics, Geosystems*. Volume 8, Number 9. Q09010. ISSN: 1525-2027.
- Hill, Patrick. A., 1959, Geology and structure of the north-west Trinidad Mountains, Las Villas Province, Cuba. *Geol. Soc. Amer. Bull., v. 70, p. 1459-1478. Baltimore.*
- Hoedemaeker, Ph. J., 1973, Olisthostromes and other delapsional deposits and their occurrence in the region of Moratalla (Province of Murcia, Spain). *Scripta Geol., No. 19, 207 págs. Leiden, Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie.*
- Hsü K. J., 1968, Principles of melanges and their bearing on the Franciscan Knoxville Paradox. *Geol. Sec. of Am. Bull. V. 79, pp 1063-1074, 2 figs, 2 pls.*
- Huelves Alonso de, J. et al., 2013, Léxico Estratigráfico de Cuba. Tercera versión. *Inst. de geol. y Paleont. Serv. Geol. de Cuba. La Habana. Cuba. ISBN: 978-959-7117-58-2.*
- Iturralde-Vinent, M. A., (Editor), 2011, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Primera Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
- Iturralde-Vinent, M. A. (Editor), 2012, Compendio de Geología de Cuba y del Caribe. Segunda Edición. DVD-ROM. Editorial CITMATEL, La Habana, Cuba.
- Knipper, A. L., y Puig, M., 1967, Protrusiones de las serpentinitas en el Noroeste de Oriente. *Rev. De Geol. Año I. No. 1. p.182-187.*
- Knipper, A. L. y R. Cabrera, 1974, Tectónica y geología histórica de la zona de articulación entre el miosinclinal y el eugeosinclinal y del cinturón hiperbasico de Cuba. *Contribución a la geología de Cuba. Publicación Especial No. 2, IGP-ACC, pp. 15-77.*
- Konev, P. N. y Segura Soto, R., 1979, Presencia de Olistostromas en la Región Varadero. *La Min. en Cuba. No.4.*
- Kozary, M. T., 1968, Ultramafic rocks in thrust zones of Northwestern Oriente Province Cuba. *AAPG Bull., 52 (12): 2298-2317.*
- Macdonald, G. C., 1977, A re-evaluation of the serpentinites and serpentinitized rocks of the Northwest Trinidad Mountains, Las Villas province, Cuba. *Carleton University. Thesis. Ottawa.*
- Medley, E. W., 1994, The Engineering Characterization of Melanges and Similar Block-in-Matrix Rocks (Bimrocks). *Thesis. Doctor of Philosophy. University of California at Berkeley*. 338 pp.
- Medley, E.W., and Zekkos, D., 2011, Geopractitioner approaches to working with antisocial mélanges, in Wakabayashi, J., and Dilek, Y., eds., Mélanges: Processes of Formation and Societal Significance: Geological Society of America Special Paper 480, p. 261-277, doi:10.1130/2011.2480(13).
- Mikhno, Anastasiya, Gao, Xiao-Ying, Korsakov, Andrey 2014, Sulfide associations in diamond-grade dolomitic marble from the Kokchetav massif (Northern Kazakhstan): Evidence for the sulfide melt presence at the UHP-conditions. 2014 *Convention & 11th International Conference on Gondwana to Asia. IAGR Conference Series No. 20, pp.96-98.*
- Millán, G., 1978, Tectónica y metamorfismo de las secuencias mesozoicas de las montañas del Escambray, Cuba. *Tesis del Instituto de Física de la Tierra. Moscú. 134 pp. (en ruso).*
- Millán, G. y Myczynski, R., 1978, Fauna jurásica y consideraciones sobre la edad de las secuencias metamórficas del Escambray. *Acad., de Ciencias de Cuba. Informe Científico Técnico, 80. Págs. 1-14.*
- Millán, G., y Somin, M. L., 1981, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray. *Editorial Academia. La Habana. 104 páginas.*
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 a, Contribución al conocimiento geológico de las metamorfitas del Escambray y del Purial. *Reporte de Investigación Nº 2. IGP. Academia de Ciencias de Cuba. 74 Pág.*
- Millán, G. y Somin, M. L., 1985 b, Condiciones geológicas de la constitución de la capa granito-metamórfica de la corteza terrestre de Cuba. *Pub. Esp. Inst. de Geol. y Paleont. La Habana. 83 p.*
- Millán Trujillo, G., 1990, Evolución de la estructura del Macizo Metamórfico Escambray, Sur de Cuba central. *En D. K. Larue y G. Draper (eds.): Transactions of the 12th Caribbean Geological Conference. St. Croix, U.S. Virgin Island., Miami Geol. Soc., pp. 82- 94.*
- Millán Trujillo, G., Álvarez-Sánchez, H., 1992, Geología del sector de La Sierrita. Cúpula de Trinidad. Macizo Metamórfico Escambray. *Instit. Geología y Paleontología, La Habana, Empresa de Geología de Santa Clara, Cuba, 40 pp. (unpubl. Report).*
- Millán, G., 1997, Geología del Macizo Metamórfico Escambray. *En G. Furrázola-Bermúdez y K. E. Nuñez Cambra (edits.): Estudios sobre geología de Cuba. Inst. de Geol. y Paleont. Centro Nacional de Información Geológica. La Habana. Pags. 271-288.*
- Moore, T. E., 1986, Petrology and tectonic implication of the blueschist bearing Puerto Nuevo melange complex; Viscaíno Peninsula, Baja California Sur, Mexico. *In Bernard W. Evans and Edwin H. Brown eds. Blueschists and Eclogites. The Geol. Soc. of Am. Memoir 164.*
- Nagy, E., Brezenyansky, K., Brito, A., Coutin, D. P., Formell, F., Franco, G. L., Cyarmati, P., Jakus, P., Radócz, Gy., 1976, Texto Explicativo del mapa geológico de la Provincia de Oriente a escala 1: 250,000 levantado y confeccionado por la Brigada Cubano-Húngara entre 1972 y 1976. *Inédito. Biblioteca IGP. La Habana. Cuba. 788 pp.*
- Pentelenyi, L. y L. E. Garces (redactores), 1988, Informe final sobre los resultados del levantamiento geológico complejo y búsquedas acompañantes a escala 1:50 000 en el Polígono CAME-IV, Holguín, 1983-1988, Manuscrito. IGP. La Habana. Cuba.
- Pszczółkowski, A.; Piotrowska, K.; Myczynski, R.; Piotrowski, J.; Skupinski, A.; Grodzicki, J.; Danilewski, D. y Haczewski, G., 1975, Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río. *Brigada*
- Cubano- Polaca, Inst. Geol. Paleont., Minist. Indust. Bas., La Habana (inédito).*
- Piotrowska, K., 1978, Nappe Structure in the Sierra de Los Órganos, western Cuba. *Acta Geol. Polonica, vol. 28, No 1. p 97-170.*
- Pszczółkowski, A., Flores, R., 1986, Fases tectónicas del Cretácico y del Paleógeno en Cuba occidental y central. *Bulletin of The Polish Acad., of Sciences. Earth Sciences. Vol. 34 No. 1.*
- Pszczółkowski, A., 1986, Megacapas del Maestrichitiano en Cuba occidental y central. *Bulletin of the Polish Acad. of Sciences. Vol. 34, No. 1.*
- Rosental, M. M. y Iudin, P. F., 1961. Diccionario Filosófico. *Acad. Ciencias. Moscú, 1961.*
- Schneider, J., Bosch, D., Monie, P., Guillot, S., García-Casco, A., Lardeaux, J. M., Torres-Roldan, R. L. and Millan Trujillo, G., 2004, Origin and evolution of the Escambray Massif (Central Cuba): an example of HP/LT rocks exhumed during intraoceanic subduction. *J. metamorphic Geol., 2004, 22, 227-247.*
- Schertl Hans-Peter, 2015; Diamonds and the Kokchetav Massif. *Acta Geologica Sinica (English Edition), 89 (supp. 2): 81-83.*
- Sengör, A. M. C and Sakln, M., 2001, Structural rocks: Stratigraphic implications. Paradoxes in Geology. *Ueli Briegel and Wenjiao Xiao, eds.*
- Sengör, A. M. C., 2003, The repeated rediscovery of mélanges and its implication for the possibility and the role of objective evidence in the scientific enterprise, in Dilek, Y., and Newcomb, S., eds., Ophiolite concept and the evolution of geological thought: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 373, p. 385-445. 504 pp.
- Silver, E. A., and Beutner E. C., 1980, Mélanges. *Geology (1980) 8 (1): 32-34.*
- Solomovich, L. and Trifonov, B., 2014, Rapakivi granites within Phanerozoic collisional orogens as a possible consequence of continental subduction and following exhumation of the Precambrian crust: Evidences from the Permian Jangart rapakivi in South Tien Shan collisional belt, Eastern Kyrgyzstan. *Journal of Asian Earth Sciences 96: 332-343 · December 2014.*
- Stanek, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek, J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M., 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito).*
- Stanek, K. P., 1998, Tektonische Entwicklung der nordwestlichen Karibik-Abriß der Geologie von Kuba. *Habilitationsschrift, Freiberg, 145 S.*
- Stanek, K. P., Maresch, W. V., Grafe, F., Grevel, Ch., Baumann, A., 2006, Structure, tectonics and metamorphic development of the Sancti Spiritus dome (Eastern Escambray Massif, Central Cuba). *Geologica Acta. Vol. 4. Nos. 1-2. pp. 151-170.*
- Stanek, K. P., Maresch, W. V., Scherer, E., Krebs, M., 2018, Born in the Pacific and raised in the Caribbean: construction of the Escambray nappe stack, central Cuba. A Review. *European Journal of Mineralogy · July 2018.*

Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek, J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M., 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito).

Stanek, K. P., 1998, Tektonische Entwicklung der nordwestlichen Karibik-Abriß der Geologie von Kuba. Habilitationsschrift, Freiberg, 145 S.

Stanek, K. P., Maresch, W. V., Grafe, F., Grevel, Ch., Baumann, A., 2006, Structure, tectonics and metamorphic development of the Sancti Spiritus dome (Eastern Escambray Massif, Central Cuba). Geologica Acta. Vol. 4. Nos. 1-2. pp. 151-170.

Stanek, K. P., Maresch, W. V., Scherer, E., Krebs, M., 2018, Born in the Pacific and raised in the Caribbean: construction of the Escambray nappe stack, central Cuba. A Review. European Journal of Mineralogy · July 2018.

Swarbrick, R. E. and Naylor, M. A., 1980, The Katikas mélangé, SW Cyprus. Sedimentology. Vol. 27. Nº. 1.

Theunissen, K., Dobretsov, N. L., Korsakov, A., Travin, A., Shatsky, V., Smirnova, L., Boven, 2001, Two contrasting

petrotectonic domains in the Kokchetav megamélange (north Kazakhstan): Difference in exhumation mechanisms of ultrahigh-pressure crustal rocks, or a result of subsequent deformation? Island Arc 9 (3) : 284-303 · December 2001.

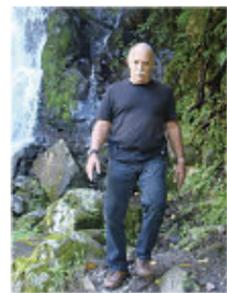
Wakabayashi, J., 2008, Franciscan Complex, California: Problems in recognition of mélanges, and the gap between research knowledge and professional practice. ARMA 08-357.

Wakabayashi, J. and Dilek, Y., 2013, Introduction: Characteristics and tectonic settings of mélanges, and their significance for societal and engineering problems. Geological Society of America Special Papers 2011;480;v-x doi: 10.1130/2011.2480(00).

Wallace R., 1984, Faulting Related to the 1915 Earthquakes in Pleasant Valley, Nevada. U. S. Geol. Survey. Professional Paper 1274-A, B.

Wenjiao Xiao, Shu Sun, Jiliang Li and Haihong Chen, 2001, Early Mesozoic collapse of the Late Paleozoic archipelago in south China. Paradoxes in Geology, Ueli Briegel and Wenjiao Xiao, eds. 9 2001 Elsevier Science B.V.

Williams, H., and Stevens, R. K., 1974, The Ancient Continental Margin of Eastern North America. En Burk, C.A. and Drake, Ch. L., (editors), 1974, The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, New York.



