

**JULIO
2022**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



JULIO
2022



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

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

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

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

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

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

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

Portada de la revista: Enchanted Rock ("Roca Encantada"), Texas, EE.UU. Domo estructural de rocas metaígneas polideformadas del Proterozoico Medio (1.0-1.3 Ga), con afinidad a los terrenos Grenvillianos de Norteamérica. Es uno de los afloramientos más meridionales del basamento cristalino del cratón de Norteamérica. Fotografía de Bernardo García Amador.

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.

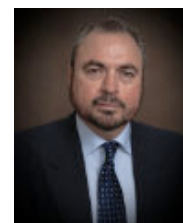
bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



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

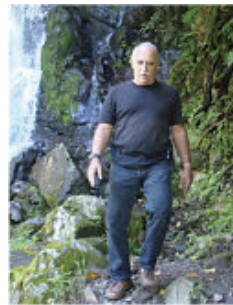
COLABORADORES



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



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

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

geodoxo@gmail.com



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

occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



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



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

Damos la Bienvenida a la nueva colaboradora de la revista

Natalia Silva Cruz

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 experiencia profesional comienza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia diseñando mecanismos de predicción de la aparición de éstas y minerales asociados, en las diferentes estructuras de venas contenidas con flujos hidrotermales. Posteriormente se dedica durante 10 años a la exploración y producción de hidrocarburos, principalmente en el desarrollo de yacimientos y geomodelado de cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. En los últimos años se ha enfocado en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, realizando la evaluación y el diseño de plantas solares de hasta 200 kW en los Estados Unidos, Canadá, Europa, África y Australia. Los proyectos especiales más recientes en los que ha estado involucrada han sido: evaluación del efecto del sombreado asociado a edificaciones cercanas a instalaciones solares, incluyendo recomendaciones técnicas que garanticen el máximo aprovechamiento de los equipos sin afectar el tiempo de vida; y estudios de factibilidad para la instalación de pavimento fotovoltaico reemplazando baldosas tradicionales en caminos peatonales.



Damos la Bienvenida al nuevo colaborador de la revista

Jesús Roberto Vidal Solano

Realizó un Doctorado en Geociencias en el Laboratorio de Petrología Magmática de la *Université Paul Cézanne de Aix-Marseille III* en Francia y un postdoctorado en el Laboratorio Sismológico del *California Institute of Technology (Caltech)* en USA. En 2006 fue repatriado por CONACYT al Departamento de Geología de la Universidad de Sonora. Desde entonces es profesor investigador en esa institución. Ha sido revisor y editor invitado en revistas internacionales, así como parte del comité editorial de la colección de Textos Académicos de la UNISON, y en su producción científica se encuentran diversas publicaciones nacionales e internacionales sobre geología, geo-arqueología, geoquímica, vulcanología, petrología magmática, yacimientos no-metálicos, geología estructural y tectónica del Noroeste de México. Es fundador del proyecto de divulgación científica La Rocateca, ha dirigido varios proyectos de investigación de Ciencia Básica CONACYT, así como varias tesis de licenciatura, maestría y doctorado, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y al Perfil de Profesor Deseable de la Secretaría de Educación Pública, fue coordinador del programa de Maestría en Ciencias-Geología de la UNISON, presidente de la Academia de Geoquímica, Petrología y Geodinámica del Departamento de Geología en la UNISON, y actualmente es secretario del Instituto Nacional de Geoquímica AC.



CONTENIDO

JULIO 2022

Semblanzas.....	10
Pioneros de las Geociencias.....	15
Resúmenes de tesis y publicaciones.....	19
Los libros recomendados.....	27
Temas de interés.....	29
Fotografías de afloramientos/microscopio.....	39
Notas geológicas.....	43
Misceláneos	
Museos de historia natural.....	78
La Casa de Homo sapiens.....	79
Tesis selectas presentadas en la UNAM en 2020.....	80
X Convención de Ciencias de la Tierra, Cuba.....	81
Caverna del arte.....	83
Glosario de términos geológicos.....	84
Libro: Rupestre Moderno–Moisés Dávila Serrano.....	85
Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil).....	86
Geoarte en América Latina y El Caribe.....	87
Sliding rocks, Death Valley, California.....	88
Asociaciones geológicas hermanas.....	89
La Rocateca – UNISON.....	90

SEMBLANZAS

Lawrence Funkhouser: (1921 - 2022)

Lawrence (Larry) Funkhouser is a petroleum geologist, internationally recognized for his contributions to finding new sources of oil and gas, an achievement to which he has dedicated over a half century of his life. Thirty-eight of those years were spent with Chevron Corporation, where his major goal was the integration of all relevant fields of study – geology, geophysics, geochemistry, paleontology – into a cohesive whole. Born in Napoleon, Ohio in 1921, the young Funkhouser’s interest in geology was sparked by the rock and fossil collection of his older brother, Harold.

This early interest culminated in geologic degrees from Oberlin College in 1943 and from Stanford University in 1948. Funkhouser was also granted an Honorary Doctor of Science degree by Oberlin in 1948. Larry joined Chevron in its New Orleans office in 1948 and rapidly moved through the ranks before being named Chevron’s Vice- President of Exploration in 1969. He was elected a Chevron Director in 1973 and continued as Vice-President Exploration and Production until his retirement in 1986.

Interestingly, some of Funkhouser’s success may stem from an old-fashioned sibling rivalry; his brother joined Gulf Oil Corporation in 1938, eventually becoming the U.S. exploration manager for that organization, while Larry was responsible for similar activities at Chevron. Larry’s career was also boosted by the tutelage of A.I. Levorsen at Stanford {recipient of the AAPG’s third Powers Medal} Funkhouser acknowledges Levorsen’s “passion for finding new reserves” which instilled in him the sense that



“exploration was a fascinating treasure hunt, one that could lead to discovery of new energy sources as well as a rewarding and unusually interesting life’s work.”

After retiring from Chevron, Funkhouser was elected President of AAPG in 1987- 88. He later served as Chairman of the AAPG Foundation from 1990 to 2000. He was awarded the Power Medal, AAPG’s highest honor, in 2004. In addition to the Funkhouser Named Grant, he established the Jean G. Funkhouser Memorial Grant in tribute to his late wife. He currently lives in Palo Alto, CA.

Source: AAPG

https://wiki.seg.org/wiki/Lawrence_Funkhouser

<https://earth.stanford.edu/news/larry-funkhouser-honored-distinguished-alumni-award#gs.183b9y>

Blanca E. Buitrón Sánchez



La doctora **Blanca Estela Buitrón Sánchez** estudió la licenciatura en Biología, la Maestría y Doctorado en Ciencias (Biología) en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Entusiasta académica desde 1962, se ha destacado en las tres tareas sustantivas de la Universidad, la docencia, investigación y extensión de la cultura. Es Investigador Titular nivel “C” de Tiempo Completo del Instituto de Geología y profesora de la cátedra de “Paleontología General”, en la Facultad de Ingeniería, UNAM y ha sido distinguida con el Nivel III en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

El estudio de los gasterópodos y equinodermos fósiles, sus implicaciones paleoecológicas y paleogeográficas con aplicación en la prospección de recursos naturales se ha reflejado en la publicación en revistas de impacto y cuenta con 2017 citas. Ha sido responsable de proyectos nacionales CONACYT, CONABIO, UNAM, e internacionales, UNESCO-IGCP y ECOS Francia en los que participan profesores e investigadores de diversas instituciones nacionales y extranjeras. Ha realizado 132 informes técnicos a PEMEX, PEÑOLES, GEOCA, UNAM, UNISON, UAEGRO y otras instituciones.

Durante sus 60 años de labor científica y docente en la UNAM, se ha destacado en la formación de recursos humanos. Es tutora de los Posgrados de Ciencias del Mar y Limnología, Ciencias de la Tierra y Ciencias Biológicas de la UNAM y del posgrado de Biociencias de la Universidad de Sonora. Ha dirigido 72 tesis de licenciatura y posgrado. La Dra. Buitrón ha realizado estancias académicas en las Universidades de París VI, Poitiers, Tolosa, Marsella y Lyon con beca de Francia en 1977, en el Instituto Mexicano del Petróleo en 1989 y en la UNISON en 2003 y estancias anuales en la Universidad de Lille, Francia y en la Universidad de Sonora desde 2003 al 2019. Desempeña la actividad curatorial de la Colección Paleontológica Didáctica de la Facultad de Ingeniería desde 1971, que cuenta con 6,032 ejemplares y que fue organizada con el patrocinio de un proyecto de la CONABIO. Es conferencista del programa de divulgación “Domingos en la Ciencia”, de la Academia Mexicana de Ciencias y del Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C, cuyas conferencias se imparten en diversos foros del país.

Ha recibido las numerosas distinciones otorgadas por la American Association of Petroleum Geologists. Nuevo León, 2020, por la Universidad de Guadalajara 2020, por la Red Iberoamericana de Equinodermos 2019, por la Sociedad Mexicana de Paleontología (SMP) 2019, por la Facultad de Ingeniería, UNAM, 2019, por la Sociedad Geológica Mexicana, 2019. La Unión Geofísica Mexicana (UGM) le otorgó el reconocimiento a la “Maestra del año” en 2012, y la UNAM, el “Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz” en 2004. Fue distinguida con el reconocimiento y diploma por “aportaciones a la investigación en las Ciencias de la Tierra”, otorgado por la Sociedad Geológica Mexicana en 1990. Ha sido reconocida por su contribución en la creación de museos la Sierra en Arivechi, Sonora, Tepexi de Rodríguez y Santa Ana Teloxtoc, Teziutlán en Puebla, y Oaxaca. También tiene nominación científica de las especies nuevas *Pliotoxaster buitronae* Fornie, *Ophiolepis buitronae* Pineda, Bribiesca Solís y Laguarda, *Parafusulina buitronae* Pérez y Palafox, *Huetamia buitronae* Alencáster, *Stephanosphinctes buitroni* Westermann y Sandoval. <https://www.researchgate.net/profile/Blanca-Buitron>; <http://www.ojs-igl.unam.mx/index.php/Paleontologia/article/view/638/560>

Armando E. Alatorre Campos

Minerales y Rocas Industriales: su pasión

Nació el domingo primero de febrero de 1953 en el, otrora, Distrito Federal (DF). Con excepción de la primaria, su formación académica fue con el Instituto Politécnico Nacional a través de la Prevocacional No. 3, la Vocacional No. 2 y la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) de donde egresó en 1975 como parte de la generación más numerosa en la historia, posiblemente, de cualquier universidad del país, ¡¡150 geólogos en un solo año!!, con solo dos damas incluidas. Empezando la segunda mitad de la carrera, entra como “ayudante técnico” al Consejo de Recursos Naturales no Renovables (hoy Servicio Geológico Mexicano); ahí, con el tiempo, iría sembrando el desarrollo de su vida profesional: la geología minera. Precisamente, al terminar sus estudios es comisionado al proyecto más relevante del Consejo en ese momento, las fosforitas de San Hilario en Baja California Sur, el cual le permite titularse, en 1977, con la evaluación geológico-económica del yacimiento. Más adelante, a lo largo de varios años, participó en muchos proyectos, sobre todo hacia el sur del país; casualmente no hubo ninguno de metálicos, lignito, arenas de titanio y zircón, serpentinas, tan solo como ejemplos; no lo sabía en ese entonces, pero se empezaba a formar una especialización práctica.

