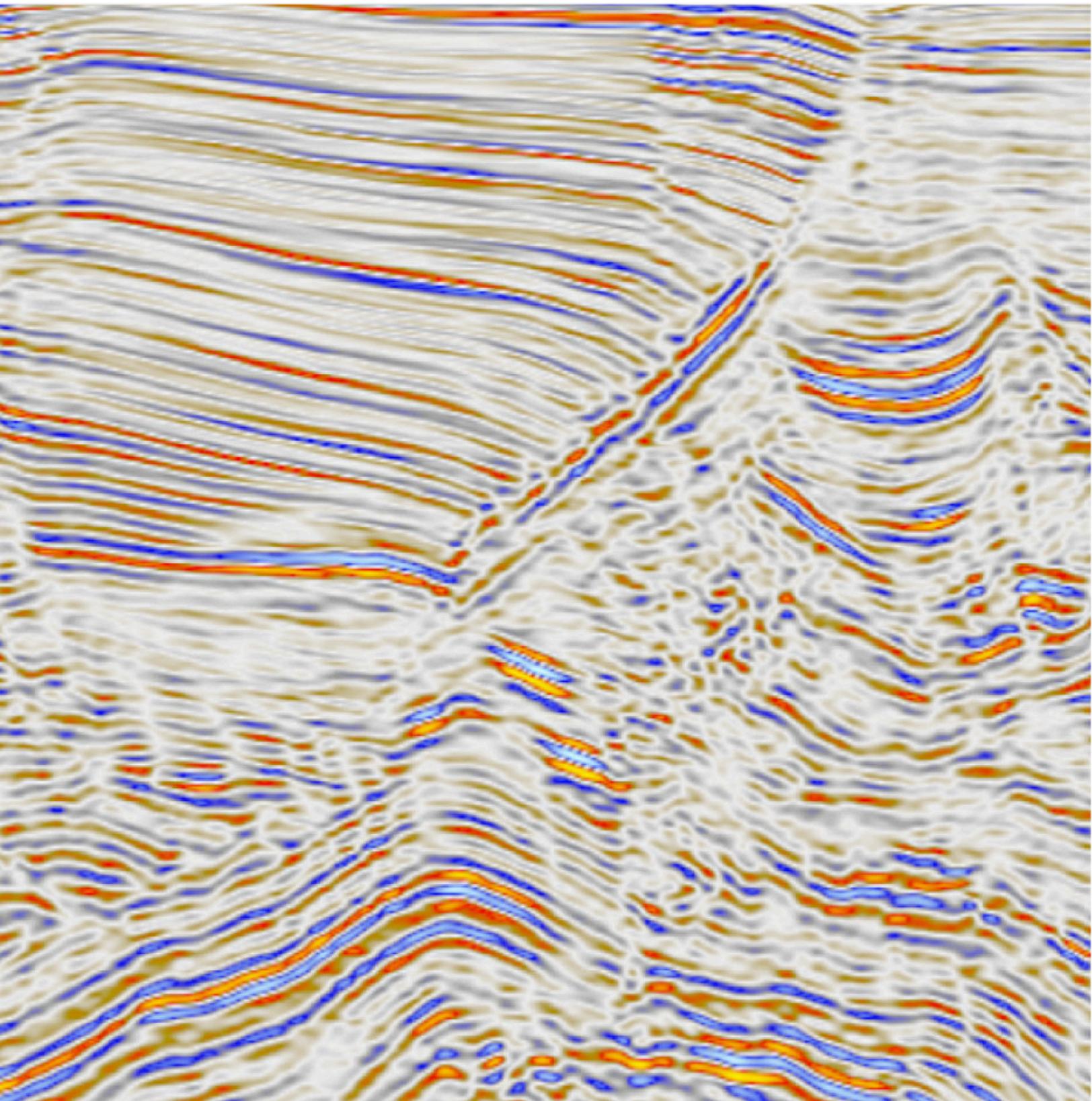


**ABRIL
2023**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



ABRIL
2023



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

Portada de la revista: Sección sísmica obtenida del subsuelo del Golfo de México, en ésta se observa una gran falla normal de aproximadamente 4,000 metros de longitud, que afecta a estratos desde el piso marino hasta el Paleoceno, y que está asociada a depósitos sedimentarios clásticos, suprayaciendo una estructura anticlinal de rocas cretácicas con características de un yacimiento de hidrocarburos. Imagen provista por **Luis Angel Valencia Flores**.

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

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

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

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

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

Revista de divulgación
Geocientífica

EDITORES



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

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

luis.valencia.11@outlook.com



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

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

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

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

jhrosenfeld@gmail.com



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

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

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

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



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

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

soaortuno@gmail.com



Ing. Humberto Álvarez. Más de 5 décadas, dedicadas a la estratigrafía y tectónica del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de Cuba occidental y central. Editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II realizó cartografías del Macizo Metamórfico Escambray; Complejo Anfibolítico de Mabujina y Complejo Granítico de Cuba central. Es autor-coautor de 23 unidades litoestratigráficas y litodémicas de Cuba occidental y central. Es miembro extranjero de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico Estratigráfico de Cuba. Descubrió el mayor depósito cubano de fosforitas marinas y nuevos prospectos de Cu y Au y realizó la factibilidad de 7 proyectos hidroeléctricos en la Cordillera Central de Panamá. Country Manager de Big Pony Gold de Utah, exploró el potencial de oro del greenstone belt del cratón de Uruguay. Senior Geologist de Gold Standard Brasil, exploró regiones auríferas en los Estados de Paraná, Santa Catarina y Mato Grosso del Norte en rocas arqueanas y

proterozoicas y realizó evaluaciones de exploración para Cias. canadienses en Panamá, Andes de Perú, Honduras y otros países. Nombrado por el Ministro de Comercio e Industrias Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá, fue el redactor encargado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) del Proyecto de Geología y Minería y miembro de su Misión Especial para entregar el proyecto al Gobierno y posterior Consultor del BID para la descentralización de la Autoridad Nacional del Ambiente. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del Servicio Geológico de Inglaterra en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá por 28 años y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia.edu de libre acceso, se encuentran 22 artículos suyos de diferente volumen.

geodoxo@gmail.com



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

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

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk



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

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

poletpinzon@gmail.com



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

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

rodriguez.arteaga@gmail.com



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

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

rafaelguardado2008@gmail.com



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

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

jonblickwede@gmail.com



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

hidrográficas y riesgos geológicos.

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

itzelleon2909@gmail.com

Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas



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

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

naticasilvacruz@gmail.com



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

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

roberto.vidal@unison.mx



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

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

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com



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



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

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

urielfranco.unam@gmail.com



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

Estimados Colegas

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

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

Nuestro agradecimiento a **Manuel Arribas**, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español, por la creación del nuevo logotipo de la Revista Maya de Geociencias y sus indicaciones para la compaginación de la misma. <https://manuelarribas.es/>

Estimadas/os colegas,

Es un placer informar a nuestros lectores que, la Revista Maya de Geociencias, ha establecido un convenio de colaboración para la difusión de las geociencias con las organizaciones de GeoLatinas (<https://geolatinas.org/es/>), el Instituto Nacional de Geoquímica (https://www.geoquimica.umich.mx/Web_Inageq2020/index.html), el Capítulo México de Geología Médica (<http://www.medgeomx.com/>), y la Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias (José Antonio Rodríguez @seismologo, Noel Nariño: @GeonotasVzla, y de la Sociedad @SVHGcVe). Ésta es una grandiosa y trascendente oportunidad de sumar esfuerzos a través de nuestras organizaciones para difundir las geociencias a la comunidad, así como compartir desde ahora y de manera conjunta nuestras actividades y eventos.

Saludos cordiales,

Equipo editorial de la Revista Maya de Geociencias

Esteemed colleagues,

It is a pleasure to inform our readers that the Revista Maya de Geociencias has established collaborative agreements with the following organizations for the diffusion of geoscience topics: GeoLatinas (<https://geolatinas.org/es/>), Instituto Nacional de Geoquímica (https://www.geoquimica.umich.mx/Web_Inageq2020/index.html) and the Capítulo México de Geología Médica (<http://www.medgeomx.com/>), and the Sociedad Venezolana de Historia de las Geociencias (José Antonio Rodríguez @seismologo, Noel Nariño: @GeonotasVzla, and of the Sociedad @SVHGcVe). This is a transcendental opportunity to augment our efforts in presenting the geosciences to the community, and for sharing notifications of our activities and events going forward.

Cordial regards,

Editorial team of the Revista Maya de Geociencias

Salvador Ortuño Arzate,

**Colaborador de la Revista Maya de Geociencias,
ha sido asignado Comisionado de la Comisión
Nacional de Hidrocarburos (CNH), órgano del
gobierno mexicano encargado de la regulación
energética en materia de hidrocarburos.**

¡Enhorabuena colega!

<https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/16387/DesignancomisionadodelaCNH>



Salvador Ortuño Arzate,

**Collaborator of the Revista Maya de Geociencias,
has been appointed as a Commissioner on the
National Hydrocarbon Commission (CNH) of the
Mexican government that regulates all aspects of
energy related to hydrocarbons.**

Congratulations colleague!

CONTENIDO

ABRIL
2023

Semblanzas.....	10
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	20
Los libros recomendados.....	28
Temas de interés.....	35
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	50
Notas geológicas.....	55
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	100
La Casa de las tierras raras.....	101
Concurso de fotografía geológica.....	102
GeoLatinas – GeoSeminarios.....	105
II Congreso Venezolano de Geociencias (PDF).....	106
GeoGulf 2023 Houston.....	107
Medical Geology Conference.....	108
Caverna del arte.....	109
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	114
The Earth Pyramids of South Tyrol.....	115
Asociaciones geológicas hermanas.....	116

SEMBLANZAS

José A. Díaz Duque

Ramón G. Pérez Vázquez
Profesor de la CUJAE, Cuba

Humberto F. Álvarez Sánchez
Colaborador de la Revista

El Doctor en Ciencias **José Antonio Díaz Duque** nació en la ciudad de Guanajay, Pinar del Río (Cuba) en 1948. Se recibió de Ingeniero Geofísico en 1972 en la Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana, hoy Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría (Cujae) y obtuvo su doctorado en el Instituto de Exploración Geológica de Moscú, antigua Unión Soviética, bajo la dirección del Dr. Yuri Vladimirovich Yakubovskii, con el tema "Utilización del método de polarización inducida para la prospección de depósitos polimetálicos en la provincia de Pinar del Río". Su extensa experiencia profesional se ha extendido por más de cincuenta años, con una amplia trayectoria en la docencia universitaria, en la formación profesional de cientos de geólogos y geofísicos, añadida a su extensa actividad de investigación en las Geociencias y las Ciencias de la Sostenibilidad y sus numerosas e importantes responsabilidades en esas esferas.

Profesor titular en la Universidad de La Habana, la Universidad de Pinar del Río y la Universidad Tecnológica de La Habana, suma a su vida académica su actividad como profesor invitado de universidades extranjeras en Venezuela, Bolivia, Guatemala, El Salvador y España, fructífera en el asesoramiento de numerosas investigaciones estudiantiles, trabajos de diploma, tesis de maestría y doctorados.

Durante su trayectoria académica asesoró estudios realizados por las oficinas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en La Habana y Nueva York y ha participado o dirigido proyectos en países de Centroamérica como El Salvador, Honduras y Guatemala, así como en México y Argentina. Es autor de ocho libros, seis capítulos de monografías y más de cincuenta artículos



científicos y de divulgación científica. Su participación en eventos nacionales e internacionales ha sido notable, presentando numerosas ponencias e impartiendo decenas de conferencias magistrales. Es árbitro de varias revistas nacionales (Minería y Geología, Normalización, Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Ciencias de la Tierra y el Espacio) e internacionales (Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad, Cooperativismo y Desarrollo, DYNA, Environment, Development and Sustainability). Durante su dilatada vida académica se ha desempeñado en importantes funciones como Subdirector de la Filial Universitaria de Minas de Matahambre, Vicedecano de la

Facultad de Tecnología, Vicerrector de la Universidad de Pinar del Río y Delegado Territorial de la Provincia. Miembro de la Comisión de Grado Científico de la Universidad Tecnológica de La Habana, en la actualidad es Coordinador del Programa de Maestría en Geofísica Aplicada, miembro del Comité Doctoral del Programa de Geofísica Aplicada, del Comité Doctoral de Medio Ambiente y Presidente del Consejo Científico de la Facultad de Ingeniería Civil de la referida institución de educación superior.

Anteriormente Viceministro del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba; fue Diputado Electo a la Asamblea Nacional del Poder Popular de Cuba (Parlamento) en la IV, V y VI Legislatura (1993-2008), desempeñándose como Vicepresidente y luego Presidente de la Comisión Permanente de Educación, Cultura, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en la V y VI legislatura respectivamente.

Por su distinguida labor Ha recibido numerosos reconocimientos, premios, órdenes y distinciones, entre ellos: Orden Diego Rey. Orden al Mérito Julio Antonio Mella. Medalla de la Alfabetización. Distinción por la Educación Cubana. Medalla Conmemorativa XXX Aniversario de la Academia de Ciencias de Cuba. Orden José Tey. Miembro Emérito de la Sociedad Cubana de Geología. Medalla Jesús Menéndez. Orden Carlos J. Finlay. Distinción Juan Tomás Roig. Medalla Conmemorativa por el XL Aniversario del Parlamento Latinoamericano. Medalla de Plata de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Educador Destacado del siglo XX en Cuba. Premio de la Crítica Científico-Técnica de 2009. Distinción Especial del Ministro de Educación Superior. Profesor Consultante de la Universidad Tecnológica de La Habana. Orden Frank País de 2º grado. Premio Nacional Felipe Poey y Aloy. Premio Nacional Jesús Francisco de Albear y Franquiz. Miembro Emérito de la Sociedad Económica de Amigos del País. Premio Academia de Ciencias de Cuba en su capítulo Pinar. Reconocimiento de la Federación Estudiantil Universitaria (FEU): Tiza de Oro de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de La Habana en los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2022.

Es fundador de la Sociedad Cubana de Geología. Presidente de la filial provincial en Pinar del Río desde 1982 a 1986 y luego Presidente de la Sociedad Cubana de Geología en los años 1986 y 1992. Es miembro de la Asociación Cubana de las Naciones Unidas y en la actualidad parte de su Junta Directiva. Miembro de la Sociedad Económica de Amigos del País, desempeñándose

desde 2019 como Presidente de su Consejo Científico. Miembro de número de la Academia de Ciencias de Cuba entre 1998 y 2012. Desde 2019 se desempeña como Académico de Honor de la Academia Internacional de Ciencias, Tecnología, Educación y Humanidades, con sede en España. Desde este propio año es Miembro del Consejo Científico de la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA), con sede en Ecuador e integrante del Consejo Editorial de la Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad, órgano científico de REIMA. Es miembro de la Fundación El Hombre y la Naturaleza Antonio Núñez Jiménez y Coordinador del Polo Científico Productivo de Pinar del Río desde su fundación en 1992 hasta 2005.

Su trabajo científico se ha centrado en las líneas de investigación de Polarización Inducida y la anisotropía de la polarizabilidad, Métodos eléctricos de Prospección, Métodos Geofísicos Integrados. Modelos Físico Geológicos. Medio Ambiente y Cambio Climático. Ciencias de la Sostenibilidad y sus aplicaciones. En esta última línea participó en un proyecto internacional que produjo dos notables monografías: "Referencias para un análisis del desarrollo sostenible y Reflexiones sobre el desarrollo sostenible en Cuba: una mirada desde el mundo académico".

Entre los proyectos científicos y de desarrollo que ha realizado, sobresalen los siguientes:

- Utilización del método de polarización inducida para la búsqueda de yacimientos polimetálicos en la provincia de Pinar del Río.
- Anisotropía de la polarizabilidad.
- Estructura profunda de la provincia de Pinar del Río.
- Estudio Tectónico de la provincia de La Habana.
- Posibilidades petro gasíferas de la cuenca de Los Palacios.
- La Dimensión Ambiental en la Universidad Cubana.
- Fortalecimiento de la infraestructura para la Gestión de la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, provincia de Pinar del Río.
- Desarrollo Sostenible para la Gente y la Naturaleza, Parque Nacional Viñales.
- Empleo de los Métodos Geoestadísticos y Probabilísticos en el Cálculo de Reservas de Petróleo en Campos Fracturado-Porosos. (Caso de Estudio: Campo Petrolífero de Pina).
- Procesos de salinización del acuífero Neógeno Cuaternario de Guane.
- Concepción teórica y metodología de aplicación de las Estrategias de Desarrollo Sostenible y de Ciencia e Innovación Tecnológica en la provincia de Pinar del

Río y su inserción en el Modelo de Dirección del Desarrollo Local en Pinar del Río.

- Ciudadanía Ambiental Global.
- La Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010.
- La Dimensión Ambiental en la Seguridad Nacional de la República de Cuba.
- Estudio Integral de la Ciénaga de Zapata.
- Las normas técnicas como herramientas para el enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba.
- Diseño de la Maestría en Gestión Estratégica para la Reducción del Riesgo de Desastres. Universidad de El Salvador.
- Sistema Integrado de Evaluación de la Sostenibilidad en Cuba.
- Estrategia de Gestión Integral de Riesgo y de Adaptación al Cambio Climático para los proyectos ejecutados por el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) de El Salvador.
- Diagnóstico situacional para la gestión del riesgo de desastres en Centroamérica (Concertación Regional para la Gestión del Riesgo).
- Situación de la sequía en Cuba: contexto, impactos y respuesta.
- Sinergias y oportunidades de la nueva Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible con la actualización del modelo económico cubano y el trabajo de Naciones Unidas en Cuba.

- El desafío del agua: una visión global desde el contexto cubano.
- Diseño del instrumento de cuantificación de pérdidas y daños a nivel comunitario por los impactos adversos del cambio climático en base al Mecanismo Internacional de Varsovia. Consultoría para la Fundación Salvadoreña para la Reconstrucción y el Desarrollo (REDES) y el Foro Centroamérica Vulnerable (FCV). Caudales Ecológicos y Ambientales en Cuba.
- Sistema de evaluación y control de los recursos hídricos en la región centro oriental de la Cordillera de los Órganos.
- Evaluación del Programa País del PNUD en Cuba (2014-2018) en las áreas temáticas siguientes: a) sostenibilidad ambiental y b) reducción y gestión del riesgo de desastres/Resiliencia. Consultoría para la Oficina Independiente de Evaluación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York.
- Organizaciones Cooperativas. Experiencias, Transformaciones y Potencialidades.
- La multidimensionalidad del derecho al agua: fenómenos globales, visiones locales.
- Evaluación del potencial de remediación de los pasivos ambientales con impactos severos sobre los ecosistemas en distritos minerales de la provincia Pinar del Río.

<https://orcid.org/0000-0003-0032-4681>

<https://www.researchgate.net/profile/Jose-Diaz-Duque>

Andre M. Singer Perrein

José Antonio Rodríguez Arteaga
Colaborador de la Revista

Introducción

La producción científica en geociencias venezolanas, ha hecho que las mismas se encuentren presentes en foros nacionales e internacionales, destacando así la labor de todos aquellos investigadores vinculados con las mismas. Desde hace más de 3 meses y en cooperación entre universidades, instituciones de investigación y la ayuda de patrocinios externos, se acordó la puesta en marcha del II Congreso Venezolano de Geociencias celebrado entre los días 20 al 24 de marzo próximo pasado con diversas actividades en las siguientes especialidades: Geofísica, Geología, Historia de las Geociencias, Geo-espeleología además del “Programa del Geocientista visitante AAPG”.

Así reunidos los comités directivos del mencionado congreso, se acordó por unanimidad rendir homenaje a dos de nuestros más conspicuos investigadores, recayendo tal distinción en las personas de los profesores Andre Singer y Franco Urbani Patat, quienes fueran por muchos años docentes de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Caracas y cuyas aulas sirvieron de escenario para la celebración de dicho encuentro. La siguiente reseña corresponde a la semblanza del profesor Andre Singer docente regular en la UCV por más de 30 años.

Una breve biodata

Nace en *Saint-Julien*, Alta Saboya, Francia el 30 de abril de 1942 adquiriendo la nacionalidad venezolana por vía de naturalización. Andre Singer es geomorfólogo con estudios de Licenciatura Libre *Es-Lettres* en Estrasburgo, Francia y de Doctorado del Tercer Ciclo en la misma institución entre 1967 y 1970 a la cual se añade la candidatura doctoral que adquiere en 1972.

Con un nutrido y variado currículum relacionado con temas pertenecientes a sus estudios iniciales que luego irá diversificando, Singer ejerce la docencia y la investigación en tres naciones distintas: Chile, Francia y Venezuela. En esta última sembrará de por vida su actividad familiar, docente y científica, haciendo de vaso comunicante en la formación de generaciones de ingenieros geólogos *UCVistas* hasta fecha muy reciente, desvinculándose definitivamente entre el 2022-2023 del que fuera su claustro universitario, la UCV. Su actividad como docente en estudios de tercer ciclo y viviendo en Chile lo lleva a impartir sus conocimientos y experiencia en la Universidad



de Concepción, en donde actuará como profesor visitante de Geomorfología; posteriormente y ahora en Francia, será profesor-investigador en la misma cátedra pero esta vez en el doctorado de Tercer Ciclo de la Universidad de Estrasburgo y desde 1968 hasta 2023 en la Facultad de Ingeniería, en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, continuará en la misma actividad, no siendo obstáculo su jubilación, obtenida en 2003, para seguir impartiendo sus conocimientos *Ad Honorem* desde las aulas de la UCV.

Su función pública

Tal actividad compartida igualmente desde la investigación geomorfológica por contrato en la desaparecida División de Geotecnia perteneciente a la Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos (1972-1978) lo llevan a comprometerse y compartir posiciones de investigador en la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), a ser jefe del Departamento de Ciencias de la Tierra en el período (1980-1996) de la misma fundación y su Presidente en (1996-2000). Desde 2004 será su asesor técnico en donde ha continuado prestando toda su experiencia al personal científico cualquiera sea el área de trabajo y en forma particular a los miembros aún activos del actual Departamento de Geología de Terremotos, ex - departamento de Ciencias de la Tierra.

Desde su época como jefe de departamento ha formado profesionalmente y en materias específicas a numerosos

geólogos e ingenieros geólogos provenientes de diferentes casas de estudio en materia de Geología del Cuaternario, Neotectónica, Sismotectónica, Paleosismología, Sismología Histórica y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Nunca ha variado su disposición y su experticia pues la ha compartido empleando métodos de enseñanza-aprendizaje con el personal a su cargo, sencillamente para ello *cambiaba de traje*.

Así atendió las labores que produjo el *Terremoto de Cariaco*, estado Sucre el 29 de julio de 1997 y días subsiguientes. Igualmente el *Alud torrencial del estado Vargas* evento hidrometeorológico que afectó severamente dicha entidad en 1999 así como a la ciudad de Caracas, “pasando con habilidad” desde su cargo de Presidente de FUNVISIS al de investigador de fenómenos naturales y participando en inspecciones de reconocimiento aerotransportado, labores de redacción de informes, reuniones de alto nivel e incluso, haciendo fotogeología y cartografía temática. Destacada participación tuvo en labores geomorfológicas en estudios de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Caracas al igual que en Portoviejo y Quito, Ecuador.

Singer en la docencia universitaria

Ha atendido desde maestrías en sismorresistencia bajo el patrocinio de la OEA, seminarios en geotecnia para ingenieros hidráulicos; cursos de extensión en geomorfología aplicada y arqueología, hasta cursos de teledetección. La ubicación geográfica de estos cursos nunca ha sido impedimento para impartir conocimiento, paseando “*cual libro abierto por el país*” y dictando en forma itinerante los temas señalados más allá de la frontera. Colombia, España, Holanda y Francia, solo por mencionar algunos han sido objeto de su especial atención.

Andre Singer y su participación en comités científicos

Más de una decena de comités científicos nacionales han contado con su presencia y participación: desde la Asociación Venezolana para el Estudio del Cuaternario; la Comisión de Terminología y Estratigrafía de la Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, hasta la Comisión para el Estudio del Ordenamiento Territorial de la ciudad de Caracas y la Norma de Edificaciones Sismorresistentes 1756-82, antecesora de la actualmente en vigencia, identificada como 1756-2019, esta vez en FUNVISIS. Ha sido representante por Venezuela en el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) ubicado en la ciudad de Lima, Perú.

Andre Singer y la Cooperación Técnica de Francia

El profesor Singer mantuvo por muchos años (1981-1999) relaciones con los representantes científicos que hacían vida en la sede de la Embajada de Francia en Venezuela, pudiendo obtener de ella la participación de especialistas que trabajaron e investigaron con FUNVISIS y en particular con el personal del Departamento de Ciencias de la Tierra (DCT); *CETE-MEDITERRANEE, Laboratoire de Géologie, Sols et Risques Sismiques, Niza*, fue uno de ellos y sus representantes aportaron su experiencia con el staff departamental.

De la bibliografía *Singeriana*

Más de un centenar de artículos en libros, artículos propios o en coautoría y comunicaciones cortas ocupan su extensa producción bibliográfica nacional e internacional, distinguiéndose además por su participación activa y efectiva en proyectos para la industria petrolera y eléctrica nacional en materia de sismicidad y sus efectos, así como riesgo geológico y cartografía temática.

Enumerar su actividad científica y docente es una tarea que llevaría tiempo y explicación. Únese a ello, su actividad como tutor en trabajos especiales de grado, de y para la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela de la cual dos promociones fueron bautizadas con su nombre. Quizás su mejor recompensa es contar con el reconocimiento público nacional internacional de quienes han sido sus alumnos en la universidad, jefe y guía en FUNVISIS, además de amigo personal.

Reconocimientos

Sus 30 años o más de docencia universitaria serían honrados al conferírsele el 5 de abril de 2011 el *Doctorado Honoris Causa* por la Facultad de Ingeniería de la UCV aprobados los requisitos del Consejo Universitario de la UCV y de las manos de la Rectora, doctora Cecilia García-Arocha. Sus palabras para el nuevo doctor y sus pares, en la facultad, presentes y fallecidos fueron elocuentes. De este acto especial nos permitimos transcribir parcialmente su discurso:

“No hay mejor regalo de los dioses que encontrar un maestro. A veces tenemos la fortuna de encontrar a alguien cuya palabra nos abre horizontes antes insospechados, nos enfrenta con nosotros mismos rompiendo las barreras de nuestras propias limitaciones; su discurso rescata pensamientos presentidos que no nos atrevíamos a formular, e inquietudes latentes que estallan con una nueva luz. Y curiosamente, no nos sentimos humillados por seguir el curso de un pensamiento ajeno, por el contrario, su discurso nos libera y nos ensancha, creando en nosotros un juicio paralelo con el que reestructuramos nuestra

forma de ver la realidad, y luego, extinguida la palabra, aun encontramos los ecos que rebotan en nuestro interior obligándonos a ir más allá, a pensar por nuestra cuenta, a extraer nuevas conclusiones que no estaban en el discurso original... Este es el objetivo: ser maestros de la humanidad... A través de las materias que enseñamos, o quizás, a pesar de las materias que enseñamos; recuperar y transmitir el sentido de la sabiduría; rescatar para nuestros alumnos, de entre la maraña de la ciencia y la cultura, el sentido de lo fundamental permitiéndoles entenderse a sí mismos y explicar el mundo que nos rodea” Así se expresa José María Esteve, de la Universidad de Málaga, en su análisis acerca del significado de ser docente universitario.

A propósito de este día hemos tomado su reflexión para dar inicio a nuestra intervención, pues es éste a nuestro juicio, además de un acto de justicia y gratitud, un encuentro con maestros, quienes, en la diaria entrega de saber, en sus ejecutorias ciudadanas a través de su labor

universitaria y su obra de vida, se han identificado como profesionales y ciudadanos de valía. Y es que tal como lo hemos señalado en similar ocasión, “transcurrir por la vida dejando huella, hace a los seres humanos imperecederos en la memoria de los pueblos y de sus instituciones”...

(...) Andre Singer de fructífera labor académica, ostenta como fundamental característica la humildad y la modestia, cualidades que nunca obviarán su excelente desempeño como docente, profesional y ciudadano (...).

Se honra hoy la UCV al rendir a ustedes el homenaje máximo que pueda ser objeto la labor creadora, la contribución al enriquecimiento cultural y científico de hombres, mujeres y pueblos, la trayectoria íntegra, los valores éticos que se conjugan en ciudadanos y ciudadanas de esta universidad y de este país y orgullosa proclama que en esta UCV hay reserva de talentos y dignidad, porque a pesar de las adversidades, en esta UCV continuamos venciendo la sombra. Caracas, 5 de abril de 2011.



Abril 5, 2011. Prof. Franck A. Audemard (izq.) y los homenajeados: profesor Andre Singer (centro) y profesor Franco Urbani (der.) Acto de entrega Doctorado Honoris Causa.



Septiembre 18, 2018 Prof. Andre Singer (izq.), Embajador de Francia en Venezuela, Romain Nadal (centro) y Prof. Franck A. Audemard (der.). Acto de inauguración de la exposición “Por si tiembla”. Patio Central del Metro de Caracas.

Thomas Green Clemson: 1807-1888

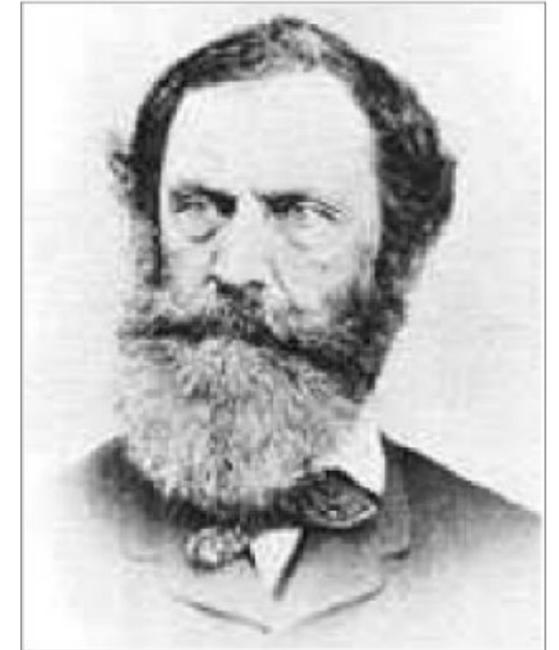
Primer geólogo Norteamericano en Cuba.

Thomas Green Clemson fue un personaje multidisciplinario. Se alistó voluntariamente al ejército de los Estados Confederados en la guerra Civil de los Estados Unidos; destacó como ingeniero de minas y dueño de plantaciones; impulsó la agricultura científica; fue promotor de centros de educación superior, artista, y coleccionista de arte. Sirvió como funcionario gubernamental, Embajador y Superintendente de Agricultura de los Estados Unidos. La Universidad Clemson University, en Carolina del Sur, se nombra así en su honor.

El capital inglés en la minería cubana a principios del siglo XIX.

La creciente necesidad de materias primas que experimentaba Inglaterra a principios del siglo XIX, fue uno de los factores que propicia su participación en el resurgimiento de la minería en Cuba. Los ingleses aprovecharon el Real Decreto Orgánico e Instrucción de Minas de 4 de junio de 1825¹ que permitía a los extranjeros no naturalizados denunciar y registrar minas, algo que estaba prohibido en la anterior Ordenanza de Minería de 22 de mayo de 1783². Como consecuencia del mismo, se produjo una avalancha de solicitudes, sobre todo cerca de Santiago de Cuba, a pesar de la lentitud de las autoridades españolas y la tardanza en la llegada de inspectores de minas para implementar el nuevo decreto. Para 1856 en el Departamento Oriental se contaban 964 nuevas concesiones, de ellas más de 736 en la jurisdicción de El Cobre³.

La minería del cobre experimentó un importante crecimiento a partir del segundo tercio del siglo XIX. Después de 1830, los concesionarios de El Cobre eran - por orden de la importancia: Compañía Consolidada (inglesa),



San José (española), Santiago (inglesa), Nueva Descubierta (española), Don José Bonastra (española) y New-York Drussing Ore Company (norteamericana) para el beneficio en las antiguas escombreras⁴. La Compañía Consolidada introduce nuevas tecnologías en el laboreo minero con la apertura de pozos y galerías profundas en busca de vetas madres⁵. Hacia 1842 ingleses y norteamericanos controlan toda la producción de la mina de El Cobre y construyen un ferrocarril hasta el puerto⁶. La Isla se convirtió en uno de los grandes productores mundiales de mineral. En 1836 se exportaban 6 425 toneladas y en 1847 alcanzaba las 24, 000 toneladas⁷. Las empresas de El Cobre contratan en

¹ Entró en vigencia en Cuba en 1830

² Zamora y Coronado, José María Biblioteca de Legislación Ultramarina, Madrid, Martín Alegría, 1844-1846, vol. IV, pp. 348-362 y 313-343.

³ Pezuela y Lobo, Jacobo de la. Diccionario geográfico estadístico histórico de la Isla de Cuba. Madrid, Imprenta del Establecimiento de Mellado, 1863. 4 tomos.

⁴ Pezuela y Lobo, Jacobo de la. Diccionario geográfico estadístico histórico de la Isla de Cuba. Madrid, Imprenta del Establecimiento de Mellado, 1863. 4 tomos.

⁵ Portuondo Zúñiga Olga Metodos y tecnologías en el beneficio colonial del cobre cubano (1599-1800). (Universidad de Oriente, Santiago de Cuba).

⁶ Albear, J.F. y Echevarría, G. Resumen de la actividad geológica y minera en Cuba antes y después del triunfo de la Revolución. Editorial Academia, 1968

⁷ Roldan de Montaud Inés "La minería del cobre en Cuba. Su organización, problemas administrativos y repercusiones sociales (1828-1849)", Revista de Indias, núms. 159-162, 1980, pp. 255-299.

1832 a los geólogos Richard Taylor y Thomas Clemson, para trabajar en las minas.

Richard Cowling Taylor, fue un geólogo nacido en Hinton Suffolk, Inglaterra el 18 de enero de 1789. Bajo la tutoría de William Smith, "el padre de la geología británica," se graduó como ingeniero de Minas y geólogo, se involucró en estudios en ese país. En 1830 se viajó a los Estados Unidos, donde trabajó en la prospección de yacimientos de carbón en Blossburg y de hierro en Dauphin, Pensilvania. En 1832 conoció a Thomas Clemson, presidente de la Sociedad Geológica de Pensilvania y le invita a venir a Cuba donde ambos van a permanecer por espacio de casi cinco años. Murió en Filadelfia el 26 de noviembre de 1851.

El éxito económico en las minas de Santiago de Cuba, estimuló el desarrollo de otras en las cercanías de Holguín. Taylor y Clemson realizan un extenso y minucioso trabajo sobre la geología de esta zona de Holguín. El reconocimiento geológico de Taylor-Clemson llevó al descubrimiento y explotación de un importante número de vetas en el denuncio denominado "Savana Vieja". Este trabajo sobre Holguín, fue el primero publicado en los Estados Unidos sobre la geología de Cuba⁸. En 1846 tuvo una segunda publicación, más ampliada⁹.

En 1828, Ramon de la Sagra publica "Descubrimiento de diversas Minas en la Isla de Cuba" en la cual se habla de la presencia de yacimientos de carbón al Este de la Habana¹⁰. Se trataba en realidad de yacimientos de asfalto natural



Fragmento del mapa de Juan de la Cruz Cano y Olmedilla de 1765 donde se muestran las Minas en el Cuabal de Bacuranao al Este de La Habana.

⁸ Taylor, Richard Cowling Esq. F.G.S. (1837) IV. Notes relative to the geology of a portion of the district of Holguin in the Island of Cuba, and the mineral region on the North-east coast, from the observations of himself and Thomas G. Clemson, Esq., Philosophical Magazine Series 3,

⁹ "Mémorial on the Character and Prospects of the Copper region of Gibara, and a Sketch of the Geology of the Nord--East Part. of the Island of Cuba"

¹⁰ Sagra, Ramón de la "Descubrimiento de diversas minas en la isla de Cuba." Anales de ciencia, agricultura, comercio y artes 1 (1828): 323-331.

¹¹ Prinsep, James. "Coal from the District of Guanah, in the Island of Cuba, Analysed by D. Ramon De La Sagra." The Journal of the Asiatic Society of Bengal 1, no. 8 (1832): 366.

¹² Coal: A Global Object of Knowledge Circulation Dr. Helge Wendt, Max Planck Institute for the History of Science, Berlin (Germany) hwendt@mpiwg-berlin.mpg.de

¹³ Taylor, Richard Cowling y Thomas C. Clemson. "Notice of a Vein of Bituminous Coal recently explored in the vicinity of the Havana, in the Island of Cuba." Transactions of the American Philosophical Society of Philadelphia" 1837 (fue también impreso en «Biblioteca Universal de Ginebra» en 1838 y finalmente traducido y publicado en los Anales de la Sociedad Patriótica 1839)

¹⁴ Taylor, Richard Cowling y Thomas C. Clemson. "Notice of a Vein of Bituminous Coal recently explored in the vicinity of the Havana, in the Island of Cuba". Transactions of the American Philosophical Society of Philadelphia" 1837 (fue también impreso en «Biblioteca Universal de Ginebra» en 1838, traducido y publicado en los Anales de la Sociedad Patriótica 1839).

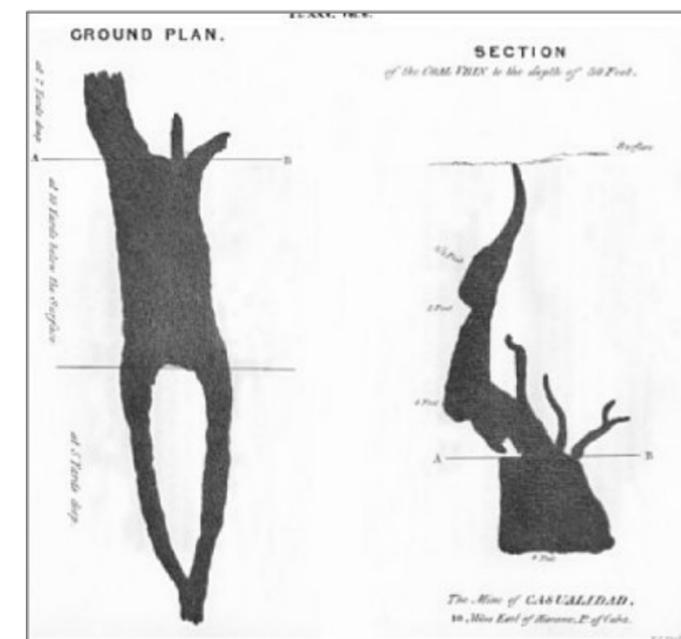
que se explotaban en estas localidades desde hacía decenas de años. La publicación fue reproducida en varios países¹¹ levantando, especialmente en Inglaterra, un marcado entusiasmo por conocer el potencial productivo real del "carbón cubano"¹². El interés inglés por este combustible en Cuba tenía varios matices. El primero era relacionado con el cobre. El mineral procedente de Cuba era elaborado en Swansea en un proceso metalúrgico que demandaba una gran cantidad de hulla inglesa y se temía que los españoles interrumpieran la exportación para procesar el cobre en la isla. El segundo, era porque Cuba era un importante cliente del carbón de piedra galés que se transportaba hacia la isla en los mismos buques que llevaban el mineral de cobre. Y en tercer lugar, una colonia americana de España, productora de carbón podía también sustituir el mineral de Gales en el mercado norteamericano.

Taylor y Clemson se trasladan hacia el Este de la Habana publicando sus investigaciones en 1837¹³ y en 1848. En los artículos se despejan muchas de las dudas existentes sobre las "minas de carbón" identificando el mineral como asfalto natural y no carbón de piedra, así como una mejor descripción geológica y recomendaciones para la posterior explotación¹⁴. Los autores corroboran las descripciones de Humboldt en esta zona y mencionan por su nombre a "los pozos de petróleo de Guanabacoa", los cuales, eran "bien conocidos desde hacía, por lo menos, trescientos años". El trabajo es la primera confirmación de las fuentes de chapapote de la costa oriental de la Bahía de la Habana: "donde se recoge para ser utilizado para reparar los barcos".

En un trabajo posterior, Richard Taylor reporta las manifestaciones en la bahía cuando dice "Incluso en la Bahía de la Habana, la costa en marea baja es abundante en asfalto y lutitas bituminosas para la impermeabilización de naves como sustituto de la brea". Taylor hace una revelación hasta el momento desconocido cuando afirma que "en los tiempos de los piratas, se acostumbraba a hacer señales quemando grandes masas de chapapote cuyas densas columnas de humo podían ser reconocida a grandes distancias y servían de señal a los barcos en el mar"

Los depósitos bituminosos descritos por Taylor y Clemson en la Mina Casualidad son una vena de petróleo sólido que se observa muy bien en una excavación de forma rectangular de unos 30 pies de profundidad cortada en rocas margosas relativamente suaves. El asfalto se utilizaba como un sustituto del carbón en calderas, trapiches azucareros y para la manufactura de gas. Luego de la extracción de la fase sólida quedaba petróleo crudo más ligero llenando las cavidades de masas de calcedonia a unas pocas yardas del asfalto. Los geólogos revocan la definición de carbón para el mineral definiéndolo como un producto de la oxidación del petróleo. Taylor y Clemson refieren a otros pozos perforados en las serpentinitas no lejos de San Francisco de Paula con las mismas manifestaciones de petróleo ligero relleno de los lugares de explotación.

En 1848 Richard C. Taylor publica en Filadelfia el libro "Statistics of Coal" que incluye la distribución de los criaderos de sustancias bituminosas tanto asfalto como petróleo conocidas entonces en todo el globo poco tiempo antes del descubrimiento del primer petróleo comercial



Esquema de la Mina de petróleo sólido Casualidad, 1837.

por parte del coronel Drake en Pensilvania. Este libro es considerado la principal fuente de información global sobre la industria petrolera previo al descubrimiento de Titusville en 1859. Aquí, se hace la observación que las llamadas minas de carbón de las cercanías de la Habana no eran realmente minas de carbón sino de petróleo sólido, pastoso y semilíquido "the substance denominated chapapote". Como un elemento demostrativo que no se trataba de carbón mineral es la descripción exacta de la forma y la dirección de las venas "la dirección de las venas es casi norte-sur mientras que la dirección general de la estratificación es casi Este-Oeste siguiendo la dirección de la isla.

Notas biográficas de Thomas Green Clemson

1807 julio 1. nace en Filadelfia, hijo de Elizabeth Baker Clemson y del mercader Thomas Clemson III, descendiente de cuáqueros.

1823-1824. Estudia en la Captain Alden Partridge's Academy, en la Universidad de Norwich, Vermont.

1825. Estudia Mineralogía en Filadelfia.

1826-1831 Viaja a Francia a estudiar y trabajar con el químico Gaultier de Clowbry. Asiste a conferencias en La Sorbonne y la Real Escuela de Minas.

1831. Se gradúa de Probador de minerales en la Royal Mint de Francia. Miembro de la Geological Society of Pennsylvania. En Missouri adquiere la mina LaMotte.

1833-1838. Trabaja en Cuba, donde ejerce como geólogo e ingeniero de minas.

1838. Se casa en Fort Hill con Anna Maria Calhoun hija de John Caldwell Calhoun, un líder político de los estados del sur de los Estados Unidos.

1840-1843. Administra la plantación Fort Hill y la mina de oro Dahlonga, Georgia.

1844-1852. Encargado de Negocios en Bélgica, donde continua sus estudios sobre la remolacha azucarera. Recibió la *Orden Leopold* de manos del Rey Leopoldo I por sus servicios en mejorar las relaciones comerciales entre los dos países.

1852 En Prince Georges, Maryland, compra una finca de 100 acres, "The Home" para llevar a cabo investigaciones agrícolas y estudios.

1859. El presidente James Buchanan le invita a organizar el Buro de Agricultura.

1860. Superintendente de Agricultura, renunció antes que comenzara la guerra civil.

1861. Se une al ejército de los Estados Confederados con el grado de 1er Teniente. En el Cuerpo de Nitro y Minas desarrolla las minas de nitratos en Texas.

1865. Licenciado del ejército en Shreveport, Luisiana.

1866. Elegido Presidente de la Pendleton Farmers Society y de una institución para servir las necesidades educacionales de Carolina del Sur. Administrador de la finca Calhoun.

1880. En el borrador de su testamento llama al establecimiento de una institución superior "The Clemson Agricultural College of South Carolina" en Fort Hill.

1888 abril 6. Muere Thomas Green Clemson.

1889. En sus propiedades de Fort Hill se funda un colegio militar. En 1964 el colegio militar cambió el nombre a Clemson University.



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

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la Industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited. tenreiro2015@gmail.com

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Rubén A. Cartagena Covarrubias

Evolución magmática del sector norte del campo volcánico monogenético El Negrillar, región de Antofagasta, Chile.

Universidad de Chile.