**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 checoeslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato

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

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

# 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.**

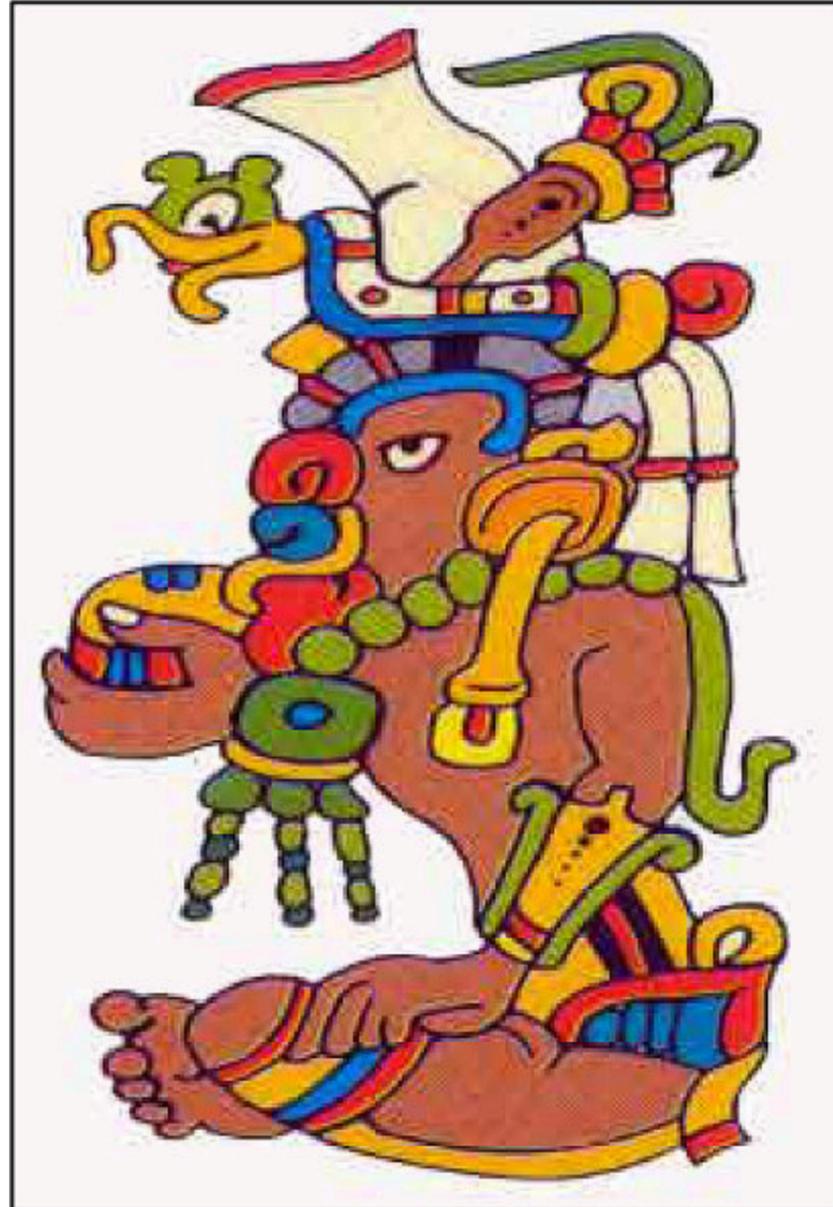
**Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.**

**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

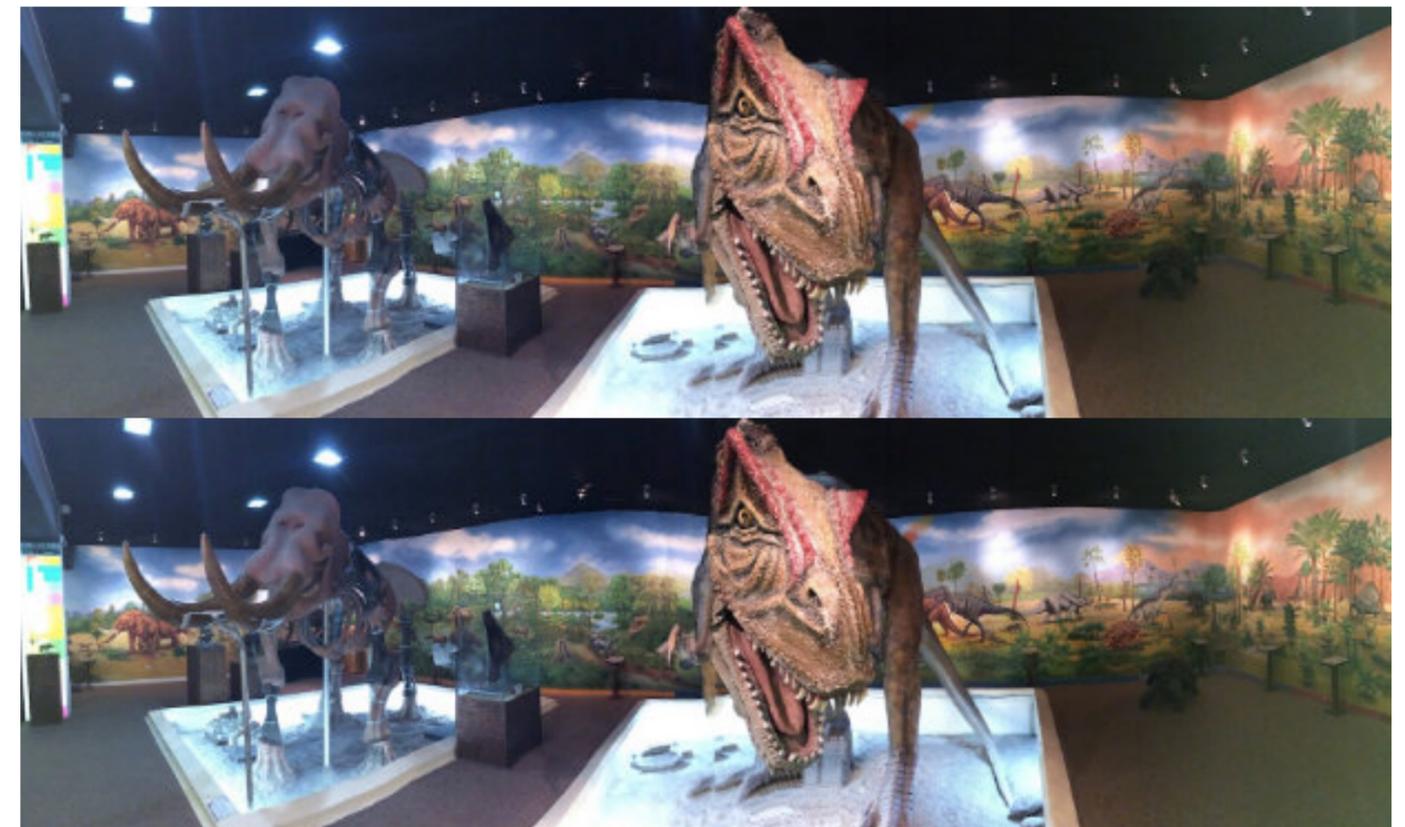
Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



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 de Historia Natural, Quito, Ecuador

**Haz click en la imagen**



**GeoLatinas** involucra a las/los científicas/cos de la Tierra y el Espacio, facilitando colaboraciones y relaciones entre estudiantes, profesionales y académicos, incluso fuera de las Geociencias, es una organización inclusiva, colaborativa y dirigida por sus miembros, trabajamos mediante subcomités dirigidos por pequeños equipos permitiendo alcanzar nuestros objetivos, e impactar más allá de la comunidad científica llegando al público en general.