Gracias al Consejo realizó una maestría en Colorado School of Mines (1980-1982); su experiencia de campo y haber ya escrito una tesis significaron una ventaja sobre sus compañeros que habían pasado de licenciatura a posgrado sin esos elementos; su proyecto de investigación fue el modelo genético de las fosforitas de Baja ampliando el área para incluir el yacimiento de San Juan de la Costa que ya estaba en producción en ese momento. Varios años después publica una síntesis de esa investigación en *Economic Geology* (1988).

Después de casi 10 años en el Consejo, decide buscar nuevos horizontes profesionales que lo conducen a la ciudad de Monterrey, ahora con la iniciativa privada, para trabajar con el Grupo Materias Primas, en aquel entonces el brazo minero de Vitro, la productora de vidrio más grande del país y uno de los conglomerados industriales económicamente más sólidos. Por el perfil de la empresa, todo el trabajo estaba enfocado a las materias primas para vidrio y, por extensión, para la industria química; los metálicos, si acaso, se veían muy de reojo. En otras palabras, **El Paraíso**: minerales y rocas industriales, desde la “a” hasta la “z”, a mañana, tarde y noche, un día tras otro; ahí comenzó la consolidación de una especialidad práctica, de su amor y su pasión profesional; entre los proyectos relevantes donde tuvo participación se pueden



mencionar: arena sílica en el norte de Coahuila, caolín en Michoacán, sal gema en Nuevo León, sienita nefelínica en Tamaulipas, sulfato de sodio en Sonora, trona (carbonato de sodio) en Puebla y vermiculita en el sur de Coahuila; de igual forma, en diversas localidades del país: barita, caliza, dolomita, perlita, pirofilita, tezontle, yeso y wollastonita. A la par de esos trabajos viaja extensamente por Estados Unidos y Canadá aprendiendo de la geología, minería, beneficio y mercado de minerales y rocas industriales e interactúa con especialistas internacionales muy reconocidos de esos temas con quienes mantiene aún hoy colaboraciones y amistad. Además de lo anterior, en esos años incursionó en la parte del análisis económico-financiero de los proyectos, medir el potencial de los yacimientos más allá de la geología; esto se da por necesidades de los proyectos y, en parte por una curiosidad por el tema de *Mineral Economics* iniciado desde la maestría en Colorado. Todos esos trabajos le conducen a publicar artículos y participar en congresos sobre minerales y rocas industriales de México que aparecen en revistas o se efectúan en Estados Unidos, Canadá y Reino Unido.

Esa base económica-financiera le abre las puertas a un nuevo enfoque profesional, en 1993, al regresar al servicio público, ahora con el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI), organismo financiero-minero encargado, principalmente, de otorgar créditos a medianos y pequeños mineros así como, en ocasiones, asociado con la

banca comercial, para las mineras más grandes. Esa experiencia le abre los ojos; además de geología, se adentra en la evaluación económica de proyectos y comienza a entender cuestiones de comercialización, de medio ambiente, de créditos bancarios, mucho, mucho de aspectos legales: concesiones mineras, contratos de exploración, contratos de crédito, constitución de empresas, facultades de apoderados. En síntesis, ver la minería desde todos los ángulos posibles; incluso, por fin, aparece la minería metálica en su ámbito de trabajo. En 2010 es promovido a Subdirector Técnico, regresando a vivir en la Ciudad de México, con la responsabilidad de evaluar la geología, recursos, reservas, minado, beneficio y comercialización de las mineras como sustento de los financiamientos que podrían recibir. Tras casi 20 años en Fideicomiso, a mediados de 2013, como resultado del cambio de gobierno de seis meses antes y, aunque había sobrevivido tres cambios sexenales anteriores, finalmente recibe la noticia: su puesto era requerido para “renovar” los cuadros directivos de la nueva administración.

Así que con 60 años de edad, busca nuevos horizontes. Comienza a estudiar fotografía, una inquietud que, desde adolescente, traía pendiente por mil y un motivos; realizó un diplomado y, a veces, se siente *artista de la lente*, incluso con publicación de tres o cuatro fotografías en alguna página electrónica especializada. Lo mantiene como un hobby, muy apasionante.

Desde años atrás había recibido comentarios de que debería ser profesor aunque nunca lo consideró como una opción, entre otras cosas por la duda interna de si debía intentarlo y que los viajes constantes de trabajo no le permitirían afrontar horarios fijos de clase. Así comenzó a explorar esa posibilidad en su *alma mater*; primero con acercamientos a las agrupaciones estudiantiles que encontró en redes sociales y quienes le invitaron de conferencista en un par de ocasiones en las que habló de créditos y de los minerales de la industria del vidrio. Por fin, el miércoles 25 de marzo de 2015 se presentó ante grupo para impartir Exploración Minera seguida, pocas horas después, de la que más le interesaba dar: Minerales y Rocas Industriales, su especialización, su amor y su pasión profesional. Por fin, 40 años después, regresaba a la ESIA, aunque a una escuela totalmente distinta; ya no estaba dentro del núcleo de Zacatenco, tenía sus propias instalaciones identificadas como Ciencias de la Tierra y, lo realmente relevante, con alumnado femenino de cerca del 50 por ciento. Aunque con los años de experiencia profesional había venido notando el incremento de geólogas en el campo, realmente no se había percatado del enorme cambio y las aspiraciones de las jóvenes modernas, muy dedicadas y deseosas del trabajo en campo. No cabe duda, en estos casi 50 años las mujeres han venido incursionando y ganando terreno en el ejercicio de la ingeniería. Desde la mitad de 2019 añade Yacimientos Minerales a su responsabilidad académica.

Ser docente en la UNAM vino como una muy agradable sorpresa, totalmente inesperada; sus antecedentes politécnicos no le hacían pensar en esa posibilidad. A principios de 2017 recibe un correo invitándolo a impartir Prospección Minera para la carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgistas; aunque debe confesar que en su primer día y apenas con unos 10 minutos de clase, un alumno lo confrontó: ¿¡qué hace un politécnico aquí!? Al siguiente semestre se amplía a la materia de Geología Aplicada a la Minería para la cual complementa sus exposiciones con ejemplos de minerales y rocas industriales lo que conduce a la Facultad de Ingeniería, a solicitud de los alumnos, a ofertar esta materia, como una optativa, ya por cinco semestres consecutivos (desde enero 2020). La suma de esta experiencia Puma se ha convertido en la cereza en el pastel.

En estos ya siete años de actividad docente le ha aportado privilegios, al mismo tiempo, con enormes y variadas recompensas; cada nuevo semestre, cada actualización de clases es un nuevo reto, cada alumno es una visión distinta de la geología minera: desde el amor apasionado a la indiferencia, incluso a la aversión, con un enorme espectro entre estos extremos; ergo, su labor se centra en que los primeros no se desanimen y que los segundos, por lo menos, revaloren que sin minerales la vida civilizada no podría existir. Grandes satisfacciones ha recibido cuando al final de algún semestre, alguien del alumnado se acerca a comentar: “me ha cambiado la imagen que tenía de la minería”.

En enero de 2019 fue electo presidente del Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México y reelecto en 2021; esta una agrupación gremial cuya existencia y operación se encuentra regulada por la Ley de Profesiones. El tema del litio que los legisladores en primera instancia y el gobierno federal a continuación tomaron como bandera de política minera desde finales de 2019 le ha llevado, a lo largo del último año y medio, a participar con publicaciones, en foros así como entrevistas de radio, televisión y medios impresos. Desde mediados de 2021 es invitado como consejero de la Cámara Minera de México (CAMIMEX).

La pandemia hace dos años le movió su zona de confort; hubo que encontrar soluciones rápidas, funcionales y baratas, donde la tecnología actual fue de enorme ayuda, pero con el costo de actualización: *aprender mientras realiza*, rápido y de buen modo; junto con sus alumnos aprendió nuevas maneras de comunicación y de continuar aprendiendo. ¿Fue lo ideal?, obvio que no; si algo ha aprendido en esta vida es que nada es ideal ni perfecto. Como dice una paráfrasis de Epicteto: en esta vida la mitad de lo que te sucede es lo que realmente te sucede y la otra mitad es como reaccionas a lo sucedido. En ese contexto, esta convencido que ha salido bien librado de la mano de las decenas de alumnos que lo han acompañado en este tiempo; sus compañeros de batalla COVID. Ahora,

mediados de 2022, está en el proceso a la inversa, regreso a las tan añoradas clases presenciales que tampoco está siendo miel sobre hojuelas. Seguir aprendiendo mientras realiza la modalidad híbrida: muchos alumnos presenciales

y una cantidad aún considerable que hay que seguir atendiendo en línea.