Memoria para optar al título de geólogo, 2022

Sustentante: **Rubén Agustín Cartagena Covarrubias.**

Director de Tesis: *Patricia Larrea Márquez.*

Resumen

El Negrillar es el campo volcánico monogenético más voluminoso de la Zona Volcánica Central (ZVC). Se ubica en el límite SO del Complejo Volcánico Altiplano-Puna (CVAP) y puede ser dividido, según la distribución del depósito de avalancha de detritos del volcán Socompa, en tres sectores: Norte, Central y Sur. El sector Norte (objeto de este estudio), de ~2,48 km³, está constituido por 15 centros eruptivos que comprenden 36 flujos de lava y 9 conos. Estos centros pueden ser agrupados, considerando una cronoestratigrafía, en tres subzonas: occidental (Vinagrillo, Aguilucho y Lloica), oriental-Sur (Romerillo, Chachacoma, Algarrobo y Tamarugo) y oriental-Norte (Añañuca, Llaretta, Las Ortigas, Brava, Luchecillo, Pata De Guanaco, Toconao y Pacul). Las lavas del sector Norte presentan características morfológicas y reológicas asociadas a los magmas más evolucionados de todo el campo volcánico, es decir, mayores espesores, viscosidades y tiempos de emplazamiento. Con respecto a la composición química, el sector Norte comprende rocas calco-alcalinas de composiciones andesíticas a dacíticas, que presentan cristales de piroxeno (clinopiroxeno y ortopiroxeno), plagioclasa, anfíbol y minerales opacos, y en menor medida olivino. Además, la mayoría de las rocas exhiben xenocristales de cuarzo. Igualmente, las características físicas y químicas de este sector corresponden a las de los magmas más evolucionados de El Negrillar y de otros centros monogenéticos cercanos (e.g., Cerro Overo, La Albóndiga, El País, Cerro Tujle y el campo volcánico Tilocálar). La geoquímica de El Negrillar muestra centros eruptivos de composiciones relativamente similares entre sí, pero con grados de diferenciación levemente distintos. Para poder explicar esto, se realiza un modelo de diferenciación magmática asociado al proceso de cristalización fraccionada mediante el software Rhyolite-MELTS. El modelo que mejor se ajusta a las rocas de El Negrillar considera temperaturas de fraccionamiento de 1200–950°C, presiones de 350–225 MPa, profundidades de ~14,5–9 km, fugacidades de oxígeno de ~-8–-11,5 (log fO₂, buffer QFM) y contenidos de H₂O disuelta en el magma de ~2–5,1% en peso. Sin embargo, no existe una correlación directa entre la cronoestratigrafía definida y la evolución geoquímica de las lavas, por lo que se sugieren períodos de recarga magmática a lo largo del tiempo. Además, se infieren procesos de asimilación cortical debido a la falta de ajuste del modelo para ciertos elementos mayores, y a la presencia de xenocristales de cuarzo en las lavas. Con ello, se propone que los centros eruptivos del sector Norte de El Negrillar se formaron a partir de magmas parentales que experimentaron procesos de diferenciación magmática tales como la cristalización fraccionada y asimilación cortical, junto con períodos de recarga máfica a lo largo del tiempo. Para cuantificar estos procesos, se proponen estudios geoquímicos de elementos traza e isotópicos junto con estudios termobarométricos, que permitan constreñir la historia evolutiva y pre-eruptiva de estos magmas.

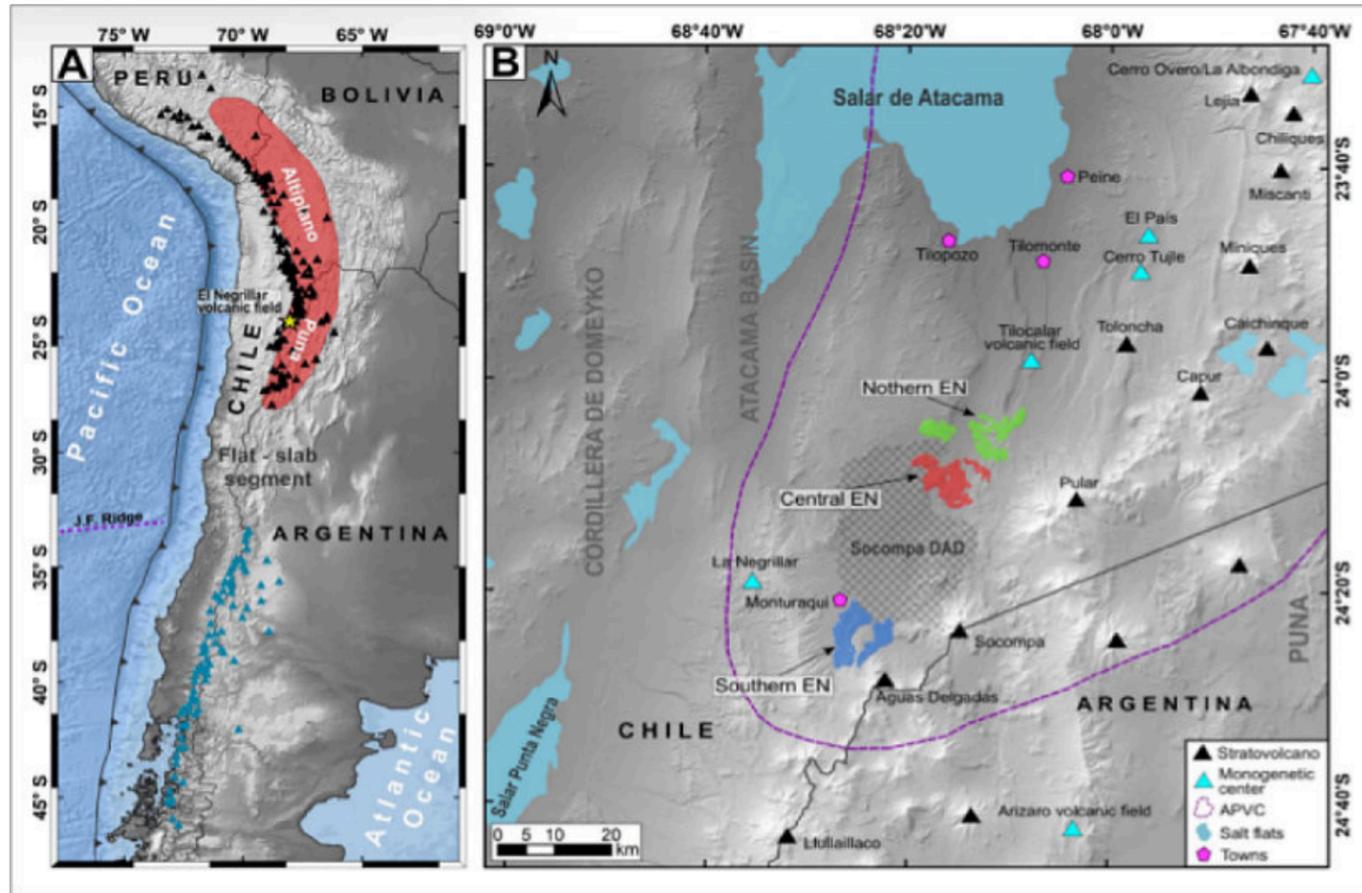
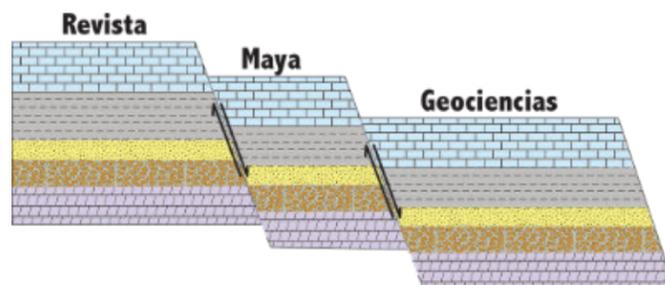


Figura 1.1. (A) Mapa de la zona de subducción occidental de Sudamérica y Los Andes con la ubicación del campo monogenético El Negrillar (estrella amarilla). El plateau Altiplano-Puna está resaltado en rojo, y los triángulos indican volcanes compuestos de las Zonas Volcánicas Central (ZVC; negro) y Sur (ZVS, azul) la imagen de fondo es el modelo de elevación digital (DEM) SRTM 1-arc. (B) Modelo de elevación digital SRTM de El Negrillar, centros monogenéticos y estratovolcanes de la CVZ cercanos a El Negrillar. Se muestra la subdivisión de El Negrillar (EN) en tres grupos: Northern EN (El Negrillar sector Norte; área verde), Central EN (El Negrillar sector Central; área roja) y Southern EN (El Negrillar sector Sur; área azul). La línea discontinua morada muestra el límite sur del Complejo Volcánico Altiplano-Puna (CVAP). Extraído de Parra-Encalada et al. (2022).



Evaluación de peligros geológicos y delimitación de la faja marginal para el distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa - región - Arequipa, Perú.

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero geólogo, 2022.

Sustentante: **Christian Alain Arapa Huayta.**

Director de Tesis: *Dr. José Díaz Rodríguez.*

Resumen

La presente tesis realizada para la determinación de peligros es el resultado de los trabajos de campo y gabinete efectuados para la: "Evaluación de Peligros Geológicos y Delimitación de Faja Marginal para el Distrito de Uchumayo, Provincia de Arequipa - región Arequipa". Consiste en el estudio de peligros geológicos en el área de trabajo, la cual está próxima al río Chili en el distrito de Uchumayo, por lo cual se determinará zonas puntuales para la elaboración de mapas de peligros que cumplan con las especificaciones técnicas. A partir de la información generada por este estudio se podrá plantear propuestas de prevención y reducción del impacto de desastres en el área de influencia. El trabajo se basa en el análisis de los factores condicionantes; los cuales son: la geomorfología, geología y pendiente del terreno y el factor desencadenante considerado es la precipitación. Se definió los trabajos de campo realizados: Mapeo geológico, generación de plano topográfico, descripción de las condiciones del suelo, estratigrafía e identificación de los estratos del suelo o base rocosa y utilización de la metodología Saaty para su correcto análisis.

Así mismo, se realizaron estudios de geomorfología de la zona, el estudio de geología regional y geología local para identificar geológicamente las zonas más vulnerables. Teniendo en cuenta la competencia de los tipos de roca a sufrir alteraciones.

La geomorfología del área de estudio es dinámica, por causas de acción antrópica y de eventos naturales. Estos eventos tienden a convertirse en peligros probables cuando la población ocupa de manera negligente, áreas de influencia de potenciales peligros; esto debido principalmente a la expansión urbana y falta de políticas de uso del territorio, exponiendo a la población, infraestructuras a potenciales riesgos.

Finalmente se realizaron los trabajos de gabinete, donde se geoprocesó la data obtenida en campo mediante un sistema de información geográfica (GIS). El presente informe muestra zonas más estables y vulnerables a peligros geológicos.

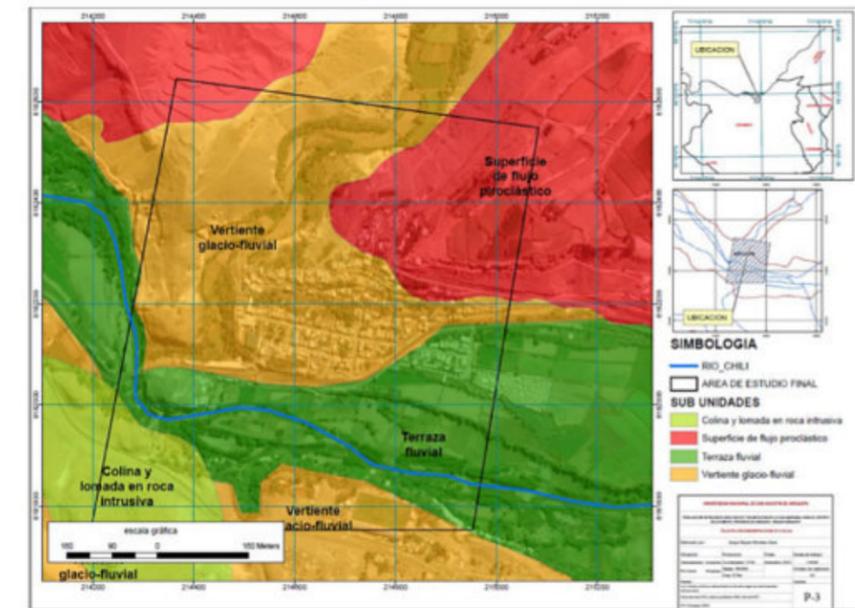


Figura 1.1. Plano geomorfológico local. Fuente: Elaboración propia.

Estimación cuantitativa de la amenaza sísmica en base a métodos geofísicos.

Pontificia Universidad Católica de Chile.

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Julio 2021.

Sustentante: **Laura María Mendoza Sión.**

Director de Tesis: *Esteban Sáez.*

Resumen

Chile es un país con alta amenaza sísmica, por esta razón es necesario contar con estudios de microzonificación sísmica que permitan determinar las áreas donde se espera una mayor amplificación del movimiento sísmico. El presente trabajo muestra el desarrollo de una estimación cualitativa y cuantitativa de la amenaza sísmica en el bloque costero entre Los Vilos y San Antonio. Para la caracterización sísmica de los suelos, se realizó una campaña de exploración geofísica que consistió en la ejecución de más de 200 mediciones de perfiles de velocidades de ondas de corte (V_s) empleando métodos basados en dispersión de ondas de superficie. Mediante un proceso de inversión se generaron perfiles de suelo, obteniendo los parámetros como: V_{s30} (promedio ponderado de las velocidades de corte hasta la profundidad de 30 m) y $V_{s<900}$ (promedio ponderado hasta la profundidad donde la V_s es menor de 900 m/s), además se obtuvieron las razones espectrales H/V, determinando las frecuencias predominantes (f_0) y amplitudes máximas (A_0). Con los resultados de los métodos basados en ondas superficiales, la geología, la topografía, datos de gravimetría se generaron polígonos que indican zonas de similares características sísmicas detectando áreas que son propensas a sufrir mayor amplificación.

Empleando una variación sobre una ley de atenuación previa (Montalva, 2017) que se incorporó en la plataforma denominada SeismicHazard, desarrollada por Candia et al. (2019) se obtuvo el valor del indicador de movimiento fuerte PGA (Aceleración Máxima de Terreno), con lo cual se generaron mapas para conocer la variación de este parámetro en el área de estudio. Finalmente, se compara el PGA con la aplicación de otras técnicas basadas únicamente en V_{s30} mediante la plataforma SeismicHazard.



Figura 1.1. Área de Estudio entre Los Vilos y San Antonio

Relevamiento geofísico (resistividad) de la sección inferior y desembocadura del Arroyo Pando - Sur del departamento de Canelones, Uruguay.

Universidad de la República (Uruguay).

Trabajo final de la licenciatura en Geología, 2020.

Sustentante: **Draper Caselli Javier.**

Tutora de Tesis: *Dra. Leda Sánchez Bettucci.*

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la porción sur de la desembocadura del Arroyo Pando en el departamento de Canelones. El trabajo expone los resultados obtenidos al aplicar la técnica geofísica de Tomografía de Resistividad Eléctrica en dos dimensiones. Se realizaron un total de seis Tomografías sumando un largo de 2.1 Km, utilizando los arreglos Wenner, Dipolo-Dipolo y Wenner-Schlumberger.

Una vez adquiridos los datos en campo se realizó la inversión de los mismos para obtener la resistividad real o calculada, para ello se procesó la inversión utilizando dos programas: a) Res2DINV de la empresa Geotomo Software y b) Rlmager versión 6.2 de la empresa canadiense Geogiga.

De acuerdo al procesamiento de los datos obtenidos en la zona de estudio, se generaron ocho perfiles de resistividad correspondientes a seis líneas. Se reconocieron un conjunto de estructuras subverticales que separan unidades con resistividades diferentes, así como potencias disimiles.

Se infiere que pueden existir en el área de estudio seis formaciones geológicas las que fueron separadas por sus valores de resistividad (unidades geoelectricas), además de utilizar los antecedentes geológicos locales y correlacionar con información de perfiles de pozos. Las unidades separadas son: basamento cristalino inalterado; basamento cristalino alterado (saprolito); Fm. Fray Bentos; Fm. Chuy; Fm. Libertad; Fm. Villa Soriano y Dunas costeras.

A nivel del área de trabajo, se observa como tendencia general que el paquete sedimentario tiene su mayor expresión al Oeste del Arroyo Pando, aumentado su espesor en la dirección SW. Al Este del Arroyo Pando el basamento cristalino se interpreta como un posible Horts que aflora con una mínima expresión de cobertura.

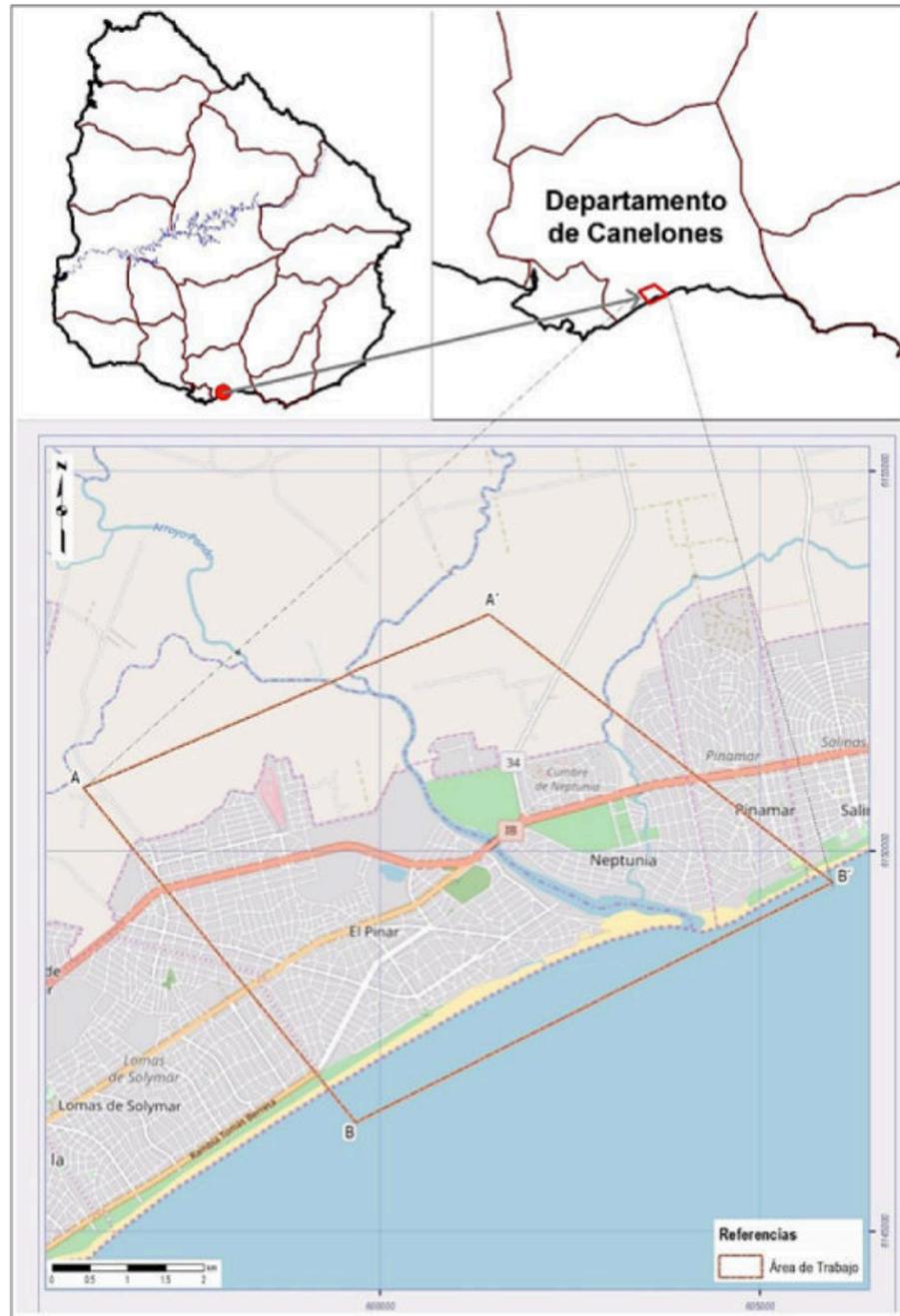


Figura 1.1. Ubicación del área de Canelones, Uruguay. Estudio sobre Google Street map.

Génesis de depósitos minerales de Cu y Au de la franja metalgénica Cretácica de Chile Central: distrito minero Tiltil.

Pontificia Universidad Católica de Chile.

Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Septiembre 2021

Sustentante: **Rocio Amneris Rudloff del Villar.**

Director de Tesis: *Carlos Marquardt Román.*

Resumen

A lo largo de la Cordillera de la Costa de los Andes Centrales se han descrito depósitos de tipo IOCG, IOA, estratoligados de Cu-(Ag) y pórfidos cupríferos, los cuales se asocian a las franjas metalogénicas desarrolladas en los períodos Jurásico y Cretácico. Durante gran parte de este período la placa sudamericana estuvo sometida a un régimen tectónico extensional a transtensional que a partir de la transición del Cretácico Inferior al Superior cambia a uno predominantemente transpresional a compresional. A pesar de este marco referencial, aún son numerosos los yacimientos y distritos mineros de esta franja cuya génesis y edad de formación no son conocidas o son materia de discusión. Este estudio busca entender el contexto geológico regional para el desarrollo de distritos mineros, la génesis de sus depósitos minerales y la continuidad a lo largo de la franja metalogénica. El objetivo de este trabajo es estudiar la geología del Distrito Minero Tiltil, comprender la geología de los cuerpos mineralizados de origen magmático-hidrotermal más característicos, sus distintas etapas de alteración y mineralización, y la relación espacial y temporal de estos. La metodología utilizada para ello consiste en: (1) mapeo geológico del distrito, de minas y de sondajes, (2) análisis geoquímicos y mineralógicos de muestras de los cuerpos mineralizados, (3) elaboración de modelos geológicos 3D y (4) confección de tablas paragenéticas de los depósitos más característicos del distrito. Se propone que estos depósitos minerales están genéticamente relacionados con la evolución tardimagmática del Plutón Caleu (~94 Ma) y que las etapas de alteración hidrotermal reconocidas en la mayoría de estos son: 1) alteración potásica temprana, de baja ley; 2) alteración albita-actinolita intermedia, estéril; 3) alteración sericítica y clorita-epidota con mineralización de pirita-calcopirita (menor bornita), cuarzo-hematita (especularita), turmalina, y en ocasiones magnetita; y 4) alteración tardía de calcita-cuarzo, estéril. Los resultados indican que en este distrito ocurren dos tipos de depósitos minerales de origen magmático-hidrotermal: (1) de tipo IOCG, principalmente en cuerpos vetiformes y brechas con contenidos de Au, Cu y Fe asociados a sulfuros, hematita y cuarzo, y (2) de tipo estratoligados de Cu-(Ag), principalmente en cuerpos mantiformes con bajos contenidos de Fe.

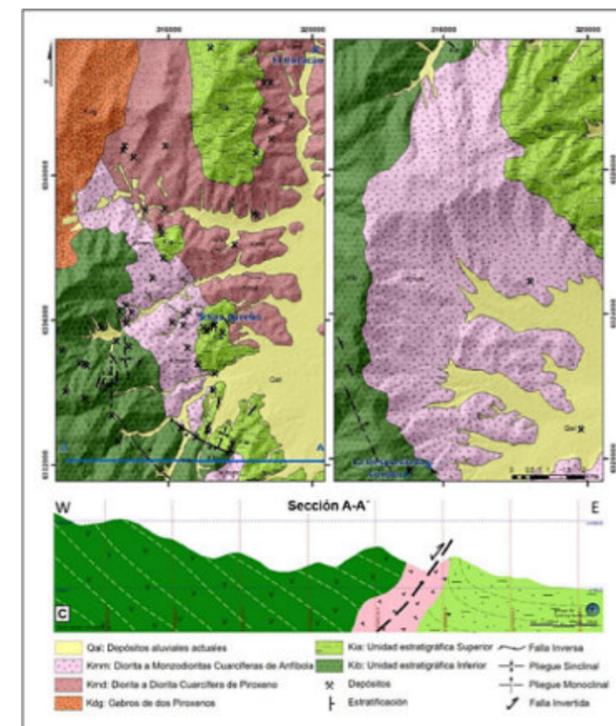


Figura 1.1. Mapa de litologías y estructuras mayores del Distrito Minero Tiltil, escala de mapeo 1:25.000 (Modificado de Wall et al., 1999). Se indica catastro de minas y depósitos escogidos para estudio de detalle. Se usa hillshade como fondo de la geología. Se indica sección AA', donde se sugiere que los intrusivos se emplazan a lo largo del contacto por falla entre las dos unidades de rocas volcánicas del distrito (inspirado en Boyce et al., 2020)

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/18096>

44 FIL. Palacio de Minería MEXICO

TRATADO DE VETAS

México 1795 de Andrés Manuel del Río.
Transcripción, estudio preliminar y edición crítica por Lucero Morelos Rodríguez y Francisco Omar Escamilla González.
Edición: UNAM, Facultad de Ingeniería, División de Educación Continua y a Distancia, 2022.

Presentan: Rafael Guevara Fefer (FFYL-UNAM), Enrique González Torres (FI-UNAM) y los editores: Lucero Morelos Rodríguez (IGL-UNAM), Francisco Omar Escamilla González (FI-UNAM).
Modera: Víctor Manuel Rivera Romay (FI-UNAM).
sábado 25 de febrero
Lugar: Antigua Capilla Horario: 17 a 18:30 hrs

Presentación editorial

Presentación del libro Tratado de Vetas 1795 de Andrés Manuel del Río

Dr. Enrique Alejandro González Torres.

Jefe de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, U.N.A.M.

Participar en la presentación del libro Tratado de Vetas de Andrés Manuel del Río, además de ser un privilegio y que agradezco el haber sido invitado, es una oportunidad de comentar un libro en el que convergen ciertas particularidades. En primer término, es un libro que permaneció por un poco más de 200 años sin conocerse y cuyo hallazgo fue un poco fortuito. Lo anterior, permite evocar las narraciones silenciosas de las rocas a través de la siguiente analogía geológica, “los cuerpos de roca formados en tiempos pasados, después de estar sepultados en las entrañas de la corteza durante enormes períodos de tiempo, a través de diversos procesos geológicos son expuestos en afloramientos que permiten a los geólogos observarlas y poder leer las narraciones que nos cuentan sobre su origen y su evolución a lo largo del tiempo, y de esa forma construir la historia y la evolución de las distintas regiones de la Tierra”. En este caso, la Dra. Lucero Morelos y el Mtro. Francisco Omar Escamilla realizan el rescate de un libro que permite reconocer entre otras cosas, los orígenes de nuestra Facultad de Ingeniería a través de la transcripción, estudio preliminar y edición crítica del libro, con un gran rigor y una amplia erudición sobre el tema.

El segundo lugar, a partir de ese estudio preliminar que acompaña el libro, nos proporcionan el contexto histórico en que se escribió Tratado de Vetas, que nos involucra en las raíces de la ingeniería en México y la influencia que está tuvo de las incipientes escuelas de ingeniería, así como las aportaciones que esas nacientes escuelas proporcionaron al mundo, además de conocer corrientes de pensamiento de esa época, un intervalo del tiempo y espacio en el que confluye una atmósfera académica. Una tercera particularidad, es el significado que tiene esta obra al presentarse cuando la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México acaba de conmemorar los 230 años de su creación. Sin duda alguna, un espacio de tiempo para comprender parte de nuestro pasado y afrontar los retos del presente.

A partir de las particularidades descritas, quiero compartirles para que ustedes puedan tener un mejor contexto del libro que se presenta, que Andrés Manuel del Río escribió diversos tratados, y varios de ellos quedaron inéditos. Uno de éstos es el de Tratado de Vetas, libro que se menciona ampliamente en los numerosos estudios de Andrés Manuel del Río, pero que en sus acervos no había sido localizado. Cabe señalar, que, en esa época, los manuscritos de los profesores eran transcritos por los alumnos, por lo que la circulación del Tratado de Vetas y de otros libros se dio a través de copias manuscritas realizadas por los alumnos, quienes además en ocasiones escribían sus notas y observaciones sobre los mismos, y de esa forma se difundían las obras de los profesores.

Existe un manuscrito original del Tratado de Vetas, que perteneció a uno de sus alumnos, Mariano Goysueta, que data de 1816, el cual forma parte de una colección de manuscritos latinoamericanos resguardado en la Universidad de Yale. A partir de ese manuscrito original, Arturo Arnaiz y Freg, realizó una reproducción que se conserva en la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada de la SHCP en la CDMX. La citada reproducción son microfilms que en primera instancia hicieron bastante complicada la transcripción, además de que muchos de los términos utilizados están en desuso, por lo que hubo que buscar su significado o equivalencia de esos términos en otras obras, de tal forma, que el libro que hoy se presenta implicó todo un desafío y un trabajo de alta complejidad.

Una de las grandes riquezas de esta primera edición de Tratado de Vetas es el estudio preliminar que acompaña al libro, el cual narra en forma minuciosa el contexto en el cual se escribió, una narrativa espléndida y rigurosamente documentada. Para compartir con nuestra comunidad, y por cuestiones de tiempo quisiera retomar solo algunos aspectos que desde mi percepción resultan particularmente relevantes.

La primera escuela técnica superior para entrenamiento de mineros se fundó en 1765 en Freiberg, Sajonia, cuyo modelo se replicó en otros territorios europeos, entre ellos España y sus colonias, en las cuales se promovió la fundación de Academias de Minas. Entre los primeros estudiantes de la Academia de Freiberg se encontraba Abraham Gottlob Werner, quién desde 1775 hasta su fallecimiento en 1817, fue profesor y líder de dicha institución, además de ser una figura emblemática en las Ciencias de la Tierra. Durante ese intervalo de tiempo, formuló teorías, métodos y textos que son

considerados parte de los cimientos de la geología moderna, misma que vinculó desde entonces a la explotación minera. En la amplia cantidad de conceptos teóricos que se mencionan, destacan la Orictognosia, que designaba la ciencia del conocimiento de minerales, su descripción, etc., y la Geognosia, la ciencia de las montañas, capas de minerales y sus relaciones con su entorno y el tiempo.

Los conceptos acuñados en la Academia de Minas de Freiberg en la cátedra de Mineralogía impartida por Werner, tuvieron una amplia difusión a través de sus estudiantes, entre los que destacan Alexander Von Humboldt, los hermanos Fausto y Juan José de Elhuyar, Andrés Manuel del Río, entre otros. Al fundarse el Real Seminario de Minería de México, bajo la dirección de Fausto de Elhuyar. Uno de los cuatro cursos que se impartían estaba a cargo del profesor Andres Manuel del Río, lo cual pone de manifiesto que en los orígenes de lo que ahora es la Facultad de Ingeniería, existió la influencia directa de una de las escuelas más importantes de ese entonces, cuyo corriente de pensamiento se denominaba neptunismo, por lo que de cuna nuestro origen pertenece a dicha escuela.

Son de destacar en dichos orígenes, por ejemplo, la circulación de impresos sobre ciencia y técnica, comentados o traducidos que son las versiones antecedentes de las revistas científicas actuales y de la transferencia de conocimiento y tecnología. Así mismo, los modelos educativos que incluían en la enseñanza integraban cuatro cursos básicos: Física, Química, Matemáticas y la Mineralogía, siendo las tres primeras los antecedentes del núcleo de enseñanza de las Ciencias Básicas, antecedentes de los actuales planes de estudio, en que se describen los contenidos de los cursos básicos. Lo anterior muestra que de “nacimiento” en la enseñanza de la ingeniería existió una planeación de las asignaturas impartidas, se inculcaron aspectos relativos a la disciplina, además de cuidar que el conocimiento de los ingenieros permitiese la ubicación de los mejores yacimientos minerales, así como el de implementar las mejores técnicas de extracción y beneficio de los minerales.

Para lograr lo anterior, se impartían cursos teóricos, además de que se privilegió la importancia de que la formación de los ingenieros tuviese una componente práctica, no solamente de laboratorio en donde entre otras cosas se identificaban minerales, sino también la importancia de las prácticas de campo y de minas. Desde entonces se apreció el valor de las observaciones sistemáticas, descripciones y las incipientes clasificaciones de minerales y rocas, rasgo que como señala Jorge Wagensberg sigue vigente y cito: “todas las disciplinas científicas comparten una ilusión: comprender la realidad. Y no es lo único que comparten, también comparten lo fundamental de su estrategia para lograrlo: la observación de la realidad”.

Es interesante destacar, que en sus orígenes, en las escuelas de minas dominaron los métodos interdisciplinarios y el concepto de la naturaleza como una fuerza global, que posteriormente como indica Andrea Wulf, “a medida que los científicos se fueron refugiando en sus especialidades concretas con las divisiones, subdivisiones y especialidades se fueron perdiendo dichos métodos interdisciplinarios”.

La narrativa del estudio preliminar realizado por Lucero Morelos y Omar Escamilla, leído desde la perspectiva del presente, permite vislumbrar como se ha ido realizando la construcción del conocimiento geológico, así como mostrar en forma aleccionadora, como algunas de “las grandes controversias geológicas” descritas en la evolución de esta ciencia, como lo fue la sostenida entre los neptunistas y plutonistas o los gradualistas y catastrofistas, las cuales pudieron ser resueltas por los alumnos de los profesores emblemáticos, que no obstante que reconocían la sabiduría y experiencia de sus profesores, tuvieron la honestidad intelectual de reconocer los argumentos que sostenían una u otra teoría, acciones que permitieron el avance del conocimiento geológico.

El libro de Tratado de Vetas, de Andrés del Río fue el primer libro de geología moderna escrito y utilizado en América, que, en forma general, constituye propiamente un libro de yacimientos minerales, en el que se definen diversas estructuras que componen los yacimientos minerales, las relaciones que guardan las vetas minerales entre sí, y aunque no hace alusión directa a los principios estratigráficos establecidos por Nicolás Steno, se comenta sobre las relaciones temporales entre las vetas.

Asimismo, discute las relaciones que tienen las vetas con el exterior e interior de las montañas, a través de relacionar observaciones realizadas en diversos yacimientos del mundo, en que se perciben probablemente las metodologías establecidas en las expediciones realizadas por Humboldt, de establecer correlaciones de escala regional de las observaciones realizadas en diferentes cadenas montañosas del mundo, volcanes o tipos de vegetación, por citar algunas.

Tratado de Vetas aborda también aspectos no sólo descriptivos, sino de mayor profundidad como antigüedad de la diversidad de las vetas y minerales, de la antigüedad de las vetas respecto de las rocas, que posteriormente en la evolución de la geología pasarían a formar parte de uno de los conceptos más profundos de la geología: el tiempo geológico o tiempo profundo.

Además, proporciona explicaciones sobre los procesos de formación de las vetas o yacimientos minerales, aspectos que a través del tiempo la geología ha logrado explicar con mayor precisión y detalle con estudios geológicos y uso de equipos analíticos cada vez más sofisticados. Sin embargo, las observaciones, análisis e interpretaciones realizadas en esa época, han contribuido al entendimiento que ahora tenemos de dichos procesos. El libro concluye con un capítulo denominado “Pruebas de que las vetas fueron primero rajas abiertas”, en el que sugieren la concurrencia de eventos diferentes en la formación de las vetas, unos que permitieron la generación de espacios para las vetas (las fallas y discontinuidades) y otros procesos para que en dichos espacios se depositaran las vetas minerales. En el apartado citado, se discuten diversas pruebas para argumentar dicha propuesta.

El libro además se complementa con una sección de anexos que incluye la selección de textos que complementan las investigaciones de Del Río, que sin duda alguna contribuye a proporcionar al lector una visión integral sobre el texto.

Los significados que tiene esta obra al presentarse en el aniversario de los 230 años de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México son muchos y quiero destacar los siguientes:

La Facultad de Ingeniería y sus antecesoras de la más reciente a la más antigua, como son la Escuela Nacional de Ingeniería, la Escuela de Ingenieros, el Colegio Nacional de Minería y el Real Seminario de Minería, tienen profundas raíces, además de que, a partir de su fundación, han florecido diversas instituciones académicas y científicas. Una historia de 230 años, adquiere un significado más profundo cuando esos 230 años los dividimos en semestres, número de cursos impartidos, número de profesores y profesoras, de alumnos y alumnas, y más aún cuando a esos números les damos una dimensión humana, y más allá de la formación de ingenieras e ingenieros, cuando se les proporciona una dimensión social en la contribuciones en la generación de infraestructura, materias primas minerales, suministro de energía y agua, el enorme espectro de soluciones que han aportado para resolver las necesidades del país. Bajo esa perspectiva las semillas sembradas han sido prodigas en la cosecha obtenida.

El rescate de este libro permite integrar uno de los múltiples fragmentos de la historia de nuestra Facultad, y confirma la afirmación de la escritora Irene Vallejo, “las mejores cosas de nuestro mundo se abrían esfumado en el olvido”, “los libros se escriben para unir y así defendernos del inexorable reverso de toda existencia: la fugacidad y el olvido”, en este caso, Tratado de Vetas nos evoca las enseñanzas en el naciente Real Seminario de Minería.

Las actividades para festejar los 230 años del aniversario de la historia de nuestra Facultad han sido diversas, pero el rescate del Tratado de Vetas por parte de la Dra. Lucero Morelos y del Mtro. Oscar Escamilla, libro que hoy se presenta, constituye sin duda alguna, una pieza importante para entender las raíces de nuestra Facultad, espacio de una amplia comunidad.

En la actualidad los desafíos de la Ingeniería son múltiples, en un planeta en el cual el año pasado se reportó una población de 8 mil millones de personas, que demandan suministro de energía, de agua, de materias primas, de vivienda, infraestructura, etc., en donde el cambio climático requiere la generación de otras fuentes de energía, la captura y almacenamiento de CO₂, etc., sin embargo, la lección inmediata es que la formación de ingenieros de alta calidad, con conciencia y valores humanos, continua siendo una de las mejores inversiones de nuestra sociedad.

La transcripción del libro Tratado de Vetas y su estudio preliminar, proporciona además del conocimiento propio de un libro, la exploración a un segmento de la historia de la Facultad de Ingeniería y de la geología en México, que invita a realizar un análisis retrospectivo para intentar localizar los puntos nodulares en donde la ingeniería se ha visto favorecida y en los que se ha visto obstaculizada, es una forma de estar en posición de reconocer los orígenes, las nuevas tendencias y desafíos de la ingeniería en México.

Referencias

Vallejo, Irene, 2021: El infinito en un junco, La invención de los libros en el mundo antiguo, Editorial Siruela, México, 1ª. Edición, 452 p.

Wagensberg, Jorge, 2003, Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?, Metatemas, Tusquets Editores, España, 3ª Edición, 126 p.

Wulf, Andrea, 2017: La invención de la naturaleza, El nuevo mundo de Alexander von Humboldt, Editorial Taurus, México, 1ª. Edición, 578 p.



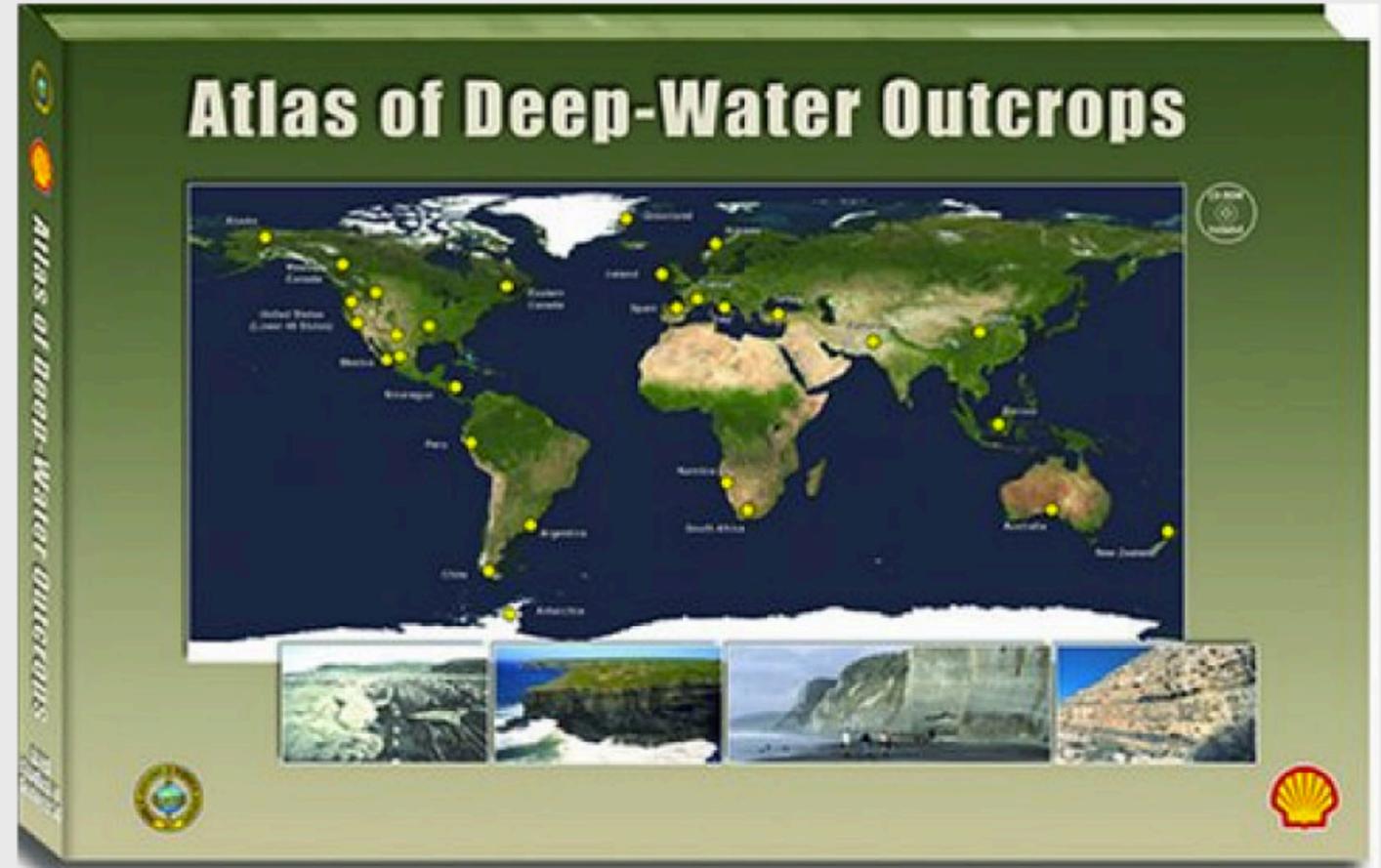
Enrique Alejandro González Torres es Ingeniero Geólogo egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Ciencias (Geología) por la Facultad de Ciencias, UNAM y Doctor en Ciencias de la Tierra (Geoquímica y Petrología) por el Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. Es Profesor Titular B de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería. Su experiencia docente inició como Profesor de Asignatura, impartiendo la asignatura de Geología de México de la cuál es profesor definitivo. Además, ha sido profesor de las asignaturas de Geología Física, Geodinámica Interna y Petrología Ígnea. Ha impartido alrededor de 60 cursos semestrales. En la formación de estudiantes ha dirigido trabajos de titulación y participado como sinodal en un poco más de 150 exámenes, tanto en licenciatura como en posgrado, además de ser responsable de Proyectos PAPIIT y PAPIIME otorgados por la UNAM para investigación y elaborar materiales didácticos para la docencia.

La producción académica obtenida de los proyectos de investigación en los que ha colaborado se ve reflejada en la publicación como autor o co-autor de varios artículos publicados en revistas científicas indizadas. Es co-autor de la actualización del Mapa Geológico de México escala 1:4,000,000 del Atlas Nacional de México y, es autor o co-autor de cinco capítulos en libros.

En su experiencia profesional y académica destacan sus responsabilidades como Subdirector de Estadística y Análisis Minero y Jefe del Departamento de Geología Económica de la Dirección General de Minas, de la SECOFI, en el Instituto de Geología de la UNAM fue Secretario Técnico, se desempeñó como Coordinador de la carrera de Ingeniería Geológica en la Facultad de Ingeniería, y actualmente se desempeña como Jefe de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería.

El libro recomendado

<https://pubs.geoscienceworld.org/aapg/books/book/1273/Atlas-of-Deep-Water-Outcrops>

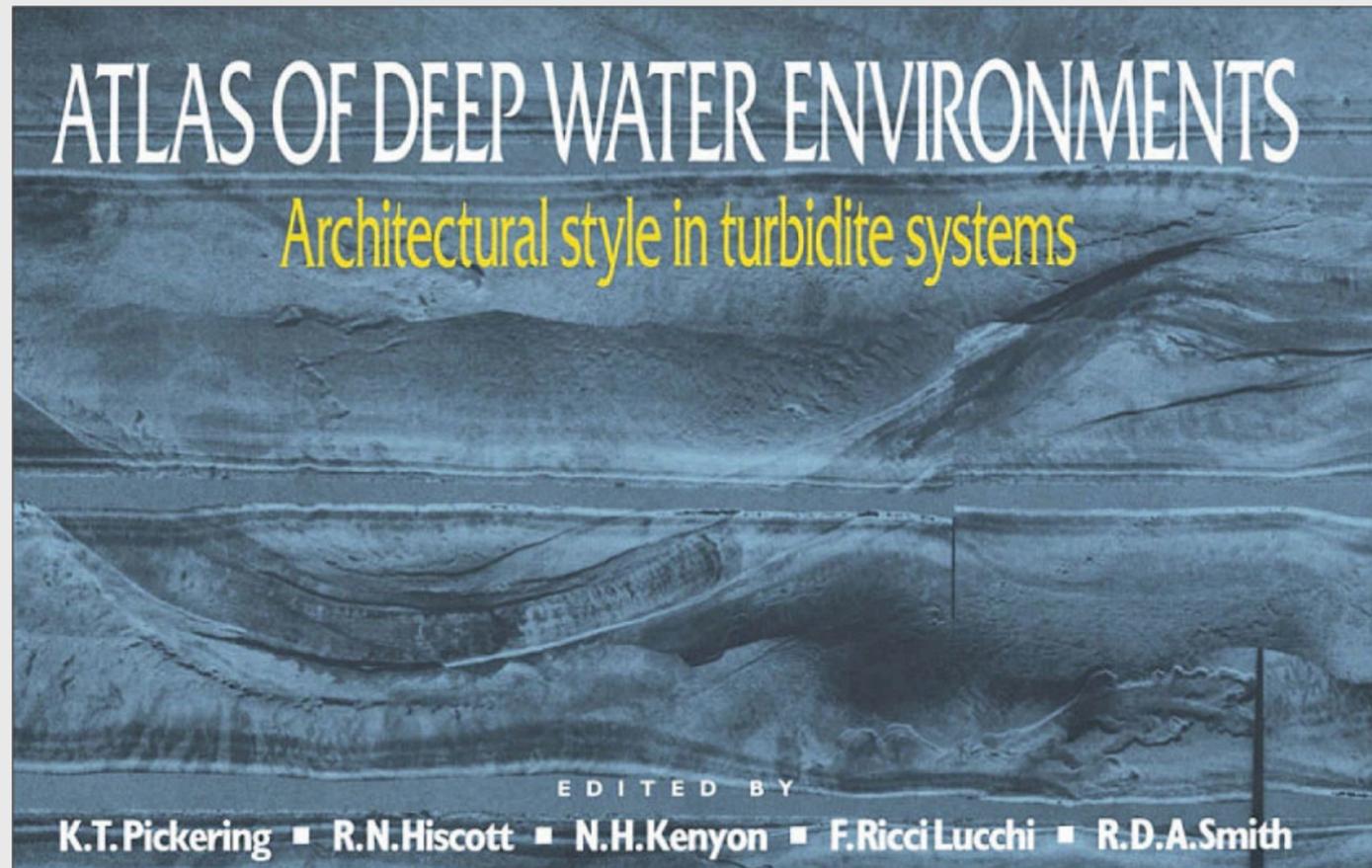


El éxito es la habilidad de ir de fracaso en fracaso sin perder el entusiasmo.