Queremos presentarles nuestra iniciativa de GeoSeminarios en su edición en español y para trabajos de tesis, formando parte del área de Educación y Divulgación, con esta iniciativa abrimos un medio más para la divulgación y promoción de los trabajos de investigación, así como también para que se presenten los proyectos de tesis de grado de todos los niveles académicos, ofreciendo un espacio para que nuevos investigadores desarrollen sus habilidades de comunicación científica a todo tipo de público, permitiendo que tengan un alcance nacional e internacional, destacando la participación principalmente de las mujeres. Desde el 08 de octubre del 2021 que realizamos el primer GeoSeminario a la fecha hemos llevado a cabo 26 presentaciones de temas variados con impacto científico, social, y en la salud. Te invitamos a presentar en nuestro espacio tu trabajo en Geociencias ya sea de tema especializado tanto de interés para la academia como para la industria o tu proyecto de grado de cualquier nivel académico. **Sigue nuestros GeoSeminarios, ya sea en vivo o visitando nuestras redes sociales y viendo las grabaciones:** <https://geolatinas.org/> <https://www.facebook.com/GeoLatinasFace/>

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

# GeoSeminarios

**¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!**

En **GeoLatinas** estamos por comenzar la temporada 2023 de **GeoSeminarios**

Una iniciativa creada para la divulgación técnica y científica de las Ciencias de la Tierra y Planetarias\*.

¡Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

- Investigación
- Tesis
- Campo laboral
- etc...!

Si te interesa participar te invitamos a llenar nuestro [formulario](#).

Escaneame!

o envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

(\*Esta iniciativa está abierta a todo género, raza, edad, etc.)

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas: Latinas in Earth and Planetary Sciences

geolatinasinsta  
GeoLatinas\_por\_mexico  
GeoLatinas

El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas invita al:

## GeoSeminario

### EL VIAJE DEL NITRÓGENO EN LA ZONA CRÍTICA: IMPACTO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

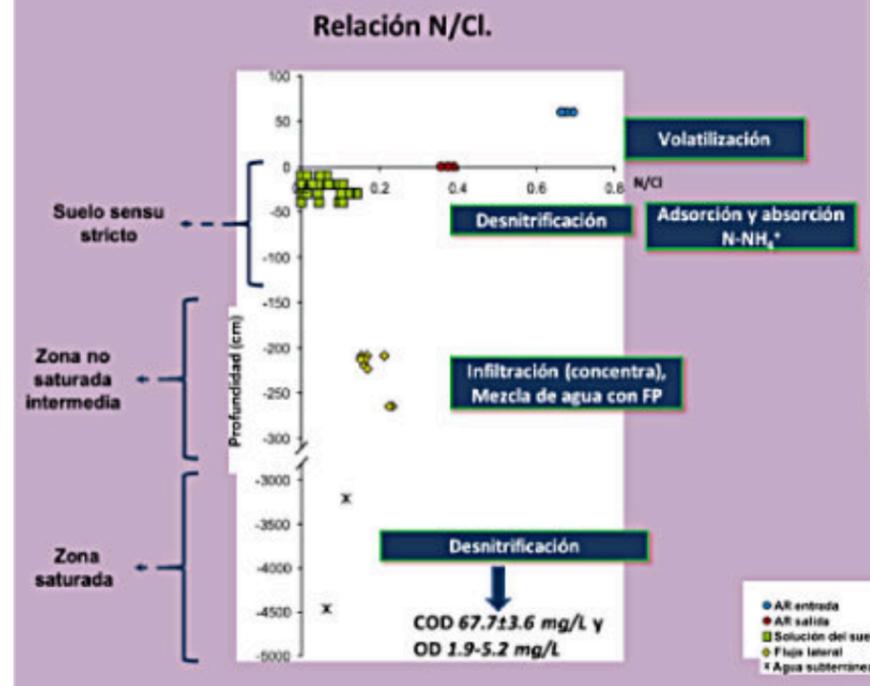
Esta ponencia aborda cómo los procesos de transformación del nitrógeno en la zona crítica afectan la calidad del agua subterránea en un sistema agrícola irrigado con agua residual, destacando su importancia en la protección de recursos hídricos vitales.

**Dra. Jeanny Lucero Hernández Martínez**  
Investigadora postdoctoral  
área Ciencias de la Tierra.  
Facultad de Ingeniería UASLP

YouTube  
@geolatinaslatinasinearthan65

**VIERNES 22 DE NOVIEMBRE 2024**  
11:00 AM hora centro de México

Transmisión **f LIVE**  
GeoLatinas



<https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2024/10/Primera-Circular-GEOCIENCIAS-2025-espanol-1.pdf>



## PRIMERA CIRCULAR

### **XI CONVENCION DE CIENCIAS DE LA TIERRA** **Exhibición de Productos, Nuevas Tecnologías y Servicios**

Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba  
**7 al 11 de abril, 2025**  
[www.cubacienciasdelatierra.com](http://www.cubacienciasdelatierra.com)

### “Las Geociencias al servicio de la Sociedad y el Desarrollo”

La Sociedad Cubana de Geología ([www.scg.cu](http://www.scg.cu)) tiene el placer de convocar a sus miembros y colegas en otras partes del mundo a participar en la *XI Convención de Ciencias de la Tierra (GEOCIENCIAS '2025)* que se efectuará del **7 al 11 de abril, 2025** en el Palacio de las Convenciones de La Habana, Cuba. La Convención incluirá una *Exhibición de Productos, Nuevas Tecnologías y Servicios* para las Geociencias (*GEOEXPO '2025*).