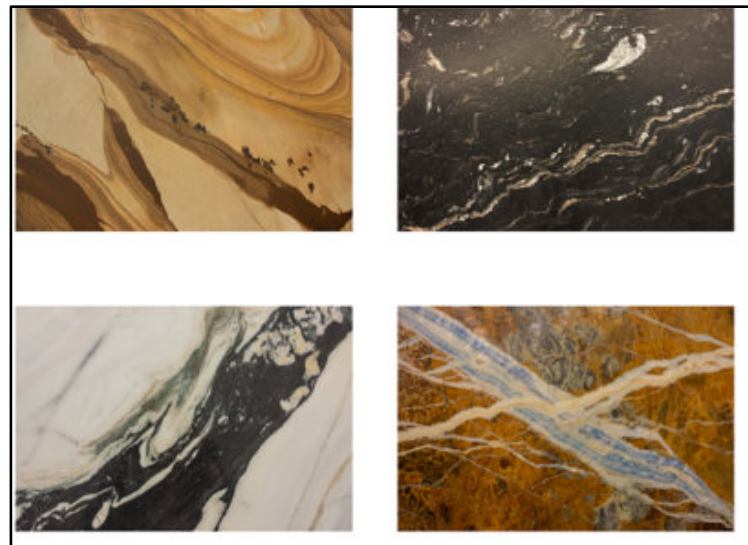
aalatorre@esiaticipnct.com



Monumento a los mineros, Juneau, Alaska



Glaciar en Skagway, Alaska



Ríos sin agua, primer trabajo fotográfico

PIONEROS DE LAS GEOCIENCIAS

Georgius Agricola (1494-1555)

Georgius Agricola, (Latin), German **Georg Bauer**, (born March 24, 1494, Glauchau, Saxony [Germany]—died November 21, 1555, Chemnitz), German scholar and scientist known as “the father of mineralogy.” While a highly educated classicist and humanist, well regarded by scholars of his own and later times, he was yet singularly independent of the theories of ancient authorities. He was indeed among the first to found a natural science upon observation, as opposed to speculation. His *De re metallica* dealt chiefly with the arts of mining and smelting, and his *De natura fossilium*, considered the first mineralogy textbook, presented the first scientific classification of minerals (based on their physical properties) and described many new minerals and their occurrence and mutual relationships.

Life

Agricola was born of obscure parentage. From 1514 to 1518 he studied classics, philosophy, and philology at the University of Leipzig, which had recently been exposed to the humanist revival. Following the custom of the times, he Latinized his name to Georgius Agricola. After teaching Latin and Greek from 1518 to 1522 in a school in Zwickau, he returned to Leipzig to begin the study of medicine but found the university in disarray because of theological quarrels. A lifelong Catholic, he left in 1523 for more congenial surroundings in Italy. He studied medicine, natural science, and philosophy in Bologna and Padua, finishing with clinical studies in Venice.

For two years Agricola worked at the Aldine Press in Venice, principally in preparing an edition of Galen’s works on medicine (published in 1525). In this task he collaborated with John Clement, who had been Thomas More’s secretary during the writing of *Utopia*. More’s book may well have influenced Agricola to concern himself later with the laws and social customs of the Saxon mining district. In Italy he also met and won the friendship of the great scholar Erasmus, who encouraged him to write and later published several of his books. (Erasmus wrote an introduction to Agricola’s first book, the mineralogical treatise *Bermannus*. Agricola shared that honour only with More and three other scholars.)

In 1526 Agricola returned to Saxony, and from 1527 to 1533 he was town physician in Joachimsthal, a mining town in the richest metal-mining district of Europe. Partly in the hope of finding new drugs among the ores and



minerals of his adopted district (a hope eventually to be disappointed), he spent all his spare time visiting mines and smelting plants, talking to the better-educated miners, and reading Classical authors on mining. These years shaped the rest of his life and provided the subject matter for most of his books, beginning with *Bermannus*; *sive, de re metallica* (1530), a treatise on the Ore Mountains (Erzgebirge) mining district. There are indications that he owned a share in a silver mine.

Agricola appears not to have been particularly distinguished as a physician, though in this pursuit he made use of direct observation rather than of received authority. He introduced the practice of quarantine into Germany, and his books make many references to miners’ occupational diseases. In 1533 he became town physician in Chemnitz, where he remained to the end of his life.

In 1546 Duke Maurice, elector of Saxony, appointed Agricola burgomaster (mayor) of Chemnitz. He also served as an emissary in the Protestant ruler Maurice’s ambiguous negotiations with Charles V, the Holy Roman emperor. The religious wars of the period rapidly eroded the tolerance that had hitherto prevailed in the Protestant

German states, a tolerance from which Agricola had benefited.

Apart from his diplomatic role, Agricola took only limited interest in politics. His youthful "Turkish Speech" of 1529, a vigorous call to the Holy Roman emperor Ferdinand I to undertake a war against the Turks, was a patriotic hymn to Germany and a call to political and religious unity. It made a great impression on the public and was often reprinted.

Chief works

Agricola's magnum opus, for which the treatise *Bermannus* was a prelude, was *De re metallica*, published posthumously in 1556. In it, among other things, Agricola surveys historical and Classical allusions to metals and assesses the content and distribution of metal mines in antiquity. He treats the pattern of ownership and the system of law governing Saxon mines, together with the details of their day-to-day labour management. He was mainly concerned, however, with mining and metallurgy, and he discussed the geology of ore bodies, surveying, mine construction, pumping, and ventilation. There is much on the application of waterpower. He describes the assaying of ores, the methods used for enriching ores before smelting, and procedures for smelting and refining a number of metals, and he concludes with a discussion of the production of glass and of a variety of chemicals used in smelting operations.

In *De natura fossilium* (the book on which rests his right to be regarded as the father of mineralogy), Agricola offers a classification of minerals (called "fossils" at that time) in terms of geometric form (spheres, cones, plates). He was

probably the first to distinguish between "simple" substances and "compounds." In Agricola's day, chemical knowledge was almost nonexistent, and there was no proper chemical analysis (other than analysis of ores by the use of fire), so the classification of ores was necessarily crude.

In several other books, notably *De natura eorum quae effluunt ex terra* (1546) and *De ortu et causis subterraneorum* (1546), Agricola describes his ideas on the origin of ore deposits in veins and correctly attributes them to deposition from aqueous solution. He also describes in detail the erosive action of rivers and its effect in the shaping of mountains. His readiness to discard received authority, even that of Classical authors such as Aristotle and Pliny, is impressive.

Agricola's scholarly contemporaries regarded him highly. Erasmus prophesied in 1531 that he would "shortly stand at the head of the princes of scholarship." Later Goethe was to liken him to Francis Bacon. Melanchthon praised his "grace of presentation and unprecedented clarity." The mining engineer Herbert Hoover (later U.S. president), who translated *De re metallica* into English in 1912, regarded Agricola as the originator of the experimental approach to science, "the first to found any of the natural sciences upon research and observation, as opposed to previous fruitless speculation."

Source: Robert W. Cahn
Britannica's Encyclopedia

Arístides B. Rojas Spailat: (1826-1894)

Pioneros de la Ciencia en Venezuela

Arístides Belisario Rojas Spailat (1826-1894)

Polifacético e importante naturalista y divulgador de la ciencia nacional. Nació en Caracas el 5 de noviembre de 1826 proveniente de una familia de inmigrantes dominicanos. Cursó sus estudios básicos en el *Colegio de la Independencia*, distinguiéndose particularmente por haber tenido como uno de sus maestros a Fermín Toro, una de las figuras más egregias del país.

En 1844 inicia sus estudios de Filosofía graduándose en la Universidad Central de Venezuela. Al mismo tiempo publicaba en la prensa artículos de corte costumbrista. Ello permite afirmar que Rojas fue pionero de la monografía venezolana, abarcando las nuevas tendencias historiográficas de su tiempo, cuya inspiración derivaba del método científico que busca el detalle, pensando que este era su mejor método de trabajo, escribir incesantemente artículos técnicos para luego recogerlos en sesudos volúmenes sobre el tema tratado.

En 1846 ya siendo estudiante de medicina, recibe la instrucción de una de las mentes más preclaras de la época, el doctor José María Vargas y concluida su formación universitaria en 1852, se recibe de *Doctor en Ciencias Médicas*, disciplina que practicará por algunos años como médico rural en el estado Trujillo.

Sin duda alguna es una de las grandes figuras del siglo XIX distinguiéndose como: médico, naturalista, historiador, costumbrista, geólogo, practicante de la estadística, hombre de letras e investigador en sismológica, al punto de estudiar en este tópico tres devastadores sismos venezolanos ocurridos en: 1641, 1766 y 1812.

En 1855 tras el fallecimiento de su padre se dedica a la editorial familiar que mantenía con su hermano, y así su incansable labor estará volcada en el famoso *Almanaque para todos* que edita en la empresa *Rojas Hermanos*. En ella, Don Arístides publicará algunos estudios sobre ciencias naturales.

En materia del estudio de cuevas produce una sola obra estrictamente espeleológica: *La Cueva del Guácharo*, ubicada en el estado Monagas, al oriente de Venezuela. La misma fue publicada en 1875 en la revista *La Tertulia*, con posteriores reimpressiones entre 1879 y 1942, tras años de su muerte.

Lo singular de esta obra es que aún se discute si Arístides Rojas, conoció la caverna y todos sus vericuetos.

1878 lo recibirá con una importante obra, *Estudios Indígenas*, contribución a la historia antigua de Venezuela y ganadora del Premio de la Academia de Ciencias Sociales. A partir de 1857 viaja a EE.UU y a Francia, donde se especializa en medicina y por supuesto en ciencias naturales. El ambiente reinante en Venezuela será fruto de la Guerra Federal de 1882 y ello impide su retorno, lo que



lo impulsa a radicarse en Puerto Rico, ocasión que le permite dedicarse al estudio en Letras.