Winston Churchill

El libro recomendado

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-1234-5>



En la vida hay algo peor que el fracaso; no haber intentado nada.

Franklin D. Roosevelt

TEMAS DE INTERÉS

El mapa geológico. Breve ensayo de filosofía crítica.

Humberto Álvarez-Sánchez
Colaborador de la Revista

debemos indagar donde nuestras acostumbradas formas de pensar son anticuadas y donde no debemos cambiar con severidad nuestros hábitos de pensamiento, o bien, de otro modo, entregar nuestras brújulas y martillos y desaparecer tranquilamente para recluirnos en un asilo para naturalistas ancianos.

J. Hoover Mackin (Filosofía de la geología).

La cartografía geológica es una disciplina científica.

La experiencia acumulada en los decenios de levantar mapas geológicos y los enormes errores cometidos en la práctica que sirvieron como ejemplos de metodologías erróneas, sirvieron para la creación de reglas que fueron afinándose y especificándose para cada caso y situación. Este proceso comenzó en las etapas finales de la llamada Revolución Industrial y fue acentuándose a medida de la aceleración de la economía a principios del siglo pasado,

periodo al que llamamos Segunda Revolución Industrial. La presión ejercida sobre la economía de materias primas, puso en entredicho la eficacia de las herramientas científicas en su búsqueda y revelación y la veracidad de los medios sistemáticos de estudio de grandes yacimientos minerales, es decir la cartografía geológica. Ante la realidad de las desigualdades existentes en los resultados y la impaciencia de no poderse esperar a la creación de un número suficiente de grandes capacidades, ya que los talentos no crecen como la hierba bajo la lluvia, se fue creando un universo de exigencias capaces de dotar a la cartografía geológica de un nivel uniforme de calidad y resolución de las tareas que le eran encomendadas. Estos principios se crearon en varios países, aunque con grandes discrepancias, para obligar a los levantadores a observar y describir la geología expuesta cada cierta distancia obligatoria durante el desarrollo de un itinerario o, para ciertas escalas y exigencias, realizar un afloramiento artificial donde no lo hubiera, probar la certeza de las auscultaciones del terreno a través de pruebas materiales y acompañar las observaciones con la mayor cantidad de medios independientes de juicios subjetivos.



El Papiro de las Minas. El primer mapa geológico del mundo.

¿Cuáles fueron los fines que perseguían estos procedimientos o disciplinas?

Obligar a los ejecutores, estuvieron o no interesados y con independencia de su grado personal de importancia, a obtener información de superficie más o menos regularmente distribuida; obtenida según ciertos principios, también obligatorios. Y que esta información, paulatinamente conseguida, fuera sirviendo a los líderes de la cartografía para los fines generales de la tarea. En tanto los levantamientos fueron desarrollados en áreas de mayor complejidad, donde existían objetivos de importancia práctica, tales como yacimientos minerales; los equipos de especialistas se diversificaron para ocuparse de tareas específicas, no posibles de atender directamente por los geólogos principales. Es así como las tareas de levantamiento de las áreas de gran complicación estructural fue transformándose en una empresa de enorme complejidad, gran extensión en el tiempo y considerablemente cara; incluso fuera de las posibilidades económicas de muchos países.

Pero dentro de esta especie de "cinturón de fuerza"; algo definitivamente no desapareció. El interés por conocer y entender la estructura del mundo y el porque de las cosas. Precisamente por eso levantar un mapa geológico de una región, sobre todo de aquellas que demuestran una mayor cantidad de indicios del origen de nuestro planeta nunca dejó de ser una tarea científica y los que la realizan son científicos, lo sepan o no. A pesar de que algunos se imaginan sin mucha sensatez, que los cartógrafos son simples soldados de fila de la ciencia, que mochila al hombro penan sobre las cuestas de los cerros para servirles a ellos más tarde para construir "la ciencia"; dejando a un lado que la mayoría de las teorías científicas sino todas las principales, han nacido del levantamiento de mapas geológicos de las cordilleras del planeta y del estudio de sus raíces profundas con el auxilio de recursos de la geofísica, de la geoquímica. Leyes básicas formuladas durante la observación de los fenómenos geológicos en el campo, escenarios donde aún continua la indagación fundamental.

La subjetividad en la cartografía geológica y la ética profesional.

Un mapa geológico de alta calidad no solo es una presentación lo más objetiva posible de las formaciones, su estructura y sus relaciones. También es una imagen en parte subjetiva de las interpretaciones que se derivaron de

muchas observaciones, en gran medida sustentadas por teorías y prejuicios sostenidos durante el tiempo en que el mapa fue levantado. Por tal razón los mapas no son productos perdurables y el progreso de la ciencia incide en su durabilidad. Según North (1928): *"El mapa geológico es un índice de la extensión y exactitud del conocimiento geológico en el momento de su producción y también es la base de la investigación futura. Es el vehículo por el cual los hombres pueden comunicarse entre si sus descubrimientos relativos a la naturaleza y orden de las rocas de la corteza terrestre y posibilitar investigaciones ulteriores que conciernen a la distribución de las rocas, su origen y la prueba de la vida del pasado que puedan contener. El mapa geológico puede, por tanto, ser considerado como una fuerza dinámica en la geología"*.

No hay que olvidar que la geología es, entre otras cosas, un sistema de conclusiones sistematizadas a partir de ciertas reglas semánticas y pocas ciencias se encuentran tan sujetas a las características personales de los científicos a causa de no pocos grados de subjetividad dentro de su cuerpo de conocimientos. De hecho la subjetividad en la interpretación geológica se ha tratado de evitar o disminuir en lo posible desde los primeros intentos de normalización y reglamentación de las tareas de la construcción de un mapa geológico. Un modo fue "descargar" el mapa geológico de un territorio complejo mediante "mapas complementarios" (yacimientos minerales, tectónicos, de rocas magmáticas, de aguas subterráneas, etc. etc.). Todo ello, no solo por obedecer a necesidades prácticas y competencias específicas sino por la imposibilidad de cargar esta información en un mismo mapa geológico. También la subjetividad es combatida mediante la práctica de la "discusión por expertos". Es decir, aquellos capacitados para evaluar el valor de las pruebas. Otra forma tanto más eficaz, pero desgraciadamente a posteriori, es la siguiente: En todo mapa geológico bien hecho, tiene que ser posible re-interpretar la geología que en el se representa. A un grupo o equipo de geólogos siempre debe serle posible re-interpretar o reconstruir un mapa hecho por otros, en tanto dicho mapa cumpla los siguientes requisitos: Toda la documentación básica de campo se conserva; la colección de resultados de laboratorio; las colecciones de láminas; los manuscritos de los perfiles; los núcleos de perforación; los informes parciales; los datos de los mapas auxiliares; los registros de las pesquisas geofísicas. Todo debe estar conservado. Mientras más material se conserve, más posible será cumplir esta tarea.

Si lo anterior no se cumple solo quedará papel y la tarea será simplemente imposible. Entonces se estará abocado a las alternativas. O se acepta de plano todo lo que está representado o se rechaza o, cuando menos se pone en duda. Poner en duda significa que no será posible tomar decisión alguna con responsabilidad. Claro que esto no depende de los autores del mapa que será re-interpretado. Por eso los textos especializados registran ejemplos de las consecuencias científicas y económicas del re-examen de los mapas geológicos. Verse en la necesidad de levantar de nuevo el mapa geológico de una región es simplemente echar a la basura el dinero y el trabajo, incluso de generaciones de geólogos. Y es un crimen imperdonable.

En esta cuestión de la subjetividad, sale a consideración un aspecto poco abordado cuando se habla sobre estos temas. Y es la ética profesional. La conciencia profesional del geólogo. El hecho de que la mayor parte de las hipótesis e interpretaciones del geólogo están fundadas en observaciones de campo, caso prácticamente único en la ciencia y la circunstancia de ser realizadas muy a menudo por personas sometidas a un gran esfuerzo físico, enfrentados a toda clase de molestias y riesgos; ¿cómo evitar las consecuencias de una conducta deshonesto o la actuación de impostores y observadores de instrumentos? ¿Como resistir las tentaciones de la fatiga, el calor o el frío o aún cosas peores?

Los geólogos de la cartografía deben armarse de una ética profesional rigurosa. Necesitan estar espiritualmente preparados para negarse a si mismo la invención de datos falsos, observaciones inexistentes y resultados inventados. **Los geólogos profesionales saben que nadie puede tener un concepto interpretativo respetable de la geología de una región compleja con una par de visitas al campo y que sus observaciones y documentaciones difícilmente podrán ser verificadas sin mediar una inspección extremadamente detallada, casi siempre imposible en la practica.** Saben que las imágenes interpretativas confiables nacen de un riguroso y a menudo penoso proceso de cientos y hasta miles de observaciones realizadas, repetidas y comparadas. Saben del peligro de extraer conclusiones definitivas sin antes tener constancia de que ya lo han visto todo y no gustan de correr el peligro de que, sorpresivamente, un día brinque el conejo blanco de la refutación, proveniente de algo que no vio.

Los geólogos profesionales verdaderos. Los que son maestros de la profesión, se destacan por su falta de

arrogancia y el no creerse inmunes al error. Quizá cuando muy jóvenes puedan ser proclives a tales deficiencias, pero la propia naturaleza termina por mostrarles el camino correcto de la sabiduría y la templanza intelectual. Los mejores geólogos, los más admirados y respetados, reúnen estas características. A los impostores se les identifica con facilidad, en tanto se les observe con cierta atención. No aceptan críticas. Nunca admiten estar equivocados. Aún a pesar de todas estas restricciones morales y reglas no hay que negar el papel del genio en la geología. También presente en la práctica de la comprensión de una estructura geológica mediante su cartografía. Son conocidos los ejemplos de la llamada "cartografía de reconocimiento". A través de cuyo ejercicio geólogos excepcionalmente talentosos, con escaso tiempo y completa penuria de recursos, son capaces de dibujar acertadamente la geología de un complejo geológico; casi como un dotado pintor refleja en un cuadro el espíritu de un paisaje o un poeta se salta las reglas de la gramática y compone un hermoso poema. Casi siempre, aunque no siempre, se trata de hombres que han visto tanta geología que en su mente se ha formado un registro de miles de estructuras y sus relaciones. De aquí la frase: *El mejor geólogo es el que ha visto mucha geología.*

Algunos problemas de principio en la geología regional y su cartografía.

Los métodos de campo para levantar un mapa geológico son muy numerosos y dependen de factores variables. El afloramiento, la topografía y naturaleza de región, la red caminera, la precisión exigida, la pericia del geólogo, pero sobre todo el fin que se persigue determinan métodos y volúmenes de observación. Existen diversas clasificaciones de los mapas geológicos. Los orientados a fines prácticos cuyo ejemplo es la búsqueda de una materia prima o mineral valioso, o la cartografía destinada a la aclaración de algún problema fundamental de la ciencia. Esto último puede convertir al mapa geológico en una finalidad más de la investigación.

Las formaciones litoestratigráficas son las unidades prácticas de la cartografía geológica. Su distinción, límites materiales, contenido litológico y, en última instancia su edad, se encuentran supeditadas a reglas de la escala de la cartografía; establecidas de antemano a partir de la capacidad representativa de las cartas que se pretende levantar. De manera que las "formaciones litoestratigráficas", no son entes absolutos y de existencia independiente.

En la ciencia de la cartografía geológica hay que separar la adquisición de datos mediante la aplicación de las leyes y principios propiamente geológicos que se derivan de su núcleo fundacional (estratigrafía, sedimentología, paleontología, etc.); de los datos que provienen de ciencias básicas, como la química, la física y la matemática. Los últimos deben quedar supeditados a los primeros y no lo contrario. Cuando no ocurre así se corre el gran peligro de deslizarse inconscientemente hacia el desprecio o la ignorancia de los datos generales provenientes de una región o de un macizo geológico; dentro de los cuales, en cualquier lugar, puede ocurrir que en un afloramiento perdido en una colina o expuesto en un camino vecinal, contenga pruebas que contradicen de plano lo que el laboratorio pudo decir. El núcleo de la geología lo constituyen la estratigrafía y la tectónica y la aclaración del tiempo geológico implicado. Todo lo demás son ciencias intermedias.

Hoy día se aprecia en muchos profesionales un total desdén por los datos provenientes de los campos físicos que emiten las estructuras, a pesar que no es posible apartarlos de un análisis que pretenda construir una imagen de la realidad geológica. La información geofísica, por sí misma, no puede resolver la estructura geológica, pero no tomarla en cuenta puede conducir a errores de mucha consideración y en ciertos casos puede contener una palmaria evidencia de que una construcción interpretativa de una región geológica no es otra cosa que pura fantasía.

Lo contrario también es posible. Interpretaciones de la estructura geológica basadas exclusivamente en la medición de los campos físicos, relacionados con masas de rocas en la profundidad, pueden conducir a los mismos resultados erróneos. La moraleja es obvia. Las interpretaciones y construcciones de la estructura geológica, derivadas de la observación directa tienen que ser obligatoriamente contrastadas con el comportamiento de los campos físicos. Si esta información existe, el hecho de no utilizarla de forma competente, es pura negligencia,

ignorancia o incompetencia. Si el geólogo interpretador carece de los conocimientos específicos por causa de deficiencias en su educación, puede perfectamente recurrir a la consulta de un especialista. La sistematización de una serie de regularidades de ciertas grandes estructuras del planeta, y su concatenación con propiedades de las rocas, sus relaciones generalizadas con el manto terrestre y parámetros físicos y químicos característicos ha significado un indudable progreso que nadie pretende discutir.

La influencia de los modelos.

En la actualidad, estamos viviendo una época de la tiranía de los modelos. El más desagradable de sus resultados es la internalización indiscriminada de modelos a un territorio sobre el que se desconocen parámetros esenciales de su estructura. Como los modelos estructurales son aparatos conceptuales bastante sistematizados de los cuales está llena la literatura, hoy ocurre que especialistas limitados que no son ni cartógrafos y en casos ni aún geólogos, proponen con gran libertad modelos sobre complejos geológicos de características publicadas sobre la base de algunas pocas observaciones y muestras. En estos casos ya no es considerado de importancia si nunca se ha levantado un kilómetro cuadrado de la región. Y menos si la región objeto lleva decenios de ser levantada e investigada. Para eso está el modelo, que funciona en este caso con un aparato matemático infalible donde anclar el escaso número de unos especímenes que se pretende que sean representativos de un universo de varios miles de kilómetros cuadrados.

Al fin, ¿cual es el mejor mapa geológico?

El mejor mapa geológico es aquel que, en mayor medida, transmite a su lector la secuencia de procesos que terminaron en la creación de la estructura reflejada por el mapa. Un buen mapa geológico es un documento que relata una historia. En toda historia se destacan acontecimientos relevantes, mientras otros no determinaron cambios sustanciales de consideración en la estructura de la región cartografiada. El historiador, es

decir, el geólogo se sirve de los recursos de la ciencia para reunir la mayor cantidad posible de hechos (en geología los sucesos principales ocurridos), ordenarlos en una sucesión con la mayor coherencia posible y la menor cantidad de contradicciones y finalmente reflejar todo este aparato de conocimiento en dos documentos fundamentales. Uno gráfico y otro escrito, donde el geólogo y sus asociados explican los resultados de su trabajo.

Como la complejidad de los procesos geológicos es enorme y sus resultados en una región son interpretados de acuerdo al actualismo y al estado de la ciencia en el momento en que el mapa es realizado, será siempre será un documento transitorio que refleja el estado del conocimiento científico; la maestría profesional de quienes lo confeccionaron y finalmente, los propósitos que indujeron su realización. En cualquiera de los aspectos en que se enfoque el propósito del levantamiento, un buen mapa geológico es un premio al razonamiento, la amplitud del conocimiento y método científico de quienes lo realizaron. El mapa geológico no existe intrínsecamente en el terreno. Resulta de un proceso creativo en el que intervienen conocimientos, pericia profesional, imaginación espacial, creatividad, capacidad de síntesis.

El mapa geológico, tanto más si se trata de un territorio de alta complejidad, requiere de parte del cartógrafo de ciertas capacidades especiales que no están al alcance de un debutante. Demanda un entrenamiento y una formación especial, además de cierta dosis de vocación. El mapa geológico no es solo un documento gráfico, también es una argumentación escrita que lo explica y lo fundamenta en cada uno de sus contenidos. De la lectura de un mapa geológico de alta calidad se puede deducir información de los ambientes reinantes durante la formación de las rocas, la paleogeografía, el desarrollo tectónico, la arquitectura de los complejos rocosos, los procesos de deformación y de formación de las materias minerales.

Los mapas geológicos, por otra parte, son también un producto de escuelas de pensamiento geológico, que a su vez, representan el estado del conocimiento sobre la estructura de la tierra en una época. Hecho que requiere por parte del cartógrafo un tipo de cultura geológica histórica que lo sitúe en conocimiento del desarrollo del pensamiento científico de su época y de las anteriores. Los mapas geológicos, por tanto, representan un momento

parcial del conocimiento geológico en un momento determinado de una región. Durante la creación de un mapa geológico y de sus documentos acompañantes y complementarios, es posible conocer cuando se exponen hechos comprobados y las interpretaciones derivadas y cuando se trata de hipótesis y suposiciones admitidas como hechos. Un buen mapa geológico permite en todo momento determinar la diferencia entre el conocimiento consolidado y el grado de fundamento que posee. Es un documento vivo, perfeccionable y progresivo.

En conclusión, el mapa geológico es uno más de los frutos de la creación de la mente humana. No es un producto estadístico ni probabilístico que pueda ser confeccionado por una máquina. Y esto es a causa, entre otras cosas, de que durante la confección final de un mapa geológico es el geólogo quien tiene que seleccionar cuales de los hechos conocidos o de las hipótesis e interpretaciones con mayor fundamento, él tendrá que seleccionar aquellas que según su entendimiento y comprensión de la estructura geológica, más claramente y convincentemente reflejan la mejor imagen para ser presentada en un documento gráfico.

Otra circunstancia importante es que el cartógrafo, no es un especialista, "es el especialista de los especialistas". Tiene que poseer la preparación suficiente para entenderse con petrógrafos, petrólogos, paleontólogos, geofísicos, geoquímicos e ingenieros de los servicios especiales. Aprovechar eficientemente los datos parciales que estos especialistas pueden suministrarle y realizar la síntesis entre ellos de la información parcial que se entrega. Incluso y en determinados casos, asumir por sí mismo la interpretación de dichos datos cuando las interpretaciones parciales que se le brindan entran en contradicción con los hechos o son improbables. La selección del peso de los datos en función de la estructura geológica interpretada, es producto de un complejo ejercicio mental en estrecha relación con la capacidad y experiencia del geólogo. Por otra parte, una de las funciones especiales de la construcción de mapas geológicos y de sus autores cumplidas de rareza, es la preparación de la documentación que deje los términos de problemas en la forma en que la verdadera ciencia lo exige; para que sea posible que quien utilice esos documentos, el día de mañana, sepa que es lo que está resuelto (que será una minoría de asuntos) mediante una justificación razonable de los hechos y que es lo que permanece como incógnita que se debe resolver.

Sobre el mapa geológico y la electrónica.

La época de los levantamientos de mapas puramente científicos, colmada de romanticismo en la geología, con la figura de un Pierre-Marie Termier o un Émile Argand, sentados en la cúspide de algún cerro de los Alpes, dibujando a vuela pluma los contornos de algún nappe y de un Teilhard de Chardin, llamando a la geología “una plataforma necesaria” para conocer el significado de nuestra presencia en el mundo; quedó definitivamente atrás. Entramos en una era tecnológica e instrumental, donde los levantamientos de mapas geológicos, sobre todo de aquellas regiones de importancia económica, se convirtieron en objetivos de importancia social y gubernamental y por ende, ¿porqué no decirlo?, política. Vivimos en una época con una gran influencia de la electrónica, que se acrecienta cada día en el empleo de la vida cotidiana y, por supuesto, en la ciencia. El hedonismo de la vida actual indiscutiblemente propende a la mediocridad, al ocio, al mínimo esfuerzo y las vías fáciles y simples de solución de los problemas. Proceso que irrumpe cada vez más en el campo de la geología.

No hay razón para discutir en contra de la legitimidad del procesamiento automático de datos que admiten un tratamiento estadístico según ciertos algoritmos. Hay multitud de esos procesos de cálculo en la geología que sirven de ejemplo. La morfología de las formas de las conchas de los foraminíferos u otros organismos. La comparación de los contenidos de elementos químicos en las rocas y terrenos y en otros muchos casos. Pero confundir esto con la esencia final del trabajo mental de interpretación científica de la realidad geológica, es una ilusión, cuando no una superchería que conduce a ciencia “vudú” y, como diría G. García Márquez, es un emplasto para perder el tiempo. Los geólogos conocen muchos procesos que ocurren en un macizo, pero la geología como ciencia está limitada para establecer **cuáles de ellos son las causas y cuáles son las consecuencias y no son determinables a través del funcionamiento de una máquina.**

De mis incursiones en esta cuestión, conservo en mis notas un pequeño ensayo sobre la forma en que los geólogos deben prepararse para ejercitar su ciencia. Hoy día suman multitudes los graduados de geología, sin excluir los graduados de doctores; que no saben una palabra sobre las reglas filosóficas y lógicas del pensamiento; no tienen idea de la historia de su ciencia; ni conocen un solo nombre de los grandes maestros que la construyeron. Carecen de cualquier formación cultural general aceptable. No saben redactar un escrito legible en su lengua materna ni tienen noción alguna de cómo preparar una argumentación. Las excepciones que existen y que las hay, no hacen más que puntualizar la razón de lo que afirmo. No obstante, sí tienen idea de cómo meter datos en una computadora, de acuerdo a un programa que no ha sido elaborado por ellos. A la espera de que la máquina imprima la respuesta a sus preguntas; sin tener en cuenta que fácilmente puede ocurrir que los resultados obtenidos no sean más que malas caricaturas de la realidad geológica, de por sí llena de tantas complejidades desconocidas de los hechos.

Conclusión.

En la novela *Территория*; Chinkov conversa con Kaldin y este le pide a Chinkov: encarrilar a dos muchachos...

---Yo no he tenido tiempo. Son ya ingenieros, pero quería hacer de ellos geólogos---

---Eso lo habría hecho sin que me lo pidiera---contesta Chinkov. Sabe, yo creo en el “método del gran pantano”. Se le lleva al borde de un pantano grande y traicionero y se le ordena que pase al otro lado y vuelva. El pantano...sabe, es peligroso. La hierba engaña, acechan tremedales, hoyos, ramas podridas. Si vuelve es que vale---

--- ¿y si se atasca?

---Hay que procurar sacarlo, lavarlo y mandarlo a regiones secas.

La Nueva Roca Patrimonial 'Toba de Tezoantla', un pilar de la historia y cultura en el corazón minero de México

Laura Itzel González León¹, Carles Canet², Erika Salgado-Martínez² Miguel Á. Cruz-Pérez², Elizabeth Lozada Amador¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de Hidalgo, México

² Universidad Nacional Autónoma de México México

Localizado a unos 100 km al noreste de la Ciudad de México, Mineral del Monte, un pueblo frío y nublado alojado a más de 2,700 m s.n.m., es reconocido por una larga tradición minera de plata arraigada en la época novohispana. Llegando desde Pachuca, la capital del estado de Hidalgo, el visitante queda asombrado por los abruptos contrastes a lo largo de un camino de menos de 15 km. Pachuca, urbana y en cierta medida caótica, famosa por su clima ventoso y seco, queda atrás para dar paso a Mineral del Monte, rodeado de espectaculares cumbres volcánicas y frondosos bosques de oyamel. Este pueblo, también conocido como 'Real' del Monte, conserva el carácter de un antiguo pueblo minero y nos recuerda al condado de Cornualles, de donde llegaron muchos mineros y técnicos a finales del siglo XIX.

Caminando por las empinadas calles de Mineral del Monte, uno puede notar la multitud de fachadas, monumentos y detalles arquitectónicos hechos de una delicada roca blanquecina, a primera vista similar al mármol. Sin embargo, un observador perspicaz notará que no se trata de mármol sino de una roca volcánica. Específicamente, se trata de la cantera de Tezoantla, una toba ácida afectada por alteración hidrotermal argílica a zeolitas (mordenita); dicho proceso hipogénico, ligado a la formación de depósitos de plata, le dio a esta roca una gama de tonalidades que van del verdoso al amarillento.

Por su bella apariencia, aunada a que es bastante fácil de tallar, esta roca ornamental ha sido muy utilizada en construcciones de estilo neoclásico y ecléctico que datan del siglo XIX y principios del XX, no solo en ciudades y pueblos del estado de Hidalgo, sino también en el centro histórico de la Ciudad de México —inscrito en el Patrimonio Mundial de la UNESCO.

Entre las edificaciones destacadas protagonizadas por la toba de Tezoantla se encuentran la emblemática Torre del Reloj de Pachuca, el hospital minero de Real del Monte, y múltiples edificaciones del Centro Histórico de México como el Palacio Postal, el Banco de México y la Casa Boker. Además, esta hermosa roca fue utilizada para construir casas de máquinas y chimeneas tipo Cornish, que constituyen un patrimonio minero sobresaliente, testigo de lo que alguna vez fue el distrito minero de plata más grande del mundo y hoy es el Geoparque Mundial UNESCO Comarca Minera.

Este notable recurso pétreo patrimonial se extrae en una cantera ubicada en Tezoantla, un poblado de unos 700 habitantes perteneciente al municipio de Mineral del Monte. En esta comunidad, alejada de las rutas turísticas, la tradición de la extracción y tallado de rocas se ha transmitido de generación en generación. Cabe destacar que la cantera de Tezoantla está catalogada por su interés científico y valor cultural como uno de los 31 geositijs del geoparque.

La reciente designación de la Toba de Tezoantla como Piedra Patrimonial de la IUGS es la primera de su tipo que se otorga en México. Este logro destaca el geopatrimonio de trascendencia internacional que atesora el geoparque Comarca Minera, celebrando sus vínculos con el patrimonio cultural. Este reconocimiento internacional sin duda brindará mayor visibilidad a la comunidad de Tezoantla y su tradición centenaria de mampostería, por lo que se espera que atraiga actividades geoturísticas y culturales.



"An IUGS Heritage Stone is an IUGS designated natural stone that has been used in significant architecture and monuments, recognized as integral aspects of human culture."

NOTE: This is a scientific recognition. Its commercial use as well as use of the official logo are forbidden by the IUGS International Commission on Geoheritage.



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

Sus principales áreas de interés son la geotecnia, geotermia, sistemas de información geográfica, gestión de cuencas

hidrográficas y riesgos geológicos.

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

itzelleon2909@gmail.com

Sostenibilidad en la transición energética. Aprovechamiento de fuentes energéticas renovables a pequeña escala.

Natalia Silva Cruz
Colaboradora de la Revista

Cuando hablamos de descarbonización energética casi siempre pensamos a gran escala, y es verdad que necesitamos que los esfuerzos empiecen desde las regiones donde se cuenta con capital y poder investigativo para hacer realidad la integración del uso masivo de recursos renovables como parte fundamental de la economía y sociedad. No obstante, el aprovechamiento de las diferentes fuentes energéticas puede darse en escalas mínimas, en no pocas ocasiones, el potencial mayoritario se encuentra en el uso de múltiples plantas de pequeñas dimensiones. Veremos que existen opciones para que

pequeños usuarios puedan aprovechar las energías renovables a las que tienen acceso en su propio hogar.

Discutamos entonces una de las fuentes energéticas mejor distribuida en el globo: la **energía solar**. No es de extrañar que la fuente madre de casi todas las demás fuentes energéticas disponibles en el planeta sea aprovechable en todos los rincones, no podemos ignorar que la eólica, hidráulica, hasta los hidrocarburos y biocombustibles, todos dependen del sol. Como se observa en la Figura 1, casi todas las regiones del planeta tienen potenciales altos para el uso de energía fotovoltaica, siendo las variables más significativas: la radiación solar, la época del año (porque la exposición solar no es la misma durante todas las estaciones), la latitud, la nubosidad, y la temperatura.

Veamos ahora el mapa de la Figura 2, que muestra las plantas solares de más de 10 kW instaladas en el mundo, del mismo podemos concluir que los lugares donde existe más conocimiento tecnológico y donde el uso actual es

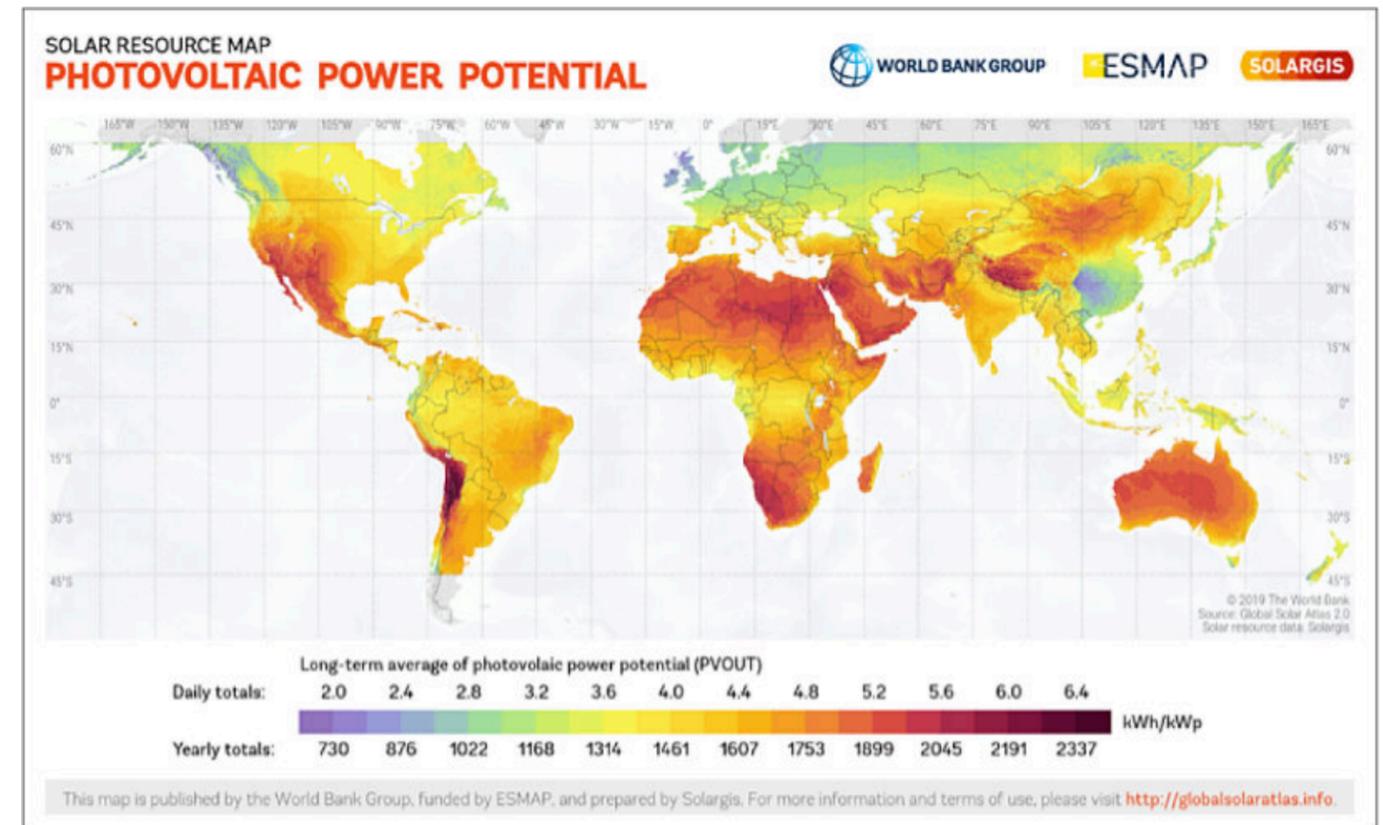


Figura 2. Mapa de todas las plantas solares de gran tamaño instaladas hasta 2018 (colores más claros = más recientes). Fuente: Kruitwagen et al, Nature, 2021¹.

¹Map obtained from the "Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info>.

²Kruitwagen et al, 2021. Scientists Mapped Every Large Solar Plant. Green Dealflow. <https://greendealflow.com/scientists-mapped-large-solar-plant-with-satellites>.

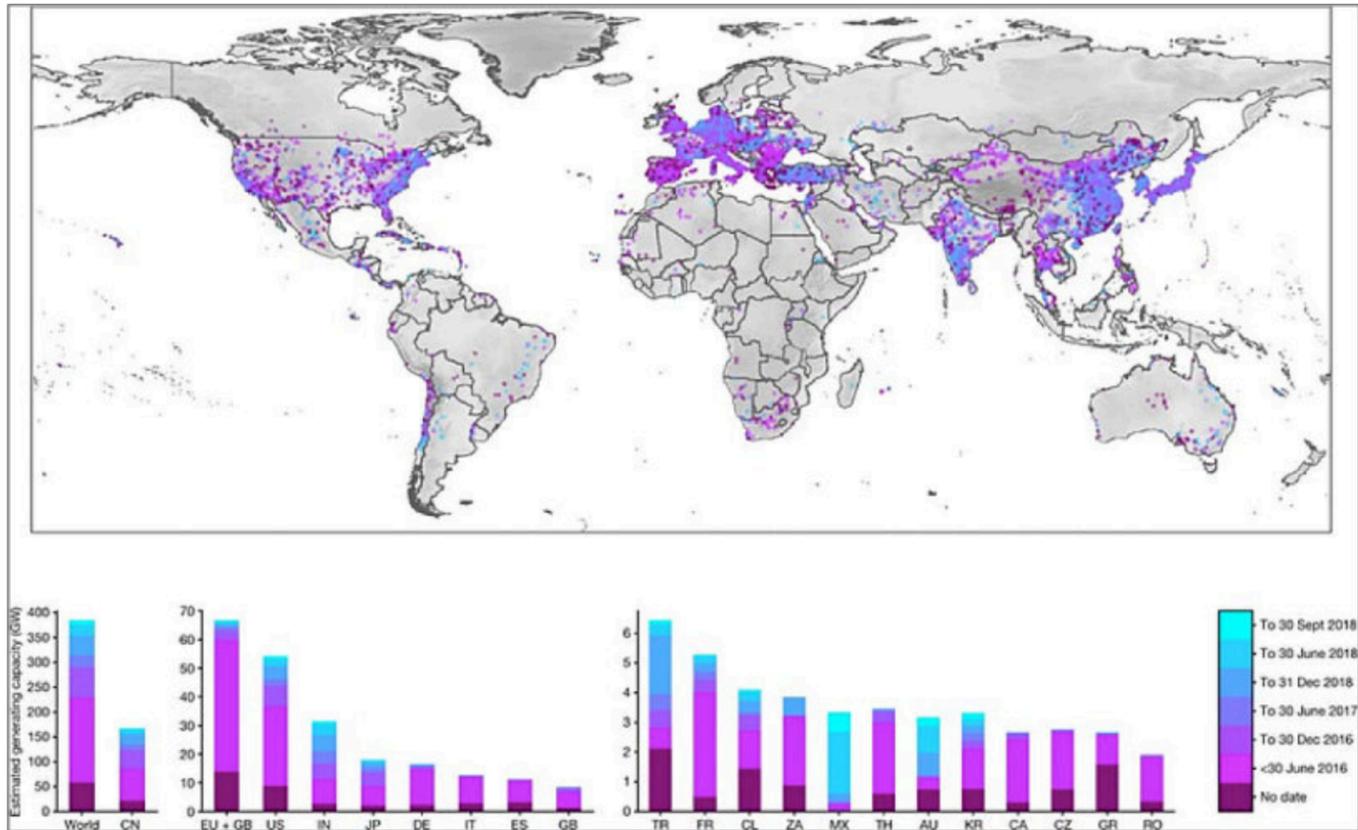


Figura 2. Mapa de todas las plantas solares de gran tamaño instaladas hasta 2018 (colores más claros = más recientes). Fuente: Kruitwagen et al, Nature, 2021².

más común, no es donde se ubica el mayor potencial, es decir, países menos privilegiados pueden aprovechar el esfuerzo investigativo que se realiza en el primer mundo para la implementarlo en sus regiones. El potencial que continúa disponible es inmenso.

Para entender las dimensiones de lo que llamamos pequeño en este artículo, en Norteamérica, una instalación residencial común es de alrededor de 1 a 3 kW de potencia y ocupa unos 20 metros cuadrados, esta pequeña planta puede generar una tercera parte del consumo eléctrico de esa casa. Si esa misma planta se ubica en un lugar con alto potencial, la producción alcanzará a cubrir más de la mitad del consumo residencial total, esto, teniendo en cuenta que la demanda diaria es de 30 kWh (cantidad típica promedio en los Estados Unidos), lo cual es bastante elevado, Norteamérica es de los lugares donde más energía se consume per cápita, más de cuatro veces el promedio de los países en vías de

desarrollo y el doble de países con índices de desarrollo humano similares³. Así, probablemente existen muchos lugares donde una instalación de apenas 20 metros cuadrados cubrirá completamente el consumo doméstico, manteniendo una calidad de vida propia de países del primer mundo. Un panorama muy prometedor, ¿verdad?

Continuemos con otra fuente muy fácil de aprovechar en casi todo el planeta: la **geotermia**. Poco se conoce sobre el uso de energía geotermal a nivel doméstico, pero en países de Europa su utilización y la instalación de bombas geotermiales para calefacción, enfriamiento y calentamiento de agua sanitaria es cada vez más común. Sí, también ocurre que se utiliza todo el año, no solamente en invierno para calentar, el sistema consiste en un compresor para aumentar la presión y por lo tanto la temperatura, más un evaporador para disminuir la presión, bajando la temperatura; es decir, funciona como cualquier bomba de calor tradicional. Y no es necesario

perforar pozos de más de mil metros de profundidad, como sucede cuando se desea instalar una planta de generación eléctrica, los pozos para uso residencial varían entre 1 y 2 metros para trayectorias horizontales, y entre 10 y 15 metros para trayectorias verticales. El suelo en general es muy buen aislante, y a partir de los tres metros de profundidad la temperatura permanece relativamente constante durante todo el año, mediciones de los años noventa a ese nivel en Houston durante el invierno mostraron un promedio de temperatura de 24.37 °C y de 23.96 °C durante el verano⁴ (existe un pequeño desfase con respecto a las estaciones porque el aislamiento reduce la velocidad de transferencia de calor). Esa temperatura de entrada a la residencia es muy cercana a la de confort térmico tradicional, que se encuentra entre los 17 °C y 25 °C, facilitando enormemente el proceso de climatización. Para tener un poco más de bases sobre el uso de la energía geotermal, les recomiendo referirse al artículo “Sostenibilidad en la transición energética. Energía geotérmica.” de la <https://revistamaya.com/wp-content/uploads/2023/02/Revista-Maya-Geociencias-MARZO-2023-.pdf>

Por último, quiero hablar de otra de mis fuentes de energía favoritas: la **minihidráulica**. Se define como minihidráulica a los sistemas menores de 10 MW de potencia, pero inclusive es posible aprovechar la energía hidráulica con dimensiones bastante menores de 50 kW. Dependiendo del tipo de sistema, el factor de carga puede alcanzar valores del 95%, es decir, que su producción es equivalente a que el 95% del tiempo está generando a la potencia máxima. Para tener una idea de lo pequeña que puede ser la fuente de agua para ser aprovechada, imaginemos un canal con un salto vertical de 2 metros y un caudal de 1

m³/s, esta instalación alcanza una potencia de cerca de 10 kW. Ahora, si esos 10 kW tienen un factor de carga bajo, de un 50%, se obtendría lo suficiente para cubrir la demanda total de cuatro casas norteamericanas (con un consumo de 30 kWh, que para estándares globales es bastante alta, como se mencionaba anteriormente). Y todavía hay muchísimo que los pequeños usuarios pueden hacer, se estima que existe un potencial remanente para centrales minihidroeléctricas de alrededor de 200 GW.

En resumen, aunque se necesita un esfuerzo importante impulsado por los diferentes cuerpos gubernamentales, existen opciones para los pequeños usuarios para hacer uso de los recursos renovables, que además de disminuir la liberación de gases de efecto invernadero, representan ahorros en la factura eléctrica una vez se compensa con la inversión inicial, por ejemplo, en lugares de Europa se obtiene un repago del capital inicial en menos de 5 años para instalaciones fotovoltaicas. Además, existen métodos pasivos que aumentan la eficiencia del confort térmico residencial, permitiendo una climatización apropiada sin aumentar la utilización energética tradicional mientras se hace uso de los recursos renovables, tales como la implementación de sistemas de circulación de aire promovidos por diferencias de presiones según la altura y temperatura, colectores solares para calentamiento, o la instalación de materiales en muros y techos que reflejen o absorban la radiación solar, según sea necesario, entre muchos otros. Tenemos un camino largo por recorrer pero también muchas opciones para hacerlo, recuerden que lo más importante no es el ahorro de los recursos porque dejamos de realizar tareas sino la obtención de los mismos resultados utilizando menos energía mediante el uso de sistemas más eficientes.



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

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

naticasilvacruz@gmail.com

³Smil, V., 2017. Energy and civilization: a history. The MIT Press Edition.

⁴Reddy, G. 2011. An experimental investigation of subsurface ground temperature in Texas: a complete study.

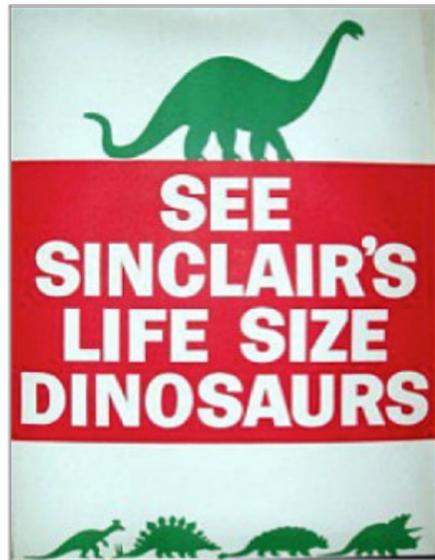
Los dinosaurios y el petróleo.

Rafael Tenreiro Pérez

Melbana Energy, La Habana, Cuba.

El Apatosaurio de la Sinclair Oil.

En 1933, la Corporación Sinclair Oil patrocinó una exposición de dinosaurios en la Feria Mundial “Un siglo de progreso” en Chicago, IL, con la premisa de que el petróleo, actor protagonista de este siglo, se formó durante la Era Mesozoica. La exposición de Sinclair fue muy popular, con el montaje de varios dinosaurios a tamaño natural, para lo cual contrataron a James H. Allen, un destacado diseñador gráfico¹. Desde hacía algún tiempo atrás, los encargados de la publicidad de Sinclair estaban redondeando la idea de promover los lubricantes de la marca usando los gigantes prehistóricos. Así que, luego de la exposición, se adoptó al brontosaurio (hoy Apatosaurio) como su mascota oficial. Esto sugería la quimera, que los crudos se habían formado, en los tiempos en que los terribles saurios campeaban por su respeto en el planeta Tierra a partir de su descomposición².



Los dinosaurios de la Sinclair se robaron el show en la feria mundial de 1933.

Fundada en 1916 por Harry F. Sinclair (1876–1956), la Sinclair Oil es una de las figuras clásicas de la industria petrolera. En el mes de mayo de ese mismo año, se logró juntar cinco pequeñas refinerías y decenas de concesiones exploratorias adquiridas a precio de remate. En sus primeros 14 meses, la Sinclair produce seis millones de

barriles, para una entrada neta de cerca de nueve millones de dólares. La capacidad de refinación de la empresa crece de 45 000 barriles diarios en 1920, a 100 000 en 1926 y alcanza los 150 000 en 1932. Sinclair fue la primera petrolera que produce combustible super, una gasolina teñida con anilina azul. A partir de 1926, adopta las iniciales HC en las gasolineras, en referencia al “Houston Concentrate”.



Bomba de gasolina de la Sinclair.