**Las Geociencias al servicio de la Sociedad y el Desarrollo**, constituye hoy el principal lema de la Sociedad Cubana de Geología, lo cual distingue la dinámica de su actuación a lo largo y ancho del país.

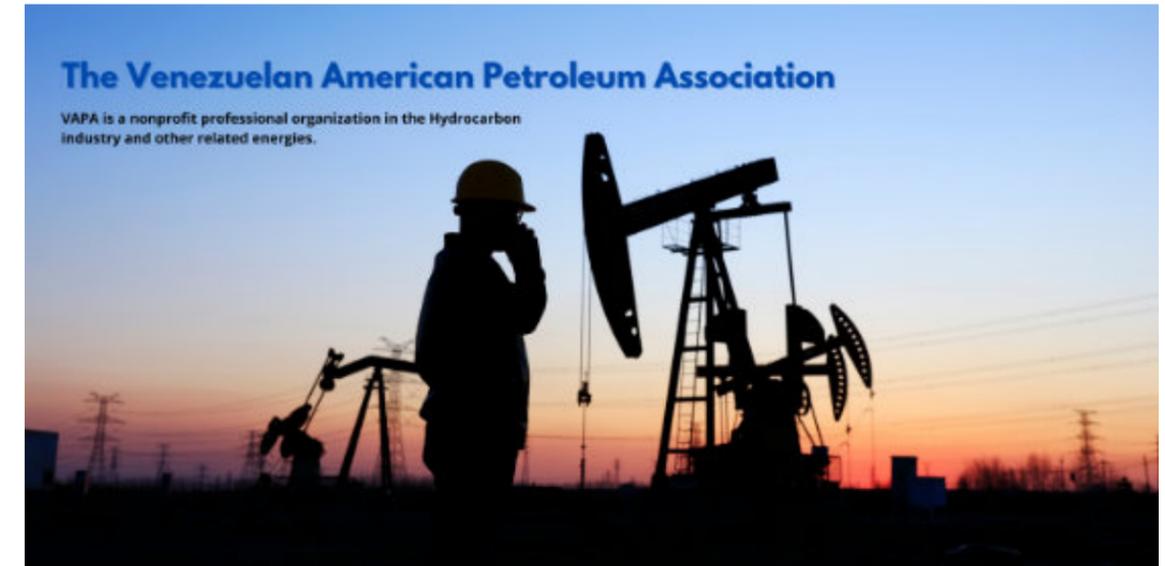
Las ponencias serán seleccionadas por el Comité Científico de la Convención apoyado en la decisión del Comité Científico creado para cada Evento en particular, y su aceptación dependerá de la calidad, novedad e impacto de su contenido, reflejado en los resúmenes, que deben ser claros y precisos con los resultados a exponer.

Los resúmenes deben ser entregados antes del **1 de febrero de 2025** al correo de la convención ([geociencias.cuba.scg@gmail.com](mailto:geociencias.cuba.scg@gmail.com)). Los ponentes deben sugerir el evento (congreso, taller, excursiones geológicas, simposios, exhibición de productos) donde desea presentar su trabajo e indicarlo en el resumen. Son bienvenidas ponencias orales, carteles, videos y multimedia. **Sin embargo, la modalidad definitiva se le informará al ponente por el secretario científico, después del ajuste del programa, de acuerdo a las disponibilidades de tiempo y espacio.**

L



<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.

## Servicio Geológico Mexicano

<https://www.gob.mx/sgm>



## Geological Survey of Canada

<https://natural-resources.canada.ca/science-and-data/research-centres-and-labs/geological-survey-canada/17100>