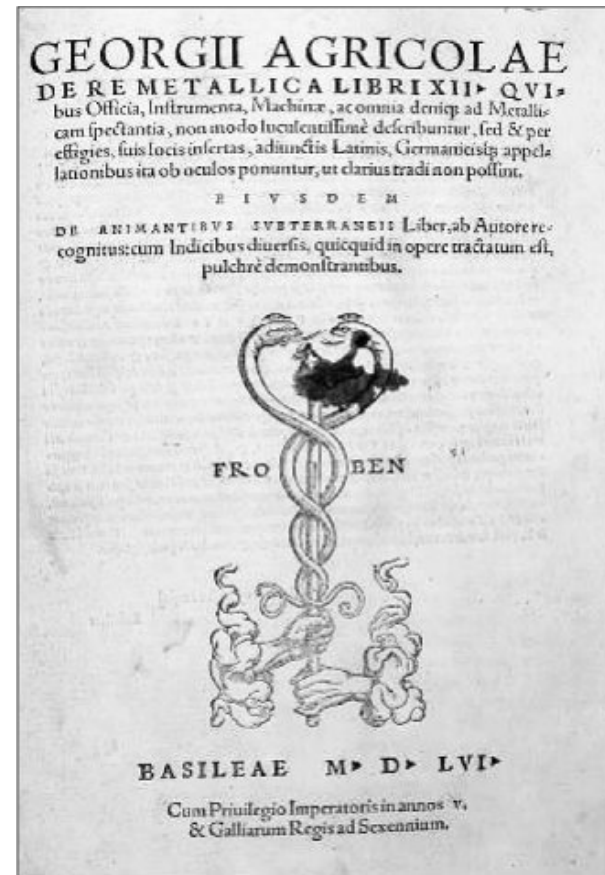
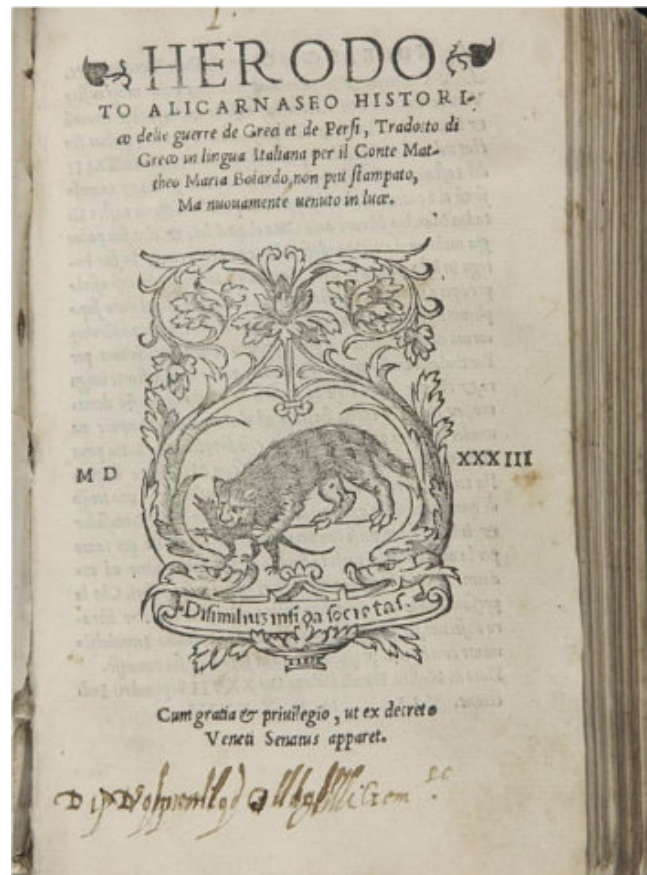
Retorna por fin a Venezuela en 1863 y junto a *Adolfo Ernst* naturalista de origen alemán y radicado en el país, entabla una muy buena amistad fundando la *Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas* 5 años después, en el año 1868.

En esta novísima agrupación de interesados en las ciencias naturales, hará de segundo vicepresidente de su Junta Directiva.

La historiografía sismológica nacional le debe un muy merecido reconocimiento como uno de sus pioneros. Una serie de trabajos de novedosa orientación para la época, así como el tratamiento de los previamente existentes, lo ubican como un obsecuente revelador de temas sísmicos, como ya ha sido expuesto. Por ello, sus aportes los iniciará con trabajos que publicará en *Vargasia*, Boletín Técnico de la asociación.

Dicha revista se "estrenará" con un par de artículos de su autoría los cuales llevarán por título: "*Sobre la tempestad sísmica de las Antillas de 1867 a 1868*" y "*Cartas y estudios científicos sobre Venezuela, y viajes publicados sobre esta sección del continente*".

En el estudio de este famoso personaje, bien vale la pena transcribir una pequeña curiosidad de reciente data, 2018. En un intercambio epistolar sostenido entre el redactor de este artículo con el profesor universitario y miembro de



número de dos academias nacionales, José Pablo Grases Galofré, a los efectos de contextualizar aún más la figura sismológica de Don Aristides y conocer detalles, este escribirá, lo que a continuación sigue: "16 mayo, 2018. *No tenía idea de que el escritor y literato Aristides Rojas hubiese estudiado el tema de los terremotos. Pero es que además, tenía unas ideas interesantes sobre los animales terremoto-sensibles*". (...).

Buscaba el profesor Grases, particulares datos y continúa: "Uno de mis vecinos [de Barcelona, España], con quien hablaba anoche... le referí lo que había oído sobre Aristides Rojas. Se levantó de su asiento con un "Qué mal conoces la obra de tu viejo"... y desempolvó una biografía de Aristides Rojas, con pie de Imprenta de la Colección 'Manuel Segundo Sánchez', escrita por Pedro Grases"... Me quedé hasta las "tantas de la noche", buscando y finalmente encontré dos, para mí novedades: En Caracas: "La Virgen de Las Mercedes llegó a ser la abogada de los terremotos (Rojas, dixit) y habla de un fenómeno sísmico sucedido en aguas del Escalante el 18 de Septiembre de 1869" [Se trata de un tsunami producido en la ciudad de Arica, Perú, cuya onda expansiva llegó a Venezuela, produciendo el violento movimiento de las aguas del río Escalante, al sur del Lago de Maracaibo, estado Zulia, al occidente de Venezuela].

Don Aristides era un individuo muy ilustrado, pues incluso mantuvo correspondencia con Alexis Perrey (1807-1882), reconocido sismólogo, historiador y cataloguista francés, que fue otro personaje de la sismología mundial del siglo XIX y al que le dedicará un opúsculo en defensa de la ciencia sismológica nacional.

En 1867 y aprovechando la prensa, se hace eco de las iniciativas que la misma ofrece como rápido vehículo informativo y defiende las posturas y los trabajos realizados por sus pares venezolanos en materia de sismología.

Así escribirá en diario *El Federalista* su: "Vindicación de algunos hechos científicos en sur-américa. Carta al profesor Alexis Perrey sobre los fenómenos sísmicos de América", lo que muestra que entre sus actores existían ya, conocimientos serios del entorno geográfico en que se desarrollan los sismos y los efectos que acarrearán. Poco más de una década se dedicará a publicar escritos divulgativos: "Apuntes para el repertorio de plantas útiles



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

de Venezuela" en colaboración con Manuel Díaz y la actualización y adaptación para el público infantil de la "Geografía de Venezuela", de Agustín Codazzi, otro grande de la geografía venezolana a título de un par de ejemplos.

Su trabajo en ciencias continuará y en 1966 muchos años después de su desaparición aparecerá una reimpresión de sus "Fantasías geológicas", Biblioteca Popular Venezolana, en la que el autor narra de (...) *cuanto sobre geología, la ciencia moderna ha depurado hasta hoy*. Aristides Rojas fallece el 4 de marzo de 1894 en la ciudad de Caracas, a los 68 años. Sus restos mortales reposan en el Panteón Nacional desde el 21 de septiembre de 1983.

Bibliografía

Arraiz Lucca, Rafael, *Aristides Rojas, Monografía e historia*, <https://efectococuyo.com/la-humanidad/civiles-aristides-rojas-monografia-e-historia/>, [Documento en línea], (junio 14, 2022).

Rodríguez, José A., *Los pioneros de la sismología en Venezuela: una visión personal*, 2016, 27 pp. (Inédito).

Rojas, Aristides, *Cartas y estudios científicos sobre Venezuela, y viajes publicados sobre esta sección del continente*. Boletín Técnico *Vargasia*, 1868, enero febrero y marzo.

Rojas, Aristides, *La Cueva del Guácharo*, 1875, La Tertulia. Rojas, Aristides, *Sobre la tempestad sísmica de las Antillas de 1867 a 1868*. Boletín de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales de Caracas. Tomo I, enero-febrero y marzo, 39-48 pp.

Rojas, Aristides, *Vindicación de algunos hechos científicos en sur-américa. Carta al profesor Alexis Perrey sobre los fenómenos sísmicos de América*. Imprenta el *Federalista*, 1867.

Tomado de *El Federalista*, N° 1220, 18 pp.; <<http://www.ivenezuela.travel/aristides-rojas-biografia/>>, [Documento en línea], (marzo 7, 2018);

<<https://www.climbingvenezuela.com/es/contenido/datos-biogr%C3%A1ficos>> [Documento en línea], (agosto 14, 2021).

Zambrano, Gregory *Aristides Rojas y la memoria colectiva venezolana*, Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales, N° 12, enero-diciembre, 2007, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, pp. 215-234,

yacimientos minerales no- metálicos en la región centro occidental de Venezuela. Tiene en su haber como autor, coautor o coordinador, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX, al pensamiento sismológico venezolano y un Atlas geológico de la región central del país, preparado de manera conjunta con la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.artega@gmail.com

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Julian L. Mesa-Rojas

Registro y Caracterización del Evento Anóxico Oceánico 2 en la cuenca de Sabinas, noreste de México

Universidad Nacional Autónoma De México.

Tesis que para optar por el grado de: Maestro en Ciencias de la Tierra, Enero 2022

Director de tesis: *Dr. Fernando Nuñez-Useche*.

Resumen

El Evento Anóxico Oceánico2 (OAE 2) del Cenomaniano–Turoniano y el Evento del Turoniano tardío–Coniaciano (LTCE) son episodios de cambio acelerado global que produjeron dramáticos cambios, principalmente en la temperatura y el ciclo del carbono. En el núcleo IRME-2 (cuenca de Sabinas, noreste de México) se recuperó el registro completo de la Formación Eagle Ford en la cual está registrada la transición entre el Cenomaniano y Turoniano, abarcando desde la biozona de *Rotalipora cushmani* hasta la biozona de *Dicarinella concavata*. Esta formación está constituida principalmente por capas de caliza laminada de color negro a gris oscuro intercaladas con capas de lutita y bentonita.