El verde dinosaurio gigante de la Sinclair se hacía acompañar, de una banda de alegres amiguitos jurásicos y cretácicos, como el *Triceratops horridus*, *Stegosaurus*, *Hadrosaurus*, el *Tiranosaurus Rex* y otros. Definitivamente, el gentil apatosaurio se robó el corazón de la gente. A partir de 1935 las gasolineras comienzan a distribuir gratis álbumes de postales con los diferentes dinosaurios. Adicionalmente, a los clientes se les entregaban paquetes con una o dos postales con cada compra de combustible o lubricante. Los paquetes se confeccionaban de forma tal que algunas postales eran tremendamente deficitarias en ciertas regiones. Como difícilmente se lograba completar el álbum, los propios niños incitaban a los padres a regresar a la gasolinera Sinclair en búsqueda de las faltantes. El apatosaurio “Dino” también se regalaba a los clientes. La simpática miniatura se convirtió, en un abrir y cerrar de ojos, en uno de los iconos del momento, con gran popularidad entre los chicos. Gigantescos “Dinos” viajaban decenas de miles de kilómetros, deteniéndose en escuelas y centros comerciales, ensañándole a los niños las maravillas de la Era Mesozoica, “cortesía” de la Sinclair. De esta forma, la empresa sembraba en el subconsciente de

esos infantes, futuros consumidores, una disposición sentimental y afectiva hacia la marca. De paso, fomentaron la inclinación de algunos “baby boomers” hacia la geología y el petróleo. Premonitoriamente, la Sinclair fue asimilada por Atlantic Refining en 1969, extinguiéndose la corporación sin que mediara el choque de ningún kilométrico asteroide contra el globo terráqueo.

¿El petróleo proviene de los dinosaurios?

Todavía hoy perdura la discusión si el petróleo es de origen biológico (orgánico) o de origen mineral (inorgánico). La controversia va más allá de una mera especulación filosófica porque la comprensión del origen del petróleo es un elemento crucial en el diseño de estrategias de exploración y en la proyección de la industria.

La hipótesis inorgánica fue enunciada por Alexander Humboldt (1769 – 1859) y desarrollada por el químico ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907). De acuerdo con esta teoría, el petróleo es un “material primigenio de origen profundo” que ha llegado a través de fracturas a la corteza de la Tierra. La teoría abiótica sugiere que los hidrocarburos hallados en el petróleo pueden ser generados por procesos profundos en el manto, los cuales van a emigrar hasta la superficie o quedar atrapados por los estratos impermeables, formando los yacimientos de petróleo. Los postulados abiogénicos rechazan que ciertas moléculas encontradas dentro del petróleo, conocidas como biomarcadores, sean indicativas del origen biológico del petróleo. Argumentan en cambio que estas moléculas pueden provenir de microbios que el petróleo encuentra en su migración a través de la corteza. Los biomarcadores son, por lo tanto, el resultado de reacciones con las rocas sedimentarias. Además, se han encontrado hidrocarburos en meteoritos, los cuales evidentemente nunca han tenido contacto con materia viviente.

En la Unión Soviética, la escuela de geólogos petroleros de Ucrania desarrolló durante decenas de años la teoría sobre el origen abiótico del petróleo. El resultado fue un extenso y sólido cuerpo de conocimientos científicos, que abarca temas como: la química de la génesis de hidrocarburos; los procesos físicos que llevan a su concentración y acumulación; la dinámica de los procesos de migración en las cuencas sedimentarias y, finalmente, la exploración y la producción económica del petróleo. La teoría soviética moderna sobre el origen inorgánico del petróleo considera que el mismo es un material primordial de origen profundo que ha migrado hacia la corteza terrestre. En resumen, el petróleo no es un “combustible fósil” y no

tiene relación intrínseca con la materia orgánica presente en los sedimentos (o en ningún otro lugar).

Uno de los principales exponentes de esta teoría fue Nikolái Aleksándrovich Kudriávstev (1893-1971). La “Regla de Kudriávstev” para encontrar petróleo y gas natural establece que en aquellas regiones donde se encuentren hidrocarburos a alguna profundidad, siempre será posible hallarlos, en grandes o pequeñas cantidades, en todos los niveles por debajo, hasta en el basamento. Postula, además, que se encontrarán, casi por regla general, capas de carbón encima de los depósitos de petróleo y que el gas es más frecuente a mayor profundidad alternando con el petróleo. Todos los yacimientos de petróleo tienen capas de lutitas bituminosas, generalmente impermeables a la migración hacia arriba, lo que propicia la acumulación y su conservación. Las vías para la migración son las grandes fallas del basamento y la cubierta sedimentaria. Un corolario de la regla dice que si no hay fallas no puede haber acumulaciones de petróleo. Utilizando esta regla, a finales de los años sesenta, algunos de los alumnos más aventajados de Kudriávstev, brillantes geólogos y geofísicos que trabajaron en Cuba, ayudaron a descubrir los primeros yacimientos del cinturón petrolero entre La Habana y Matanzas, simplemente ubicando pozos exploratorios “cerca de las fallas”.

La otra gran teoría sostiene que el petróleo es de origen orgánico. Curiosamente el padre de esta teoría fue otro erudito ruso: Mijail Vasilevich Lomonósov (1711-1765). Desde la década de los años veinte del siglo pasado, las escuelas de exploración petrolera occidental³ y soviética⁴ se decantaron definitivamente por la teoría orgánica. El cúmulo de evidencias científicas apuntaba a que todo el petróleo existente tenía su origen en organismos vivos porque:

1. El 99,99 % de petróleo se encuentra en rocas sedimentarias.
2. Las rocas sedimentarias que tienen altos contenidos de materia orgánica contienen muchos restos fósiles.
3. Los elementos químicos fósiles resistentes a la biodegradación (también conocidos como biomarcadores) que se encuentran en el petróleo coinciden o son muy similares a los compuestos presentes en los organismos vivos y por su complejidad difícilmente fueron sintetizados en ambientes inorgánicos.
4. Los experimentos de maduración artificial (con calor y presión) de sedimentos naturales ricos en materia orgánica arrojan la generación de compuestos muy similares los crudos naturales.

¹Dinosaur Fever – Sinclair’s Icon <https://aoghs.org/>; The Sinclair dinosaur is one of the most popular icons in American petroliana. But where did he come from? <https://www.sinclairoil.com/>

²¿El petróleo viene de los dinosaurios? <http://100cia.site/index.php/biologia>

5. Muchos de los compuestos presentes en el petróleo son inestables a altas temperaturas por lo que es muy difícil pensar que se crearon a grandes profundidades de la tierra.

6. La vida en la tierra ha sido lo suficientemente rica como para proporcionar la cantidad de materia orgánica necesaria para generar todo el petróleo encontrado.

Finalmente, ¿Cuántos dinosaurios se necesitan para una tonelada de petróleo?

Todo parece indicar que fueron los restos de bacterias microscópicas, y no los dinosaurios del tamaño de un edificio de tres pisos, los que originaron el petróleo. La vida en la Tierra, cuya primera manifestación fueron las bacterias unicelulares (cianobacterias), apareció en los mares hace unos tres mil quinientos millones de años, y fueron prácticamente la única forma de vida hasta hace unos 600 millones de años. A pesar del tamaño microscópico de las bacterias individuales, las colonias bacterianas crecen hasta alcanzar proporciones verdaderamente colosales (miles, o incluso millones, de toneladas por cada colonia). Por supuesto, las bacterias individuales no viven por mucho tiempo; su vida puede medirse en días, horas o incluso minutos. A medida que los miembros de estas colonias masivas morían, por billones y trillones, se hundían en el fondo del mar y se cubrían gradualmente con los sedimentos. Algún que otro dinosaurio pudo haber dado con sus huesos en el fondo del mar, pero la masa de esos animales es prácticamente insignificante con relación a la masa total de los organismos unicelulares⁵.

El ejercicio de cálculo del volumen de materia orgánica necesaria para una tonelada de petróleo en superficie en cinco pasos considerando las “perdidas” en: reservorio, migración, expulsión, transformación y conversión a querógeno, arroja el resultado siguiente:

1. Por cada tonelada de petróleo extraído se quedan entre 3 y 15 en el reservorio, sin posibilidad de extraer con las tecnologías actuales. En el caso de Cuba, por cada tonelada de petróleo pesado y viscoso que se extrae, se quedan poco más de 15 toneladas inmóviles, atrapadas en los poros de las rocas. En resumen: once toneladas para cada tonelada en superficie. En resumen: 1 tonelada en superficie por cada 10 en el reservorio en el subsuelo⁶.

2. El petróleo que se encuentra hoy acumulado en los yacimientos recorre un largo camino desde los lugares de

expulsión, donde rocas madres ricas en materia orgánica han sufrido un proceso de calentamiento y transformación. Según Miller (1992), de cada 3 toneladas expulsadas, sólo 0,7 entran al reservorio y 0,03 se conservan. Como promedio, solo 1 de cada 10 toneladas que comienza esta travesía llegan al yacimiento. En total, ciento diez toneladas de petróleo expulsado por cada tonelada en superficie. En resumen: 1 tonelada en el reservorio por cada 110 expulsadas de la roca madre⁷.

3. De la roca madre madura sólo se expulsan dos de cada 10 que se generan. El ochenta por ciento del petróleo generado se queda en la roca madre. Este es el petróleo o gas de lutita que es objeto de estimulación por medio de la fracturación hidráulica o fracking. En resumen: 1 tonelada en expulsada de la roca madre por cada 9 generadas⁸.

4. No todo el querógeno se transforma en petróleo. En el mejor de los casos el 10% del querógeno se llega a transformar. O sea, una tonelada de petróleo producido es el resultado de diez mil toneladas de querógeno. En resumen: 1 tonelada generada por cada 10 000 de querógeno⁹.

5. Finalmente, cada tonelada de querógeno representa el 0,1% de restos de organismos (o sea, mil toneladas de organismos vivos se convierten con el tiempo en una tonelada de querógeno). En resumen 1 tonelada en querógeno por cada mil de toneladas de organismos vivos¹⁰.

En resumen: con muy buena suerte, una tonelada de petróleo extraída hoy y que quemamos alegremente en pocos segundos, es el resultado de la transformación de, al menos, diez millones de toneladas de materia viva depositada en la roca generadora. De ellas 8 000 000 toneladas de bacterias, 2 700 000 toneladas de plancton, 297 000 toneladas de algas y otros organismos bentónicos y poco menos de 300 toneladas de organismos superiores¹¹. En este cálculo no se considera la materia orgánica que no forma parte de las rocas madres y que es reciclada por otros organismos vivos o aquella que está atrapada en los sedimentos, pero que no llega a formar un espesor apreciable de querógeno. Si imaginamos que existe algún petróleo que se originó íntegramente de restos de dinosaurios y estimamos que un buen reptil del cretácico pudiera pesar unas 10 toneladas, resulta que cada tonelada de ese “petróleo dinosaurio” es el resultado de la transformación de diez millones de esos “nobles lagartos”.

⁶Riva J.P., 1983 World petroleum resources and reserves. Boulder Colorado, Wesreview 355 p.; Colitti M., 1981. Size and distribution of known and undiscovered petroleum resources in the world, with an estimation of future exploration. OPEC Review; vol. 5, No 3, p.9-65.; Ivanhoe L.F. 1986. Oil discovery rates and projected discoveries of the free world. In D.D. Price, ed., Oil and gas assessment: AAPG Studies in Geology 21, p. 159-178.

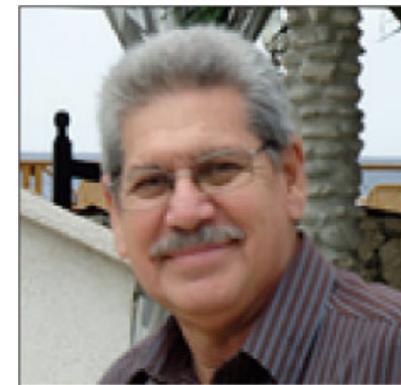
⁷Lafargue E., J Espitalie, T. Jacobsen, S Eggen, 1990. Experimental simulation of hydrocarbon migration. Proceedings of the 14th international Meeting on Organic Geochemistry, Paris, 1989.; Wilson R.D., P.H. Monaghan, A. Osanik, L.C. Price and M.A. Rogers, 1974. Natural Marine seepage: Science, v. 184 p. 857 – 865.

⁸Moreaux V y E. Lafargue, 1990. Expulsion des fluides hors des roches-mères. Rapport bibliographique. Institute Francais du Petroleo Rapport. Ref. 38186.; Larin V.I., 1982. Kolichestvennaya otsenka protsessov gasonakoplienia. Moscú Nedra. 160 pp.; Vassoevich N.B., 1982. O neftematerinskom potentsiale. En el libro Metodi otsenki nefte y gasomaterinskom potentsiale sedimentov. Moscú., Nauka, p. 5-19.

⁹Tissot B. P. Y D.H. Welte, 1984. Petroleum formation and occurrence, second revised and enlarged edition. Berlin. Springer Verlag, New York – Tokyo. Heidelberg.; Miller R., 1992. The global Oil system the relationship between Oil generation, loss, half-life and the world crude oil resource. The AAPG Bull. Vol 76, No 4 April 1992. Pag. 485-500.; Kontorovich A.E. Geokhimicheskie metodi kolichestvennogo prognosa neftegasonosnosti. Moscu. Nedra. 1976.; Sokolov V.A., 1980. Evolutsia i neftegasonosnost osadochnikh baseinov. Moscu. Nauka. 283 pp. ; Vassoevich N.B., 1955. Stadii razvitiia neftematerinskij otlozhenii terrigenno tipa. En el libro Proisjzozhdenie nefti Moscu. Gostoptekhizdat, 1955.

¹⁰Galimov E. M., 1980.13C/12C in kerogen. In. Kerogen. Durand E. Editor. Paris, Ed. Technip Pag. 271-299.

¹¹Javoy, M. F., F. Pinau y C.J Allegre, 1982. Carbon geodynamic cycle: Nature, v 300, p. 171-173.



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

³Tissot B. P. Y D.H. Welte, 1984. Petroleum formation and occurrence, second revised and enlarged edition. Berlin. Springer Verlag, New York – Tokyo Heidelberg.

⁴Gubkin I.M., 1975. Uchenie o nefti. Moscú, Nauka.

⁵Vassoevich N.B., 1958, O kritike organicheskoi teorii obrazovania nefti. Tr. VNIGRI, 1958. Byp 128, c. 363-383.



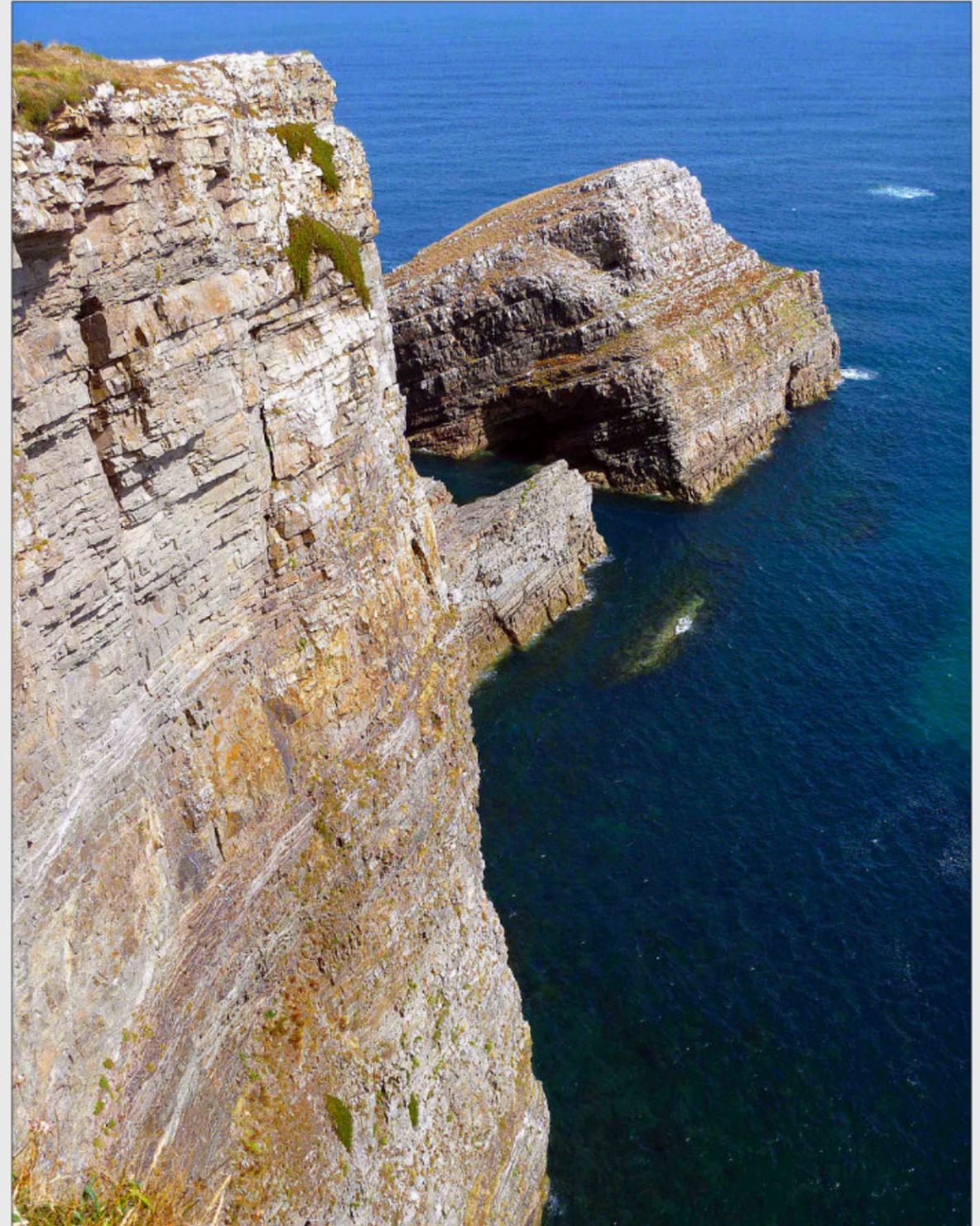
Ostréidos del Maastrichtiano superior en la Cuenca de La Popa (NL), con esférulas en su interior; en esta foto incluso se ve un gasterópodo que también tiene esférulas en sus cámaras. La hipótesis actual es un banco de ostreas que quedó al descubierto cuando el regreso del mar (anticipo del gran tsunami) dejó expuestos estos bancos y el terremoto ocasionó que la continúa caída de esférulas ingresaran con sedimento fino al interior de las ostreas, pues solamente se observan esos eyecta dentro de las conchas de esos moluscos. Las grandes temperaturas que generó la caída de esférulas pudieron ocasionar un "dewatering" y consolidación de los sedimentos que ya habían ingresado a las conchas. Todo parece indicar que estamos viendo una "instantánea" de los primeros minutos después del impacto de Chicxulub. Fotografía provista por el **Dr. Francisco Vega, Instituto de Geología, U.N.A.M.**



La Serie de Los Cabos es una formación geológica localizada en el noroeste de la península Ibérica. Data del Cámbrico medio-superior, hasta el Ordovícico y su espesor alcanza más de 4000 metros. Se presentan en general en facies siliciclásticas, con algunos episodios carbonáticos, depositados en ambientes marinos someros. En la zona costera conocida como Playa de las Catedrales o As Catedrais, en gallego, también se la conoce como Praia de Augas Santas o playa de las Aguas Santas, se desarrollan estas formas, a partir de la erosión (oleaje mas mareas), sobre las rocas silíceas pertenecientes a las Capas de Bres (un miembro de la Serie de los Cabos). La disposición estructural de las capas (que buzcan con una inclinación suave), y la red de fracturas conjugadas NO-SE/NE-SO, ocasionan los típicos arcos (sea arch) y túneles que recuerdan los arcos de las Catedrales Góticas, y que son las formas costeras más numerosas. También se conservan vestigios de islotes aislados (stacks) y cuevas o furnas, como se denominan en gallego. **Fotografía de Jhonny E. Casas.**



Depósitos de bombas y brechas de explosión en el Mioceno de la Fm. La Yeguada de la Provincia de Santiago de Veraguas. República de Panamá. El material clástico se encuentra empastado en tobas ignimbríticas. La Fm. La Yeguada parece ser un análogo en composición y edad con el Grupo Padre Miguel de Honduras, formado por un gran evento de ignimbrita y lavas riolíticas acumuladas durante un gran evento explosivo ocurrido entre 15-10.5 Ma, probablemente relacionado con pirolisis de la corteza continental y considerado unos de los eventos explosivos de material ácido de mayor extensión, sobre varios países centroamericanos. Las analogías con el "Evento La Yeguada" de Panamá, se refuerza por la cobertura de basaltos del Cuaternario, sobre los materiales ácidos, también presente en Panamá, donde son llamados basaltos postorogénicos. Fotografías de **Humberto Álvarez Sánchez**.



La costa en la zona del cabo Vidio (Asturias, España) presenta un aspecto uniforme, con acantilados de unos 80-90 m de altura, y muy accidentada por sus muchas puntas y playas intermedias. Las irregularidades de la costa son producidas por la diferente acción de los agentes erosivos sobre los materiales cuarcíticos y pizarrosos que la forman, y que pertenecen a la Serie de los Cabos (Cámbrico medio - Ordovícico inferior). El espesor mínimo representado en esta zona es de 3.000 m. El cabo Vidio se encuentra en el núcleo del sinclinal de Palancas y está atravesado por la falla de Vallina. Es una estructura tardía que no muestra relación con las fases de deformación variscas. En los acantilados y playas del este del cabo Vidio se ha encontrado abundante icnofauna. Son pistas originadas en su mayoría por artrópodos (probablemente trilobites). **Fotografía de Jhonny E. Casas**.



Benioff Siempre

A nosotras las 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

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Pronóstico de un nuevo depósito de sulfuros de Pb y Zn en el distrito minero Matahambre-Mella, Cuba

Forecast of a new Pb and Zn sulfide deposit at Matahambre-Mella mining district in Cuba

Orestes F. Carballo-Otero^{1*}, Orlando R. Carraz-Hernández², Ramón G. Pérez-Vázquez²

¹Instituto de Geología y Paleontología, Cuba.

²Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: carballo@igp.minem.cu

Resumen

Como resultado de la reinterpretación del vuelo aeroelectromagnético VTEM^{Plus}, ejecutado en el año 2013 en las Alturas de Pizarras del Norte, provincia de Pinar del Río, se pronosticó un nuevo depósito de sulfuros de Pb y Zn en el distrito minero Matahambre-Mella, a unos cien metros de profundidad y con 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos. El presunto depósito, denominado Orilda, no coincidió con mineralizaciones conocidas ni con las anomalías anteriormente seleccionadas; estuvo vinculado a la anomalía B3, la cual sobresalió por su constante de tiempo de 4,56 ms y su concurrencia con otros criterios de prospección. Se recomienda realizar una exploración terrestre para comprobar la potencialidad minera de esta anomalía y examinar especialmente el área aledaña al SE de su epicentro, con las coordenadas Lambert Sistema Cuba Norte: X: 198 455, Y: 307 946

Palabras clave: Sulfuros de Pb y Zn; distrito Matahambre-Mella; VTEM^{Plus}.

Abstract

Based on reinterpretation of a VTEM^{Plus} aeroelectromagnetic flight carried out in 2013 at Las Alturas de Pizarras del Norte in Pinar del Río province, a new Pb and Zn sulfide deposit is predicted to exist in the Matahambre-Mella mining district at a depth of about one hundred meters, with 10.4 million tons of ore in the category of speculative resources.

The proposed deposit, called Orilda, does not match any known mineralization, nor with the previously selected anomalies linked to the B3 anomaly, which stands out by its time constant of 4.56 ms and its concurrence with other prospecting criteria. It is recommended that terrestrial exploration be carried out to verify the mining potential of this anomaly, and especially to examine the adjacent area SE of its maximum at Lambert North Cuba System coordinates: X: 198 455, Y: 307 946.

Keywords: Pb and Zn sulfides; Matahambre-Mella district; VTEM^{Plus}.

INTRODUCCIÓN

El distrito minero Matahambre-Mella en las Alturas de Pizarras del Norte es conocido por sus yacimientos de sulfuros de cobre y polimetálicos, que históricamente han constituido una importante fuente de materias primas de metales básicos para la industria. En la actualidad sus minas están agotadas y por esta razón es perentorio encontrar nuevos recursos minerales para ese coto minero.

Los depósitos de sulfuros en ese distrito están hospedados en una antigua cuenca de sedimentación jurásica, representada básicamente por la formación San Cayetano, a cuyo miembro superior "Castellanos" sus lutitas y pizarras negras se asocian estratigráficamente a los depósitos de plomo y zinc estratiformes del tipo sedimentario-exhalativo (SEDEX), mientras que la mineralización de cobre se afilia a su miembro inferior innominado, que es predominantemente arenoso. Se aprecia, además, el control tectónico vinculado a fallas profundas que constituyeron en el pasado los canales de ascenso de los fluidos hidrotermales (Cazañas *et al.*, 2017; Pérez-Vázquez, Estévez-Cruz y Romero-Espinosa, 2017).

La yacencia, inicialmente horizontal, de los cuerpos minerales estratiformes en la cuenca de sedimentación se vio perturbada al final del eoceno por la orogenia alpina, que originó plegamientos cabalgados y escamados con fallas inversas, lo cual condicionó el buzamiento de los depósitos en dirección noroeste.

La principal propiedad física que distingue a los sulfuros de sus rocas hospederas es su conductividad eléctrica y por esta razón los métodos geofísicos electromagnéticos se utilizan habitualmente para su prospección,

conjuntamente con la polarización inducida y el potencial espontáneo.

En el año 2009 se realizó un informe de generalización de los métodos electromagnéticos empleados en el NO de la provincia de Pinar del Río (Carballo-Otero y Moya, 2009, 2015), cuya principal recomendación fue realizar un levantamiento aereolectromagnético en el dominio del tiempo (TEM) para todo el territorio, lo cual se materializó parcialmente en el año 2013, cuando la empresa minera EMINCAR S.A. contrata a la compañía geofísica canadiense GEOTECH Ltd., para sobrevolar 960 km² de la parte centro-oriental de las Alturas de Pizarras del Norte (que incluye al distrito minero Matahambre-Mella), con su sistema electromagnético helitransportado del dominio del tiempo VTEM^{Plus}, simultáneamente acompañado con un levantamiento aero-magnético de gradiente horizontal.

Según el reporte de interpretación de Geotech Ltd. (GEOTECH Ltd. 2013a) para todo este territorio fueron

reveladas 27 anomalías de $\partial Bs/\partial t$ con potencialidad minera, de las cuales solo dos corresponden al distrito Matahambre-Mella –anomalías **B2** y **A7**– coincidiendo la primera con el conocido prospecto Nieves (Figura 1).

En el año 2021 se realizó una re-interpretación del VTEM^{Plus} en el área del distrito Matahambre-Mella (Carballo-Otero, 2021). Un resultado imprevisto fue detectar la potencialidad minera de una tercera anomalía –la **B3**– que no coincide con mineralizaciones conocidas y que con una constante de tiempo de 4,56 ms parece indicar un depósito de sulfuros (Figura 2). El objetivo del presente trabajo fue examinar en detalle la anomalía **B3** como indicador de un posible nuevo depósito de plomo y zinc.

MATERIALES Y MÉTODOS

Básicamente se utilizó el informe interpretativo de Geotech Ltd. (GEOTECH Ltd. 2013a) y el mapa de $\partial Bs/\partial t$

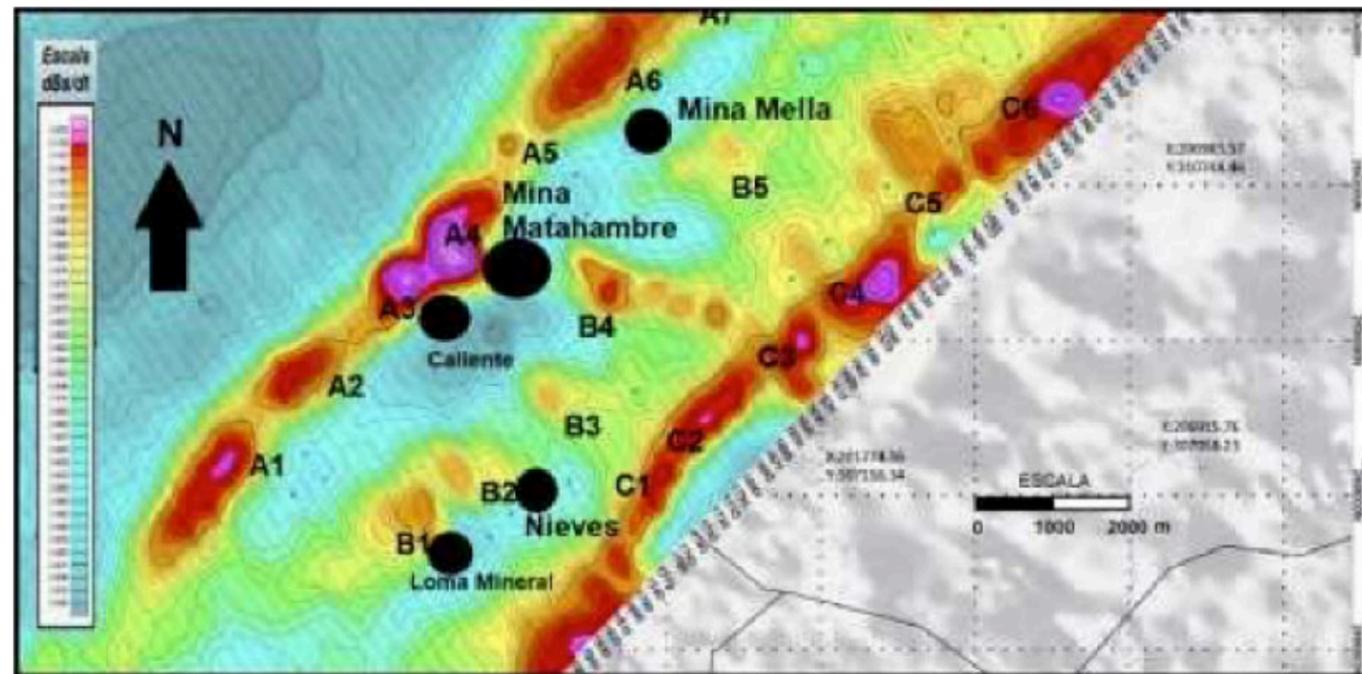


Figura 1. Mapa de contornos de isólinas de la primera derivada del campo magnético secundario Bs con respecto al tiempo ($\partial Bs/\partial t$) por el canal de 0,880 ms de Geotech Ltd., con la superposición de los depósitos en el distrito Matahambre-Mella: se observa el desplazamiento de las anomalías hacia el NO con respecto a los depósitos, a causa de la concentración las corrientes inducidas en el subsuelo en el sentido del buzamiento, fenómeno previsto mediante el modelaje (Carballo-Otero, 2021). La débil anomalía B3 no coincide con ninguna mineralización conocida y su bajo gradiente es probablemente causado por un objeto electroconductor relativamente profundo, presuntamente un nuevo depósito de Pb y Zn situado al SE del epicentro de esa anomalía (Carballo-Otero, 2021).

por el canal de 0,880 ms (GEOTECH Ltd. 2013b), así como el mapa de las constantes de tiempo τ (GEOTECH Ltd. 2013c) y las pseudo-secciones de resistividad aparente por las líneas de vuelo del VTEM^{Plus} (GEOTECH Ltd. 2013d). Como mapa base se empleó a la hoja topográfica 3483 Pinar del Río, a escala 1:100 000 (GEOCUBA 2017) y su correspondiente, el mapa geológico a igual escala (IGP 2017). Se estudiaron, además, informes geológicos correspondientes al área de estudio (Astajov *et al.* 1982; Rafikov y Bárzana, 1984; Bárzana *et al.* 1988; Pérez-Vázquez, Estévez-Cruz y Romero-Espinosa, 2017). Como patrón interpretativo se utilizó el modelo de pronóstico VTEM para los depósitos de sulfuros confeccionado por el primer autor (Figura 3).

Figura 3. Modelo de pronóstico VTEM para los depósitos no aflorantes de sulfuros de Zn-Pb estratiformes tipo sedimentario-exhalativo (SEDEX) hospedados en los sedimentos de la formación San Cayetano. La anomalía

VTEM^{Plus} $\partial Bs/\partial t$ de bajo gradiente está asociada a un cuerpo mineral relativamente profundo. Se observa la ausencia de anomalía ΔT al carecer de magnetismo sus menas. El umbral de discriminación de 2,5 ms se calculó estadísticamente como dos veces la media de las anomalías en el distrito minero Matahambre-Mella excluyendo los valores extremos. Confeccionado por Orestes Carballo-Otero.

RESULTADOS

La anomalía $\partial Bs/\partial t$ **B3** presenta un bajo perfil (Figura 4), lo cual coincide con el modelo de pronóstico VTEM, que muestra a un objeto electroconductor relativamente profundo y sin anomalía magnética ΔT .

La constante de tiempo para los depósitos de sulfuros no magnéticos depende básicamente del producto de la masa mineral por su conductividad eléctrica (Jmelevskovo y Bondarenko, 1989; Carraz-Hernández, 2017; Johansson,

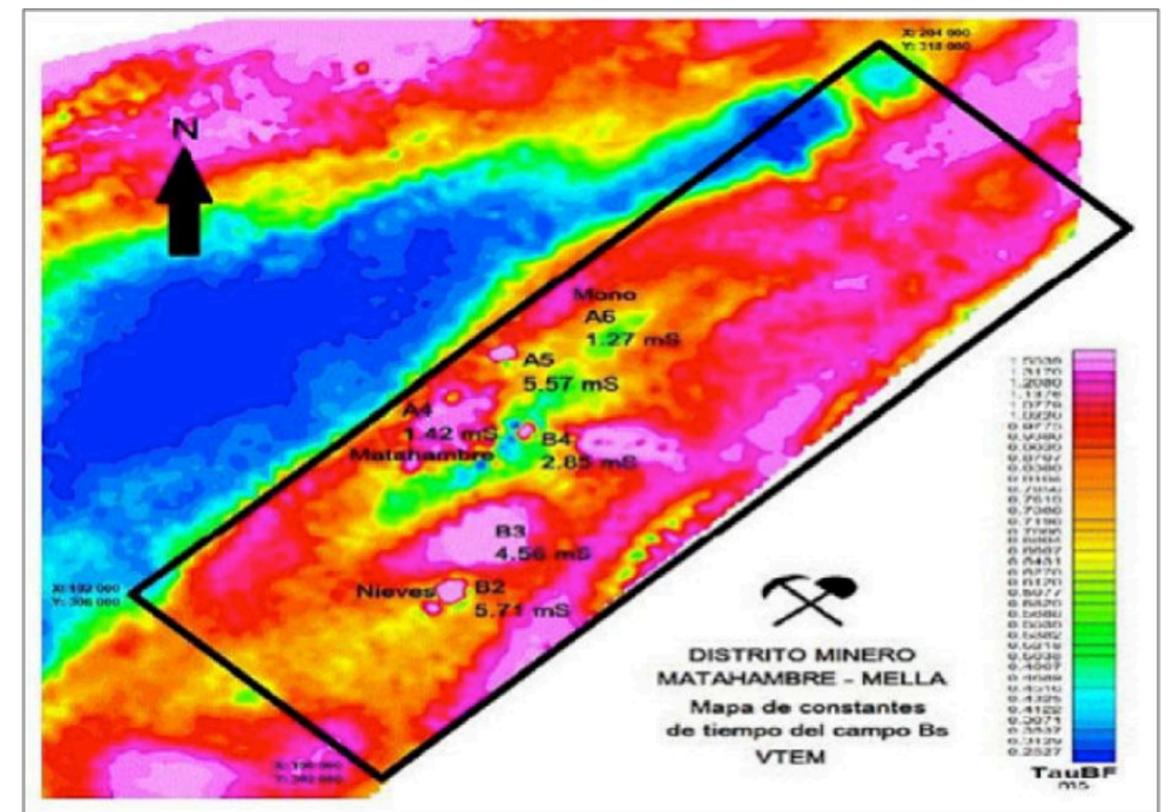


Figura 2. Mapa de las constantes de tiempo τ del campo magnético Bs del VTEM^{Plus} para el distrito minero Matahambre-Mella. La mayor Tau corresponde al conocido prospecto Nieves (B2). A5 y B4 son anomalías antrópicas (sub-estación eléctrica y tanques del acueducto, respectivamente). Las antiguas minas Matahambre y Mella (Mono) representadas por las anomalías A4 y A6 evidencian su agotamiento mineral por las reducidas constantes de tiempo, por debajo del umbral de 2,5 ms. La anomalía B3 con $\tau=4,56$ ms es la única con potencialidad minera, al no coincidir con ninguna mineralización conocida. Solo se representan los principales valores de Tau. Editado en base al mapa de Tau BF de Geotech Ltd. (Carballo-Otero, 2021).

2017). Al ser colindante **B3 Orilda** con el prospecto *Nieves* se asume que sus electroconductividades son semejantes y por esta razón la constante de tiempo es básicamente proporcional a la masa mineral.

Al poseer *Nieves* una masa de 13 millones de toneladas de Zn+Pb en categoría de reservas calculadas (Rafikov y Bárzana, 1984), y al ser la constante de tiempo de **B3** un 20 % menor que la de *Nieves* se le atribuye proporcionalmente a *Orilda* 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos (Carballo-Otero, 2021).

DISCUSIÓN

La potencialidad minera de la anomalía **B3**, interpretada en base al parámetro τ se ve reforzada al estar asociada a otros criterios de prospección de sulfuros (Figuras 5 y 6) establecidos para las Alturas de Pizarras del Norte (Torres-Zafra *et al.*, 2004). Aunque los recursos deducidos para el supuesto depósito *Orilda* están sujetos a incertidumbres, los autores sostienen su utilidad como una primera aproximación al valor real, lo cual permite justificar la conveniencia de la verificación terrestre de la anomalía **B3**.

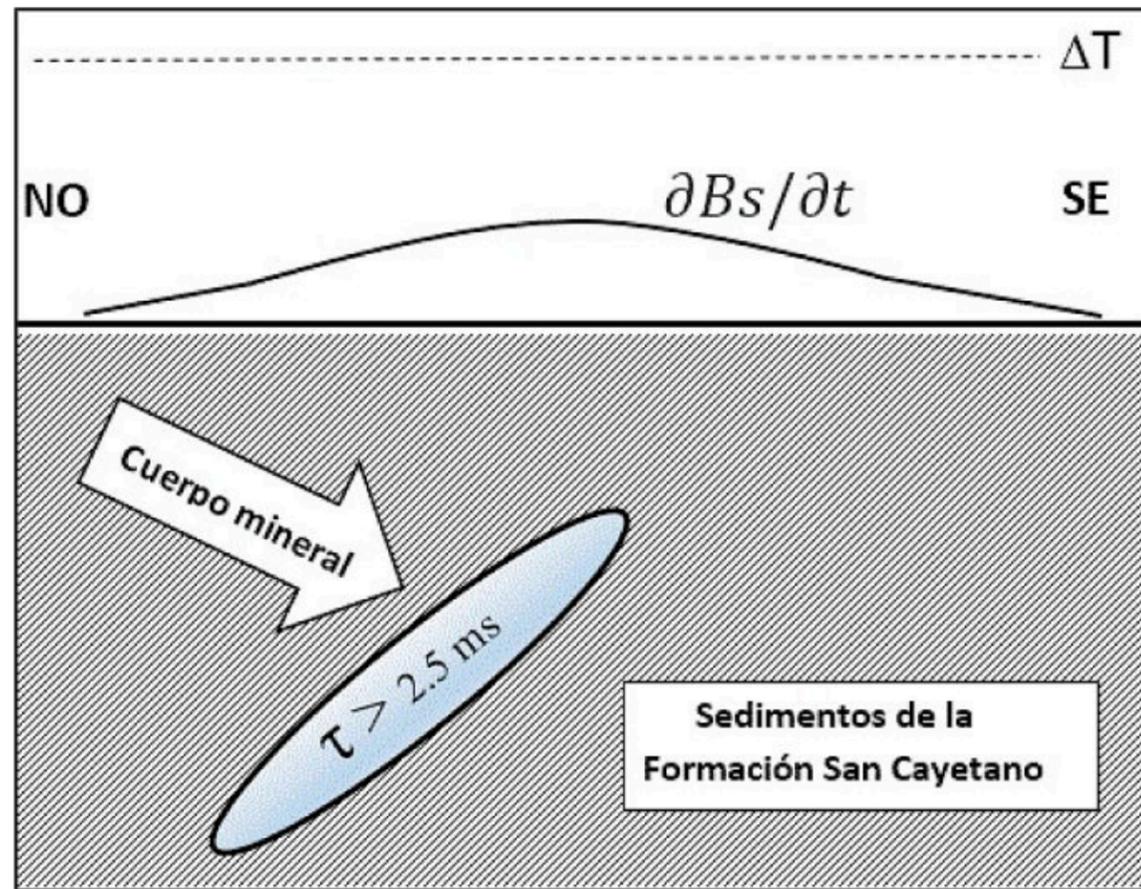


Figura 3. Modelo de pronóstico VTEM para los depósitos no aflorantes de sulfuros de Zn-Pb estratiformes tipo sedimentario-exhalativo (SEDEX) hospedados en los sedimentos de la formación San Cayetano. La anomalía VTEM^{Plus} $\partial Bs/\partial t$ de bajo gradiente está asociada a un cuerpo mineral relativamente profundo. Se observa la ausencia de anomalía ΔT al carecer de magnetismo sus menas. El umbral de discriminación de 2,5 ms se calculó estadísticamente como dos veces la media de las anomalías en el distrito minero Matahambre-Mella excluyendo los valores extremos. Confeccionado por Orestes Carballo-Otero.

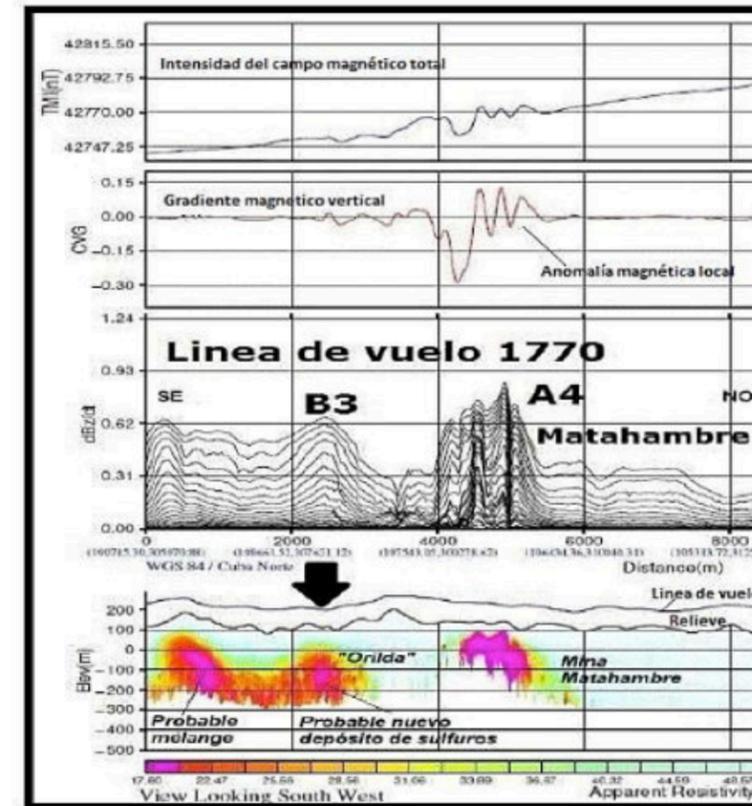


Figura 4. Perfil por la línea de vuelo 1770 con pseudo-sección de resistividad eléctrica donde se aprecia la anomalía VTEM^{Plus} **B3** con potencialidad minera ($\tau=4,56$ ms), al SE de la antigua mina y poblado de Matahambre. Sobre este hipotético depósito, cuyo tope superior se encuentra a una profundidad aproximada de 100 m, no se observa anomalía magnética al no poseer menas ferrosas oxidadas en la superficie. Se observan, además, las interferencias antrópicas sobre la anomalía VTEM **A4** asociadas a la mina Matahambre (Carballo-Otero, 2021).

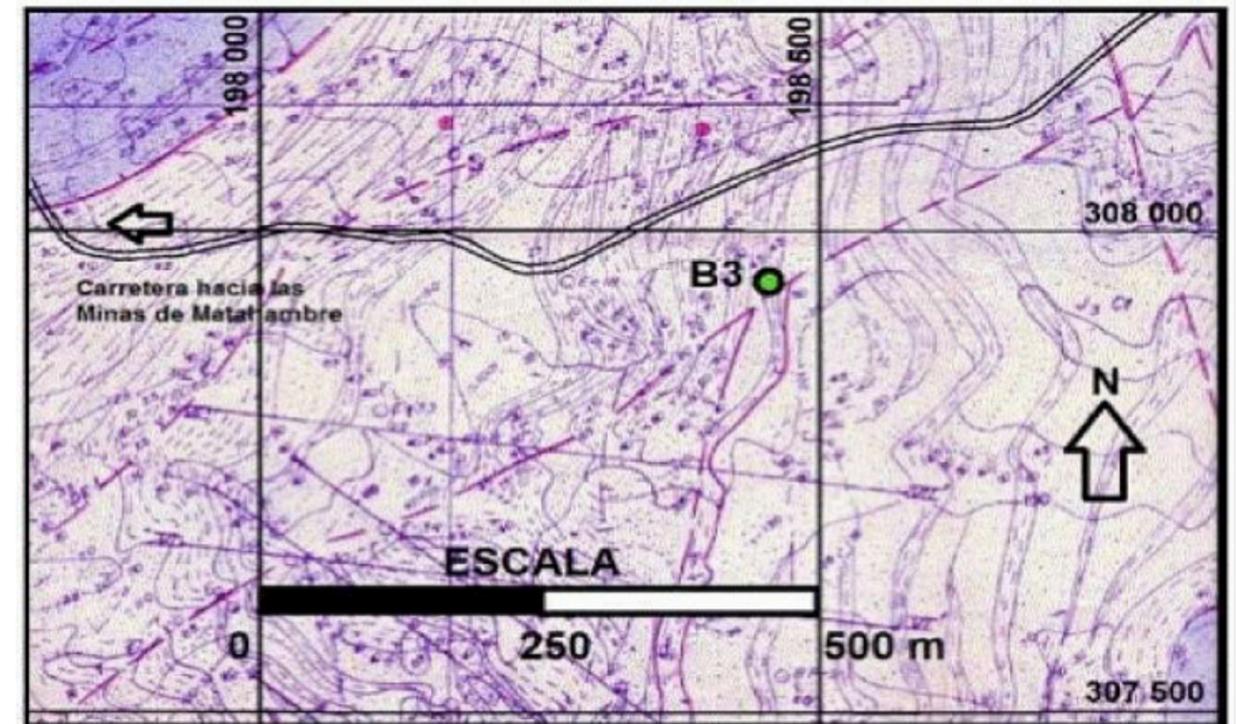


Figura 5. Ubicación de la anomalía VTEM^{Plus} **B3** sobre el Mapa Geológico Esquemático del Sector Matahambre-Nieves a escala 1:5000, confeccionado por Bárzana *et al.*, (1988), escaneado y modificado por Carballo-Otero. Se observa que el epicentro de la anomalía **B3** está cercana a la confluencia de fallas -criterio tectónico- y en la frontera de las lutitas y pizarras negras del miembro Castellanos con las areniscas del piso inferior innominado de la formación San Cayetano -criterio litoestratigráfico-. Además, la anomalía está vinculada al relieve positivo -criterio geomorfológico- (Carballo-Otero, 2021).