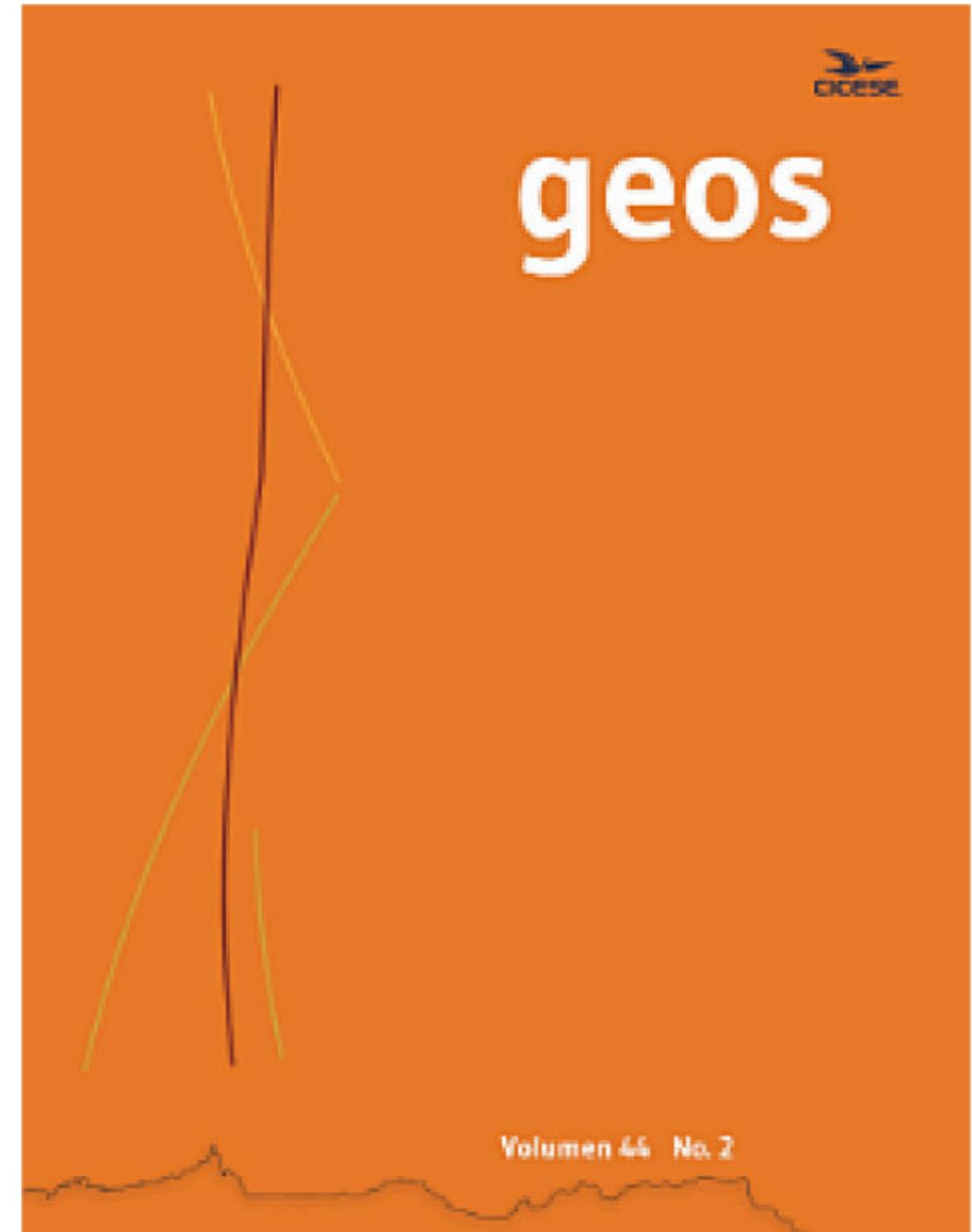


## U.S. Geological Survey

<https://www.usgs.gov/>



<https://geos.cicese.mx/index.php/geos/issue/view/26>



GEOS es el boletín informativo de la Unión Geofísica Mexicana, contiene artículos de investigación originales así como artículos de divulgación y notas cortas sobre aspectos relevantes para la difusión de la actividad científica, tecnológica y docente en las Ciencias de la Tierra, así como noticias de interés para los miembros de la UGM; se publican tres números en el año en forma impresa como electrónica.

<https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/encomunicacionct/>

<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/>

**¡NUEVA!**

ENSEÑANZA  
COMUNICACIÓN  
GEOCIENCIAS

# REVISTA ENSEÑANZA Y COMUNICACIÓN DE LAS GEOCIENCIAS

Revista electrónica de acceso abierto, semestral, editada por el Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, destinada a docentes y público en general.

La Sección Enseñanza es para interesados en enseñar alguna materia relacionada con las ciencias de la Tierra, desde el nivel preescolar hasta posgrado.

La Sección Comunicación será para personas interesadas en conocer y entender mejor fenómenos naturales.

### INVITACIÓN A CONTRIBUCIONES

Se convoca a autores a enviar manuscritos para su posible publicación en la revista. Los tipos de trabajos que se recibirán son aquellos relacionados con:

- Experiencias en el aula
- Notas para explicar eventos recientes
- Geociencia informática y recreativa
- Videoexcursiones
- Manuales
- Biodiversidad y sustentabilidad

Deberán enviarse con un texto explicativo y ligas a los recursos didácticos o de comunicación.

Dudas y aclaraciones:  
encomunicacionct@geociencias.unam.mx  
alaniz@geociencias.unam.mx

Directoras en jefe:

Sección Enseñanza

Dra. Susana Alicia Alaniz Álvarez

alaniz@geociencias.unam.mx

Centro de Geociencias, campus Juriquilla

Universidad Nacional Autónoma de México

Sección Comunicación

M. en C. Raiza Pilatowsky Gruner

Raiza.pila@gmail.com

Directora Estudios Planeteando

# Boletín

## de la Sociedad Geológica Mexicana

- Inicio / Home
- Volúmenes / Volumes
- EL BOLETÍN / THE BOLETIN
- Índices por Autor / Author Index
- Instrucciones / Instructions
- Comité Editorial / Editorial Board
- Declaratorias / Statements
- Documentos de referencia / Reference documents
- Siguiente Número / Next Issue
- Llamado a contribuciones / Call for papers
- Artículos en prensa / Articles in Press
- Indizaciones / Indexes
- Estadísticas / Statistics

Volúmenes Recientes / Recent Volumes

Volumen 76  
número 2  
(2024)

Volumen 76  
número 1  
(2024)

Volumen 75  
número 3  
(2023)

Volumen 75  
número 2  
(2023)

Volumen 75  
número 1  
(2023)

Volumen 74  
número 3  
(2022)

Volumen 74  
número 2  
(2022)

Search ...

[GeoSciences e-Journals](#)

[Previous](#)
[Random](#)
[Next](#)
[List](#)

Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Año 120, No. 76, enero-abril 2024, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX., México, dentro de la serie Revistas UNAM, a través del Instituto de Geología, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México, tel (55)56224310 ext. 128, <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/>. Editor responsable: Dr. Antoni Camprubí Cano. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2012-121911085000-203, ISSN: en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Instituto de Geología, Dr. Antoni Camprubí Cano, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México, fecha de la última modificación, Junio de 2023. Asistente Editorial: Brenda Berenice Martínez Villa

# Caverna del arte

## Cuento: Enamorado

(Autor: Claudio Bartolini)

La miré, y definitivamente fue amor a primera vista. La química fue inequívoca, con ella pasaría el resto de mis días, y sin lugar a dudas, tendríamos muchos hijos. A partir de ese momento mi vida tuvo una razón, y enfoqué todos mis esfuerzos en enamorarla. Aprovechando que trabajábamos en el mismo lugar, usaría cualquier pretexto para acercarme a esa belleza y cortejarla, su destino estaba marcado, sería mía.

Pronto me enteré por unos colegas que se llama Neurina, qué bello nombre. También me informaron que en su trabajo, tiene una posición técnica muy importante. Ella lleva a cabo la conducción de señales eléctricas con una complejidad maravillosa, en un entorno de estímulos que procesan billones de datos de información que son cruciales para el funcionamiento ordenado de la estructura. Es impresionante ver las redes interconectadas funcionando como transmisores y receptores con resultados inmediatos y precisos. Este lugar tiene una estructura muy similar al universo, aunque poco conocido, infinitamente perfecto, y sin limitaciones en tiempo y espacio. Debe ser un gran orgullo para Neurina, ser parte de este equipo de trabajo.

Por mi cuenta, la he estado rondando hace tiempo, no ha habido una oportunidad para conocernos mejor y entablar una relación amorosa. Parte del problema es su dedicación de casi tiempo completo a sus actividades laborales. Neurina es incansable, y cumple con todas sus obligaciones y responsabilidades de manera impecable y perfecta. Yo estoy desesperado por declararle mi amor, pero ella siempre está ocupada y no puede abandonar su lugar de trabajo. Diariamente le envío muchos mensajes invitándola a salir a divertirnos, pero su trabajo es su mayor prioridad. A pesar de sus negativas, yo no pierdo la esperanza de que sea mi novia, y me mantengo cerca de ella cada segundo de mi vida.