Para comprender mejor el régimen redox durante el desarrollo del OAE 2 y el LTCE en la cuenca de Sabinas, se realizaron análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos. La sucesión sedimentaria depositada durante el OAE 2, en el núcleo IRME-2, se caracteriza por un alto índice de bioturbación, bajo Contenido de Carbono Orgánico Total (TOC) y pobre distribución de los metales traza redox sensibles e indicadores de productividad. Lo que se asocia con un régimen de condiciones redox oxigenadas y condiciones oligotróficas en la columna de agua. Sin embargo, existen lapsos intermitentes en los que se desarrolló un régimen anóxico, lo que permitió el enriquecimiento en TOC y metales traza redox sensibles e indicadores de productividad. Por otro lado, el intervalo asociado a la parte inferior del LTCE, en el núcleo IRME-2, se caracteriza por un alto contenido de TOC y altas concentraciones de elementos traza redox sensibles e indicadores de productividad.

En conclusión, en la cuenca de Sabinas durante el OAE 2 ocurrió un cambio similar al reportado para el Mar Interior Occidental (WIS), donde condiciones oxigenadas prevalecieron. Mientras que el LTCE es caracterizado por sedimentos depositados en un fondo marino con condiciones empobrecidas en oxígeno y una columna de agua rica en nutrientes.

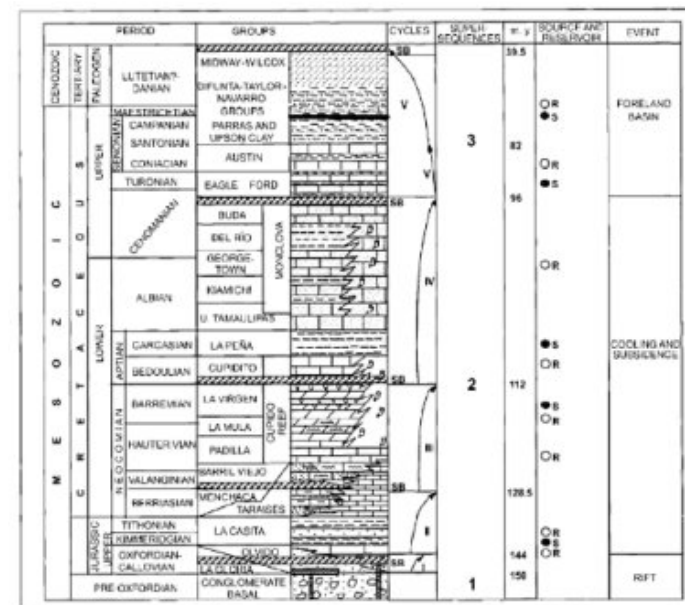


Figura 1.1. Columna estratigráfica generalizada de la cuenca de Sabinas (tomado de Eguiluz de Antuñano, 2001).

Remoción de arsénico y flúor del agua subterránea de Chihuahua mediante Hidrogeles de Quitosano Sintetizados Con Radiación Gamma

Universidad Autónoma de Chihuahua.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, 2019.

Sustentante: **Ing. Iván Pamila Tecuautzin.**

Director de tesis: *Dr. Juan Carlos Burillo Montufar.*

Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue comprobar la eficacia de los hidrogeles de quitosano (net-CS y net-CS-g-NVCL/DAAm) en remoción de arsénico (As) y flúor (F) que se encuentra presentes en el agua subterránea de consumo humano de la ciudad de Chihuahua, además actualizar la información hidrogeoquímica al cuantificar la concentración de estos contaminantes en una serie de pozos distribuidos a lo largo de la ciudad. La zona de estudio abarcó el muestreo de 8 pozos, los cuales cuentan con registros históricos de altos niveles de concentración de As, F y U en agua subterránea, por lo que fueron muestreados y analizados nuevamente, midiéndoles alcalinidad, cloruros (Cl), azufre (S), pH, arsénico (As), flúor (F) y uranio (U). Se encontró que el 75% de los pozos muestreados presentaron valores por encima del límite permisibles de la norma oficial mexicana (NOM-127-SSA1-1994) en concentraciones de arsénico y de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2000) respecto al uranio (65 FR 76708-76753), además se encontró que el 50% de pozos muestreados tenían concentraciones de flúor por encima del límite permisible de la norma mexicana. El pozo seleccionado para las pruebas de adsorción fue el número 4, ya que este pozo mostró los valores promedio más altos en concentración de As, F y U de todos los pozos.

Los hidrogeles de quitosano (net-CS y net-CS-g-NVCL/DAAm) sintetizados en esta investigación se utilizaron como adsorbentes en los distintos lotes formados para las pruebas de adsorción. Se evaluaron cinéticas e isothermas de adsorción para As y F. El hidrogel que mostró mayor eficacia en remoción de contaminantes fue el hidrogel modificado (net-CS-g-NVCL/DAAm) obteniendo un 46 y 14 por ciento de remoción de arsénico y fluoruros, mientras el hidrogel normal (net CS) presentó un porcentaje de remoción de arsénico y fluoruros del 40 y 1 por ciento, respectivamente. La capacidad de adsorción del hidrogel modificado para As y F fue de 0.022 y 0.150 mg/g, respectivamente alcanzada después de 50 h, mientras que para el hidrogel normal (net-CS) la capacidad de adsorción para As y F fue de 0.0014 y 0.0566 mg/g. Además, se determinó que la isoterma de Freundlich se ajustó mejor al proceso de adsorción lo que indica una adsorción en monocapa y energéticamente heterogénea.

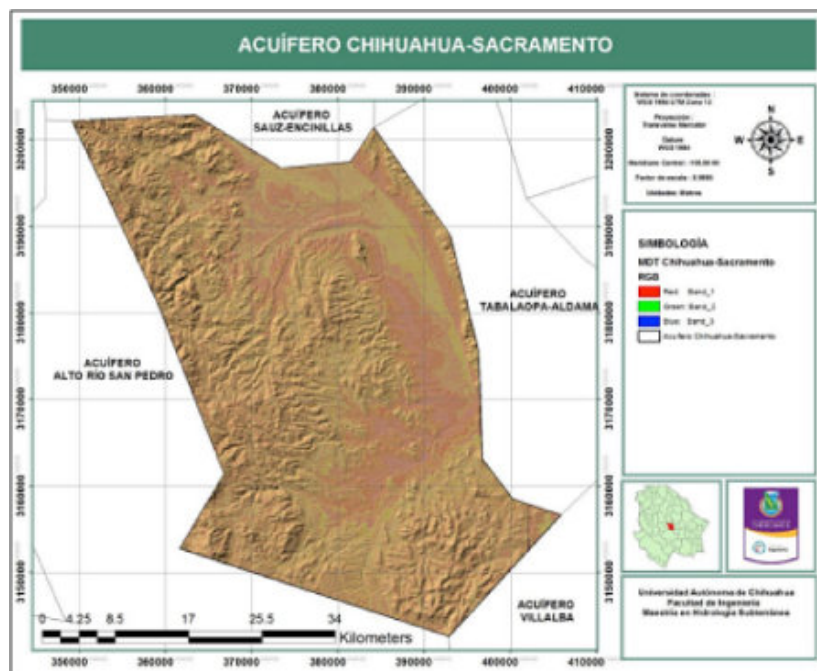


Figura 1.1. Localización del acuífero Chihuahua – Sacramento (CONAGUA; Arc GIS 10.3).

Calidad del aire con respecto a Pm2.5, metales y metaloides, en la ciudad de Cananea, Sonora, México

Universidad de Sonora.

Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería, Septiembre 2019.

Sustentante: **I.Q. Magdiel Iraís Quintana Anguamea.**

Director de tesis: *Dr. Agustín Gómez Álvarez.*

Resumen

En la presente investigación se evaluó la calidad del aire para la ciudad de Cananea, Sonora, México, respecto a material particulado (PM2.5), metales (Pb, Cd, Cu) y metaloides (As, Si) para el periodo anual 2018. La localización de la estación de muestreo corresponde a los sitios considerados en la red de monitoreo de calidad del aire del Estado de Sonora.

Para el análisis de PM2.5 se utilizó el método de alto volumen (Hi-Vol) establecido en la Norma NOM-035-ECOL-1993 (DOF, 1993). La metodología para la determinación de metales es la establecida bajo el procedimiento para la determinación de plomo en partículas suspendidas, recomendada por la Agencia Protección Ambiental (EPA, 1992, Método CFR 40), utilizando la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica. Para evaluar la calidad del aire respecto de PM2.5, se utilizó la Norma Mexicana NOM-025-SSA1-1993; así mismo se determinó el porcentaje de días con buena, regular y mala calidad del aire según lo establecido por SEMARNAT (2014). Para evaluar la calidad del aire respecto a metales pesados se utilizaron los siguientes criterios: Pb 0.5 µg/m3 (CPCB, 2009), Cd, 0.005 µg/m3 (WHO, 2005), Cu 0.29 µg/m3 (EPA, 2010), As 0.006 µg/m3 (CPCB, 2009), y Si 3 µg/m3 (ISO, 1995).

Los resultados obtenidos para PM2.5 no rebasaron el máximo permisible y promedio anual establecido por la NOM-025-SSA1-1993. La distribución de días con buena, regular y mala calidad del aire fue de 96.7% de días con buena calidad del aire y 3.3% con regular calidad del aire. Se identificó que las concentraciones detectadas de Cu, Pb, As y Si se encontraron muy por abajo de los límites de comparación. Se identificaron correlaciones significativas de 0.53 entre Cobre-Silicio (0.53). Por otra parte, la prueba estadística de van der Waerden (p<0.05) mostró variabilidad significativa para Cu y Si, donde la prueba a posteriori señaló que para el Cu las estaciones otoño e invierno fueron estadísticamente diferentes entre sí, y para Si las estaciones de primavera e invierno mostraron diferencias significativas con respecto a verano y otoño. En lo que respecta a PM2.5, Cd, Pb y As la prueba VW (p<0.05) no mostró diferencias significativas entre las 4 estaciones del año.

En base a lo anterior, la ciudad de Cananea, Sonora, presenta concentraciones de PM2.5, metales y metaloides muy por abajo de los estándares internacionales en comparación con otras ciudades de México y el mundo. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de trabajo planteada en la presente investigación, por lo que se considera la Calidad del Aire como buena para la ciudad del Cananea, Sonora, durante el ciclo anual (2018).