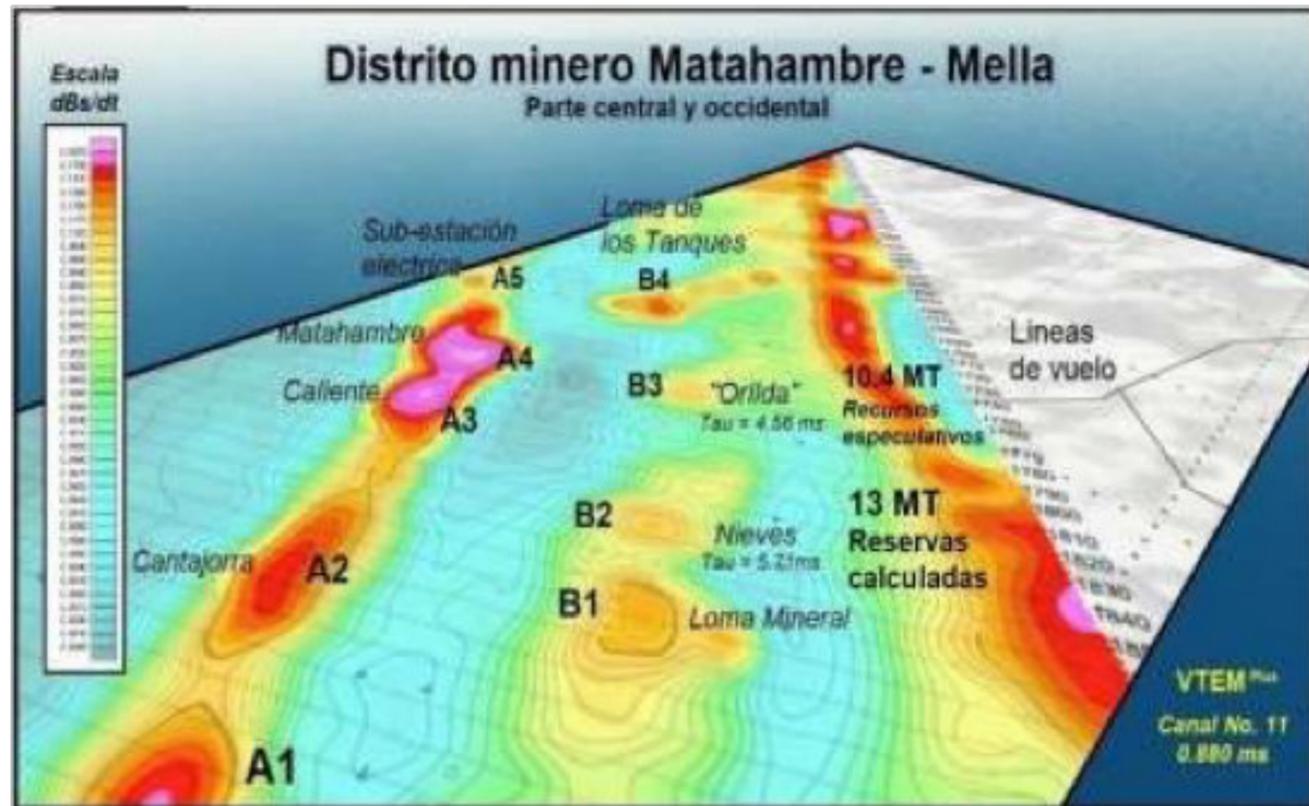


Figura 6. Representación pseudo-isométrica de un fragmento del mapa de contornos de isóneas de $\partial B_s/\partial t$ del canal No. 11 de Geotech Ltd. correspondiente a la parte centro-occidental del distrito minero Matahambre-Mella. Se observa principalmente al presunto depósito *Orilda* con 10,4 MT de Zn+Pb en categoría de recursos especulativos. Se visualizan las líneas de vuelo cada 200 m. Confeccionado mediante Global Mapper y Paint (Carballo-Otero, 2021).

CONCLUSIONES

1. La anomalía VTEM^{Plus} B3 con coordenadas Lambert X: 198 455 Y: 307 946 señala la posible presencia de un nuevo depósito de sulfuros metálicos, presumiblemente de Pb y Zn, a unos 100 m de profundidad y con 10,4 millones de toneladas de mena en categoría de recursos especulativos.

2. Se recomienda realizar una exploración terrestre in situ para comprobar la naturaleza mineral de esta anomalía, precisar sus contornos y evaluar su potencialidad minera, pero especialmente los autores proponen examinar el área aledaña al SE de su epicentro, por el posible desplazamiento de la anomalía VTEM con respecto al hipotético depósito, producto de la canalización de las corrientes inducidas por el electromagnetismo, como se observa en otros depósitos ya conocidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean testimoniar su gratitud al profesor Dr. José Antonio Díaz Duque, del Departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería Civil de la

Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), por la revisión del texto y sus constructivas sugerencias. Igualmente, los autores desean manifestar su agradecimiento al Servicio Geológico de Cuba, representado por el Instituto de Geología y Paleontología y a la Empresa Minera del Caribe (EMINCAR S.A.) por el apoyo institucional para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Astajov, K.; Solianik, V.; Vasiliev, V.; Martínez, D.; Fernández, R.; Oubiña, J.; Dimidov, S. y Santamaría, Z. 1982: Levantamiento geológico a escala 1:50 000 en el NO de Pinar del Río. 3 tomos. Inédito. La Habana: Fondo Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- Bárzana, J. A.; Rodríguez, E.; Salinas, A.; Méndez, D.; Estrada, N.; Romero, C.; Martínez, A. y Cuní, J. 1988: Informe búsqueda detallada de sulfuros de Cu y polimetálicos entre los yacimientos Matahambre y Nieves y flanco oeste de Nieves. Inédito. La Habana: Archivo técnico IGP.

Carballo-Otero, O. 2021: Efectividad del sistema aero-electromagnético en el dominio del tiempo VTEM^{Plus} para localizar depósitos de sulfuros masivos en las Alturas de Pizarras del Norte, Pinar del Río, Cuba. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica de La Habana.

Carballo-Otero, O. y Moya, J. 2015: Sistematización y generalización de la información electromagnética del NW de la provincia de Pinar del Río. En: VI Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (GEOCIENCIAS'2015). Ponencia. La Habana.

Carballo-Otero, O. y Moya, J. 2009: Sistematización y generalización de la información electromagnética del NW de la provincia de Pinar del Río. No. Inventario 1363. La Habana: Fondo Oficina Nacional de Recursos Minerales.

Carras-Hernández, O. R. 2017: Métodos electromagnéticos. Tema 4: Métodos EM Transitorios (Conferencia No. 15 Sistemas TDEM aéreos). La Habana: Universidad Tecnológica de La Habana.

Cazañas, X.; Torres, J.; Lavaut, W.; Cobiella, J.; Capote, C.; González, C.; López, J.; Bravo, F.; Llanes, I.; González, D.; Ríos, Y.; Ortega, Y.; Torres, R.; Pantaleón, G.; Torres, M. y Figueroa, D. 2017: Metalogía de Cuba: Memoria explicativa del Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1: 250 000. La Habana: CNIG-IGP.

GEOCUBA. 2017: Mapa topográfico hoja 3483-IV Minas Matahambre, a escala 1:50 000. La Habana.

GEOTECH Ltd. 2013a: Alturas de Pizarras del Norte: Geophysical interpretation report on a helicopter borne Versatile Time Domain Electromagnetic (VTEM) and Horizontal Gradiometer Survey. Aurora.

GEOTECH Ltd. 2013b: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM B-Field Map Profiles 1:50 000/ Time gates 0.220-7.036 ms. Aurora.

GEOTECH Ltd. 2013c: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM dBs/dt Map Decay Constant (Tau) 1:50 000. Aurora: Geotech Ltd.

GEOTECH Ltd. 2013d: Alturas de Pizarras del Norte: VTEM Resistivity Depth Image (RDI) for Lines 1000-4210. pdf. Aurora.

IGP. 2017: Mapa geológico hoja 3483 Pinar del Río, a escala 1:100 000. La Habana.

Jmelevskovo, V. K. y Bondarenko, B. M. 1989: Elektrorazvedka: spravochnik geofizika. Tomo I. Moscú: Nedra.

Johansson, L. 2017: Modelling and interpretation of VTEM data from Soper, Sweden. M. Thesis. Lulea University of Technology. Lulea.

Pérez-Vázquez, R. G.; Estévez-Cruz, E. y Romero-Espinosa, M. S. 2017: Modelación descriptiva del yacimiento Santa Lucía (Zn-Pb-Ba), Pinar del Río (CUBA). Boletín de Geología, 39 (mayo-agosto): 83-93.

Rafikov, F. y Bárzana, A. 1984: Informe de búsqueda detallada en el sector Nieves y Loma Mineral y exploración orientativa en el sector Nieves. Inédito. La Habana: Fondo Oficina Nacional de Recursos Minerales.

Torres-Zafra, J.; Moreira, J.; Lavandero, R. y Montano, J. 2004: Reevaluación metalogénica del potencial de los recursos minerales de Au, Ag y polimetálicos asociados a secuencias de materia orgánica en Pinar del Río. Inédito. La Habana: Archivo IGP.

Información adicional

ORCID

OFCO, <https://orcid.org/0000-0001-8975-83099>
ORCH, <https://orcid.org/0000-0001-6866-061X>
RGPV, <https://orcid.org/0000-0002-8559-52711>



MSc. Orestes Francisco Carballo Otero

Investigador geofísico en el Instituto de Geología y Paleontología/Servicio Geológico de Cuba.

Orestes Francisco Carballo Otero

Master en geofísica por la Universidad Tecnológica de La Habana (2021).

Master en Ciencias Técnicas e ingeniero electrónico instrumentista por la Universidad Técnica de Járkov, antigua Unión Soviética (1982). Se desempeña como investigador geofísico en el Instituto de Geología y Paleontología / Servicio Geológico de Cuba. Técnico geofísico graduado en el Centro Tecnológico de Combustibles “Comandante Vitalio Acuña”, La Habana (1973). Especialista en geoelectricidad y radiometría. Ha participado en campañas de prospección geofísica de sulfuros, intrusión salina e ingeniería geológica. Diseñador de instrumentos geoelectricos. Además, ha trabajado con las técnicas instrumentales de análisis geoquímico de laboratorio, como son la espectrofotometría de absorción atómica y la espectrometría de fluorescencia de rayos X.



Dr. Orlando Román Carraz Hernández

Profesor y jefe del departamento de Geociencias de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría. cujae. Cuba.

Orlando Román Carraz Hernández Graduado de Ingeniero Geofísico en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (1992). Es Master en Geofísica Aplicada (2001) y Doctor en Ciencias Técnicas (2008). Ha realizado investigaciones en temas relacionados con la Geofísica aplicada a la agricultura, la Ingeniería Civil y la Geotecnia (2019-2021) y la prospección arqueológica. Los resultados de sus investigaciones aparecen reflejados en eventos científicos nacionales e internacionales y varias decenas de publicaciones. Como parte de su labor académica ha sido miembro del tribunal, tutor u oponente tesis de diploma, maestría y doctorado en ingeniería hidráulica, ingeniería civil e ingeniería geofísica.



MSc. Ramón Guillermo Pérez Vazquez

Profesor del departamento de Geociencias de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría. cujae. Cuba.

Ramón Guillermo Pérez Vazquez es geólogo con más de 44 años de experiencia en la docencia y las investigaciones. Ha desarrollado su labor como especialista en Prospección y Exploración de Yacimientos Minerales y Geología de Minas. Recientemente ha realizado investigaciones sobre impacto ambiental provocado por la actividad minera en diferentes localidades. Ha impartido docencia de pregrado y postgrado a diferentes niveles. Ha trabajado o colaborado en temas de investigación y docencia con varias universidades cubanas y a nivel mundial como son: La Universidad de Pinar del Río, Cuba; la Universidad de Barcelona, España; el departamento de Geofísica de la UNAM, México; la Universidad Agostinho Neto, Luanda, Angola; Mekelle University, Mekelle, Etiopía y otras. Ha participado en diferentes eventos científicos nacionales e internacionales y ha publicado varios artículos científicos en diferentes revistas. Es miembro del consejo editorial de revistas científicas y miembro de la Sociedad Cubana de Geología.

<https://orcid.org/0000-0002-8559-5271>

https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Perez-Vazquez?ev=hdr_xprf

<https://www.linkedin.com/mwlite/in/ram%C3%B3n-guillermo-p%C3%A9rez-v%C3%A1zquez-03a3a813b>

<https://www.linkedin.com/feed/>

AN EOCENE ROCK UNIT WHICH TRAVELLED ABOUT 900 Km USING A CONVEYOR BELT CALLED THE CARIBBEAN PLATE - PAMPATAR FORMATION (MARGARITA ISLAND, VENEZUELA)

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



INTRODUCTION

The Pampatar Formation is a Middle Eocene clastic rock unit that crops out on Margarita Island (Figure 1), which is located off the northern coast of Venezuela. The formation consists of around 1,600 m of stratigraphic section, composed of interbedded sandstones, siltstones and shales, with some thick conglomerates and minor amounts of limestone. Most of the outcrops are well exposed along the east-southeast coast of Margarita (Figure 2), in the vicinity city of Pampatar. The study and review of this formation aims to discuss and summarize its stratigraphic and sedimentological features, the paleogeographic context, and recent findings about the provenance of its sediments in the context of the tectonic evolution of the southern margin of Caribbean Plate and northern margin of South America during the Cenozoic.

GEOLOGICAL SETTING

The Pampatar Formation is composed of shales (45%), sandstones and siltstones (40%), conglomerates (14%) and limestones (1%). The sandstones are grey when fresh, but weather to brownish and olive colors. Most of the sandstones are fine-grained and their thicknesses

varies between 1 cm and 10 m, with a median of 3 cm (Casas et al., 1995). In outcrop the sandstone beds, show many sedimentary structures, such as, normal grading (Figure 3), parallel lamination, ripple cross-lamination and convolute bedding; many shows classic Bouma (1962) successions, including Tab, Tbc and Tbcd. Debris flow intervals are also common along the Pampatar section (Figure 4).



Figure 1. Location of Margarita Island (Venezuela) and the Pampatar Formation outcrops



Figure 2. Pampatar Formation outcrops along Punta Ballena, Margarita Island.



Figure 3. A) Fine pebble conglomerate-sandstones showing normal grading at the base and parallel lamination at the top (Tab), Punta Moreno outcrop.

The clasts within the conglomerates, were studied by Moreno & Casas (1986) and included more than 1500 counts. They are composed of chert, quartz, meta-andesites, porphyritic andesites, dacites, tuff, meta-tuff, sandstones/meta-sandstones, siltstone and mudstone fragments, plutonic fragments like hornblende-tonalite and granodiorite, and a high number of aphanitic fragments that could not be differentiated due to alteration.



Figure 4. Debris flow interval: a chaotic mass of heterogeneous material, such as block fragments and mud), Punta Ballena outcrop, hammer scale = 33 cm.



Figure 5. Conglomeratic section at the base of an outcrop from Pampatar Formation, Punta Moreno, Margarita

The sandstones are mainly lithic arenites (43%), subarkoses (14%), sublitanes (14%), arkosic arenites (13%) and lithic grauwwacks (12%). The lithic arenites (Figure 6) are composed by high percentage (up to 87%) of andesitic volcanic fragments (Figure 7), quartz (up to 33%), with a minor fraction of plagioclases and potassic feldspars. Carbonatic cements are also found in some samples. Matrix content is variable (up to 11% in lithic arenites, and 61% in grauwwacks). It is composed of clay fraction and carbonates. The petrographic analysis

Within Pampatar Formation, two distinct conglomeratic subunits are recognized in Punta Gorda and Punta Moreno geographical locations (Figure 5). They are normally clasts supported (orthoconglomerates), sometimes exhibiting vertical gradation.

supports the idea that some matrix is the alteration product of volcanic fragments. Most of the samples shows minor amounts (less than 2%) of zircon, tourmaline, epidote, zoisite, apatite, sphene and rutile (Casas *et al.*, 1986).

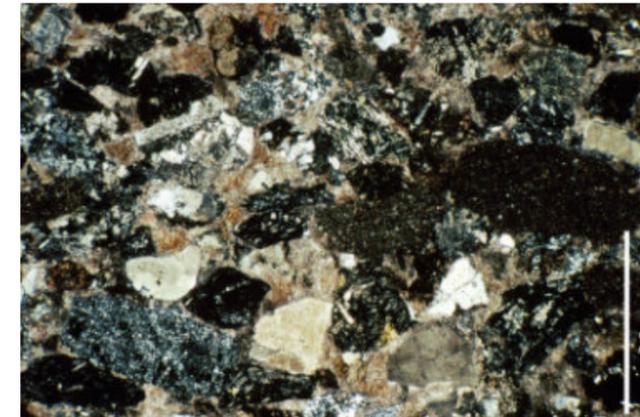


Figure 6. Example of Lithic Arenite in Pampatar Formation. Graphic scale = 0.5 cm.

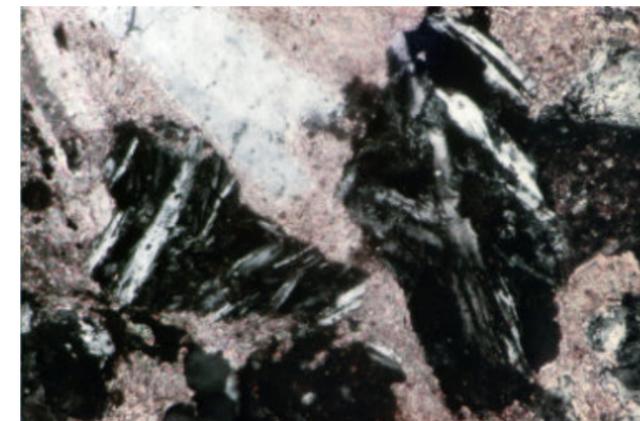


Figure 7. The Lithic Arenites in Pampatar contain high quantities of andesitic fragments. Graphic scale = 0.5 cm.

Shales are mostly barren, but some layers at the upper part contains radiolarian, bad preserved planktonic and bentic forams. Hernandez (1949) reported a thin limestone layer (within the thickest shaly section), containing *Asterocyclina asterisca*, *Asterocyclina sp.*, *Neodiscocyclina (Discocyclina) anconensis*, *Operculinoides sp.*, *Gumbelina sp.* and *Globorotalia sp.* Sandstones and calcareous sandstones may content *Nummulites sp.*, *Lepidocyclina sp.*, and *Asterocyclina sp.* (Figure 8), similar to those found in Punta Carnero Formation, a close and well dated late-Middle Eocene formation (Muñoz, 1973; Casas, 2022).

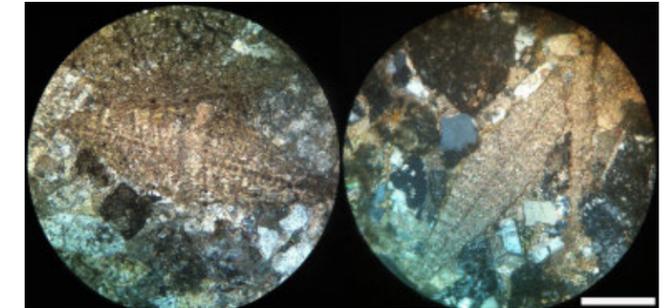


Figure 8. *Lepidocyclina sp.* in calcareous lithic arenites from the upper part of Pampatar Formation. Graphic scale = 1 mm.

SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND MECHANISMS

The Pampatar Formation is composed of sedimentary beds deposited in deep-marine channels and submarine fans thought mass-transport events (debris flows and slumps) and bottom currents (Casas, 2022). The tectonic setting during the sedimentation of the formation in the middle Eocene, was mainly controlled by its proximity to the Caribbean volcanic arc (Pindell and Kennan, 2007). Also, its geographical location in the tropical zone at that middle Eocene time, possibly allowed storms and hurricanes, to remove sediments and induce liquefaction processes to feed canyons and submarine fans. Sedimentation at that time was probably controlled by several short-term mechanisms, including tectonic instability of the sea floor, volcanic activity/earthquakes and storms/hurricanes. Mid-term mechanisms may also contribute to trigger processes of submarine mass-transport, such as, depositional/hydrostatic loading and ocean-bottom currents. Many of the previous mechanisms, acted individually or in tandem to deliver sediments to the bottom of the basin. Long term mechanisms as relative sea level changes may also influence patterns of sedimentation of the Pampatar Formation, but the current data and the lack of a detailed chronostratigraphy, does not allow any conclusion about this. Campos and Guzman (2002) discussed a sequence stratigraphic interpretation for the Pampatar Formation, assuming old paradigms like: high sand content representing a lowstand system tract and low sand content representing a transgressive/highstand system tract, but these simplistic ideas have been debunked during the last twenty years by many authors (e.g., Plink-Bjorklund and Steel, 2002; Carvajal and Steel, 2006; Covault *et al.*, 2007; Shanmugan, 2007; Carvajal *et al.*, 2009; Donovan, 2013).

The detailed sedimentological interpretation of the Pampatar Formation was explored by Moreno and Casas (1986) and Casas et al. (1995), who indicated that these rocks are interpreted as deep-water deposits, deposited in submarine canyons and fans, where the conglomeratic units represent the filling of submarine canyons localized in the slope/upper fan, in which the fundamental sedimentary mechanism were grain supported flows and slumps. On the other hand, the thick silty shale section with olistoliths within the Pampatar Formation, represents typical slope deposits. The rest of the section is composed of interbedded sandstones and mudstones, where the sandstones exhibit different traction structures (Casas et al., 1995) developed under the general term of bottom-current reworked sands, following the terminology of Shanmugan (2020). The different sand/shale proportions represent a wide variety of sub-environments within the deep-marine fans (from proximal to distal). Casas et al. (1995) concluded that the Pampatar Formation represented the sedimentation of a classic flysch type unit, where the transportation of terrigenous material occurred from shallow waters towards the deep basin, through submarine canyons, and where the transport mechanisms were mainly slumps, debris flows, grain flows and bottom-currents.

PALEOGEOGRAPHIC CONTEXT AND DISCUSSION

The origin and evolution of the Pampatar Formation are related to the tectonic evolution of the southern margin of Caribbean Plate and northern margin of South America in the Cenozoic. Recent data based upon detrital zircon (DZ) dating, provides evidence and more constraints for provenance interpretation and paleogeographic reconstructions in the South American and Caribbean Plate contact. DZ analyses by Xie et al. (2010) in only one sample from the Pampatar Formation, was dominated by Mesozoic and Paleozoic ages, and the lack of Guyana shield ages suggested to the authors that this source area was separated from the Paleogene basinal area on Margarita Island on the Caribbean Plate. Ages in the ~130–650 Ma range from the same Pampatar Formation sample also excluded the Andean arc system as a dominant source for this deep-water sequence. Xie et al. (2010) mentioned possible sources for the Pampatar Formation that could include the Perijá Range and the Merida Andes, which have large areas of basement with these ages (González de Juana et al., 1980). Xie et al. (2010) also point out that fission-track data from western Venezuela and eastern

Colombia published by Shagam et al. (1984) and Castillo and Mann (2006) suggested that the Merida Andes were first uplifted in the northwest during the Oligocene-Miocene, followed by uplift of the southeast margin during the Late Miocene.

Unfortunately, these assumptions from Xie et al. (2010) are based upon only one sample, with a small number of dated grains, so the results may have a high uncertainty. Instead, Noguera (2009) analyzed three samples from the Pampatar Formation with a total of 236 dated grains with a 95% confidence level. The oldest detrital zircon grain from three samples of the Pampatar Formation was of late Archean age ($2,626.8 \pm 16.6$ Ma), while the youngest grain was of Eocene age (49.1 ± 0.9 Ma). Other grains indicate ages of early Proterozoic (2,084 Ma), middle Proterozoic (1,220 Ma and 1,054 Ma), early Cambrian (535 Ma) and middle Triassic (239 Ma). Grains of ages between 120 and 200 Ma are absent from Pampatar Formation samples. Younger grains from same samples group at 49.1 Ma (Eocene).

Most accepted models for the evolution of the Caribbean (e.g., Pindell et al., 2005; Pindell and Kennan, 2007; Pindell et al., 2009) suggest a middle Eocene configuration, where a volcanic arc (Aves Ridge) on the eastern edge of the Caribbean Plate moved eastwardly as a consequence of the oblique collision between South American and the Caribbean Plate (Figure 9). During migration of this arc eastward, turbiditic sequences were deposited on the continental margin along the northern edge of the South American Plate (Pindell and Kennan, 2007) and crop out today in different places along the Cordilleran Belt, from western to eastern Venezuela, Curaçao, Margarita, Barbados and Grenada in the Caribbean. Noguera et al. (2017) cited examples of these turbiditic units, such as the Midden Curacao and Lagoen formations in Curaçao; the Matatere, Pampatar, Los Arroyos and Río Guache formations in Venezuela; and the Scotland Group in Barbados.

Casas et al. (1995) performed a modal count method on 100 sandstone samples from Pampatar Formation, and for this review, 25 new additional samples along the Pampatar stratigraphic column were added to the analysis. When plotted all samples (125) on the provenance diagrams of Dickinson et al. (1983) the results for Q-F-L triangle indicate affinities to recycled orogeny, volcanic arc and transitional continental

(Figure 10). In detail, the Qm-F-Lt diagram shows a wider dispersion, including mainly transitional recycled, mixed zone and volcanic arc (mature and transitional). This association is interpreted in terms of uplift and erosion of a subduction-accretion complex with contributions from a magmatic arc during middle Eocene time.

The analysis performed by Noguera (2009), in samples from the Pampatar and Matatere formations, found detrital zircon (DZ) ages peaking at 59 Ma and 50 Ma (Paleocene), probably marking the arrival of the Leeward Antilles volcanic arc to western Venezuela at 55-60 Ma (Levander et al., 2006; Escalona and Mann, 2011). Noguera (2009) also found DZ peaking between 50 and 40 Ma (Middle Eocene), at the time when thrusts associated with the emplacement of the Lara nappes probably occurred (Pindell et al., 2005; Escalona and Mann, 2011). Noguera et al. (2017) stated that the sedimentary deposits from the Pampatar Formation and the northern section of the Matatere Formation (located in western Venezuela), showed a statistical similarity for age results with U-Pb in DZ, suggesting similar sources for both formations and also geographically close depocenters. Macsotay and Feraza (2005) also mentioned, based upon lithological comparisons, that the Pampatar and Matatere formations are identical.

Finally, Noguera et al. (2017) concluded that volcanic and continental sediments in these two turbidite units (Pampatar and Matatere) were shed from at least three general locations:

- A northern source located at the Caribbean volcanic arc and the accretionary prism which fed the foredeep basin (in agreement with Casas et al., 1995 results).
- A southern source from the Guyana Shield or from the erosion of Cretaceous/Paleozoic rock units containing Guyana Shield ages (Casas, 2022).
- A western source found in the positive areas of the Cordillera of Colombia, including the Perijá Range and the Guajira Peninsula.

The material from the volcanic arc observed in the sandstones and conglomerates of the Pampatar Formation is represented by volcanic lithic fragments (tuffs and andesites), feldspars and many volcanic glass fragments, altered to chlorite and zeolites (Casas et al., 1995; Casas, 2022).

CONCLUSIONS

Q-F-L provenance triangle indicates affinities to recycled orogeny, volcanic arc and transitional continental. The Qm-F-Lt shows a wider dispersion, including transitional recycled, mixed zone and volcanic arc. This association was interpreted in terms of uplift and erosion of a subduction-accretion complex with contributions from a magmatic arc during middle Eocene time.

The interpretation shows that the Pampatar Formation was probably deposited in the accretionary prism between the foredeep and the volcanic arc, and the new evidence collected by Noguera (2009) based upon detrital zircon ages, suggest that volcanic and continental sediments of the Pampatar Formation were shed from three general locations: the Caribbean volcanic arc/accretionary prism, the Guyana Shield (or from the erosion of Cretaceous/Paleozoic rock units containing Guyana Shield ages), and also from positive areas of the Perijá Range (probably the Guajira Peninsula).

Paleogeographic reconstructions made by Pindell and Kennan (2007) show that since the middle Eocene continuous eastward advance of the Caribbean Plate, thrust the Paleogene sequences including the Pampatar Formation, into their current position (more than 900 km from their place of origin), along with diachronous emplacement of allochthonous terranes in northern Venezuela.

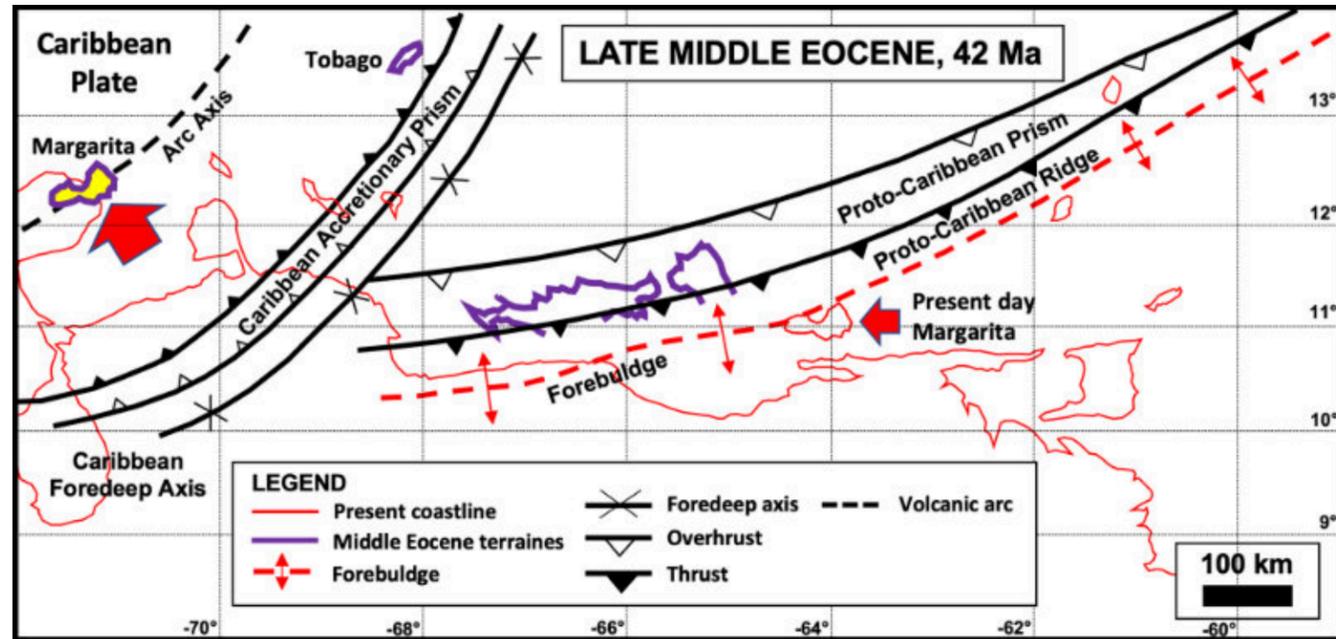


Figure 9. Palinspastic paleogeographic map for 42 Ma, (Middle Eocene), showing the depositional context, and the possible location of Margarita (Pampatar Formation) at that time. Modified from Pindell & Kennan (2007).

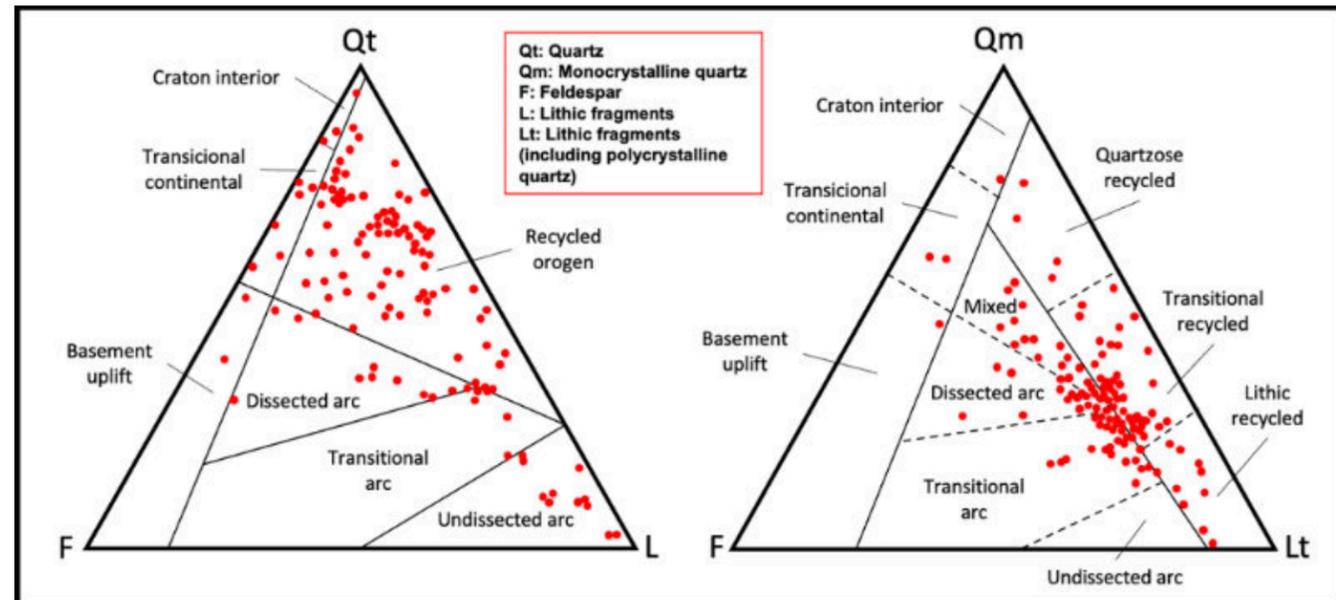


Figure 10. Provenance triangles using samples from Pampatar Formation. Modified from Casas, et al. (1995).

REFERENCES

Casas, J. E. (2022) Pampatar Formation (Margarita Island, Venezuela), an Eocene rock unit which traveled about 900 km using a conveyor belt called the Caribbean Plate. *Caribbean Journal of Earth Sciences*, Volume 54, 29-36

Casas, J., Moreno, J. & Yoris, F. (1986) "Tectonic setting of the Eocene sequence in the Margarita Island, Venezuela". *Journal of Engineering Research*. Universidad Central de Venezuela. 1/1 39-43

Casas, J., Moreno, J. & Yoris, F. (1995). Análisis Tectono-Sedimentario de la Formación Pampatar (Eoceno Medio), Isla de Margarita, Venezuela. *Asoc. Paleont. Arg., Publicación Especial No 3, Paleógeno de América del Sur*, 27-33

Castillo, M., & Mann, P., (2006). Cretaceous to Holocene structural and stratigraphic development in south Lake Maracaibo, Venezuela, inferred from well and three-dimensional seismic data. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 90, 529–565

Dickinson, W., Sue Beard, R., Brakenridge, R., Erjavec, J., Ferguson, R., Inman, K., Knepp, R., Lindberg, A., and Ryberg, P. (1983). Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, Vol 94: 222-235

Escalona, A. and Mann, P. (2011). Tectonics, basin subsidence mechanisms, and paleogeography of the Caribbean-South American plate boundary zone. *Marine and Petroleum Geology* 28: 8-39

González de Juana, C., Iturralde, J., Picard, X., (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*, Tomo I y II. Ediciones Foninves, Caracas.

Hernandez, H. 1949. Reconocimiento geológico de la región Boca del Rio SE y geología de la zona N de Pampatar, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. Unpublished Thesis, Universidad Central de Venezuela, 154 pp.

Levander A., Schmitz, M., Ave Lallemand, G., Zelt, Sawyer, S., Magnani, B. Mann, P., Christeson, G., Wright, J., Pavlis, G., and Pindell, J. 2006. Evolution of the Southern Caribbean Plate Boundary. *EOS Transactions*, American Geophysical Union, 87(9): 97-100

Macsoy, O. & Feraza, T. 2005. Middle Eocene foreland sediments covered by late Oligocene foredeep turbidites on Margarita Island, northeastern Venezuela. *Transactions of the 16th Caribbean Geological Conference*, Barbados. *Caribbean Journal of Earth Science*, 39: 105-111

Moreno, J. & Casas, J. (1986). Estudio Petrográfico y estadístico de la secuencia flysch Eocena de la Isla de Margarita, Universidad Central de Venezuela, Tesis de Grado, 177 p.

Muñoz, N. (1973). *Geología Sedimentaria del Flysch Eoceno de la Isla de Margarita*, Venezuela. *Geos*, 20: 5-64

Noguera, M. (2009) Analysis of Provenance of Late Cretaceous – Eocene Turbidite Sequences in Northern Venezuela, Tectonic Implications on the Evolution of the Caribbean, Unpublished Thesis, 202 pp.

Noguera, M., Wright, J., Fournier, H., Urbani, F., and Baquero, M. (2017) U-Pb de Cristales de Zircón Detríticos de la Formación Matatere, Estados Lara y Yaracuy. *BOLETÍN 37 Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*, 950-983

Pindell J., Kennan, L., Maresch, V., Stanek, K. (2005a). Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins. En: H. G. Ave-Lallemant y V. B. Sisson, eds. 2005. Caribbean-South American plate interactions, Venezuela. *Geological Society of America Special Paper*, 394: 7-52

Pindell, J.; Keenan; L., Maresch; W., Stanek, K., Draper, G., and Higgs, R. (2005b). Plate-Kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins. In: Lallemant H. and V. Sisson, Caribbean-South American Plate Interactions, Venezuela. *The Geological Society of America, Special paper* 394: 7-52.

Pindell, J., and Kennan, L., (2007), Cenozoic Kinematics and Dynamics of Oblique Collision Between Two Convergent Plate Margins: The Caribbean-South America Collision in Eastern Venezuela, Trinidad and Barbados, *Transactions of GCSSEPM 27th Annual Bob F. Perkins Research Conference*, 458-553.

Shagam, R., Kohn, B., Banks, P., Dasch, L., Vargas, R., Rodriguez, G., Pimentel, N., (1984). Tectonic implications of Cretaceous–Pliocene fission-track ages from rocks of the circum-Maracaibo basin region of western Venezuela and eastern Colombia. In: Bonini, W., Hargraves, R., Shagam, R. (Eds.), Caribbean–South American Plate Boundary and regional tectonics. *Geological Society of America*, Boulder, Colorado, 385–412.

Xie, X., Paul Mann, P., & Escalona, A. (2010) Regional provenance study of Eocene clastic sedimentary rocks within the South America–Caribbean plate boundary zone using detrital zircon geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 291: 159–171



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 36 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 39 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 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 para 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 (2003-2023), en la Universidad Central de Venezuela. Mentor en 12 tesis de maestría.

Actualmente es Director de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023), y Representante Regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026).

jcasas@geologist.com

Arsénico y fluoruro: contaminantes geogénicos en acuíferos del norte y centro de México.

Mélida Gutiérrez

Professor of Geochemistry

Geography, Geology and Planning Department

Missouri State University

1. Arsénico y fluoruro en aguas subterráneas

La ingesta crónica de agua con altas concentraciones de arsénico (As) y fluoruro (F) es nociva a la salud. Aun a pequeñas concentraciones, estos solutos son tóxicos, por lo que en México se regula su contenido en agua potable según la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, la cual recientemente sustituyó a la NOM-127-SSA1-1994 y redujo los límites permitidos de 0.025 a 0.010 mg/L As y de 1.5 a 1.0 mg/L F. Aun así, concentraciones arriba de los límites se presentan en aproximadamente el 50% del agua de pozo en el centro y centro-norte de México, donde se observan concentraciones de hasta 0.463 mg/L As y 34.8 mg/L F (Gutiérrez et al., 2022). Sin embargo, estos casos son raros; la mayoría de los pozos que sobrepasan los límites lo hacen por un pequeño margen; e.g., en el centro-norte de México se reportan concentraciones medias de 0.0041 mg/L As y 1.6 mg/L F (Gutiérrez et al., 2022). El conocer el origen de estos solutos y los factores que propician su enriquecimiento es fundamental para

desarrollar estrategias de suministro de agua y seleccionar tratamientos de agua eficientes y accesibles que minimicen riesgos a la salud.

Acuíferos contaminados con As y F no se restringen a México sino que existen en muchas otras regiones del mundo (Podgorsky y Berg 2020, 2022), entre ellas destacan el norte de la India y norte de China (Shaji et al. 2021). Su presencia se ha asociado a cordilleras de edad geológica reciente, emisión de gases volcánicos, contacto con rocas volcánicas, en especial las de composición félsica como granito, ignimbrita, toba, y riolita; así como sus productos de intemperismo: arcillas, óxidos de hierro y aluminio. (Mukherjee et al., 2019; Shaji et al., 2021). Estos últimos, especialmente los óxidos de hierro, adsorben fuertemente al As y en menor medida al F y los desorben bajo condiciones reducidas, valores ácidos de pH, o con la presencia de solutos compitiendo por sitios de adsorción (Nordstrom 2022).

2. Mapas de concentración

Investigaciones dedicadas a la búsqueda de fuentes de origen de estos contaminantes en México han utilizado mapas de concentración y análisis de material geológico (Alarcón-Herrera et al. 2020; Gutiérrez et al. 2022). La Figura 1 muestra un mapa simplificado de las localidades donde las concentraciones de As y F en agua subterránea sobrepasan los límites, y su relación con algunas regiones fisiográficas de interés. Esta figura concuerda con otros estudios en cuanto a: (1) las concentraciones más altas de

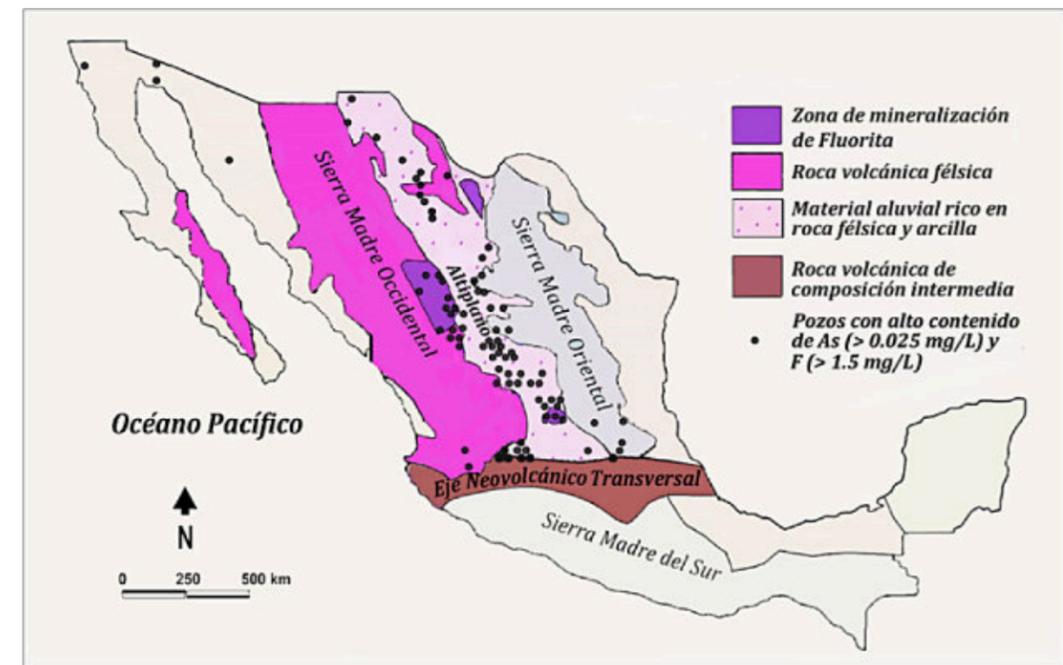


Figura 1. Distribución de sitios de muestreo de agua subterránea con alto contenido de As y F (Red Nacional de Monitoreo CONAGUA, 2017) y su relación a algunas regiones fisiográficas de interés.

As y F se concentran en el Altiplano y Eje Neovolcánico Transversal, y (2) las concentraciones se encuentran distribuidas en forma dispersa; esto es, concentraciones altas y bajas pueden estar una enseguida de otra. Este comportamiento en las concentraciones refleja la composición heterogénea del material aluvial en el caso del Altiplano al igual que hidrotermismo en rocas que forman el Eje Neovolcánico Transversal (Armienta y Segovia, 2008). La asociación de As y F con material volcánico félsico es evidente en el Altiplano mientras que, en aguas hidrotermales, la disolución de As de minerales sulfurosos representa una fuente potencial adicional de As.