Aunque dicen que el amor es sufrimiento y dolor, yo quiero vivirlo plenamente, no me importa. Quiero gozar de esa tormenta química de dopamina y serotonina que me transportan al cielo. Estoy loco de amor, y la sensualidad de Neurina y sus movimientos voluptuosos y vibraciones provocativas me vuelven loco, y ella lo sabe perfectamente.

Su capacidad de comunicarse con gran precisión y rapidez con sus billones de colegas de trabajo, a través de señales eléctricas e impulsos, interconectando todos los componentes críticos del sistema, es simplemente impresionante e incomparable. Estos procesos son fundamentales en el diseño y funcionamiento óptimo de la inteligencia y la memoria dentro del contexto llamado humanidad. El trabajo en equipo es fenomenal. Laboran en una sincronía perfecta, que permite a todos los circuitos funcionen de manera espectacular, porque todas estas operaciones de orden infinito, garantizan que los elementos que componen esa masa excepcional y universal funcione de manera perfecta.

Estoy desconsolado y con una fuerte depresión. Lo único que he podido hacer hasta ahora, es contemplarla desde lejos, observando a esa belleza femenina que tal vez nunca será mía. Un acercamiento es imposible, porque ella trabajaba de día y de noche, no puede abandonar su puesto de trabajo. Para mí es una frustración, pero con el tiempo me he conformado con contemplarla, ya que es obvio que una relación amorosa entre nosotros no es posible.

Un día de tantos, mientras observaba a mi amada Neurina, me di cuenta que alguien andaba merodeando el área de trabajo. Sus compañeros me dijeron que *Amyloid beta*, supuestamente estaba haciendo una investigación secreta. Al principio no le di mucha importancia, pero a los pocos meses era obvio que ella ya no era la misma, al parecer se había colado el maldito intruso. Su energía y alegría acostumbradas estaban dando lugar a un cansancio crónico, se había tornado negra y maloliente. Pero todos alrededor de ella también sufrían la misma transformación, el lugar de trabajo era un caos. Se había perdido la disciplina, todos los equipos de trabajo estaban enfermando rápidamente y muriendo en masa. Yo, una célula glial, enamorado toda una vida de una hermosa neurona, veía irremediabilmente llegar su fin. Hice un esfuerzo sobrehumano para ayudar a mi amada Neurina, pero nada podía yo hacer, ella estaba agonizando. El Alzheimer había destruido billones de neuronas en el cerebro, incluyendo a mi amor platónico.

## Para los que amamos la tectónica de placas...



### Ejército de terracota

El Ejército de terracota refiere a los miles de modelos de arcilla de soldados, caballos y carros, en tamaño real, que se depositaron alrededor del gran mausoleo de Shi Huangdi, primer emperador de China y fundador de la dinastía Qin, situado cerca de Lishan en la provincia de Shaanxi, en el centro de China. El propósito del ejército probablemente era actuar como figuras guardianas de la tumba o servir a su gobernante en la próxima vida. El yacimiento se descubrió en 1974, y las realistas figuras de los guerreros proporcionan una visión única de la antigua guerra china, desde las armas hasta las armaduras o la mecánica de los carros y las estructuras de mando. Shi Huangdi buscaba desesperadamente la inmortalidad y, al final, le fue dada por su Ejército de terracota, compuesto por más de 7000 guerreros, con 600 caballos y 100 carros, al menos de nombre y de hecho. El emplazamiento del mausoleo es Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, aunque el interior de la tumba aún no ha sido excavado.

### El primer emperador de China

Shi Huangdi (también conocido como Shi Huangti) fue el rey del estado Qin, que unificó China a partir del 221 a.C. y luego fundó la dinastía Qin. Gobernó como primer emperador de China hasta su muerte en el 210 a.C. Su reinado fue corto pero estuvo lleno de incidentes, la mayoría de ellos lo suficientemente infames como para que Shi Huangdi se ganara una reputación duradera de déspota megalómano. En este período se construyó la Gran Muralla China, ocurrió la célebre Quema de los libros, en la que se destruyeron miles de obras literarias y filosóficas, y se construyó un suntuoso palacio real. El emperador parece haber tenido un especial interés en adquirir la inmortalidad, una búsqueda que sin duda se vio motivada por haber sobrevivido a tres intentos de asesinato. Se encomendó a los científicos la tarea de descubrir elixires que prolongaran la vida, y se enviaron jóvenes emisarios a través del Mar del Este en busca de la legendaria Penglai, tierra de los inmortales.