Figura 1.1. Localización del área de estudio.

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

D. Villagomez ^{a,*}, C. Steffensen ^b, J. Pindell ^a, R.S. Molina-Garza ^c, G. Gray ^d, R. Graham ^e, P. O'Sullivan ^f, D. Stockli ^g, R. Spikings ^h

^a Tectonic Analysis Ltd., Duncton, West Sussex GU28 0LH, UK
^b Viking GeoSolutions LLC, Houston, TX 77224, USA
^c Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla 76,230, México
^d Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, Rice University, Houston, TX 77055, USA ^e Department of Geology, Imperial College, London SW7 2BP, UK
^f GeoSep Services, Moscow, ID 83843, USA
^g Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin, TX 78712-1722, USA
^h Department of Mineralogy, Faculty of Sciences, University of Geneva, 1205 Geneva, Switzerland

ARTICLE INFO/ ABSTRACT

Keywords: Southern Mexico Source-to-sink Gulf of Mexico Exhumation Geochronology Thermochronology Sedimentary reworking

An extensive dataset of existing and new geo/thermochronological data from several areas in Southern Mexico constrains the tectonic history of the region, as well as various source-to-sink relationships and local burial histories. Our interpretation acknowledges that not all cooling/heating observed in the source areas is due to erosional exhumation/burial but, in some cases, due to advective heat transfer from magmatic sources, which potentially overprinted earlier events. In this work, we identified several areas that have been exhumed since the Early Cretaceous and potentially provided clastic material to the southern Gulf of Mexico area.

We help to document how the Mexican (Laramide) Orogeny propagated eastwards and southwards from the Late Cretaceous through the early Oligocene. The first sediments reaching the Tampico–Misantla and Veracruz basins derived mostly from eroded Cretaceous carbonate material that covered the Sierra Madre Oriental, the Sierra de Juárez Complex and the Cuicateco belts, as well as foredeep/intra-orogenic basin deposits formerly covering them. Possibly by the end of the Mexican Orogeny, the clastic Jurassic and older crystalline basement rocks became exposed and became the main sources of quartz-rich clastic material to the most easterly foreland basins and Gulf of Mexico. Exposure was probably assisted by higher angle basement thrusts such as the Vista Hermosa/Valle Nacional faults. The Mixtequilla and Guichicovi blocks have also provided an important source of quartz-rich and metamorphic lithic-rich material to the southern Veracruz Basin possibly since the Eocene.

For most of the Cenozoic, the Chiapas and the Sureste basins were sourced from areas south of the Chiapas Massif, i.e., the North America–Caribbean plate boundary zone along today's Chiapas coastal plain. This plate boundary zone accommodated relative displacement between Mexico and the Chortis Block of the Caribbean Plate. Paleocene–middle Miocene sediments within the Chiapas Basin were at least partially sourced from i) metamorphic complexes in the northern Chortis Block; ii) the parautochthonous Chontal Complex, an oceanic-like basin sandwiched between Chortis and southern Mexico; iii) the elongating volcanic arc along southern Mexico and western Chortis; and iv) the Cretaceous and Jurassic sedimentary cover of the southern flank of the Chiapas Massif.

The westward telescoping of southern Mexico onto the Cocos Plate in the wake of Chortis has produced flat slab subduction geometry and eastwardly-younging uplift of the Xolapa Belt (Oligo–Miocene) and the Chiapas Massif (late Miocene). It also caused reorganization of the drainage systems providing material to the Chiapas and Sureste basins. Our results highlight the importance of understanding relative block and plate boundary displacements in a dynamic hinterland and consider the role of major faults when interpreting source-to-sink relationships in the area. We describe the latter relationships for several geologic time intervals in which reservoir-prone sediments were delivered to the southern Gulf of Mexico. Finally, we integrate the source-to-sink history to provide an assessment of reservoir quality and hydrocarbon prospectivity in the region.

* Corresponding author.
 E-mail address: Diego.Villagomez@gmail.com (D. Villagomez).
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104066>
 0012-8252/© 2022 Elsevier B.V. All rights reserved.

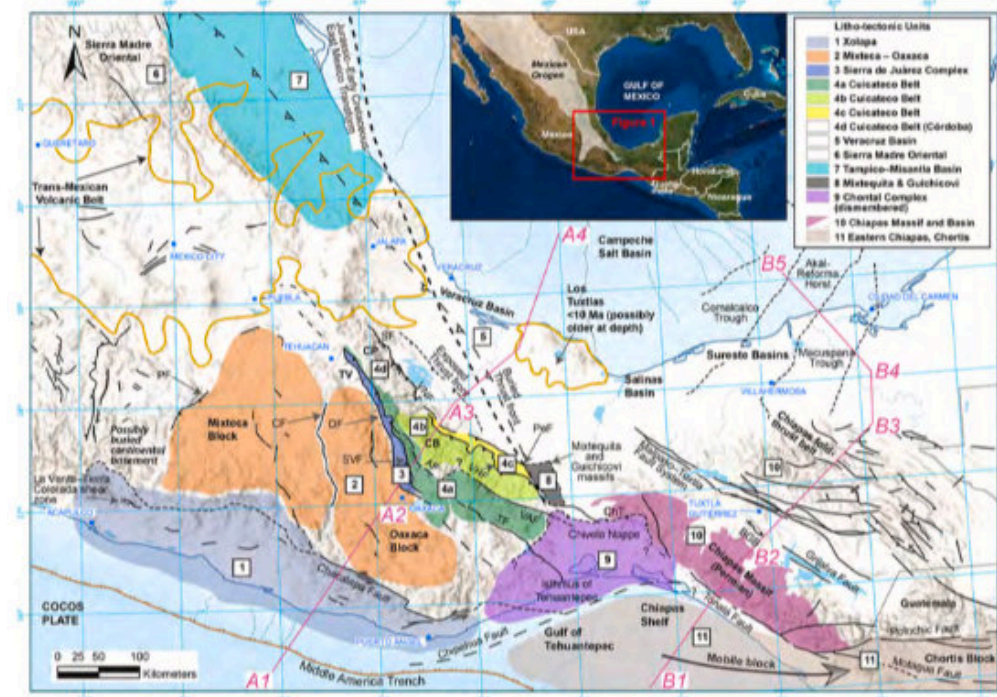


Fig. 1. Tectonic map of southern Mexico modified from Reed et al. (2004) showing the main litho-tectonic units defined in this work. Inset shows the extent of the Mexican Orogen (after Fitz-Díaz et al., 2018). Abbreviations: AF, Aloapan Fault (possibly a reactivated subvertical structure); BGB, Barranca Grande Backthrust; CB, Cuicateco Belt; ChT, Chivela Trust; CF, Caltepec Fault; CP, Cordoba Platform; of, Oaxaca Fault (steep westerly dipping structure of Tertiary age); PF, Papalutla Fault; PeF: Petapa Fault; SF, Soyaltepec Fault; SVF, Siempre Viva Fault (thrust carrying basement rocks of the Sierra de Juárez Complex over the Cuicateco Belt); TF, Tehuantepec Fault; TV, Tehuacan valley (a Tertiary half-graben); VAF, Villa Alta Fault (possibly a reactivated subvertical structure); VNF, Valle Nacional Fault (thrust); VNF, Valle Nacional Fault (oblique inversion structure). Geographic Coordinate System: Mexico ITRF2008; Projection: Lambert Conformal Conic.

Propuesta de obras civiles para la recarga hídrica natural por lluvia en la comunidad de El Laurel, Guanajuato, México.

Universidad de Guanajuato.

Tesis para obtener el título de: Ingeniero Geólogo, Marzo 2019.

Sustentante: **José Arturo Espinoza Bonilla**

Directores de tesis: *Dra. María Jesús Puy y Alquiza.*

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo proponer un conjunto de obras civiles para recarga hídrica por lluvia que sean viables para construir en la Comunidad de El Laurel, Guanajuato. Inicialmente fue necesario establecer el marco teórico que permitiera tener un concepto preciso y esquemático del ciclo hidrológico, del movimiento del agua subterránea y superficial, así como de la importancia del cálculo del balance hídrico para una cuenca hidrológica.

Posteriormente mediante una visita a campo y búsqueda bibliográfica, se optó por la metodología propuesta por (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009) para establecer una ponderación a cada factor que condiciona la recarga hídrica, como son: el tipo y uso de suelo, la cobertura vegetal perenne, la pendiente del terreno, y el tipo de roca presente en el área de estudio, siendo los valores desde 1 para muy baja capacidad de recarga, hasta 5 para una alta capacidad de recarga.

Una vez determinados dichos factores, se realizó la descripción detallada de cinco obras técnicamente posibles para su construcción, especificando en cada una de ellas los valores de campo recomendados para cada uno de los factores de recarga hídrica. Posteriormente, del trabajo desarrollado por (Ramos, 2018) se retomó el cálculo del balance hídrico para la zona, determinado teóricamente mediante el registro de 12 estaciones meteorológicas cercanas a la comunidad, demostrando que sí se dispone de las condiciones para que exista recarga subterránea en El Laurel, utilizando también los mapas de la zona elaborados en ese mismo proyecto, los cuales fueron interpretados en el presente trabajo, considerando las ponderaciones establecidas según la metodología antes mencionada, y finalmente realizando tablas comparativas que permitieron observar los valores de los factores determinantes para la recarga hídrica presentes en la zona de estudio así como los valores óptimos recomendados para la implementación de cada obra, y con ello, ser capaz de proponer las obras civiles de recarga hídrica viables para su construcción en la Comunidad de El Laurel, Guanajuato.



Figura 1.1. Localización del área de estudio (Imagen tomada a través de Google Earth Pro con coordenadas de vista 14 Q 264974.20 m E, 2331785.10 m N).

Evaluación y caracterización físico-química de minerales arcillosos de litologías del Noreste de México para la eliminación de iones metálicos

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Tesis que como requisito parcial para optar al título de: Maestro en Ciencias Geológicas, Enero 2022.