3. Factores de enriquecimiento

Dentro de los factores de enriquecimiento se encuentran la alta tasa de evaporación en zonas desérticas y un largo tiempo de residencia. La composición del material sólido (arcillas, óxidos de hierro) y presencia de otros solutos como calcio y potasio también afectan la composición del agua ya sea favoreciendo la adsorción, desorción, o precipitación de As o F; por ejemplo, un pH alcalino promueve la desorción de F de arcillas (Nordstrom, 2022).

Aunque ambos contaminantes tienen un origen común, la correlación entre As y F en agua subterránea se reporta con coeficientes de correlación que varían entre 0.40 y 0.98 (Gutiérrez et al. 2022). Este efecto obedece al comportamiento químico diferente de cada uno de los solutos As y F con respecto a los factores descritos arriba.

4. Tratamiento

El tratamiento comúnmente utilizado en pozos de suministro de agua potable en zonas urbanas es la ósmosis inversa, un tratamiento caro que genera aguas de desecho concentradas en estos solutos tóxicos. Alternativas de bajo costo tales como dilución con agua de lluvia y adsorción de estos contaminantes en varios materiales se encuentran a nivel laboratorio o planta piloto para su potencial utilización en poblaciones con presupuesto limitado y en zonas rurales. Es importante considerar la naturaleza geogénica de estos contaminantes para planear e implementar tratamientos que operen en forma continua en las regiones afectadas, no solamente para el agua de pozo sino para aguas de desecho de las plantas tratadoras.

5. Conclusiones

As y F se encuentran presentes en altas concentraciones en aproximadamente la mitad de los pozos del centro y norte-centro de México. Estudios realizados en las últimas

décadas concuerdan en un origen geogénico de As y F asociado al intemperismo de rocas volcánicas félsicas y minerales secundarios, así como a aguas hidrotermales. Una vez en forma disuelta, cada uno de As y F responde a procesos de adsorción, desorción, formación de iones complejos, y precipitación en forma particular, lo que ocasiona que la correlación entre ellos disminuya a través de su recorrido por el acuífero. Los factores de enriquecimiento incluyen tiempo de residencia, evaporación, y contenido de otros solutos. El desarrollo de procesos de remoción de As y F de bajo costo para regiones áridas del centro y centro-norte de México es necesario para minimizar el riesgo a la salud dada la contaminación natural de As y F en los acuíferos de estas regiones.

Referencias

- Alarcón-Herrera, M.T., Martín-Alarcón D.A., Gutiérrez M., Reynoso-Cuevas L., Martín-Domínguez A., et al. (2020). Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization. *Sci Total Environ*, 698:1234168. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134168>
- Armienta, M. A., Segovia, N. (2008). Arsenic and fluoride in the groundwater of Mexico. *Environ Geochem Health*, 30, 345-353. <https://doi.org/10.1007/s10653-008-9167-8>
- Gutiérrez, M; Alarcón-Herrera, M.T., Ochoa-Rivero, J.M. 2022. Impacto de factores de concentración en la calidad de agua subterránea en el norte-centro de México. *Tecnociencia Chihuahua* 16(2) <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i2.953>
- Mukherjee A, Gupta S, Coomar P, Fryar AE, Guillot S, et al. 2019. Plate tectonics influence on geogenic arsenic cycling: from primary sources to global groundwater enrichment. *Sci Total Environ*, 683: 793–807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04255>
- Nordstrom D.K. 2022. Fluoride in thermal and non-thermal groundwater: Insights from geochemical modeling. *Sci Total Environ*, 824:153606. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153606>

Podgorski J, Berg M: Global threat of arsenic in groundwater. *Science* (80-) 2020, 368:845–850.

Podgorski J, Berg M: Global analysis and prediction of fluoride in groundwater. *Nature Comm*, 2022, 13(1) <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31940-x>

Shaji E, Santosh M, Sarath KV, Prakash P, Deepchand V, et al. 2021. Arsenic contamination of groundwater: a global synopsis with focus on the Indian Peninsula. *Geosci Front*, 12:101079. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.08.015>



Mélida Gutiérrez obtuvo su grado de doctorado en geohidrología de la Universidad de Texas en El Paso en 1992. Desde 1993 trabaja como profesora docente y de investigación en la Universidad del Estado de Missouri. Sus áreas de interés incluyen aspectos de geoquímica ambiental aplicados a acuíferos del norte de México y zonas cársticas de Missouri. Ha publicado aproximadamente 95 artículos en revistas arbitradas y 10 capítulos de libros.

Mgutierrez@missouristate.edu

<https://www.researchgate.net/profile/Melida-Gutierrez>

Mourning the Cactolith

Jon Blickwede

Colaborador de la Revista

Linguists estimate that there are somewhere between 2,000 to 3,000 words in both the Spanish and English languages that are in common, everyday use in the Spanish and English-speaking countries. In contrast, my copy of the 1974 edition of the American Geological Institute's (AGI) *Glossary of Geology* has about 33,000 entries, and that number has risen to nearly 40,000 in a more recent (2011) edition. Is that too many?

Language is both "a systematic means of communicating by the use of sounds or conventional symbols" and "a system of words used to name things in a particular discipline."¹ The former definition has an intrinsic objective of effective communication, to ensure as much as possible that a particular concept is understood by the audience in precisely the same way as the person trying to convey the concept. The latter definition of language has no such built-in objective, and it is here that we geoscientists, just as all scientists, have run into the most trouble at times.

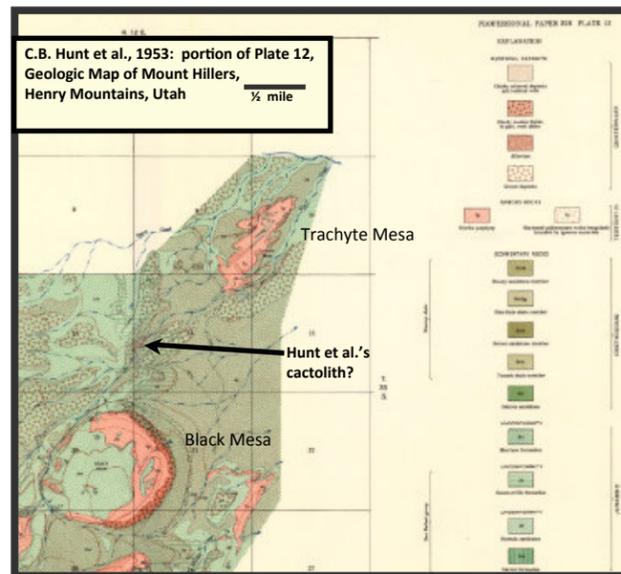
A classic example which illustrates the situation where the proposal of new geological words has gone loco relates to the term "cactolith," coined by Hunt et al. in their 1953 USGS Professional Paper 228 entitled *Geology and Geography of the Henry Mountains Region, Utah*: "The feeder to the Trachyte Mesa laccolith has a distinctive form and some may wish it named... 'cactolith' might be used, and defined as a quasi-horizontal chonolith composed of anastomosing ductoliths whose distal ends curl like a harpolith, thin like a sphenolith, or bulge discordantly like an akmolith or ethmolith."



For years I thought this was a serious (but laughable) attempt to add a useful term to the geological lexicon, though I did once hear a rumor that Hunt and colleagues wrote this as a mischievous experiment to see if the term would pass the USGS editorial process, which it obviously did. Thus surviving the USGS editors, "cactolith" gained entry into the AGI *Glossary*.

As it turns out, Hunt et al. did indeed propose the term as a way to protest the plethora of geologic gobbledygook, at least in the specialty of igneous geology-- I recently discovered a 1988 publication by Hunt in which he clarified the origin of the term: "It was intended to call attention satirically to the absurd nomenclature geologists were developing by applying new names to the infinite variety of shapes intrusions can form. The name cactolith and its definition started July 1939 at what may be called elegantly a luncheon seminar on an outcrop of that feeder to the Trachyte Mesa laccolith..."

I'm sorry to report that the cactolith, which appears in my copy of the 1974 AGI *Glossary*, has apparently been declared dead as it was unceremoniously dropped from the 2011 edition. Perhaps it should be revived, not as a term for describing intrusive igneous bodies that look like cacti-- but rather for the message it was meant to convey, about the importance of trying to keep our geological jargon as simple as possible. I suppose its resurrection could also be justified by having value as a candidate for crossword puzzles.



In any case, the curious can visit Hunt et al.'s mapping area in the Henry Mountains around Trachyte Mesa, Garfield Co., Utah, just off State Route 276 about five or six miles south of the junction with State Route 95. I went there a few years ago and spent a day hunting for the poor,

rejected cactolith. Because Hunt et al. did not provide a photo or drawing of the cactolith in their 1953 report, I imagined it to be an intrusive igneous body perhaps up to a few tens of meters in length. Hiking up and down an arroyo where I expected the cactolith might be located (based on the 1953 geological map), I found no such feature. I began to think I was in the wrong arroyo, so I climbed up to the top of the adjacent mesa to better get my bearings. When I reached the top of the mesa and

started walking around, I noticed that all the outcrops and float consisted of a dark-colored porphyry, perhaps the diorite that Hunt et al. had mapped as comprising the Trachyte Mesa laccolith and associated cactolith feeder. In the evening, back in my motel room in Hanksville, I looked at the Google Earth™ imagery for the area I'd been hiking, and discovered that the entire mesa that I'd climbed up to the top of, measuring a few kilometers across, had a form reminiscent of a saguaro cactus lying on its side.



So it appears that Hunt et al. had described, with a bit of imagination (and maybe a lunchtime beer or two?) the large-scale map pattern of a plutonic body. Not exactly what I expected... but then that's true of the vast majority of discoveries, isn't it?

¹definitions from *Terminology* app, version 2.21, ©2012 Agile Tortoise Inc.



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

Hunt, C.B., et al., 1953, *Geology and geography of the Henry Mountains Region, Utah*: USGS Professional Paper 228, U.S. Government Printing Office, Washington

Hunt, C.B., 1988, *Geology of the Henry Mountains*, as recorded in the notebooks of G.K. Gilbert, 1875-76: Geological Society of America Memoir 167

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

jonblickwede@gmail.com

Mineralogía y microtexturas de sedimentos de las playas Monte Pio y Punta Roca Partida en la región de los Tuxtlas, estado de Veracruz.

Tesis de Licenciatura de Ingeniería Geológica

Instituto Politécnico Nacional, México, 2022.

Sustentante: **Katherinne Macías Martínez**

Asesor interno: M.en.C Angélica Adriana Camacho Pérez
Asesor Externo: Dr. John Selvamony Armstrong Altrin Sam

Resumen

El estudio Geológico sobre una región es de gran importancia puesto que ayuda a tener más información y conocimiento sobre la historia geológica de una zona.

En la actualidad los estudios de procedencia de sedimentos han tenido gran relevancia a nivel mundial en la reconstrucción paleogeográfica, tectónica, paleoambiental, petrología entre otras áreas en una región específica. En México la zona con mayor investigación es el Golfo de México y sus estados aledaños, brindando información relevante sobre la historia geológica ya que es una provincia de gran importancia por sus reservas petroleras y la evolución tectónica de las regiones.

El estado de Veracruz cuenta con diferentes temas de investigación geológica en sus provincias. Las zonas de interés, en este estudio fueron las playas Monte Pio y Punta Roca Partida en la región de los Tuxtlas ubicadas al SE del estado de Veracruz. Estudios previos sobre la geología de la región indican que es una zona activa donde el vulcanismo ha estado presente desde el Oligoceno y ha continuado hasta tiempos recientes, cuenta con una evolución geológica amplia y variada desde los inicios de la fragmentación y dispersión de Pangea.

Los sedimentos clásticos se componen de fragmentos de roca que se originan de la descomposición y meteorización de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas también por la compactación de restos vegetales y/o animales. Las partículas conllevan a una clasificación de las rocas sedimentarias en clásticas o químicas y estos sedimentos que componen a las rocas son normalmente

transportados por medios mecánicos (viento, agua, o hielo). La materia mineral disuelta forma las rocas sedimentarias por precipitación, compactación, cambios físico-químicos y así los fragmentos solidos se acumulan para formar las rocas sedimentarias.

La importancia de la petrografía para la reconstrucción de los procesos dinámicos, tomado en cuenta el tipo de roca preexistente (sedimentaria, ígnea o metamórfica) y su grado de resistencia al intemperismo determinan la relación de procesos químicos y mecánicos que la afectan, considerando el transporte y las condiciones del área de aporte (localización con respecto a la cuenca de depósito, clima y relieve).

El estudio de sedimentos permite conocer la geometría, tamaño, distribución y composición de las partículas. En tal sentido, la interrelación de los procesos mecánicos, biológicos y químicos durante el transporte del sedimento, pueden ser determinados con criterios texturales y composicionales, lo que permite reconocer ambientes sedimentarios.

Esta investigación da a conocer la procedencia como el ambiente de depósito de sedimentos de arena de las playas Monte Pio y Punta Roca Partida lo que hace más amplio el estudio geológico de la región de los Tuxtlas por medio del análisis que se realizó acerca de la interpretación de microtexturas (morfología) de sedimentos marinos (arenas). Estos estudios pueden ayudar en futuras investigaciones a determinar el origen de yacimientos sedimentarios.

1.1 Geología de la Región de los Tuxtlas, estado de Veracruz

San Andrés Tuxtla se ubica en la provincia fisiográfica de los Tuxtlas (Humphrey, 1956, y Raisz, 1964) la fisiografía la definen dos grandes elevaciones cuyas secciones casi circulares cubren superficies de unos 1,500 en la parte poniente de la provincia y unos 2,000 km² en la porción oriental, definiéndose entre ella el lago de Catemaco (CONAGUA, 2015).

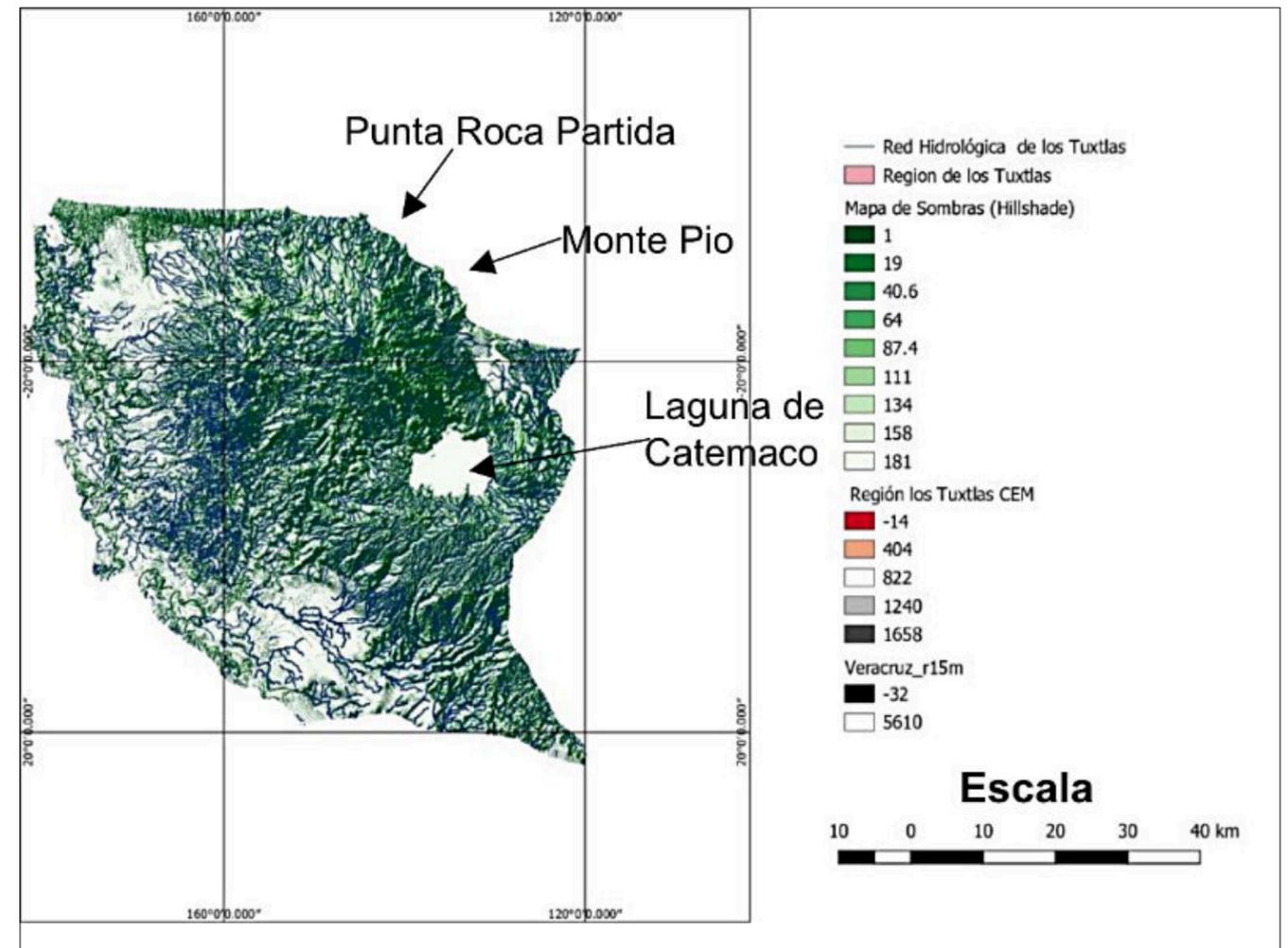


Fig. 1. Modelo digital de elevación de la Región de los Tuxtlas.

La actividad volcánica en el estado de Veracruz tiene gran relevancia por la provincia de los Tuxtlas donde se encuentra ubicado San Andrés Tuxtla. El vulcanismo de los Tuxtlas se remonta, cuando menos, hasta el Oligoceno (Lopez Ramos 1983). Su actividad se manifiesta por el alto contenido de ceniza y arena volcánica que están presentes en las formaciones La Laja del Oligoceno y Depósito del Mioceno Inferior, constituidas por arcillas tobáceas y areniscas. Las erupciones que se han presentado son de tipo efusivo-fisural, correspondiente con magmas de composición alcalina. (Robin, 1976; Robin y Tournon, 1978; Cantagrel y Robin, 1979) designaron como provincia alcalina del Este (PAE) donde el magmatismo es debido a la apertura del Golfo de Mexico. En este contexto el macizo de los Tuxtlas es también parte de la Provincia Alcalina del

Este y constituye su provincia meridional, así como el lugar en que han ocurrido los episodios volcánicos más recientes.

Las rocas más antiguas del Campo Volcánico de los Tuxtlas fueron reportadas por (Aguilera-Gómez 1988) y corresponden al Plioceno; más recientemente, (Nelson y González Caver 1992 y Nelson et,al 1995) llevaron a cabo una datación sistemática por K-Ar de diversas rocas del campo volcánico. Basados en esos análisis concluyeron que la actividad habría ocurrido en dos periodos separados por un periodo de calma. De acuerdo con esto, dividieron la actividad del campo volcánico en dos series a las que designaron como series volcánicas antigua y joven. Las rocas volcánicas de la serie antigua tienen edades del

orden de 7 a 2.6 Ma y se encuentran hacia el SE y W del Campo Volcánico de los Tuxtlas, incluyendo los grandes edificios volcánicos de Santa Marta, San Martín Pajapan y el Cerro del Vigía. Estas rocas volcánicas también se encuentran en la base de la serie joven, que fueron extraídas desde hace 0.8 Ma hasta el presente e incluyen

al San Martín y los conos de ceniza y maeres de los alrededores a este edificio.

Morfología y Microtexturas de sedimentos detríticos.

Imágenes de microscopia electrónica de barrido (Playa Punta Roca Partida).

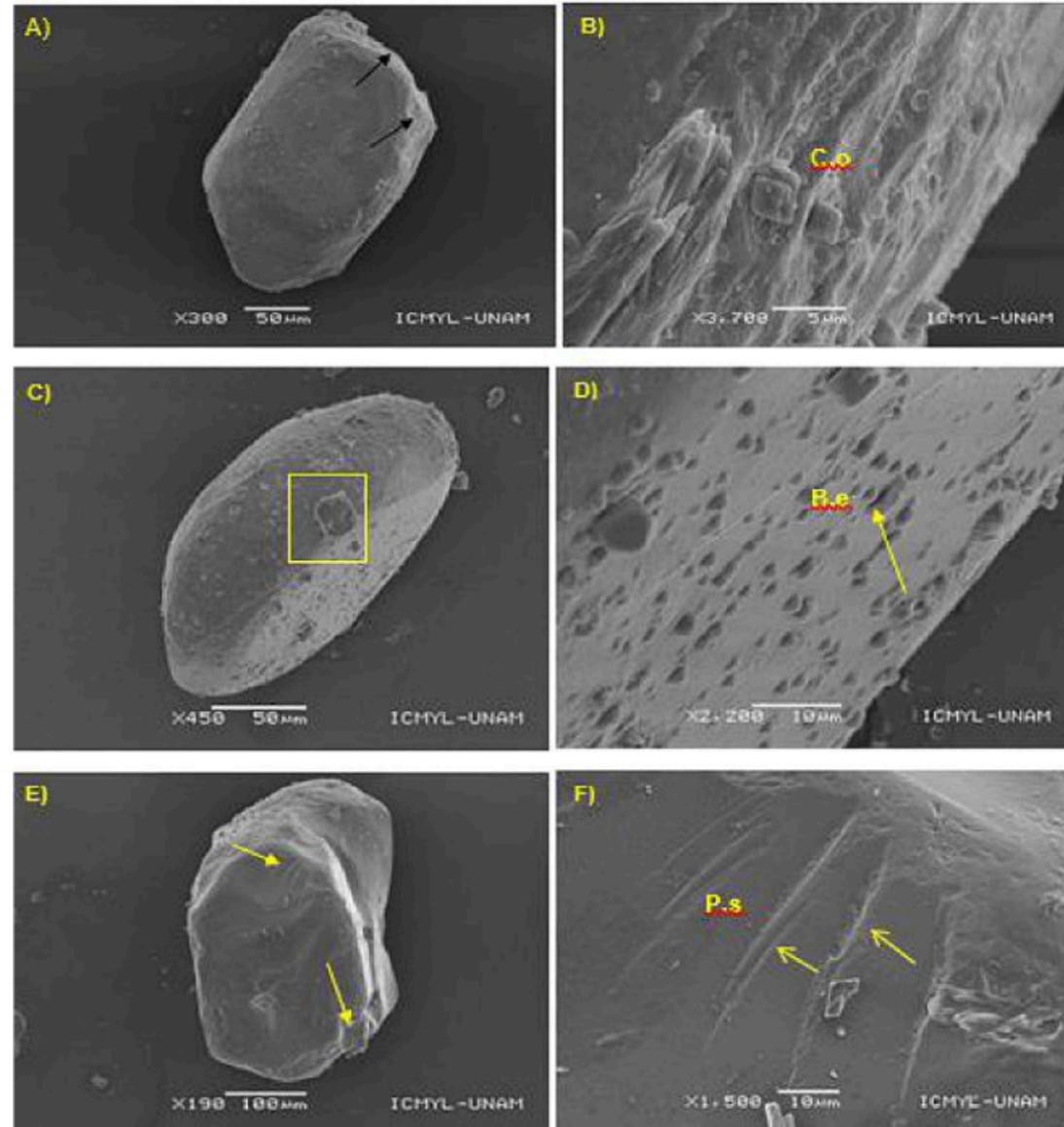


Fig. 1.2 Muestra (P.R.P-08) Imágenes mediante microscopia electrónica de barrido de las microtexturas observadas en circones detríticos de la playa Punta Roca Partida (PRP-08) A) Circón sub-redondeado con pequeñas partículas adheridas en la superficie del grano con marcas de disolución y partículas que presentan sobrecrecimiento probablemente de halita (pa), su tipo de ambiente es mecánico/químico de relieve medio. La figura B) Aumento de la micrografía anterior y podemos observar con más detalle el sobre crecimiento y disolución C) Circón redondeado con partículas adheridas y un nuevo sobrecrecimiento que presenta una protuberancia bulbosa (pb), su ambiente es mecánico y presenta un relieve medio D) Aumento de la micrografía anterior. E) sub-angular, presenta partículas adheridas y fracturas paralelas (fp) que nos indican que proviene de un ambiente mecánico, de relieve medio. F) aumento de la micrografía anterior.

Morfología y Microtexturas de sedimentos detríticos.

Imágenes de microscopia electrónica de barrido (Monte Pio).

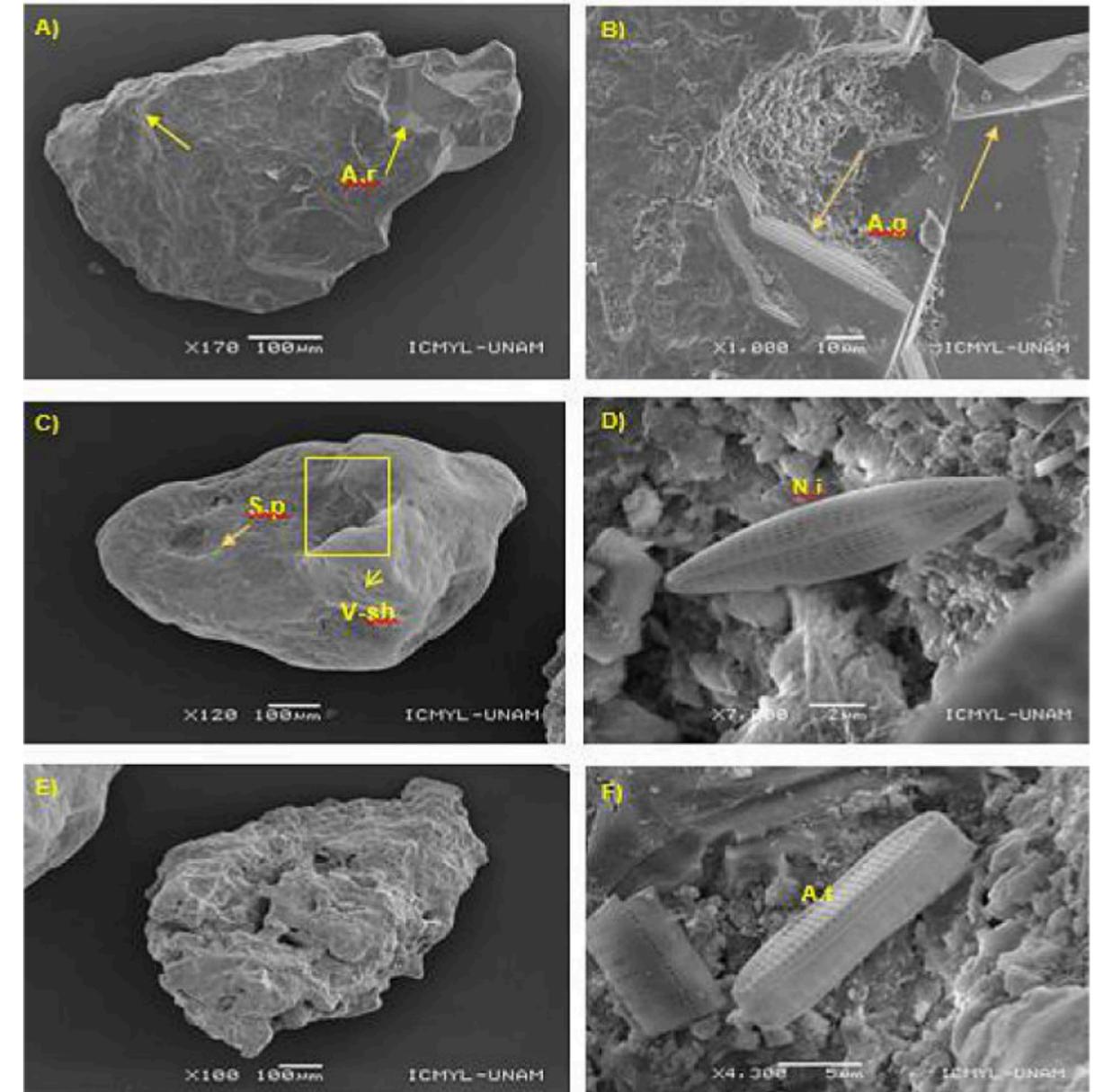


Fig. 1.3 Muestra (MPIO-1) A) Feldespato pobremente sub-angular , presenta precipitación y algunas superficies lisas con partículas adheridas y otras superficies con fracturas, bordes bulbosos y marcas en v (V-Sh), por lo tanto proviene de un ambiente mecánico/químico y de energía alta B) Aumento de la micrografía anterior donde se observa a más detalle los rasgos angulares de sus caras (ra).C) Cuarzo sub-redondeado, presenta disolución y bordes bulbosos donde encontramos la presencia de diatomeas, una, probablemente del genero N. incertata por lo tanto proviene de un ambiente químico de alta energía donde también se encontró pequeñas grietas en forma de V (Gv). D) Aumento de la micrografía anterior resaltando la diatomea. E) Cuarzo sub-redondeado presenta una alta disolución con fibrosidad donde también hay presencia de diatomeas probablemente del genero Achnanthes taylorensis, lo que nos indica que proviene de un ambiente químico de alta energía F) Aumento de la micrografía anterior resaltando la diatomea y observando a más detalle el crecimiento excesivo de cristal (cro).

1.4 Microtexturas de origen mecánico.

La redondez es el alisado de los bordes de cristal causados por la abrasión, está relacionada principalmente con el modo de transporte, la distancia, el tiempo, y el tamaño de la partícula, pero es igualmente una función original de la partícula en la roca de origen (Costa et al., 2013).

Los granos pobremente redondeados de la (fig 1.2) nos sugiere que sufrió un transporte corto y por consecuencia la roca fuente se encuentra cercana.

Los granos que presentan características subangulares y angulares es característico de un ambiente de alta energía (ambiente marino) derivado de la colisión entre granos en el transporte de los sedimentos (Armstrong-Altrin y Natalhy-Pineda 2014; Kasper Zubillaga, 2009).

Otros rasgos mecánicos son los surcos, rasguños rectos y curvos (Straigth/ curved grooves and scratches) se consideran producto del transporte de alta energía en entornos fluviales y/o litorales, son característicos de la zona litoral, donde son producidos por la acción de las olas (Margolis y Krinsley, 1974). Las grietas en forma de V (V-shaped cracks) se generan exclusivamente por impactos en entorno subacuáticos de alta energía con un contacto de grano a grano, como en la zona litoral, ríos trenzados y depósitos glaciofluviales (Mahaney, 2002).

También hay presencia de fracturas concoidales en las (fig. 1.3), escalones rectos y arqueados (fig 1.2 y 1.3) encontrados en los granos de circón y cuarzo de las playas Monte Pio y Punta Roca Partida, lo que indica que se depositaron en un ambiente costero de alta energía.

1.5 Microtexturas de origen químico.

En las microtexturas de origen químico, encontramos gran variedad de diatomeas, esto nos indica que la concentración de sílice es muy alta, como también presencia de intemperismo químico (Chemical Etching), sobrecrecimiento cristalino (crystalline overgrowth).

Algunas microtexturas de origen químico, como los hoyos de disolución (solution pits) y los glóbulos de sílice

probablemente son originados debido a la disolución y precipitación durante los procesos de diagénesis, los cuales presentan características en ambientes intersticiales y sub-acuosos. Los granos de cuarzo son mayormente afectados por procesos de disolución química en ambientes sub-acuosos marinos que en ambientes áridos. (Chen et al.2018).

Los sobrecrecimientos cristalinos (crystalline overgrowth) son indicadores de la diagénesis (Vos et al., 2014), sin embargo, el circón es estable durante la diagénesis, por lo que de acuerdo a Nallusamy (2014) el sobrecrecimiento (overgrowth) en circones sugiere migmatización o granitización in situ.

En las microtexturas analizadas, como hemos mencionado, se encontró diatomeas en los granos de cuarzo, las diatomeas forman parte de los grupos más diversos e importantes del fitoplancton y los fitobentos; se encuentran en la base de las cadenas tróficas, son partículas fundamentales en el reciclamiento de partículas de carbono y de silicatos, su pared celular está compuesta de sílice que es característico de estos grupos. Son microorganismos autótrofos-fotosintéticos y producen el 20% del oxígeno que respiramos. En la (Fig. 1.3) probablemente las diatomeas son del género (N. *Incertata* y *Achnanthes Taylorensis*).

Conclusiones

Los sedimentos estudiados de la Playa Punta Roca Partida son circones a diferencia de la playa Monte Pio que los sedimentos analizados son feldespato y cuarzo. Los granos de la playa Monte Pío-01 presentan una subangularidad lo que indica que el transporte fue corto y que la roca fuente se encuentra cercana. Algunos granos provienen de un ambiente químico de alta energía ya que se encontraron diatomeas probablemente del genero N. *incertatay Achnanthes taylorensis*. La presencia de Diatomeas es de gran importancia porque son las principales en la captación de CO2. por fotosíntesis para producir materia orgánica. Las microtexturas de ambas playas presentan diferencias donde podemos observar que los sedimentos de la playa Punta Roca Partida la mayoría presenta granos sub-

redondeados a bien redondeados y un relieve bajo amedio, posiblemente la redondez que presentan indica que son reciclados, esto quiere decir que son minerales muy resistentes por lo tanto soportan varios ciclos sedimentarios, esto puede tener una mejor interpretación conforme a la datación del circón. Las protuberancias bulbosas que presentan algunos granos de ambas playas indican un transporte eólico de larga duración. Otras microtexturas con marcas de percusión en forma de V, surcos rectos y curvos son originalmente de ambientes mecánicos y fueron transportados fluvialmente. Las

microtexturas de la playa Monte Pio presentan un gran intemperismo químico y sobrecrecimiento cristalino, Y esto se presenta mayormente en los granos de cuarzo, donde también hay gran presencia de diatomeas, lo que indica un depósito de sedimentos en ambiente de mar somero. Los glóbulos de sílice y la precipitación son características de ambientes sub-acuáticos. Las marcas de disolución revelan un ambiente diagenético, esto es común en aguas de rio con gran saturación en sílice o en zonas intermariales.

Anexos

- 1) Carta Geologica-Minera Estado de Veracruz, Servicio Geológico Mexicano, clave E14-3 escala 1: 250,000.
- 2) Carta Geologica-Minera Coatzacoalcos Veracruz-Oaxaca y Tabasco, clave E15-1-4, escala 1: 250,000.
- 3) Carta Geologica-Minera San Andres Tuxtla, clave E15-

A73, escala 1: 250,000.

Simbología de las playas

- 4) Playa Monte Pio (Mpio).
- 5) Playa Punta Roca Partida (P.R.P).

Simbología de microtexturas

	Nombre	Referencia
A.p	Adhering particles	(Hossain et al. (2014); Higgs (1979); Mahaney (2002); Vos et al. (2014); Madhavaraju et al. (2021))
V-sh	V-shaped marks	(Krinsley and Doornkamp (1973); Mahaney et al. (2010); Song et al. (2019))
B.e	Bulbous edges	(Mahaney (2002); Ramos-Vázquez and Armstrong-Altrin (2021))
C.o	Crystal overgrowth	(Cremer and Legigan (1989))
P.s	Parallel striations	(Song et al. (2019))
S.p	Solution pits and precipitation	(Song et al. (2019); Ramos-Vázquez and Armstrong-Altrin (2021a, 2021b))
S.g	Silica globules	(Moral-Cardona et al. (1997); Armstrong-Altrin (2020))
S.c.s	Straight and curved steps	(Vos et al.(2014) Madhavaraju et al. (2004) Moral Cardona et al. (1997))
A.g	Angular Features	(Vos et al. (2014))
N-i	Diatom N-incertata	
A.t	Diatom Achnanthes-Taylorensis	
G.s	Diatom Gomphonema sarcophagus	
D.g	Diadesmis Gallica	

Bibliografía

Albarran, J.J. (s.f.). Studio Geologico e Petrologico del Complesso vulcanico di los Tuxtlas, stato di Veracruz, Messico . En J. J. Albarran. Universita Degli studi Di Pissa. Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra .

Armstrong-Altrin JS, M. J.-B.-A.-Z. (2021). Mineralogy and geochemistry of Tecolutla and Coatzacoalcos beach sediments, SW Gulf of Mexico. . *Appl Geochem* , 134:105103.

Armstrong-Altrin J, S. (2020). Detrital Zircons U-Pb geochronology and geochemistry of the Riachuelos and Palma Sola Beach sediments, Veracruz state, Gulf of Mexico . *A new insight on palaeoenvironment; J. palaeogeogr*, 9,28.

Boggs, S. (2014). Principles of sedimentology and stratigraphy (5 ed). En S. Boggs, *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Harlow, Essex: Pearson Education.

D.Villagómez, Steffensen, J. Pindell R.S.Molina Graza, G. Gray R.Grahame, O’Sulliva. Stocklig R. Spikingsh .

(2022). Tectono-sedimentary evolution of southern Mexico. Implications for Cretaceous and younger source-to-sink systems in the Mexican foreland basins and the Gulf of Mexico. *Earth-Science Reviews*.

Elena Centeno-García,C.C-R-R-M. (2010). Barremian rift-related turbidites and alkaline volcanism in southern Mexico and their role in the opening of the Gulf of Mexico. *Earth and planetary science letter* , 419-434.

Folk, R. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas : Hemphill's Publishing Co.

Jennette, D., Wawrzyniec, T., Fouad, K., Dunlap, D.B., Meneses-Rocha J., Holtz, Mark H., Sakurai, Shinichi., Talukdar, S., Grimaldo, F., Muñoz R., Lugo, J., Barrera D., Williams , C., Escamilla, A., Dutton, S. P ., Ambrose, W.A., Dunlap, D.B., Bellian. (2002). Play-Element Characterization of the Mioceno and Plioceno, Veracruz Basin, Southeastern Mexico, 441-453.



ING. KATHERINNE MACIAS MARTINEZ

Es Ingeniera Geóloga egresada de la escuela superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticoman del Instituto Politécnico Nacional, realizó su servicio social y estancia de investigación en el Instituto de Ciencias de Mar y Limnología de la UNAM donde su enfoque de investigación es en estudios de sedimentos detríticos analizando su mineralogía, geoquímica y microtexturas (morfologías) para determinar el ambiente de depósito y su fuente de procedencia para determinar yacimientos sedimentarios o de interés petrolero.

Fue vicepresidenta de un capítulo estudiantil de su escuela llamado Organización Politécnica Estudiantil de Geociencias (OPEG). Ha participado en artículos de investigación y divulgación científica y ha sido nombrada en diferentes capítulos estudiantiles como son Woman in Science & Engineering capítulo del Tec. de Monterrey y por la Universidad de Tarapacá, Chile como mujer en la ciencia e Ingeniería.



DR. JOHN SELVAMONY ARMSTRONG-ALTRIN SAM

Titulado del doctorado en geología del Departamento de Geología, Universidad de Madras (University of Madras), India en 1999. Realizó un posdoctorado en el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Temixco, México (2002-2004). Inició su actividad académica como *Profesor-Investigador "C"* en el Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2004-2008). En la actualidad es *Investigador Titular "C"* del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Publicación de más de 115 trabajos en revistas indizadas e internacionales. Cuenta con más de 6050 citas bibliográficas externas. Tiene una especialización en sedimentología y su línea de Investigación es geoquímica de sedimentos recientes, procedencia y ambientes tectónicos.

En docencia ha participado en cursos de diversas disciplinas (*Petrología Sedimentaria, Sedimentología Y Estratigrafía, Seminario de Investigación, Ambientes Sedimentarios y Procedencia de Sedimentos etc.*). También ha presentado sus trabajos en más de 40 conferencias. Director de 18 tesis de licenciatura, 17 de maestría y 5 de doctorado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) nivel 3. Pertenece al programa de estímulos de la UNAM (PRIDE) con el nivel D.

Slope and Basin Floor Sandstones in the Wolfcampian Cisco Group in the Eastern Shelf of the Permian Basin

William A. Ambrose¹ and Tucker F. Hentz¹

¹Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin, University Station, Box X, Austin, TX, 78713-8924.

Introduction

Slope and basin-floor sandstones in the Wolfcampian Cisco Group are part of thick (>2,500-ft [>760-m]) successions of interbedded mudrock, sandstone, and limestone that underlie shelf, shelf-edge bank, and shelf-edge delta systems in the Eastern Shelf of the Permian Basin. Siliciclastic strata predominate in the lower part of these successions, whereas carbonates are most prominent in the upper Cisco Group.

Proximal-slope-channel sandstone bodies in the Cisco Group in Lake Trammel South field in Nolan County occur in narrow (500- to 3,000-ft [150- to 900-m]), sinuous and anastomosing trends composed of fine-grained sandstone beds. Channel systems in Lake Trammel South field were deposited in an unconfined slope setting. They are bounded laterally by extensive areas of very fine grained sandstones and siltstones of levee/overbank origin. Thin (<2-ft [<0.6-m]) carbonate debris-flow deposits are sparsely interbedded with siliciclastic deposits. The distribution of sandy depositional axes in each Cisco successive channel depositional unit records autocyclic, lateral shifting of channels. Although these depositional axes shifted laterally, some areas were preferentially re-occupied in the western and north-central parts of the field. In contrast, the southern and southeastern parts of the field contain fewer sandy channel depositional axes.

Siliciclastic sections of distal-slope origin in the Cisco Group in Sterling County are composed of mudrock and thin siltstone beds in units 10 to 100 ft (3 to 30 m) thick, interbedded with 10- to 30-ft (3- to 9-m) intervals of sandstone with spiky and serrate gamma-ray (GR) and spontaneous potential (SP) wireline-log responses. Individual sandstone beds in these sandy intervals are commonly <2 ft (<0.6 m) thick. They are erosion-based, upward fining, and contain organic fragments and clay clasts. Stratification in the lower part of these sandstone beds is massive and laminated, grading upward into centimeter-scale plane beds and mudstone-draped ripples. Accessory features include normal graded bedding, convolute stratification, and flame structures.

Distal-slope and inner-basin-floor deposits in the Cisco Group in Howard County have high (>70%) percent-sandstone values. They are composed of thick (>200-ft [>61-m]) sections of amalgamated, fine-to-medium-grained sandstone beds. These sandstones are dominated by poorly stratified Bouma A and planar-stratified Bouma B beds. Although ripple-laminated Bouma C and muddy Bouma D beds are also present, they are thinner and incompletely preserved. These sandstone beds are composed of distal sheets within continuous lobes, with sandy sheets predominant over muddy levee-overbank facies. Distal sheets typically have low-relief, lobate geometries and are composed of channelized sandstone units of the type in distal facies tracts in the Pleistocene Brazos-Trinity fan system in the Gulf of Mexico. Sandstone-rich fan systems in basin-floor deposits in Howard County are inferred to have moderate to good lateral and vertical sandstone-body connectivity, in contrast to compartmentalized slope-sandstone systems in Lake Trammel South field.

Proximal Slope Systems: Nolan County

Cisco oil and gas reservoirs in Lake Trammel South field (figs. 1 and 2) are part of the Upper Pennsylvanian slope sandstone play that by 1983 had already produced ~99 MMbbl (million barrels) of oil (Vest, 1970; Galloway et al., 1983). Ultimate recovery in the play is projected to be <110 MMbbl because of the low, 21% recovery efficiency, the result of low average-permeability values of 25 md (millidarcies) and extreme reservoir heterogeneity. Reservoirs in the play occur in poorly connected, slope-channel sandstone bodies. The predominant trap mechanism is updip porosity pinchouts controlled by narrow, channel-fill sandstone bodies pinching out into low-permeability slope mudstones and siltstones. The main drive mechanism is solution gas, although waterfloods have been employed in several fields (Galloway et al., 1983).

The Cisco Group records a significantly increased sediment supply coupled with rejuvenation of the Ouachita Fold Belt (Palacios, 2020). In Nolan County it is composed of siliciclastic deepwater slope deposits interbedded with relatively thinner carbonate debris-flow deposits (Brown, 1973; Galloway and Brown, 1973; Galloway et al., 1983; Brown et al., 1990). In Lake Trammel South field, the Cisco Group is a cyclic series of thirteen mudrock, limestone, and sandstone facies from the top of the Home Creek to the top Coleman Junction Limestone (Hentz et al., 2017 [figs. 3 and 4]). It is a 1,000- to 1,700-ft (300- to 520-m) succession of slope-channel deposits that lap onto and overtop aggradational carbonate-reef and mound deposits in the underlying Canyon Group (fig. 5).

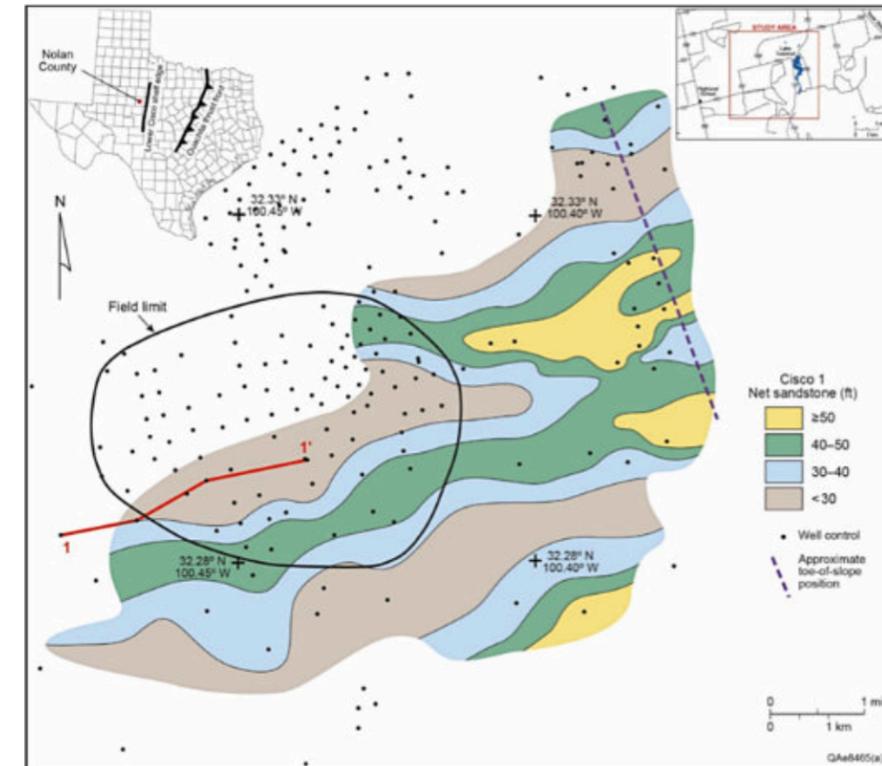


Figure 1. Location of Lake Trammel South field and adjacent areas in Nolan County, Texas. Net-sandstone map of the Cisco 1 depositional unit (basal siliciclastic-dominated unit, between the Cisco 1 marker bed and top of the Canyon Group) is also shown. Regional location of the field is shown in figure 2. The Cisco stratigraphic succession is illustrated in figures 3 and 4. Structural cross section 1-1' is shown in figure 5. From Ambrose and Hentz (2020) and Ambrose et al. (2022).