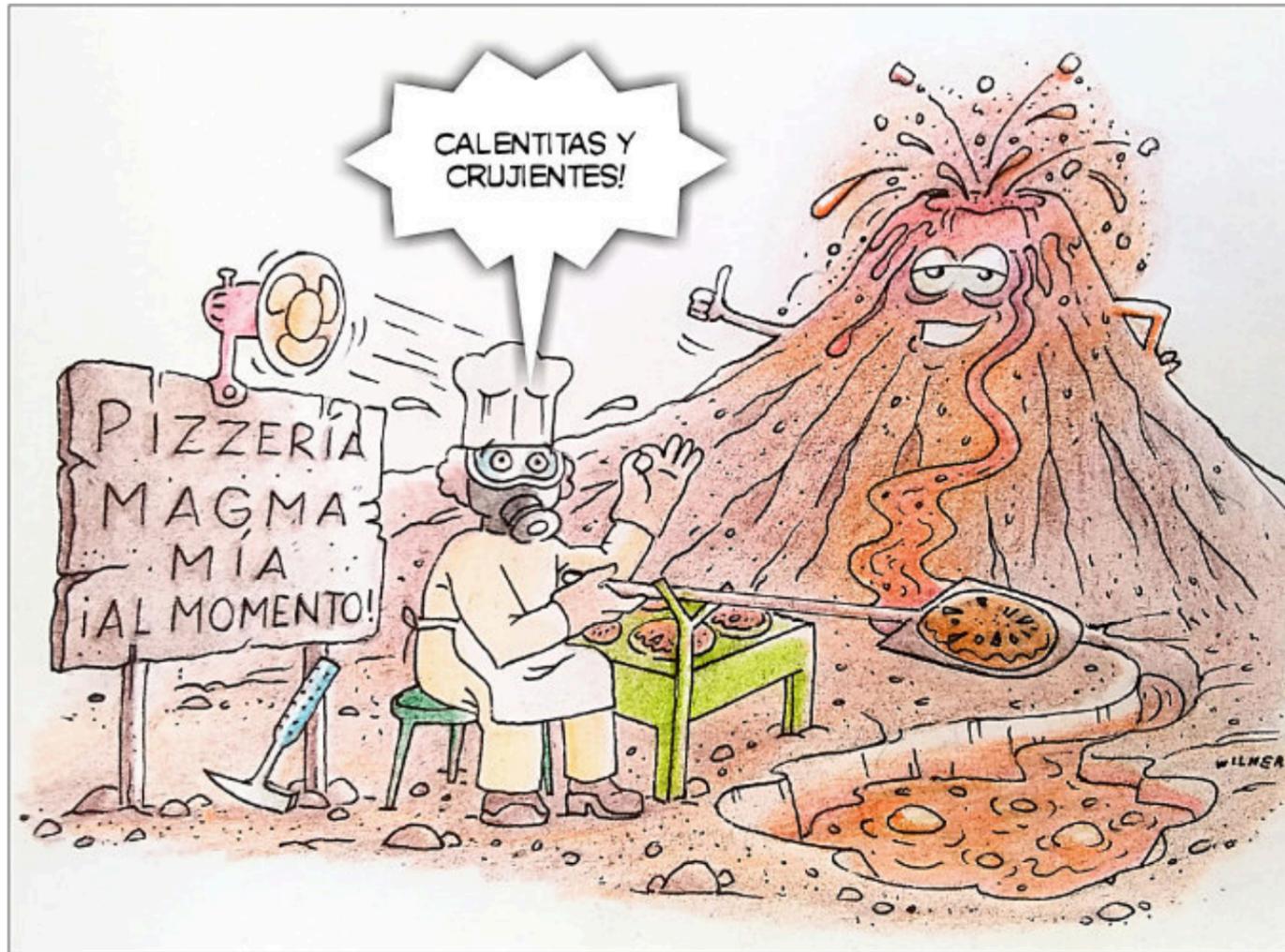
Al fracasar en su empeño de prolongar su vida de forma natural, Shi Huangdi recurrió a la antigua costumbre de los gobernantes autocráticos y mandó construir un enorme mausoleo. De hecho, todo el enorme proyecto se inició en los primeros años de su reinado, ya que se necesitaba una enorme cantidad de trabajo para tenerlo listo. Allí se estableció un distrito administrativo, se reubicaron 30.000 familias a la fuerza y se les encomendó la tarea de construir la mayor tumba jamás vista en la historia de China o de cualquier otro país. Al final, sin duda porque Huangdi se dio cuenta de que el tiempo se agotaba, se enviaron cientos de miles de trabajadores forzados para llevar a cabo el proyecto. De un modo u otro, Shi Huangdi iba a ser recordado mucho después de su reinado. El Ejército de terracota parece haber logrado ese objetivo.

### El mausoleo de Huangdi

El mausoleo de Shi Huangdi, que en realidad es un complejo funerario que ocupa la increíble extensión de 35 a 60 kilómetros cuadrados, fue descubierto en 1974, enterrado al pie del monte artificial Li, cerca de Lishan (la actual Lintong), a 50 kilómetros al este de la capital de Qin, Xianyang, en la provincia de Shaanxi, en el centro de China. La tumba en sí sigue sin ser excavada, pero su espectacular ejército de defensores de terracota ha sido revelado en parte y ya se ha ganado el título de "Tumba más grande del mundo". El túmulo de la tumba enterrada tiene forma de pirámide de tres escalones, mide unos impresionantes 1640 metros de circunferencia, 350 metros a lo largo de cada lado, y se eleva hasta una altura de 60 metros. El conjunto está rodeado por un doble muro.

<https://www.worldhistory.org/>





M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: [wilmerperezgil5@gmail.com](mailto:wilmerperezgil5@gmail.com)

# La casa de la atmósfera de la tierra

<https://youtu.be/1YAOT92wuD8>

[atmosphere | Definition, Layers, & Facts | Britannica](#)

[Atmosphere of Earth - Wikipedia](#)

[What Is The Earth's Atmosphere Made Of? - WorldAtlas](#)

[5 things you might not know about the sky \(conservation.org\)](#)

[The Atmosphere and the Water Cycle | U.S. Geological Survey \(usgs.gov\)](#)

[How Does Carbon Get Into the Atmosphere? | U.S. Geological Survey \(usgs.gov\)](#)

[The Top of the Atmosphere \(nasa.gov\)](#)

[How much water is in Earth's atmosphere? | Live Science](#)



<https://www.worldatlas.com/r/w1200-q80/upload/d0/ac/51/earth-atmosphere-space-studio23.jpg>

# Kartchner Caves, Arizona

Boasting the world's longest stalactite formation, Kartchner Caverns introduces visitors to the mysterious world of caves. Explore the bowels of a living cave and marvel at Arizona's tallest natural column formation. Located in Southern Arizona, this ADA-accessible park is just a short hop from Tucson in nearby Benson.

Discovered in 1974, Kartchner Caverns is a massive limestone cave that's home to many outstanding features, including remarkable minerals and formations as well as some winged friends.

<https://www.visitarizona.com/places/parks-monuments/kartchner-caverns-state-park/>

<https://www.tripsavvy.com/kartchner-caverns-state-park-complete-guide-5214436>

<https://thenationsvacation.com/destinations/kartchner-caverns/>

<https://azstateparks.com/kartchner/>

<https://www.youtube.com/watch?v=Xf8o3v9YLys>

[https://stateparks.com/kartchner\\_caverns\\_state\\_park\\_in\\_arizona.html](https://stateparks.com/kartchner_caverns_state_park_in_arizona.html)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Kartchner\\_Caverns\\_State\\_Park](https://en.wikipedia.org/wiki/Kartchner_Caverns_State_Park)

Compilado por Nimio Tristán,  
Geólogo,  
Houston, Texas



COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

**Instituto Nacional de Geoquímica (México).** <https://www.inageq.com/>



**Geología Médica**

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



**GeoLatinas**

<https://geolatinas.org/>



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

**Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias.**

[SVHGc@yahoo.com](mailto:SVHGc@yahoo.com)



**Universidad Tecnológica de la Habana,** - <https://cujae.edu.cu/>

**Escuela de Geofísica:** <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>



**Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo**

<https://aggep.org/>



**Sociedad Geológica de España**

<https://sociedadgeologica.org/>



**Sociedad Cubana de Geología**

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



**Sociedad Dominicana de Geología**

<http://sodogeo.org/>



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

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





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