Sustentante: **Raymundo Chávez García**

Directores de tesis: *Dr. José Valente Flores Cano.*

Resumen

En este estudio se estudiaron cinco muestras de material arcilloso (MNM-253, MNM-254, MNM 255, RA-1 y RV-1) procedentes de un afloramiento de la Formación El Alamar ubicado en Galeana, Nuevo León, y proporcionados por la empresa de Minerales No Metálicos, para evaluar su capacidad para adsorber Cd(II) en solución acuosa. Las cinco muestras se caracterizaron por diversas técnicas analíticas como difracción de rayos X, fisorción de N_2 y potencial Z para determinar las propiedades de textura, fases minerales y carga superficial, respectivamente. Los resultados de DRX mostraron los picos característicos de cada una de las fases principales de las cinco muestras. Para la muestra MNM-253 se tuvieron porcentajes altos en cristobalita y montmorillonita de un 43% y un 40% respectivamente. En la muestra MNM254 se encuentra formada predominantemente por cuarzo e illita con un 52% y 25% respectivamente. En la muestra MNM-255 se presentaron las especies de cuarzo, montmorillonita e illita con un 30%, 23% y 15% respectivamente. Para la muestra RA-1 se compone de clinoptilolita con un 75% y 25% de material amorfo. En la muestra RV-1 se encuentra formada principalmente por cuarzo, aluminoceladonita y la presencia de bernalita con un 45%, 40% y un 15% respectivamente. Las áreas específicas de las arcillas variaron entre 5.83 y 23.48 m^2/g , siendo las muestras MNM-255 y MNM-253 con los valores de menor y mayor área específica, respectivamente. Además, se encontró que las arcillas tienen una estructura de poro que se caracterizan por poseer forma de poro tipo rendija, tamaño de poro tipo meso y garganta de poro tipo medio. Las arcillas presentaron una capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre 59.23 y 275.44 meq/100 g de arcilla con el orden decreciente siguiente: MNM-253 > MNM-254 > RA-1 > MNM-255 > RV-1. Los resultados de distribución de carga superficial de las arcillas MNM253, MNM-254, MNM-255, RA-1 y RV-1 revelaron que es negativa en el intervalo de pH de 2 a 9, esto indicó que las arcillas están cargadas negativamente debido a las sustituciones isomórficas del Al^{3+} por el Si^{4+} en las láminas tetraédricas y del Mg^{2+} por Al^{3+} en las láminas octaédricas que forman las arcillas. El tiempo de equilibrio y la capacidad de las muestras para adsorber Cd(II) se evaluaron mediante la cinética de adsorción y se encontró un tiempo de equilibrio de 24 hrs con una capacidad de adsorción decreciente de la siguiente manera: MNM-253 > MNM-254 > RV-1 > RA-1 > MNM-255. Este comportamiento se atribuyó a diferentes factores como la CIC, a la disponibilidad de los sitios catiónico y propiedades estructurales de las arcillas. Los datos del equilibrio de adsorción de Cd(II) se ajustaron a los modelos de isotermas de adsorción de Langmuir y Freundlich, siendo el modelo de Langmuir el mejor ajuste ya que presentó menores porcentajes de desviación (3.86-8.03%). Con base a los resultados de cinética de adsorción sobre las diferentes arcillas se evaluó el efecto de pH (pH = 4, 5 y 7) en la capacidad de adsorción de Cd(II) sobre la arcilla MNM253 a 25°C y tiempo de equilibrio de 24 hrs. Se encontró que a medida que se incrementó el pH de la solución se incrementó la masa de metal adsorbido, encontrándose una máxima masa de metal adsorbido de 15.96 mg/g para un pH de 7 y 25°C. Este comportamiento se atribuyó a que a medida que se incrementó el pH de la solución existe una mayor atracción electrostática entre la superficie negativa de la arcilla y el catión de Cd(II). El análisis del efecto de temperatura se evaluó obteniendo datos de equilibrio de adsorción de Cd(II) sobre MNM-253 a las temperaturas de 15, 25 y 45°C y a pH de 7. Se encontró que la arcilla MNM-253 tiene un punto máximo de capacidad de adsorción a $T=25^\circ C$ y $pH=7$. Este comportamiento inusual puede ser atribuido a un doble efecto de temperatura sobre la capacidad de adsorción. La evaluación del mecanismo de adsorción se determinó cuantificando la cantidad de iones H^+ intercambiados desde la superficie de la arcilla hacia el seno de la solución durante la adsorción de Cd^{2+} en MNM-253, MNM-254 y MNM-255 el pH de la solución disminuyó. Se encontró que la cantidad de H^+ intercambiada en la estructura de la arcilla a la solución no es importante para la adsorción de Cd(II), lo cual indicó que el principal mecanismo de adsorción de las arcillas es el intercambio catiónico entre los iones intercambiables (Na^+) presentes en la región interlaminar de la arcilla y el Cd(II) presente en la solución acuosa.

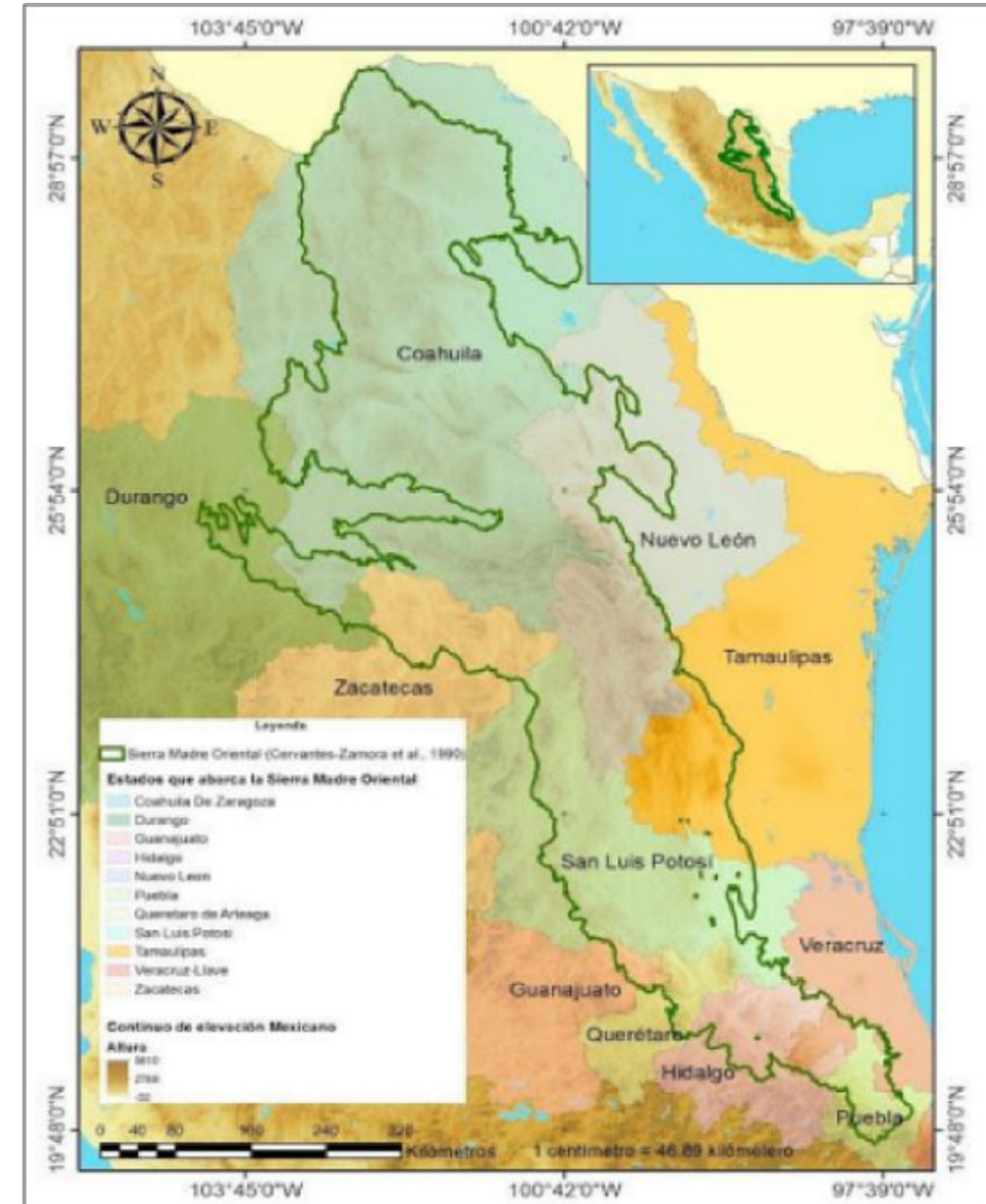


Figura 1.1. Distribución de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Cervantes-Zamora et al., 1990).



Formación de rupturas en cámaras magmáticas debido a la presencia de angularidades y su importancia en el control del volumen de magma expulsado

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

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2021

Sustentante: **Miguel Ángel Carapia Pérez.**

Director de tesis: *Dr. Edgardo Cañón Tapia.*

Resumen

Las cámaras magmáticas son parte muy importante de un complejo sistema magmático que genera la diversidad volcánica existente. Las erupciones volcánicas generalmente están asociadas a las rupturas de dichas cámaras. Los modelos teóricos computacionales nos permiten modelar escenarios y entender comportamientos que están fuera de cualquier medición directa. La existencia de angularidades puede ser fundamental en la evolución de intrusiones ígneas. Por lo que se realizó un modelo tridimensional de cámaras magmáticas elipsoidales que incluye angularidades en su superficie. El modelo computacional está basado en las ecuaciones de Koide y Bhattacharji (1975) para obtener el tensor de esfuerzos total alrededor cavidades totalmente llenas de magma. Este modelo permitió analizar la influencia que ejercen las angularidades sobre la generación de fracturas y diques. Se utilizaron los modelos litostáticos Biaxial y de Heim para obtener presiones de ruptura de las cámaras bajo diferentes condiciones de esfuerzos laterales. A partir de estos modelos litostáticos se pudo delimitar un rango de presión de ruptura para las cámaras modeladas. Se encontró que existen regiones concretas sobre las cámaras en las que se generan esfuerzos tensiles. En las cámaras prolatas son las cúspides y en las oblatas la región de los bordes más alejadas del centro. Estas zonas coinciden en ambos casos con direcciones más alejadas y paralelas al eje mayor de los elipsoides. Además, se encontró que las angularidades disminuyen la presión mínima de ruptura de algunas cámaras magmáticas. Dependiendo de la posición en la que se encuentren sobre la misma pueden generar rupturas o pasar inadvertidas. La importancia de las angularidades depende de su posición y forma. Si coinciden las zonas de generación de esfuerzos tensiles del cuerpo principal y las angularidades, la ruptura es altamente factible. La formas oblatas con relaciones de ejes altas puede favorecer la generación de intrusiones incluso en zonas desfavorables para la ruptura en el cuerpo principal. En algunos casos la ruptura alrededor de la cámara puede generar aumento del tamaño o un cambio de forma de las angularidades. En eventos en los que la presión interna aumenta rápidamente las cámaras magmáticas con angularidades Prolatas mostraron generar un volumen de afectación mayor que cámaras con angularidades oblatas. Se encontró que cámaras con un mismo volumen de magma pueden generar volúmenes de afectación muy diferentes. En algunos casos estos pueden llegar a ser de varias decenas de Km^3 . Los resultados sugieren que las angularidades son una pieza fundamental de la evolución de los sistemas magmáticos, por lo que su presencia debe considerarse para futuros estudios.