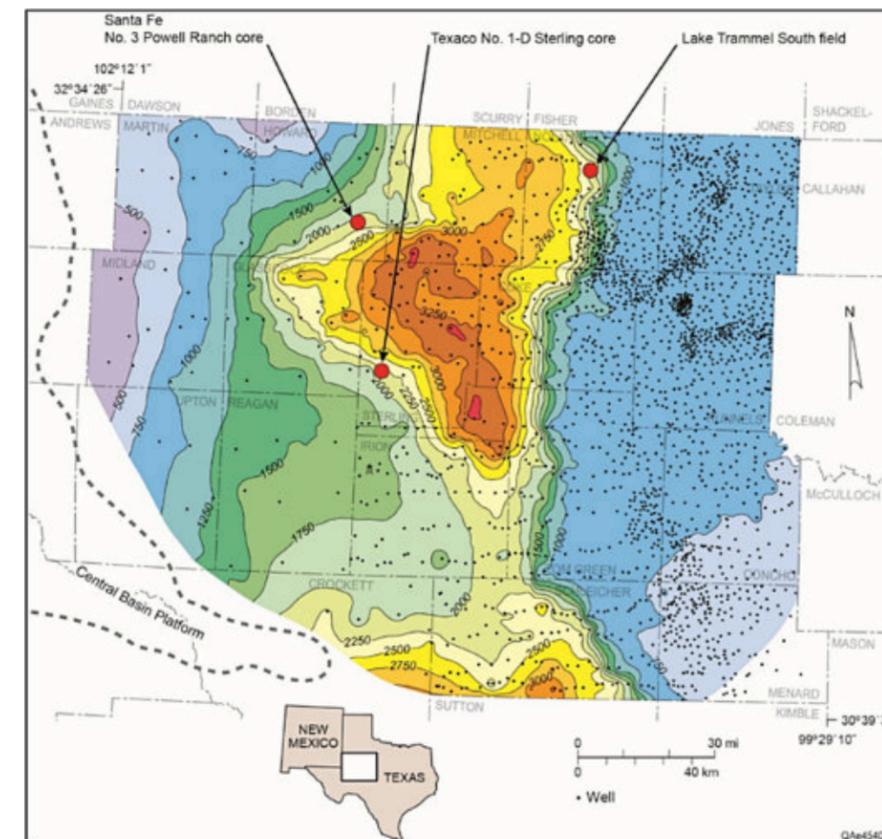


Figure 2. Isochore map of the Upper Cisco Group, with locations of Lake Trammel South field, the Texaco No. 1-D Sterling core, and the Santa Fe No. 3 Powell ranch core. Thickest strata coincide with greatly thickened slope systems comprising siliciclastic and carbonate debris-flow deposits and thick sections of slope mudrock. The narrow zone of abrupt thickness change at about the 1,000-ft isochore corresponds to the Crystal Fall Limestone shelf edge, the approximate updip (eastward) limit of the Cline Shale (fig. 3). Detailed location of Lake Trammel South field is shown in figure 1. Stratigraphic position of the Crystal Falls Limestone is shown in figures 3 and 4. Description of the Texaco No. 1-D Sterling core is shown in figure 11. Description of the Santa Fe No. 3 Powell core is shown in figure 13. Modified from Hentz et al. (2017).

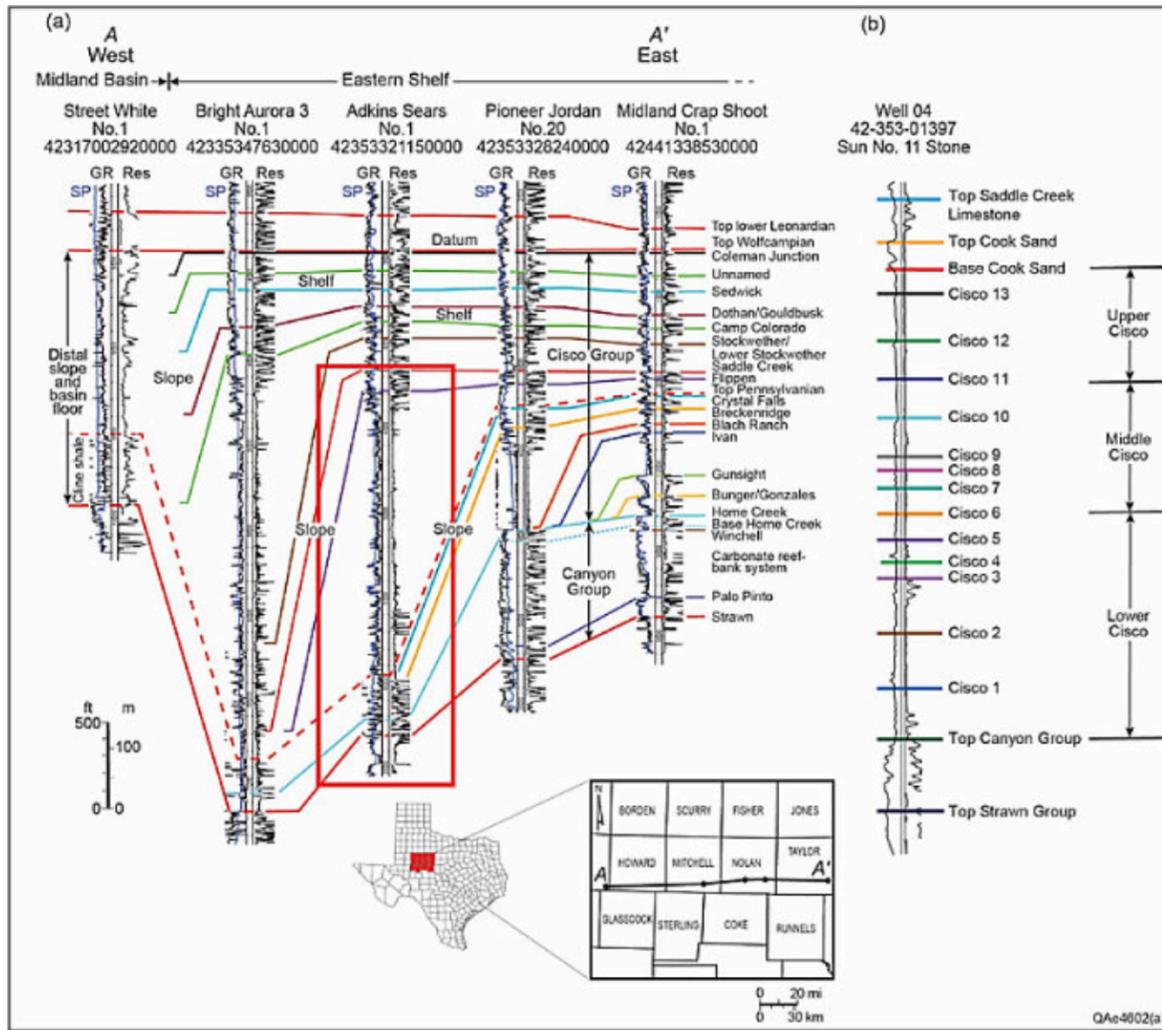


Figure 3. (a) Regional west-east stratigraphic cross section in the Cisco and Canyon Groups that includes part of Nolan County, south of Lake Trammel South field. Datum is the top of the Coleman Junction Limestone. (b) Type log (Sun No. 11 Stone well [API No. 42-353-01397]) in Lake Trammel South field contains the Cisco section that is stratigraphically equivalent to the stratigraphic section in the red rectangle in the cross section in part (a) of this figure. Cross section from Ambrose et al. (2022), modified from Hentz et al. (2017).

The Cisco 8 depositional unit, defined as the interval bounded below by the Cisco 7 stratigraphic marker and above by the Cisco 8 stratigraphic marker (figs. 3, 5, and 6), is an example of a productive slope-channel reservoir in Lake Trammel South field. It is cored in four wells—the Sun B. K. Stone No. 6, 8, 9, and 17 (fig. 7).

The Sun No. 9 B. K. Stone core features the Cisco 8 depositional unit from 5,220 to ~5,260 ft (1,591.5 to ~1,603 m) (Fig. 8). The basal 8-ft (2.4-m) section is composed of 4 ft (1.2 m) of mostly mudstone overlain by ripple-stratified, very fine grained sandstone with microfaults. This basal, 8-ft (2.4-m) section is truncated at 5,252 ft (1,601.2 m) by an upward-fining section that

grades upward into mudstone interbedded with very fine grained, ripple-stratified sandstone to 5,232 ft (1,595.1 m) (Figs. 8 and 9a). The coarsest-grained material in this upward-fining section consists of carbonate bioclasts at 5,246 ft (1,599.4 m). The top of the section in the Sun No. 9 B. K. Stone core is a 6-ft (1.8-m) interval of fine-grained sandstone interbedded with sideritic mudstone with asymmetric current ripples (Fig. 8).

The Cisco 8 depositional unit in the Sun No. 17 B. K. Stone core is a heterogenous section of very fine and fine-grained sandstones interbedded with minor volumes of sideritic mudstones (fig. 10). The section contains numerous, thin (1- to 2-ft [0.3- to 0.6-m]) upward-fining

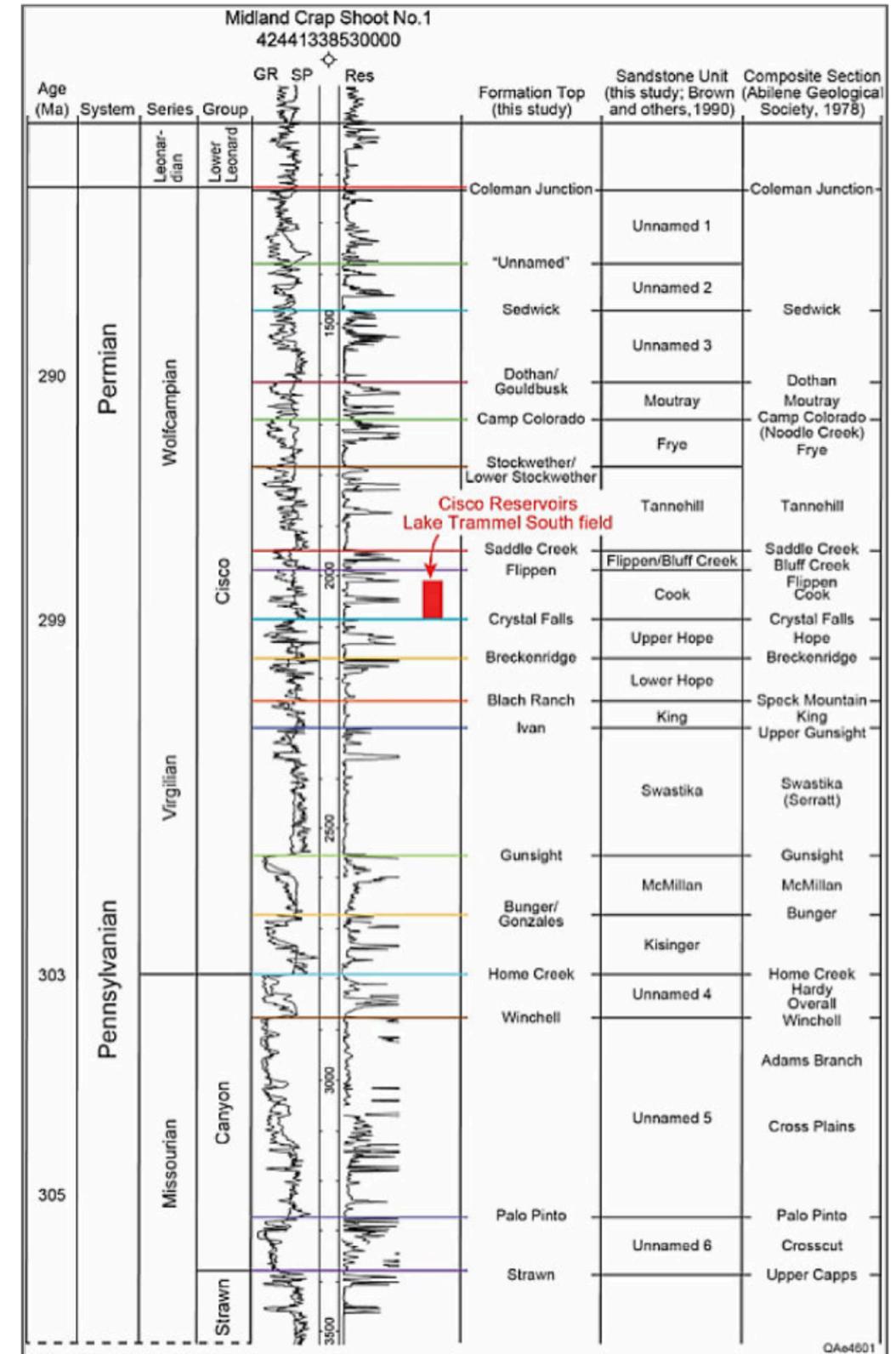


Figure 4. Stratigraphic column of the upper Strawn Formation to the top of the Cisco Group in the area of Lake Trammel South field. Cyclic deposition in the Cisco Group was controlled mainly by relative sea level fluctuations, with regressive siliciclastic wedges bounded by transgressive limestones. Age dates are from Heckel (2008) and Lawton et al. (2021). Modified from Hentz et al. (2017).

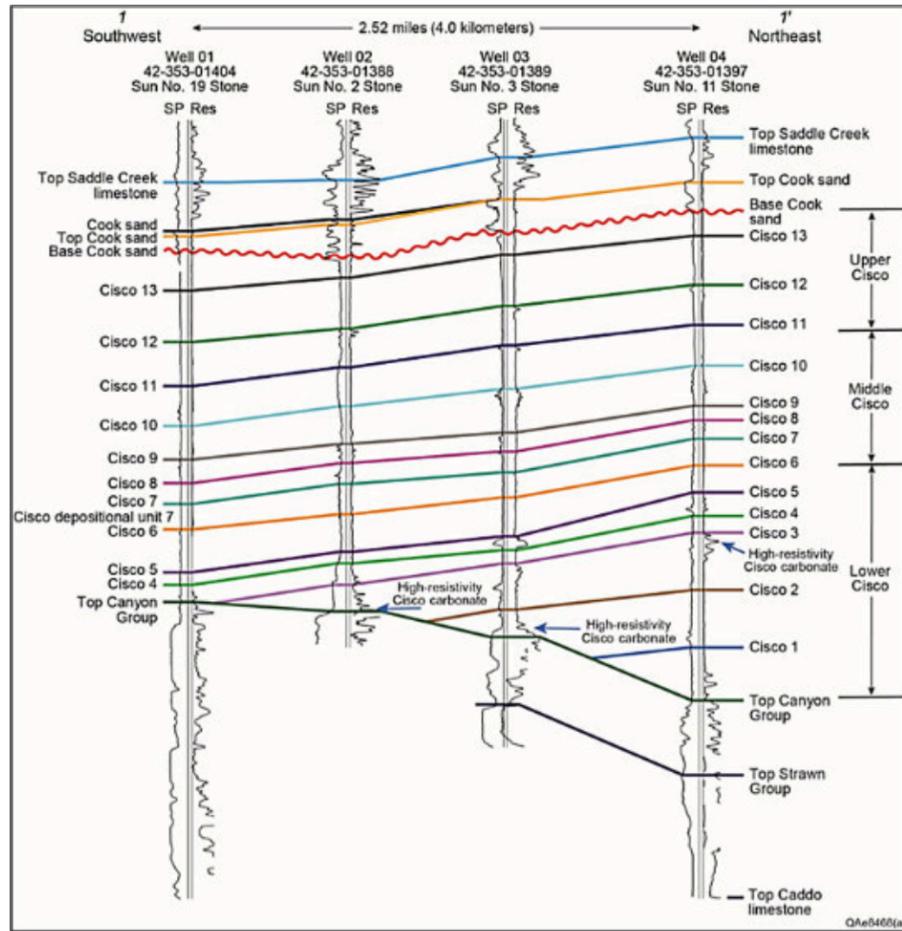


Figure 5. Structural cross section 1-1' in Lake Trammel South field. Cross section is parallel to depositional dip and portrays lower Cisco depositional units downlapping onto carbonates in the Canyon Group. The Sun No. 11 Stone well on the right side of this cross section is also shown in figure 3. Cross section is located in figures 1 and 7. From Ambrose et al. (2022).

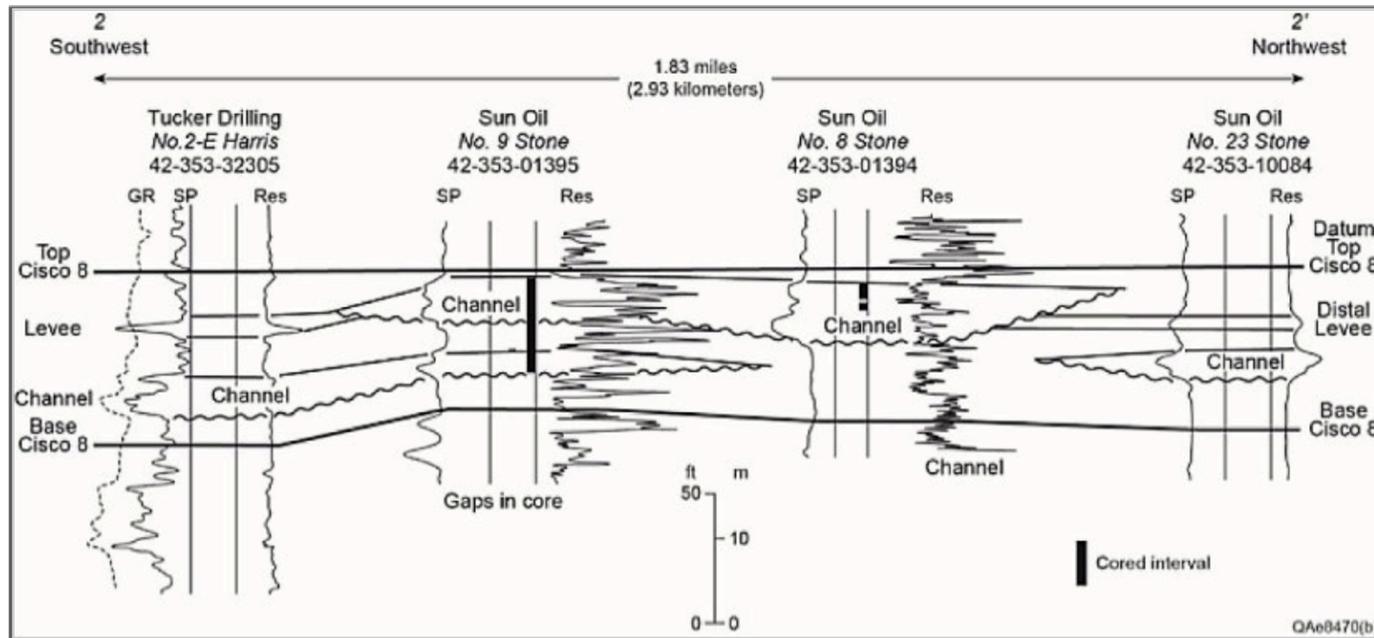


Figure 6. Stratigraphic dip section 2-2' in the Cisco 8 depositional unit displaying vertical and lateral complexity in channel and levee systems. Base Cisco 8 stratigraphic marker bed is also indicated as the Cisco 7 stratigraphic marker bed in figures 3 and 5. Cross section is located in figure 7. Core description of the Cisco 8 depositional unit in the Sun No. 9 B. K. Stone well (second well from the left side of this cross section) is shown in figure 8.

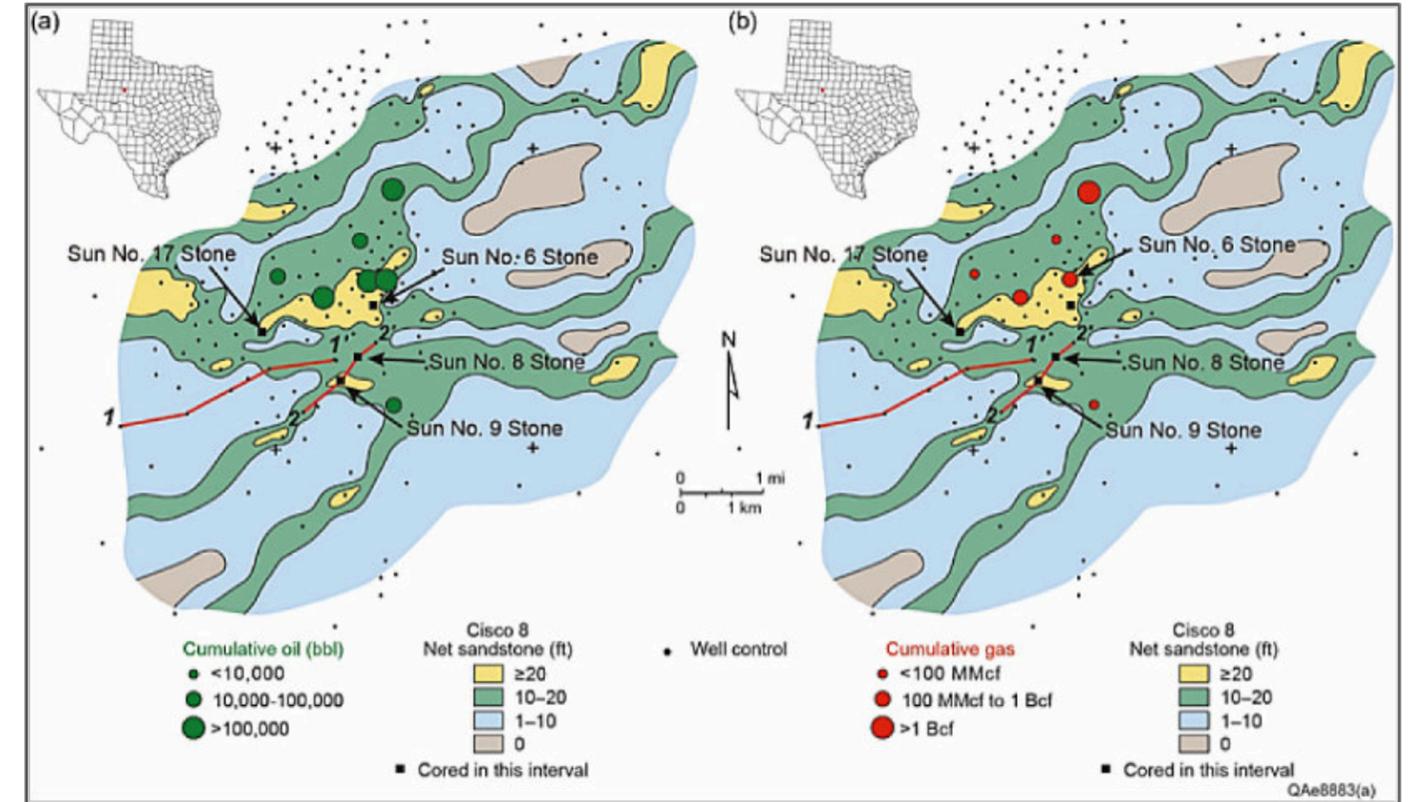


Figure 7. Net sandstone, Cisco 8 depositional unit, defined as the interval bounded below by the Cisco 7 stratigraphic marker and above by the Cisco 8 stratigraphic marker (figs. 3, 5, and 6). (a) Cumulative oil production in individual wells. (b) Cumulative gas production in individual wells. Core descriptions of the Sun No. 9 and No. 17 B. K. Stone wells are shown in figures 8 and 10, respectively. Core photographs are shown in figure 9. Structural dip section 1-1' and stratigraphic dip section 2-2' are shown in figures 5 and 6, respectively.

beds with erosional surfaces. Individual beds in the section are as thin as 1.5 inches (3.8 centimeters). Some 4-inch (10.2-centimeter) sections contain (1) laminated, very fine grained sandstone with ripples and faint, planar stratification, (2) fine-grained sandstone with abundant, sideritic mud-rip-up clasts, (3) very fine grained sandstone with convolute bedding, and (4) fine-grained sandstone with faint, planar stratification (fig. 9b).

Net sandstone distribution in the Cisco 8 depositional unit is complex, with dip-elongate, anastomosing patterns across the study area (fig. 7). Individual depositional axes are narrow (commonly <2,000 ft [<610 m] across) and have 10 to 20 ft (3 to 6 m) of net sandstone. They merge into a broad, sandy main depocenter in the center of the field, where net-sandstone thickness is >20 ft (>6 m) (fig. 7). A wide (approximately 1-mile [1.6-kilometer]) belt of >10 ft (>3 m) of net sandstone is projected westward from the field and two narrow (<2000-ft [<610 -m]) net-sandstone trends are projected to the southwest.

The Cisco 8 depositional unit has a complex, anastomosing and dip-elongate geometry (fig. 7). These dip-elongate net-sandstone trends represent narrow, slope-channel deposits. However, this apparent anastomosing geometry may be the result of the Cisco 8 depositional unit being a composite succession of multiple channel-fill sandstone beds (figs. 6 and 10). Channel-fill processes in the Cisco 8 depositional unit were episodic, alternating with periods of temporary channel abandonment. This is recorded as a heterogeneous succession of multiple, erosion-based sandstone beds and minor volumes of mudstone beds in the Sun No. 17 B. K. Stone core (Fig. 10).

Levee/overbank deposits are poorly represented in cores in the Cisco 8 depositional unit, a function of their axial position (fig. 7). However, limited levee/overbank deposits are present in the Sun No. 9 B. K. Stone core, where they are composed of very fine grained sandstone with mudstone-draped ripples and microfaults at 5,252 to 5,256 ft (1,601.2 to 1,602.4 m) (fig. 8).

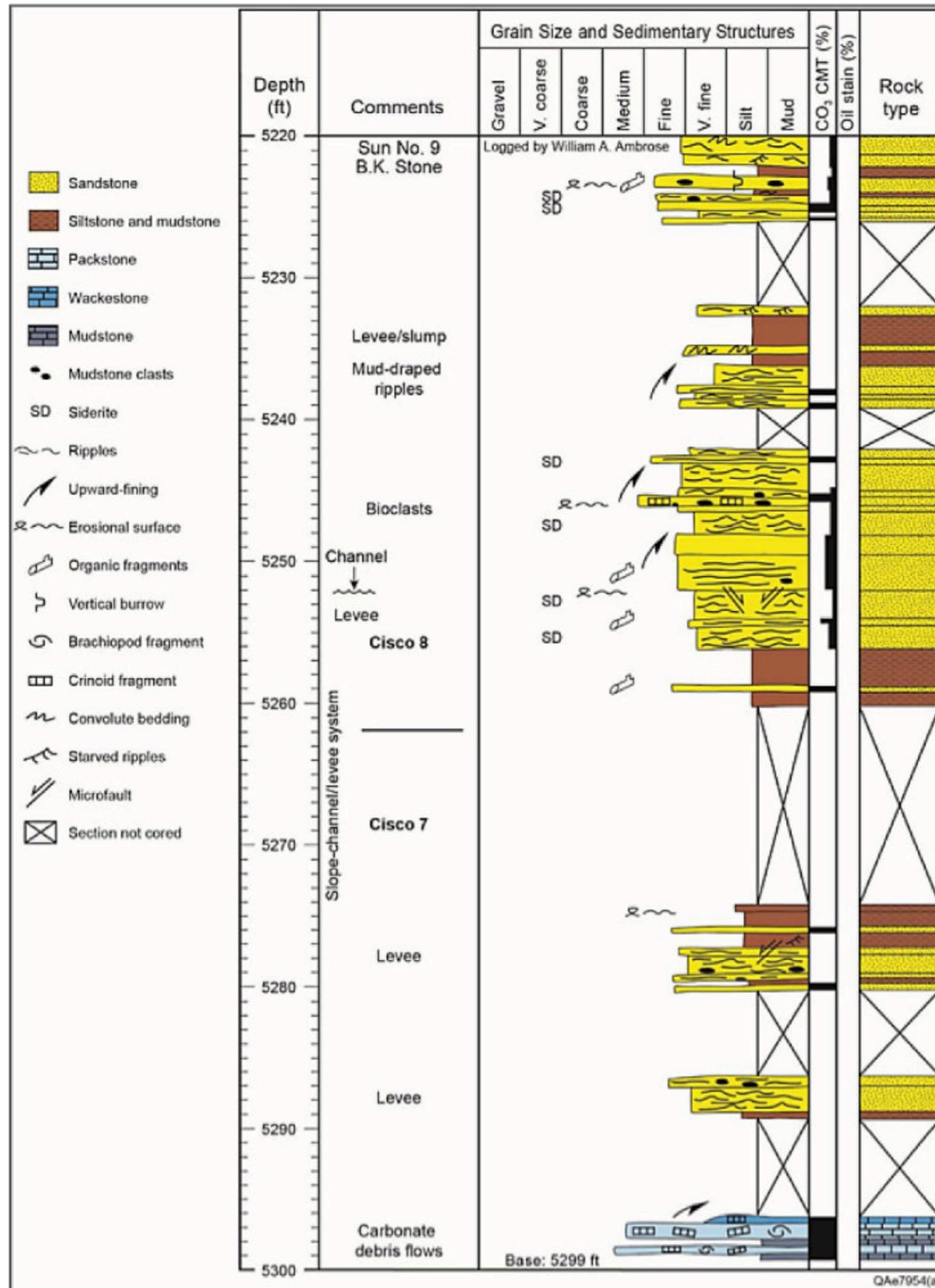


Figure 8. Description of the Sun No. 9 B. K. Stone core from 5,220 to 5,299 ft (1,591.5 to 1,615.6 m), showing the upper part of the Cisco 7 and lower part of the Cisco 8 depositional units. Wireline-log and stratigraphic position of cored section are shown in stratigraphic cross section 2-2' (fig. 6). Location of well is shown in figure 7. Core photograph at 5,236 ft (1,596.3 m) is shown in figure 9a.

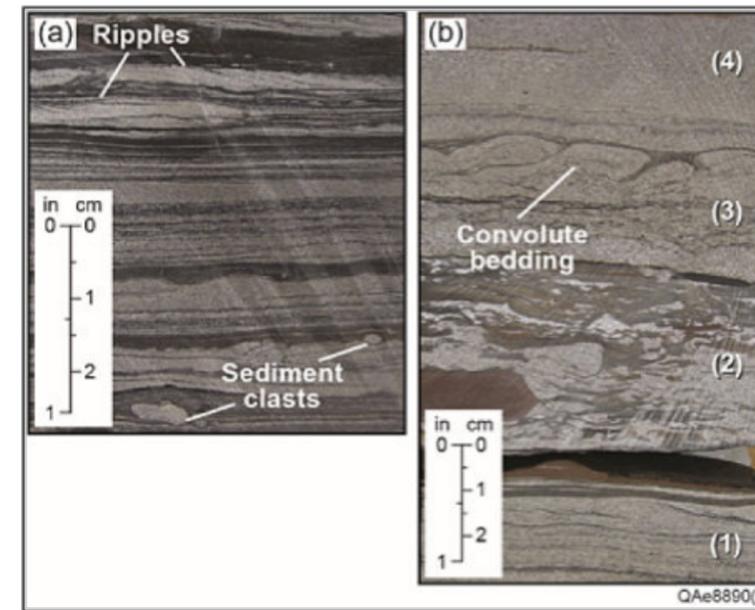


Figure 9. Photographs of slabbed cores in the Cisco 8 depositional unit in Lake Trammel South field. (a) Very fine grained, laminated and ripple-stratified sandstone with mudstone drapes at 5,236.0 ft (1,596.3 m) in the Sun No. B. K. Stone 9 well. (b) Very fine grained and fine-grained sandstone with sideritic mudstone-rip-up-clasts and convolute bedding at 5,234.9 ft (1,596.0 m) in the Sun No. B. K. Stone 17 well. Core descriptions of the Sun No. 9 and 17 B. K. Stone wells are shown in figures 8 and 10, respectively. Locations of cored wells are shown in figure 7.

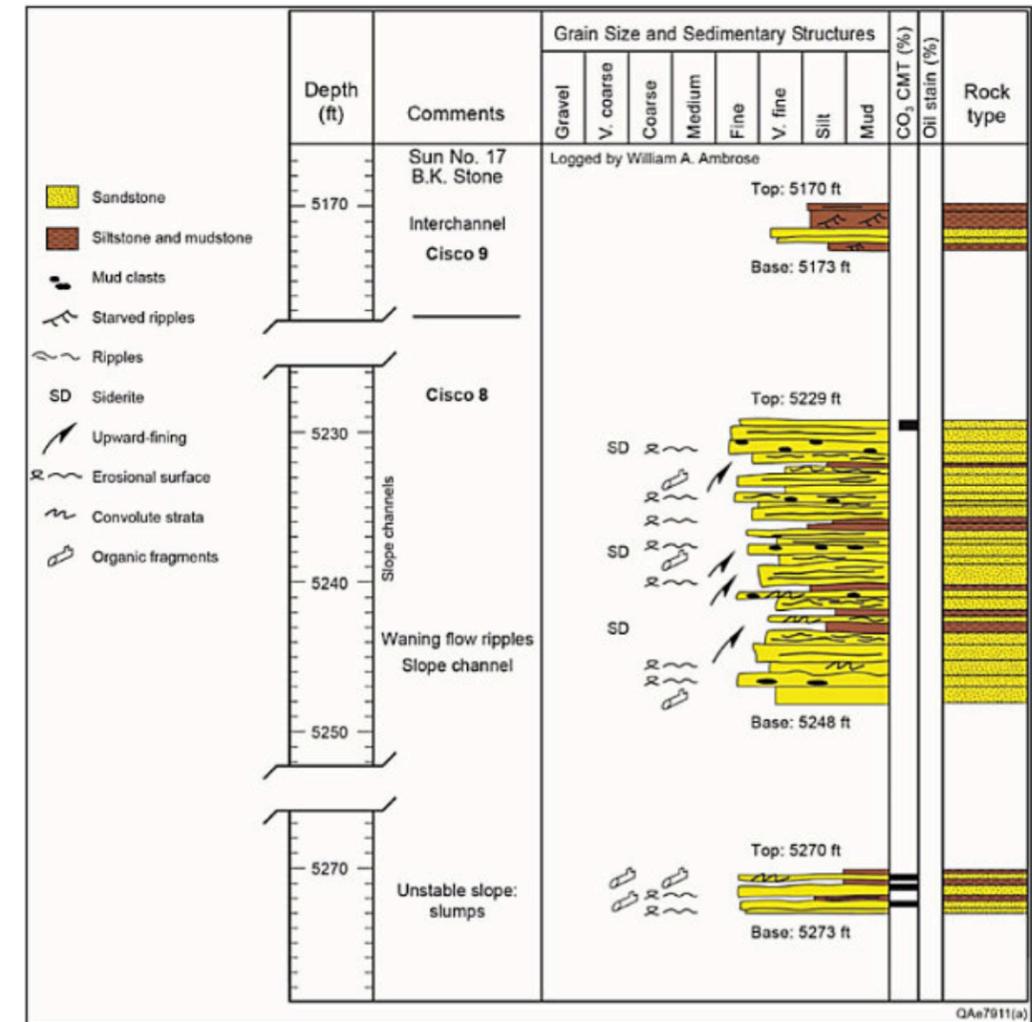


Figure 10. Description of the Sun No. 17 B. K. Stone core from 5,170 to 5,173 ft (1,576.2 to 1,577.1 m) and 5,229 to 5,273 ft (1,594.2 to 1,697.6 m) in the Cisco 9 and Cisco 8 depositional units, respectively. Location of well is shown in figure 7. Core photograph at 5,234.9 ft (1,596.0 m) is shown in figure 9b.

Seven wells in Lake Trammel South field in the Cisco 8 depositional unit are oil-productive (fig. 7a). Three of the most productive wells, each with cumulative production exceeding 100,000 barrels, occur in a sandstone-rich area in the central part of the field at the confluence of slope-channel systems (fig. 7a). Six wells are also gas-productive (fig. 7b). Greatest individual-well production is from the northernmost slope-channel trend on the northeastern margin of Lake Trammel South field, where one well has produced >1 billion cubic feet (Bcf) of gas.

Distal-Slope and Basin-Floor Systems: Sterling and Howard Counties

Sterling County

The Texaco No. 1-D Sterling well is located in a distal-slope setting, westward of the axis of thickest Cisco slope deposits in Sterling County (fig. 2). A cored interval from 7,764 to 7,864 ft (2,367.1 to 2,397.6 m), is composed of

multiple, 10- to 20-ft (3- to 6-m) sections of fine-to-medium-grained sandstone interbedded with mudstone with thin (1- to 2-ft [0.3- to 0.6-m]) beds of very fine to fine-grained sandstone (fig. 11). Most of these 10- to 20-ft (3- to 6-m) sections, with the exception of the upward-coarsening one from 7,835 to 7,842 ft (2,388.7 to 2,390.9 m), have a blocky to slightly upward-fining vertical grain-size profile and are composed of individual, 1- to 3-ft (0.3- to 0.9-m) beds of predominantly massive and weakly planar-stratified, and fine-to-medium-grained sandstone (fig. 12a and 12b). Sections of planar-stratified sandstone in the core are capped by thin (<1-inch [<2.5 -centimeter]) beds of fine-grained sandstone with ripple stratification (fig. 12b). Accessory features in these sandstone bodies include elongate clay clasts (fig. 12a) and organic fragments. Muddy sections are composed of discontinuous and distorted, millimeter- and centimeter-scale beds of very fine grained sandstone and sideritic mudstone (fig. 12c).

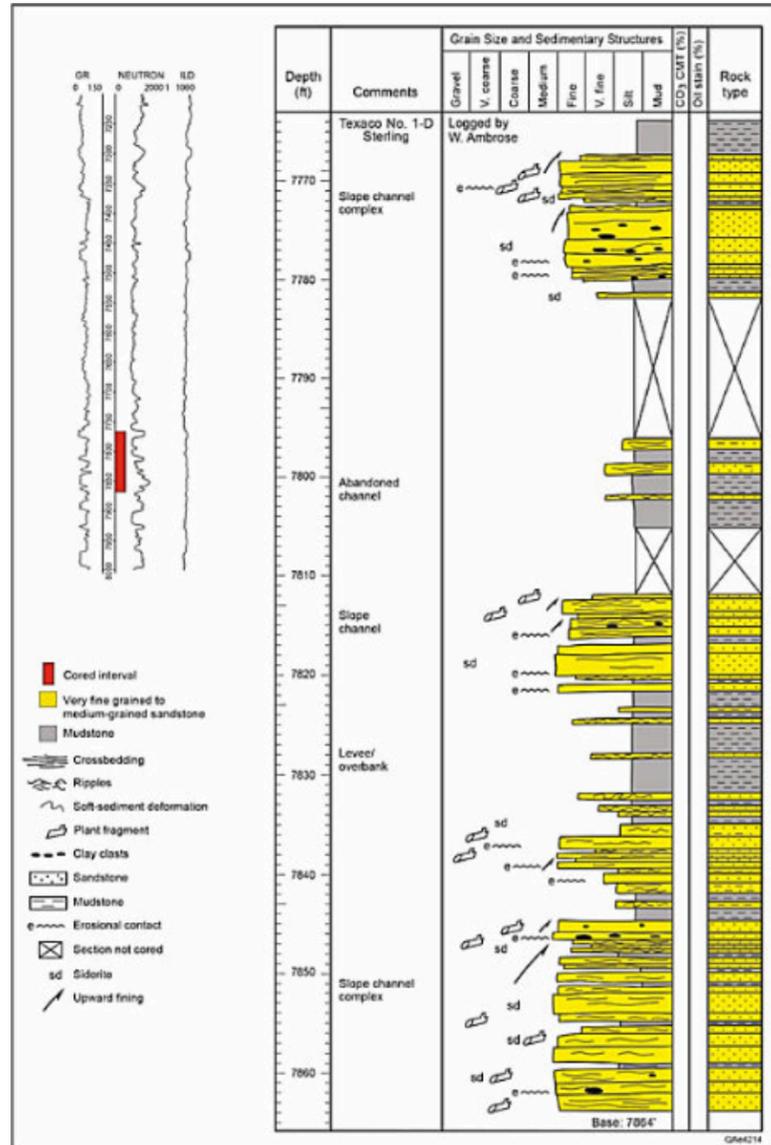


Figure 11. Core Description of distal-slope channel-fill and levee deposits in the Texaco No. 1-D Sterling well from 7,764 to 7,864 ft (2,367.1 to 2,397.6 m). Well is located in figure 2. Core photographs are shown in figure 12.

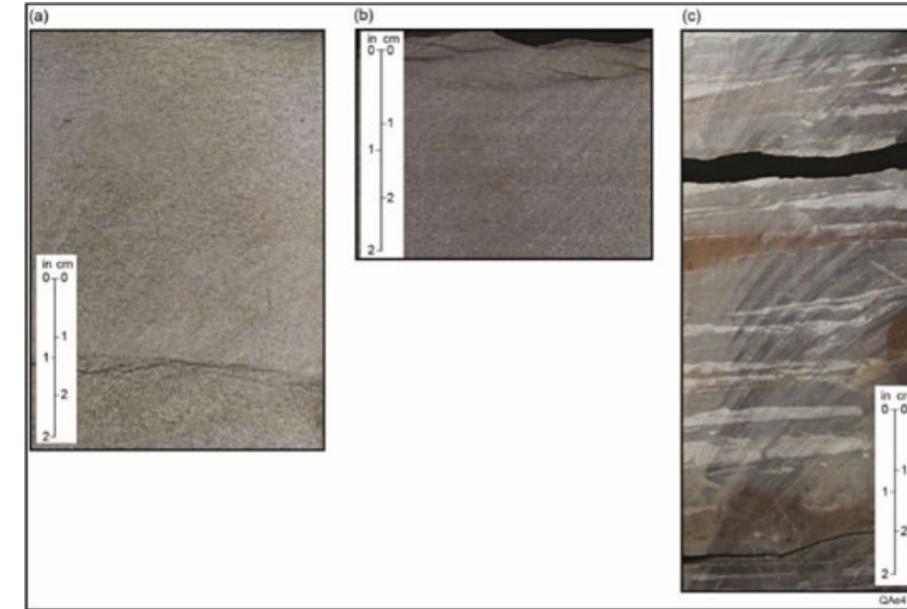


Figure 12. Core photographs of slope deposits in the Texaco No. 1-D Sterling well. (a). Fine-to-medium-grained, faintly planar-stratified sandstone in channel-fill facies at 7,861.7 ft (2,396.9 m). (b). Fine-grained sandstone with planar stratification overlain by climbing-ripple stratification in upper-channel-fill facies at 7,812.9 (2,382.0 m). (c). Lenticular beds of very fine grained sandstone interbedded with sideritic mudstone in levee-overbank facies at 7,834.8 ft (2,388.7 m). Core description is shown in figure 11.

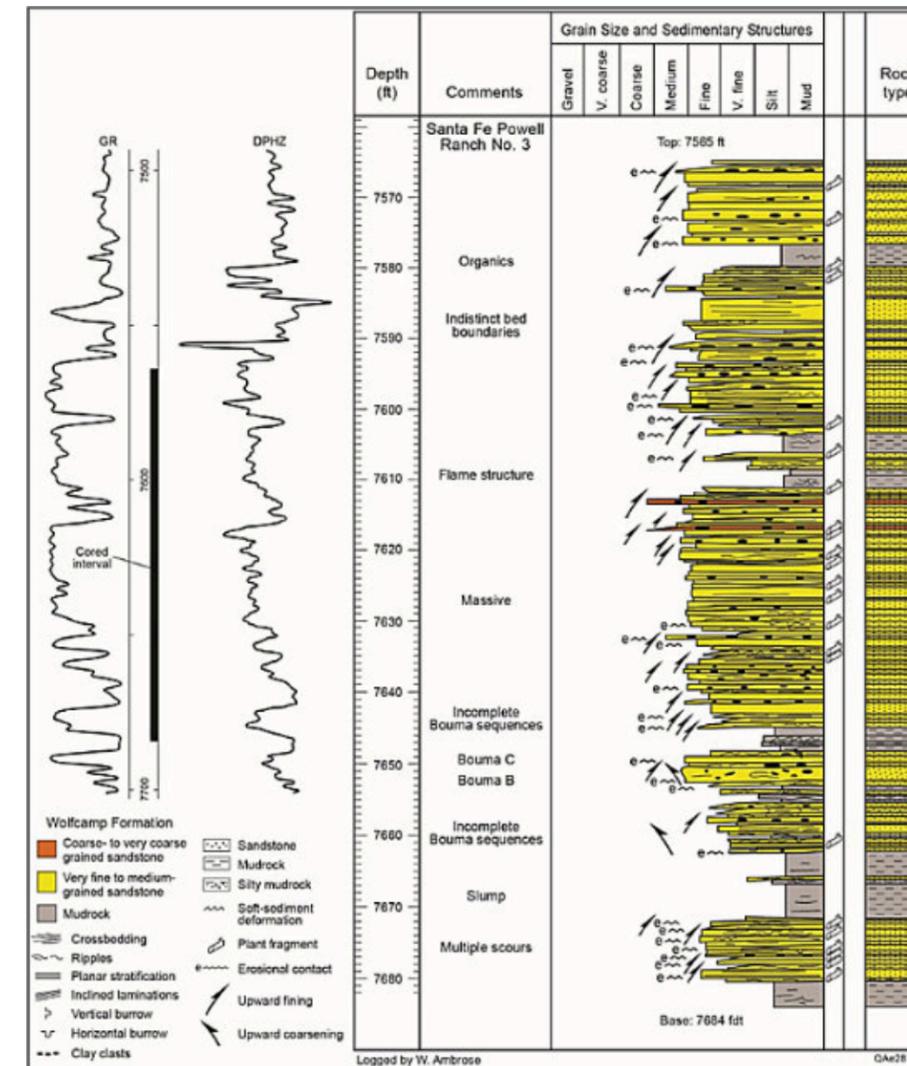


Figure 13. Core description of distal-slope to basin-floor deposits in the Cisco Group in the Santa Fe No. 3 Powell Ranch well from 7,564 to 7,684 ft (2,306.1 to 2,342.7 m). Well is located in figure 2. Core photographs are shown in figure 14.

The Texaco No. 1-D Sterling core contains channel and levee deposits in a distal-slope setting. Channel deposits in the cores are 10- to 20-ft (3- to 6-m) successions of fine-to-medium-grained sandstone with abundant scour surfaces and clay clasts (figs. 11, 12a, and 12b). They have an overall blocky to slightly upward-fining vertical grain-size profile. Composed of numerous, erosion-based, 1- to 2.5-ft (0.3- to 0.8-m) beds, they record repetitive turbidity flows that formed incomplete Bouma sequences. The upper parts of these incomplete Bouma sequences are composed of Bouma C climbing ripples (fig. 12b). Levee deposits in the Texaco No. 1-D Sterling well consist of thin (<1-ft [$<0.3\text{-m}$]) beds of very fine to fine-grained, ripple-laminated and weakly planar-stratified sandstone interbedded with silty, organic-rich mudstone beds. Other fabrics are thin (millimeter- to centimeter-scale), discontinuous and broken beds of very fine grained sandstone and sideritic mudstone (fig. 12c).

Sandstone beds in the Texaco No. 1-D Sterling well, based on the presence of multiple and thin (commonly <30 ft [$<9\text{ m}$]) composite channel-fill facies, are composed of narrow, sinuous channels in a muddy, distal slope system. The stratal architecture of sandy framework facies in the Texaco No. 1-D Sterling well is similar to that described by Galloway and Hobday (1996), Gardner (1997), Dutton et al. (2003), and Prather (2003) for slope depositional systems,

with a point-sourced, elongate and sinuous channel-feeder system with shoestring plan geometries. Reservoir development in such muddy slope systems is challenging because of thin and narrow channel-fill sandstones and a high degree of interbedded sandstone and shale beds (Kendrick, 2000).

Howard County

Distal-slope to inner-basin-floor deposits in the Cisco Group in Howard County (well located in fig. 2), have high (>70%) percent-sandstone values. They are composed of thick (>200-ft [$>61\text{-m}$]) sections of amalgamated, fine-to-medium-grained sandstone beds. The Santa Fe No. 3 Powell Ranch well is a sandstone-dominated section that extends from 7,564 to 7,684 ft (2,306.1 to 2,342.7 m) (fig. 13). The section is composed of several, 10- to 35-ft (3.0- to 10.7-m) successions of fine-to-medium-grained sandstone beds separated by thinner, 5- to 10-ft (1.5- to 3.0-m) beds of sideritic mudstone. Individual sandstone beds range in thickness from 0.5- to 2-ft (0.2- to 0.6-m). They are erosionally based, upward-fining, and contain organic fragments and clay clasts (fig. 13). Stratification in individual sandstone beds consists, from base to top, of faintly laminated to massive bedding, grading upward into centimeter-scale plane beds overlain by asymmetrical, mud-draped ripples (fig. 14a). Other sections are dominated by 2- to 4-inch (5.1- to 10.2-centimeter) zones

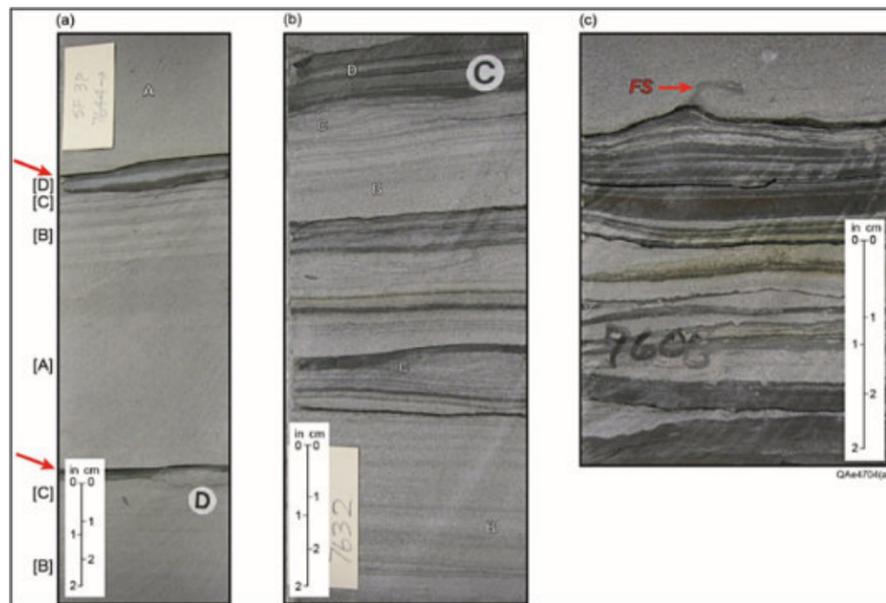


Figure 14. Core photographs of distal-slope to basin-floor deposits in the Santa Fe No. 3 Powell Ranch well. (a). Incomplete Bouma sequence between two arrows (erosional surfaces) at 7,644 ft (2,330.5 m). [A]: massively bedded to weakly planar stratified, fine-to-medium-grained sandstone in basal Bouma A facies. [B]. Planar-stratified, fine-grained sandstone in Bouma B facies. [C]. Ripple-stratified, fine-grained sandstone in Bouma C facies. [D]. Thin (millimeter-scale) bed of very fine grained sandstone interbedded with comparably thin mudstone beds in Bouma D facies. (b). Planar- and ripple-stratified, very fine grained sandstone in Bouma B and Bouma C facies at 7,632 ft (2,326.8 m). Top of core photograph features muddy Bouma D facies. (c). Muddy interchannel-levee facies composed of draped-ripple stratification at 7,608.2 ft (2,319.6 m). Section is truncated by thin (1-ft [0.3-m]) bed of fine-grained sandstone with flame-structure (FS). Core description is shown in figure 13.

of sandy laminae, interbedded with 1- to 1.5-inch (2.5- to 3.8-centimeter) beds with mud-draped ripples (fig. 14b). Accessory features include graded bedding, convolute bedding, and flame structures (fig. 14c) that record episodes of soft-sediment deformation resulting from the weight of overlying, water-saturated beds that have forced underlying, water-saturated beds to push upward, forming small, arcuate features.

The 10- to 35-ft (3.0- to 10.7-m) sandy successions in the core of the Santa Fe No. 3 Powell Ranch well are composed of multiple, incomplete Bouma sequences dominated by poorly stratified Bouma A and planar-stratified Bouma B beds of the types described by Bouma (2000). Although ripple-laminated Bouma C and muddy Bouma D beds are also present, they are relatively thinner and incompletely preserved (figs. 13 and 14a). These sandy successions represent sand-rich, distal sheets within continuous lobes in an inner basin-floor fan setting. This interpretation is based on a distal setting, the high overall net-sandstone content of the section (>70% sandstone), the amalgamated nature of the sandstone bodies, and sparse levee-overbank facies. Sandstone beds in the Santa Fe No. 3 Powell Ranch core, based on the aggradational succession of sandstone beds and its great percent-sandstone content, are inferred to be components of broad, sheet-like to low-relief, lobate sandbody geometries composed of channelized sandstone units of the type described by Beaubouef et al. (2003) in distal facies tracts in the Brazos-Trinity fan system in the Gulf of Mexico. Sand-rich fan systems in distal-slope to basin-floor settings commonly form broad sheets within constructional, low-relief mounds (Reading and Richards, 1994), and have good lateral and vertical sandbody connectivity (Richards and Bowman, 1998; Richards et al., 1998).

References

Ambrose, W. A., and Hentz, T. F., 2020, Geologic controls on stratal architecture and regional sediment distribution in the Cisco Group, Eastern Shelf of the Permian Basin, (abs.): South-Central Section of the Geological Society of America, <https://gsa.confex.com/gsa/2020SC/meetingapp.cgi/Paper/343209>, last accessed March 22, 2023.

Ambrose, W. A., Hentz, T. F., and Smith, D. C., 2022, Facies variability and geologic controls on reservoir heterogeneity in deepwater slope reservoirs in the Pennsylvanian Cisco Group, Lake Trammel South field, Nolan County, Texas: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Report of Investigations No. 288, 35 p., <http://doi.org/10.23867/RI0288D>.

Conclusions

Siliciclastic slope and basin-floor oil and gas reservoirs in the Wolfcampian Cisco Group are part of the prolific Upper Pennsylvanian slope sandstone play in the Eastern Shelf of the Permian Basin. Although the play has accounted for ~100 MMbbl of oil production, it still has the potential for additional oil recovery because of great reservoir heterogeneity, particularly in proximal-slope reservoirs in Nolan County, where they are composed of poorly connected and fine-grained slope-channel sandstone bodies. In Lake Trammel South field, proximal-slope reservoirs occur in narrow (500- to 3,000-ft [150- to 900-m]), sinuous and anastomosing trends. They are bounded laterally by extensive areas of muddy deposits of levee/overbank origin. In contrast, inner-basin-floor deposits in Howard County are sandstone-rich, occurring as sandy, amalgamated sections of fine-to-medium-grained sandstone within incomplete Bouma A and B deposits. These sandstone beds are components of broad, sheet-like to low-relief, lobate sandbody geometries inferred to have a greater degree of both lateral and vertical reservoir continuity than proximal-slope deposits along the Upper Cisco shelf margin in Lake Trammel South field.

Acknowledgments

This study was funded by the STARR (State of Texas Advanced Oil and Gas Resource Recovery) program at the Bureau of Economic Geology, the University of Texas at Austin, under the guidance of Lorena Moscardelli. Francine Mastrangelo, Paula Beard, Nancy Cottingham, and Jana Robinson prepared the illustrations under the direction of Jason Suarez, Manager, Media Information Technology. Publication authorized by the Director, Bureau of Economic Geology.

Beaubouef, R. T., Abreu, V., and Van Wagoner, J. C., 2003, Basin 4 of the Brazos-Trinity slope system, western Gulf of Mexico: the terminal portion of a late Pleistocene lowstand systems tract, in Roberts, H. H., Rosen, N. C., Fillon, R. H., and Anderson, J. B., eds., Gulf Coast Section-Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 23rd Annual Bob F. Perkins Research Conference, p. 182–203.

Bouma, A. H., 2000, Fine-grained, mud-rich turbidite systems: model and comparison with coarse-grained, sand-rich systems, in Bouma, A. H., and Stone, C. G., eds., Fine-grained turbidite systems: American Association of Petroleum Geologists Memoir 72/ Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication No. 68, p. 9–20.

- Brown, L. F., Jr., 1973, Cisco depositional systems in North-Central Texas, in Brown, L. F., Jr., Cleaves, II, A. W., and Erxleben, A. W., eds., Pennsylvanian depositional systems in North-Central Texas: a guide for interpreting terrigenous clastic facies in a cratonic basin: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Guidebook No. 14, p. 57–73, ISSN: 0363-4132.
- Brown, L. F., Jr., Solis Iriarte, R. F., and Johns, D. A., 1990, Regional depositional systems tracts, paleogeography, and sequence stratigraphy, Upper Pennsylvanian and Lower Permian strata, north- and west-central Texas: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Report of Investigations No. 197, 116 p. + oversized plates.
- Dutton, S. P., Flanders, W. A., and Barton, M. D., 2003, Reservoir characterization of a Permian deep-water sandstone, East Ford field, Delaware basin, Texas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 87, p. 609–627.
- Galloway, W. E., and Brown, L. F., Jr., 1973, Depositional systems and shelf-slope relations on cratonic basin margin, uppermost Pennsylvanian of North Texas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 57, No. 7, p. 1185–1218.
- Galloway, W. E., Ewing, T. E., Garrett, C. M., Jr., Tyler, N., and Bebout, D. G., 1983, Atlas of major Texas oil reservoirs: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, 139 p., doi.org/10.23867/AT0002D.
- Galloway, W. E., and Hobday, D. K., 1996, Terrigenous clastic depositional systems: applications to fossil fuel and groundwater resources (2nd ed.): New York, Springer-Verlag, 489 p., doi.org/10.1007/978-3-642-61018-9.
- Gardner, M. H., 1997, Characterization of deep-water siliciclastic reservoirs in the upper Bell Canyon and Cherry Canyon formations of the northern Delaware basin, Culberson and Reeves Counties, Texas, in Major, R. P., ed., Oil and gas on Texas state lands: an assessment of the resource and characterization of type reservoirs: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Report of Investigations No. 241, p. 137–146.
- Heckel, P. H., 2008, Pennsylvanian cyclothems in Midcontinent North America as far-field effects of waxing and waning of Gondwana ice sheets, in Fielding, C. R., Frank, T. D., and Isbell, J. L., eds., Resolving the late Paleozoic ice age in time and space: Geological Society of America Special Paper No. 441, p. 275–289, DOI:10.1130/2008.2441(19).
- Hentz, T. F., Ambrose, W. A., and Hamlin, H. S., 2017, Upper Pennsylvanian and Lower Permian shelf-to-basin facies architecture and trends, Eastern Shelf of the southern Midland Basin: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Report of Investigations 282, Austin, Texas, 68 p. and oversized plate, doi.org/10.23867/RI0282D.
- Kendrick, J. W., 2000, Turbidite reservoir architecture in the northern Gulf of Mexico deepwater: insights from the development of Auger, Tahoe, and Ram/Powell fields, in Weimer, P., Slatt, R. M., Coleman, J., Rosen, N., Nelson, C. H., Bouma, A. H., Styzen, M. J., and Lawrence, D. T., eds., Deep-water reservoirs of the world, Gulf Coast Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 20th Annual Bob F. Perkins Research Conference, p. 450–468.
- Lawton, T. F., Blakey, R. C., Stockli, D. F., and Liu, L., 2021, Late Paleozoic (Late Mississippian–Middle Permian) sediment provenance and dispersal in western equatorial Pangea: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 572, article no. 110386, 35 p., DOI:10.1016/j.palaeo.2021.110386.
- Palacios, F., 2020, Sediment supply and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the Cisco Group, southern Eastern Shelf of the Permian Basin: South-Central Section of the Geological Society of America, <https://gsa.confex.com/gsa/2020SC/meetingapp.cgi/Paper/343310>, last accessed March 22, 2023.
- Prather, B. E., 2003, Controls on reservoir distribution, architecture and stratigraphic trapping in slope settings: Marine and Petroleum Geology, v. 20, p. 529–545, doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2003.03.009.
- Reading, H. G., and Richards, M., 1994, Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 78, p. 792–822.
- Richards, M., and Bowman, M., 1998, Submarine fans and related depositional systems II: variability in reservoir architecture and wireline log character: Marine and Petroleum Geology, v. 15, p. 821–839.
- Richards, M., Bowman, M., and Reading, H., 1998, Submarine-fan systems I: characterization and stratigraphic prediction: Marine and Petroleum Geology, v. 15, p. 687–717.
- Vest, E. L., Jr., 1970, Oil fields of Pennsylvanian-Permian Horseshoe Atoll, West Texas, in Halbouty, M. T., ed., Geology of Giant Petroleum Fields—Symposium: American Association of Petroleum Geologists Memoir No. 14, p. 185–203.



William A. Ambrose is a Senior Research Scientist (retired) at the Bureau of Economic Geology, the University of Texas at Austin, where he holds a Master of Arts degree in geological sciences. He is currently Co-Chair of the Astrogeology Committee of the American Association of Petroleum Geologists (AAPG). His research interests in planetary geology include energy resources in the Solar System and lunar geology, with an emphasis on crater morphology and secondary craters associated with large impact basins. Bill has given numerous presentations on planetary science at meetings of the LPSC (Lunar and Planetary Science Conference), GSA (Geological Society of America), and AAPG. He is co-editor of GSA Special Paper 477, “Recent Advances and Current Research Issues in Lunar Stratigraphy” and AAPG Memoir 101 “Energy Resources for Human Settlement in the Solar System and Earth’s Future in Space”.



Tucker F. Hentz is a geologist specializing in siliciclastic sequence stratigraphy and basin analysis. He received his M.S. degree in geology from The University of Kansas in 1982. He joined the Bureau of Economic Geology in 1982 and has conducted studies in several Mid-Continent and Gulf of Mexico basins, including the Eastern Shelf of the Midland Basin (field mapping of Pennsylvanian and Permian continental strata), Delaware Basin (native sulfur in the Castile Formation), Anadarko Basin (Cleveland Formation and Cherokee Group), Val Verde Basin (Ozona Canyon Formation), Gulf Coast Basin (Wilcox Lobo trend, Miocene of offshore Louisiana), Burgos Basin (Miocene strata), Fort Worth Basin (Bend Conglomerate), and East Texas Basin (Woodbine Group). Hentz also has worked on several major play atlases of the northern Gulf of Mexico and Mid-Continent published by the BEG. His contact information is — email: tucker.hentz@beg.utexas.edu, address: Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin, University Station, Box X, Austin, TX, 78713-8924.

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 Geociencias.

MISCELÁNEOS

Itzamná , Señor del Cielo



Prescindiendo de Hunab Ku, el creador, que no parece haber desempeñado un papel importante en la vida de la gente del pueblo, el gran Itzamná, hijo de Hunab Ku se destacaba a la cabeza del panteón maya. En los códices, Itzamná aparece representado como un viejo de mandíbulas sin dientes y carrillos hundidos. Su nombre tiene dos jeroglíficos, el primero, que puede ser una representación convencional de su cabeza, y el segundo que contiene como elemento principal el signo del día Ahau. Este signo de día, significaba "rey, emperador, monarca, príncipe o gran señor"; de manera que el segundo de los jeroglíficos del nombre de Itzamná declara su posición como jefe del panteón maya. Era el patrono del día Ahau, el último y más importante de los veinte días mayas. Itzamná era el Señor de los Cielos, de la Noche y del Día. En estos últimos conceptos está asociado con Kinich Ahau, el dios del sol a quien adoraban con especialidad en Izamal, en el norte de Yucatán, y con Ixchel, la diosa de la luna. Se dice de Itzamná que fue el primer sacerdote, el inventor de la escritura y de los libros, que dio a los lugares de Yucatán el nombre con que se conocen y que dividió las tierras en esa región. Estas actividades indican que el culto de Itzamná no tuvo origen en Yucatán, sino que fue traído de alguna otra parte; y como sabemos que la institución sacerdotal y la escritura jeroglífica se desarrollaron primero en la Epoca Clásica, es probable que haya sido una deidad trasplantada del Petén. Como primer sacerdote e inventor de la escritura, Itzamná es claramente un dios cuyo origen se remonta a los principios de la historia maya y que probablemente estuvo siempre a la cabeza del panteón de aquellas gentes. Itzamná era una deidad benévola, siempre amiga del hombre. Nunca se ve asociado su nombre con la destrucción o desastre; y nunca aparece en los códices acompañado de los símbolos de la muerte.

Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V., Quito, Ecuador

Haz click en la imagen



La casa de las tierras raras

https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_021.html

https://www.geofisica.unam.mx/directorio/modulos/files/tierras_raras.pps

<https://climate.nasa.gov/news/1099/rare-earths-in-rare-form-at-caltech-competition/>

<https://www.britannica.com/science/rare-earth-element>

https://www.nationalgeographic.com.es/edicion-impresa/articulos/tierras-raras_17818

https://es.wikipedia.org/wiki/Tierras_raras

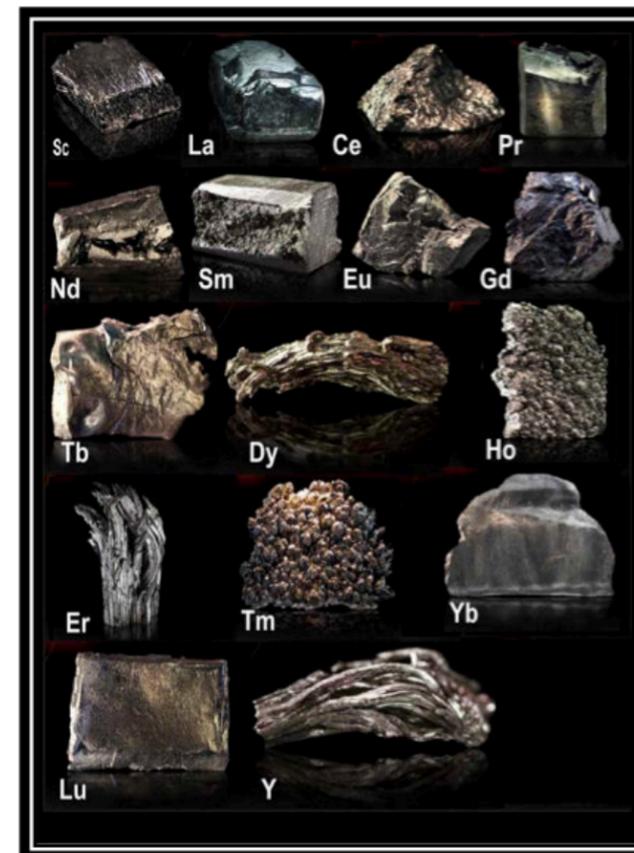
<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/las-tierras-raras/>

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

<https://www.youtube.com/watch?v=QY0u8CZLSOI>

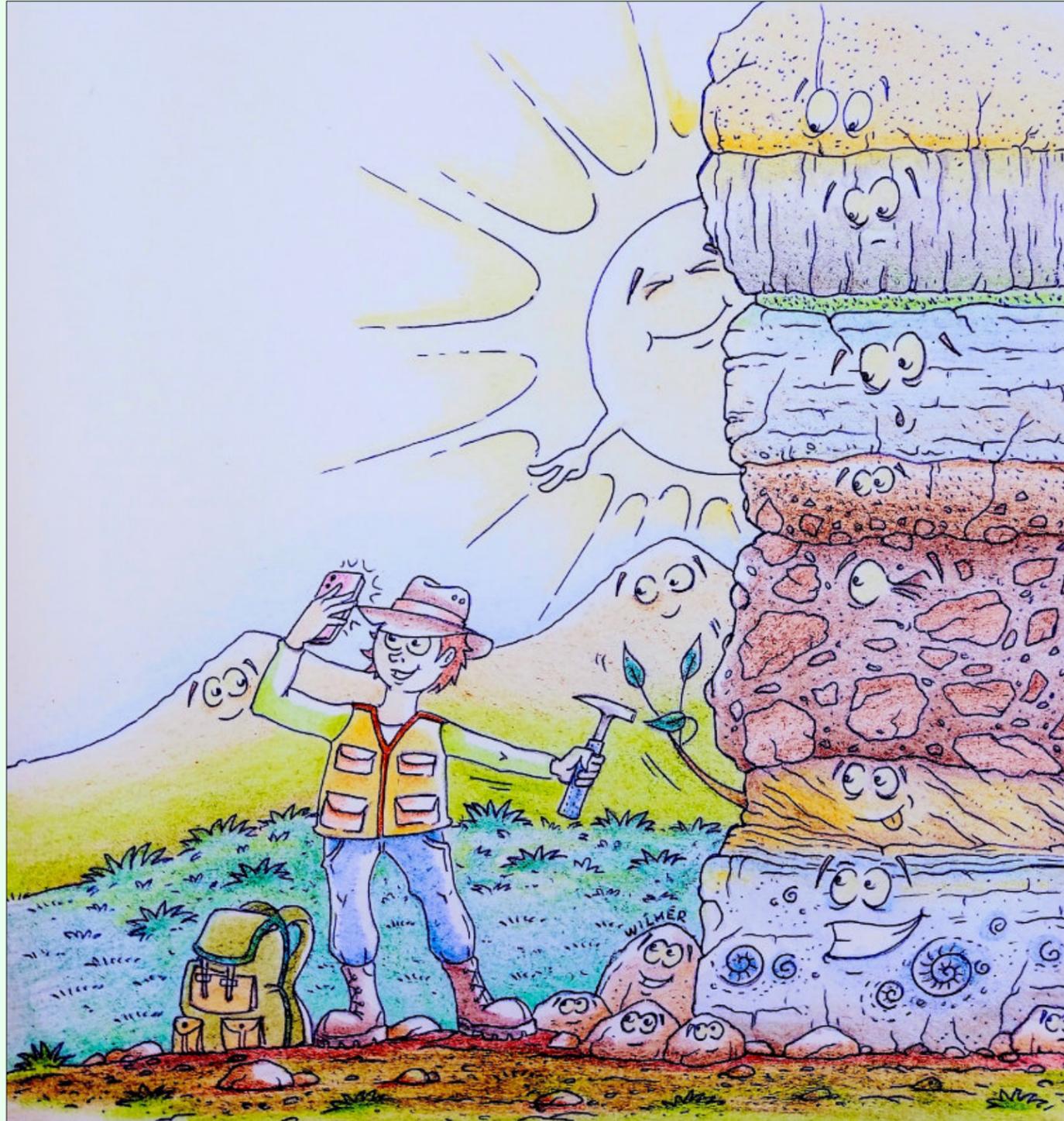


Compilado por **Uriel Franco Jaramillo** Colaborador de la Revista.



<https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/multimedia/WAV150110/021.jpg>

CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023



Por Wilmer Pérez Gil (wilmerperezgil5@gmail.com)

CONCURSO DE FOTOGRAFÍA GEOLÓGICA 2023

La Revista Maya de Geociencias y la empresa Corporación Ambiental de México S.A. de C.V. (CAM) hacen una atenta invitación para que los estudiantes de geociencias de cualquier país envíen a partir del 1 de enero hasta el 30 de octubre del 2023 sus fotografías de afloramientos para participar en el Concurso de Fotografía Geológica. El jurado, que se conformará más adelante por Editores de la RMG y personal de la empresa CAM, decidirán quiénes son los ganadores el día 30 de noviembre del 2023. Con las fotografías sometidas al concurso se creará un album fotográfico para su publicación en un tomo especial de la Revista.

BASES:

1. Solamente se puede someter una fotografía por estudiante.
2. El tamaño de la fotografía deberá tener un lado máximo de 1,000 Píxeles.
3. Incluya su nombre y dirección de correo electrónico. La descripción de la fotografía no deberá exceder 100 palabras.
4. Las fotografías deberán enviarse por correo electrónico a los Editores: Bernardo García Amador y Luis A. Valencia Flores: bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu; luis.valencia.11@outlook.com con fecha límite del 30 de octubre del 2023.

PREMIOS:

El día 30 de noviembre del 2023, se darán a conocer los tres ganadores del concurso, siendo los premios como se indica a continuación:

- Primer lugar: La cantidad de \$25,000 pesos mexicanos (aprox. \$1,250 dólares).
- Segundo lugar: La cantidad de \$15,000 pesos mexicanos (aprox. \$750 dólares).
- Tercer lugar: La cantidad de \$10,000 pesos mexicanos (aprox. \$500 dólares).

* Los premios y gastos asociados los patrocinará la empresa Corporación Ambiental de México (CAM), con domicilio en Monterrey, Nuevo León, México.

GEOLOGICAL PHOTOGRAPHY CONTEST 2023

The Revista Maya de Geociencias and the Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V. (CAM) cordially invite students of the geosciences from any country to participate in this contest by sending us their outcrop photographs between the 1st of January and the 30th of October, 2023 in order to participate in this Geological Photography Contest. The judges, to be selected by the Editors of the RMG and personnel from CAM, will decide upon the winners the 30th of November 2023. An album will be published from submitted photos in a special issue of the RMG.

RULES:

1. You may submit only one photograph per person.
2. The photograph should be a maximum of 1,000 pixels per edge.
3. Include your name and email address in the description of the photograph, which should not exceed 100 words.
4. Email the photograph to Editors Bernardo García Amador and Luis Valencia Flores by the 30th of October, 2023: bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu; luis.valencia.11@outlook.com

PRIZES:

The winners of the contest will be revealed on the 30th of November, 2023 with the following prizes.

First place: 25,000 Mexican pesos (approximately \$US 1,250).

Second place: 15,000 Mexican pesos (approximately \$US 750).

Third place: 10,000 Mexican pesos (approximately \$US 500).

* Prizes and associated expenses will be provided by the Corporación Ambiental de México headquartered in Monterrey, Nuevo León, México.

GeoLatinas involucra a los científicos 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. <https://geolatinas.org/> <https://www.facebook.com/GeoLatinasFace/>

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

Programa de Conferencias Magistrales - II Congreso Venezolano de Geociencias.



II CONGRESO VENEZOLANO
GEO
CIENCIAS

"Ciencias al servicio de la sociedad"
"85 años de la enseñanza de las Geociencias en Venezuela"

PROGRAMA
II CONGRESO VENEZOLANO DE GEOCIENCIAS

- XVII CONGRESO VENEZOLANO DE GEOFÍSICA
- XI CONGRESO GEOLÓGICO VENEZOLANO
- VIII JORNADAS VENEZOLANAS DE HISTORIA DE LAS GEOCIENCIAS
- SIMPOSIO "PROGRAMA DEL GEOCIENTISTA VISITANTE AAPG"
- I SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE GEOESPELEOLOGÍA

ACTO DE HOMENAJE A LOS PROFESORES EMÉRITOS
ANDRÉ SINGER Y FRANCO URBANI

CARACAS, 20 AL 24 DE MARZO, 2023
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV)



<https://geogulf2023.org/about-2/>

[Home](#) [About](#) [Technical Program Overview](#) [Luncheons](#) [Sponsorship Info](#) [Networking Events](#)
[Exhibit Info](#) [Short Courses](#) [Field Trips](#) [Professional Posters](#) [Student Posters](#)

f in

Geogulf 2023 Leadership Committee



Immerse Yourself in the Evolution of Geological Science

AAPG Gulf Coast Section GCAGS
April 23-25, 2023, Houston Texas
Norris Conference Center



Charles Sternbach
General Chair



Mike Erpenbeck
GCAGS President



Jeff Lund
Vice Chair and Sponsorship Chair



Linda Sternbach
Technical Chair

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

2023
MED-GEO MÉXICO
10th International Conference on Medical Geology
MONTERREY, NL. MEXICO
August 6-9 th
Visit us at:
medgeomx.com

Caverna del arte

PARA PLATICARNOS DEL BIEN Y DEL MAL

I

Despeinado de ilusiones
frente a un cosmos de oportunidades
tres tiempos al corazón
un compás sin guía de frivolidades.

Contenerte en mis caricias
afán de mariposa al viento
besos homogéneos
atavíos del silencio
y cien gritos multicolores en tus labios.
Afán de una hipótesis que se esfuma
haciéndose de compromisos espaciales
fugitivos
simbólicos
simbióticos.

Sin ton ni son de amores
poco me doy cuenta de mi *en cuenta*
sólo antagónicas fronteras del delirio
¿y todavía te posas sobre mi pluma?
calidad somera y quieta
de una tinta en espera.

II

Manifiesto de tus ritmos anacrónicos
de tu mirada semiabierta
cubierta de mí
de tonos oceánicos y oníricos.

Me hablaste de un anagrama sin letras
sin cielo, sin ofensas,
pensé de inmediato en tu nombre
en tu sonrisa diamantina con orden
en tu siseo de mujer nocturna,
tal vez no pensé, y sentí las letras
desconocidas, indescifrables e indecibles
pero con un toque vivaz.

En verdad poco sé de tus pies
aleteos en tierra de una vida
queriendo encontrar el vuelo
caminar hacia el cielo
sin tropiezos, de ida y vuelta
para platicarnos del bien y del mal.

Pablo Anatexis

Por: Wilmer Pérez Gil
Revisión: Nelson Estrada Núñez

I
En ardua investigación,
radiométrica por cierto
se ofrece con mucho acierto
veraz argumentación,
cuando la concentración
de contados elementos
para fechar sedimentos,
permite su datación.

II
Geológica duración
un período transcurrido,
el sendero recorrido
de su desintegración.
Etapas en formación
le avalan arduo camino,
entre rocas, inquilino
en previa concentración.

III
Rubidio y lepidolita
biotita con feldespato
moscovita para rato
estroncio y glauconita.
Argón en anfibolita
potasio trajosus micas
uranio, plomo salpicas
hasta torio y monacita.

IV
Circón tú que por eones
aletargado y dormido,
permaneces escondido
anidando en los cratones.
Escudos como plutones,
vieron surgir tus cristales,
forjaron esos anales,
pretéritos cinturones.

V
Carbono, solo requieres
un menor tiempo de prueba
ahí donde se comprueba
¿qué tan radiactivo eres?
orgánicos tus haberes
procesando minerales
plantas incluso animales
y otros tantos menesteres.

VI
Una roca disfrazada
por procesos naturales,
enmascaró minerales,
vapuleada y atizada.
Creyó que meteorizada,
por espuria y engañosa,
pretendió ser otra cosa
cuando fuese analizada.

**Vivimos y morimos simultáneamente. Cada
segundo vivido, ya nos ha abandonado para
siempre....**



Cementerio de Taos Pueblo, New Mexico, 2014.

Fotografía de Claudio Bartolini

Cuento: Una Vida Feliz

Autor: Claudio Bartolini

Apenas se perfilaban los primeros rayos de sol de esa hermosa madrugada en la región montañosa de Santander, Colombia; y Romualdo, originario del poblado de Los Santos, ya estaba alcanzando la cima de la montaña en compañía de sus cuarenta y nueve cabras y sus dos fieles y experimentados perros a quienes les había dado los nombres de Desesperanza y Soledad. Romualdo era un hombre feliz, quien, a diferencia de la mayoría de las personas en el mundo, cumplía sus sueños cada día de su vida; llevar a pastar sus cabras.

Romualdo quien gozaba en general de buena salud, para su infortunio, había heredado una artritis temprana de parte de su madre, enfermedad que le había afectado sus habilidades motoras, particularmente sus pies ya fuertemente deformados, dificultándole el andar. Por si esto fuera poco, tenía que vivir con un profundo dolor crónico en sus vértebras lumbares de su columna, por el fuerte traumatismo ocasionado por la deformación y fractura de varios discos intervertebrales, al caerse, intentando recoger hongos para la cena. No teniendo seguridad social, calmaba los dolores causados por la artritis con hierbas medicinales de la región. Sin embargo, lo que más preocupaba a Romualdo, es haber dejado de soñar por las noches durante los últimos quince años de su vida.

En sueños, difícilmente podía recordar, que se había casado quince años antes con la mujer de sus sueños: Magnolia, quien había obtenido el doctorado en matemáticas en la Universidad de Stanford, con una beca de la NASA. Y, como parte de su disertación doctoral, había desarrollado extraordinarios modelos que permitirían organizar y almacenar los pensamientos de los seres humanos (aproximadamente, 60,000 por día), en sofisticadas bases de datos digitales, mismas que podrían ser consultadas y adquiridas por empresas en el futuro con fines comerciales. Tan avanzados eran los descubrimientos matemáticos, que permitieron a Magnolia ganar la Medalla Fields, uno de los más prestigiosos premios internacionales, por sus excepcionales contribuciones en el campo de las matemáticas.

El matrimonio subsistía básicamente con los productos generados por las cabras y los huevos de las gallinas que tenían en casa, pero Romualdo y Magnolia no sabían lo que era la pobreza. Se conocieron por coincidencia en Bucaramanga, cuando ella asistía a un congreso de matemáticas, y él buscaba una ferretería para comprar clavos, siendo en la Calle 55 donde se vieron frente a frente, y ella lo miró a los ojos, y perdió los sentidos como nunca le había ocurrido: se enamoró a primera vista, y jamás regresó a Estados Unidos. A pesar de sus éxitos científicos y un promisorio futuro en el mundo de la ciencia, Magnolia nunca se arrepintió de haberse casado con un pastor de cabras, el hombre que sería su pareja perfecta.

En ese mundo fabuloso, la pareja tuvo tres hijos varones: el primogénito nació con el Síndrome de Down, el segundo sordomudo, y el tercero con autismo. A pesar de esas vicisitudes, Magnolia se hizo el propósito de criar a sus hijos en un ambiente de aprendizaje y, ella misma, después de trabajar arduamente en el gallinero, dedicaba gran parte de su tiempo a educar a sus tres hijos. Tenía fe en que los tres algún día, asistirían a la Universidad Industrial de Santander. Jamás imaginó que sería tan feliz en la vida, con esa maravillosa familia que Dios le dio.

Con el tiempo, su hijo sordomudo desarrolló habilidades visuales impresionantes, ya que pasaba horas mirando el firmamento cada noche, lo que le permitió reconocer los astros, ubicarlos, y contar miles de estrellas. El universo estaba a su disposición, el silencio absoluto de un espacio infinito. El muchacho con el síndrome de Down desarrolló la habilidad de organizar los pensamientos a partir de la diversidad de sus emociones, pudiendo predecir el comportamiento humano en gran detalle. Mientras que el hijo autista colectaba, organizaba y clasificaba, cientos de rocas con el conocimiento y la experiencia de un geólogo. Había desarrollado un adelantado conocimiento, que solo al tocar las rocas, podía determinar cual era su edad. Sin duda, Magnolia había hecho una labor impresionante con sus hijos.

Los sueños nocturnos de Romualdo eran sus emociones preferidas, ya que, siendo una persona tan pobre, no tenía dinero para ir al cine. Pero, lo que realmente le preocupaba, es que hacía ya quince años, desde que se casó, que tenía un sueño recurrente: el de ser inmortal. Era curioso verse a sí mismo en diferentes tiempos a través de la evolución de la humanidad. Tenía sueños con recuerdos puntuales de su migración del centro de África hacia la parte sur de Europa, hacía aproximadamente 300,000 años. Durante su largo andar a través de montañas y desiertos, mientras se alimentaba con hongos alucinógenos, que le hacían ver el color del viento, el olor de las nubes, y sentir plenamente la vibración del universo, Romualdo deseaba con ansia, encontrar a la mujer de sus sueños. El tiempo en el que fue apóstol y acompañó a Jesús de Nazaret por las calles de Jerusalén, durante los inicios del cristianismo, y la subsecuente escritura de los evangelios. Su emocionante aventura cuando fue cocinero en la Carabela Santa María, durante la expedición de Cristóbal Colón a través del Atlántico rumbo a América. También le resultó un privilegio haber sido testigo del Renacimiento, tiempo en el cual tuvo una gran amistad con Leonardo Da-Vinci, quien le dejaba inscribir códigos secretos en sus pinturas. En América, su trabajo como mensajero entre los Imperios Maya e Inca, marcó los inicios del sistema de correos. Sus sueños, desde luego, incluían los malos recuerdos de la Segunda Guerra Mundial, durante la cual fue uno de los físicos que inventó la bomba atómica en el Laboratorio Nacional de Sandía en Nuevo México, Estados Unidos. Fue, también, un obrero durante la construcción de la muralla China, y cientos de años después, condujo al Apolo 11, en su alunizaje en 1969. Pero el sueño del que se sentía particularmente orgulloso fue cuando, personificando a Andrés Páez de Sotomayor, derrotaron a los indios Guanes en diciembre de 1622, para fundar la Ciudad de Bucaramanga, Colombia.

El día de su aparente aniversario de bodas, empezó a tener un sueño distinto, lo que le causó a la vez, gran confusión, pero inmensa felicidad. Soñó que se había casado con una hermosa mujer del mundo de la ciencia, con quien había tenido tres hijos con problemas congénitos, pero que todos eran muy felices, aun en la profunda pobreza en la que vivía la familia. Sin embargo, cuando despertó del fantástico sueño, se dio cuenta de la terrible realidad, todo había sido un grandioso sueño. Seguía siendo un pastor de cabras soltero y pobre y, al igual que siempre, estaba acostado en el mismo tapete de palmilla sobre el piso de tierra de su humilde choza. Solamente estaba acompañado por sus dos fieles amigos: Desesperanza y Soledad.



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

The Earth Pyramids of South Tyrol

At many places across South Tyrol, in northern Italy, one can see a peculiar geological formation called "earth pyramids". They consist of tall cone-shaped pillars made of clay, with a boulder resting on top. These unusual structures started forming from moraine clay soil left behind after the last Ice Age when the glaciers melted away. In dry condition the soil is hard as stone, but as soon as it rains, it turns into a soft muddy mass, starts sliding, and forms large slopes 10 to 15 meters steep. When the rainy season starts, these slopes erode away. But when there are rocks in the mud, the clay soil underneath these rocks stays protected from the rain. So, while the surrounding material is continually carried off with the rain, the protected pillars rise out of the ground to form majestic earth pyramids. It can take hundreds to thousands of years for these pyramids to form. The pillars continue to erode, but more slowly than the rest of the terrain. At some point in the future, the columns will lose the strength to hold the large rock overhead. Once the boulder falls from the peak, the column will erode away rapidly.

<https://twistedifter.com/2017/10/the-earth-pyramids-of-italy-by-kilian-schoenberger/>

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

<https://www.nationalgeographic.co.uk/travel/2019/04/south-tyrol-italys-best-kept-secret>

<https://www.amusingplanet.com/2017/10/the-earth-pyramids-of-south-tyrol.html>

<https://www.facebook.com/dw.travel/videos/earth-pyramids-in-south-tyrol-italy/359450045208944/>

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

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 CONVENIOS DE COLABORACIÓN ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE - <https://cujae.edu.cu/>

Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>

Instituto Nacional de Geoquímica
<https://www.geoquimica.umich.mx/>
Web Inageq2020/index.html



Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



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

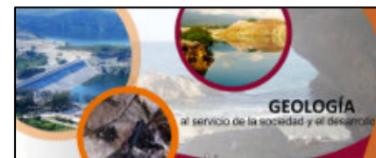
Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



GeoLatinas
<https://geolatinas.org/>

Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>

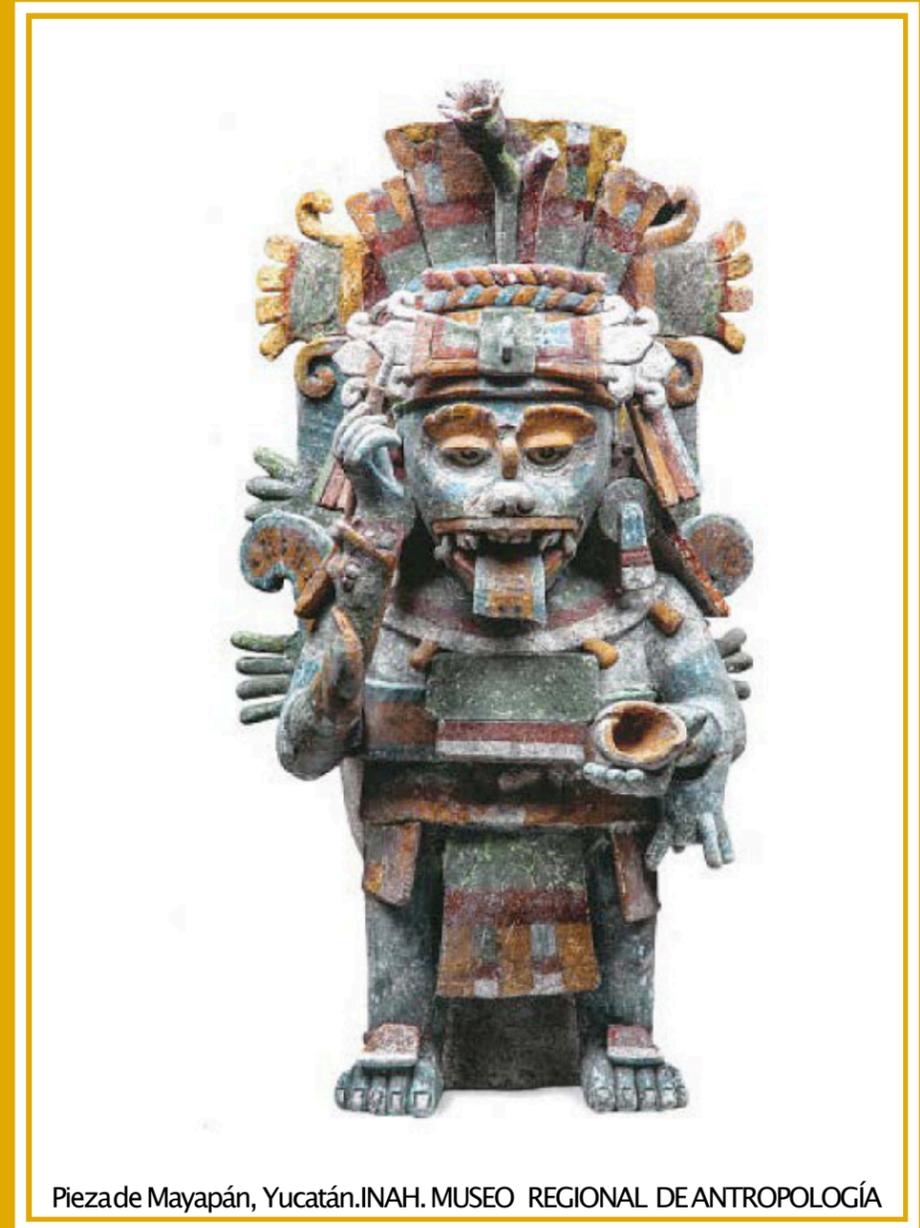


Universidad Tecnológica
del Cibao Oriental,
República Dominicana

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



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



Piezade Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA

¿QUIERES COLABORAR CON NOSOTROS?

ENVÍANOS UN CORREO A:

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