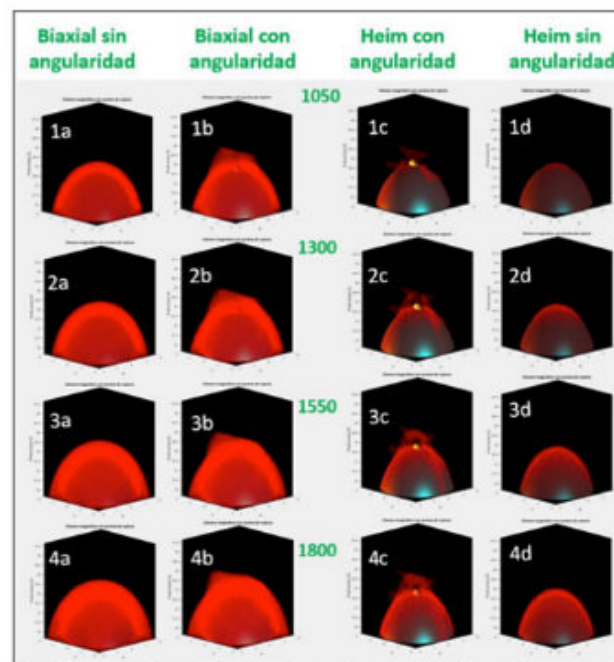
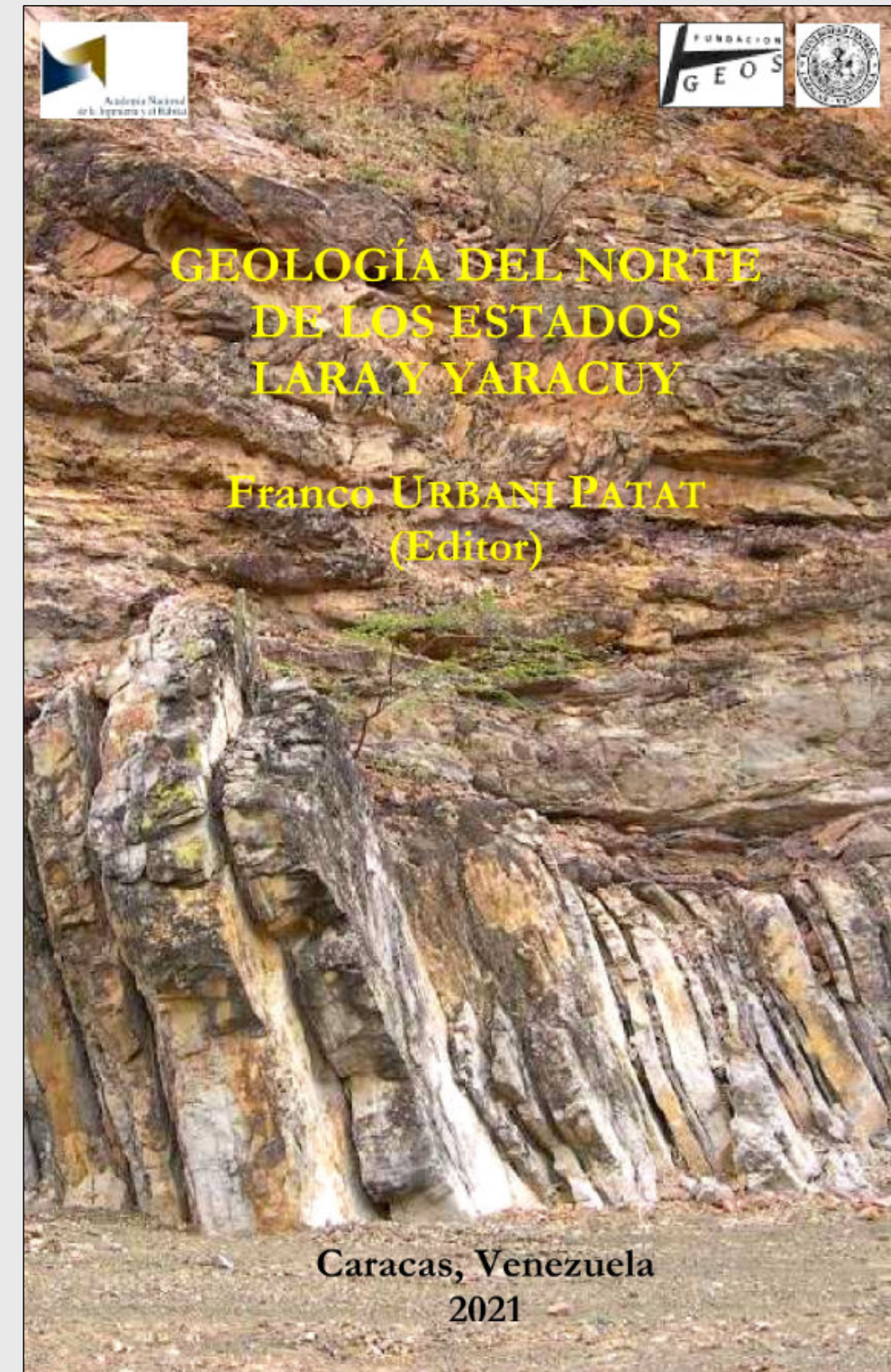


Figura 1.1. Comparación de puntos de ruptura sobre una cámara elipsoidal prolata vertical para dos modelos litostáticos, con presencia o ausencia de una angularidad oblata.

El libro recomendado

<http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/libros/pubdocs/Urbani-Ed.-Geologia-norte-Lara-Yaracuy-Vol-1--2021.pdf>



Caracas, Venezuela
2021

El libro recomendado

<http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/libros/pubdocs/Urbani-Gomez-Geologia-norte-Lara-Yaracuy-Vol-2-MAPAS-.pdf>



TEMAS DE INTERÉS

Relación agua y energía en el estado de Texas, Estados Unidos

Natalia Silva

Geóloga, Houston, Texas

Características ambientales y climáticas.

El estado de Texas es el segundo más grande del país después de Alaska, cubre un área de 696.200 km², 1,4 veces el tamaño de España. Se encuentra en el centro sur de los Estados Unidos, casi todos sus límites geográficos están constituidos por barreras hídricas (con excepción de la frontera con Nuevo México que se traza según el meridiano 103 y el paralelo 32): al norte se encuentra el río Rojo, un tributario del Misisipi que drena una cuenca de 78.590 km²; al este el río Sabina, que desemboca en el golfo de México y cuya cuenca es de 25.270 km²; al sur el río Grande, que funciona como frontera nacional con México, desemboca en el golfo de México y drena una cuenca de 607.965 km². La variación climatológica es muy clara y muestra una transición subparalela a la línea de costa del golfo de México (los principales regímenes climatológicos son tres: subtropical al este, húmedo al centro y semi árido al oeste). La precipitación y humedad también muestran una clara evolución en una orientación más cercana a la de los meridianos (N-S), haciendo el ambiente más seco de este a oeste.

Recursos de agua disponibles y formas de abastecimiento.

La propiedad del agua de Texas se define según su aparición, siendo el agua subterránea propiedad del dueño del terreno (cumpliendo ciertas condiciones, como que no se debe extraer agua de manera que afecte el abastecimiento del acuífero en las propiedades vecinas o en caudales mayores a la recarga del acuífero) mientras que el agua en superficie es estatal. El estado entrega concesiones para su utilización, incluyendo el agua que emana de manantiales a través de la *Texas Commission on Environmental Quality* (TCEQ). Ver Figura 1 y Figura 2.

El agua potable se regula según los estándares de calidad federales (según el *Safe Drinking Water Act*) y se realizan pruebas frecuentes para constatar que cumpla los estándares de calidad, sean los proveedores públicos o privados. Es común que para garantizar el suministro constante se construyan reservorios en forma de lagos artificiales que se alimentan de caudales desviados de ríos importantes durante las épocas de mayor flujo. Las principales fuentes de agua potable son: lago Travis, lago Austin (reserva proveniente del río Colorado), lago Houston, lago Conroe (reserva del río San Jacinto), lago Livingston (reserva alimentada por el río Trinity) y el acuífero Edwards. Una vez el agua es utilizada, se lleva a plantas de tratamiento para llevarla a niveles aceptables de disposición para ser vertida en caños agua abajo. El agua de irrigación funciona de manera diferente, normalmente se toma agua de acuíferos de manera controlada para evitar subsidencias del terreno. Existe un calendario estricto que indica los días y horas durante las cuales se puede disponer de dicha agua, este ciclo no requiere sistema de disposición.

El agua de uso industrial tiene también un proceso especial, dependiendo de los requerimientos de la industria (agua salada o dulce), puede acceder a permisos de captación de agua a través de la TCEQ o adquirirla a través de un proveedor. El proceso de disposición se regula a través del instituto de conservación de agua subterránea local si es vertida a través de pozos o directamente con la municipalidad si el agua se va a tratar y a verter a un río.

Principales usos del agua.

El 54% del total de agua utilizada en Texas proviene de agua subterránea (9 TI), el 43% de agua en superficie (7,3 TI) y el 3% restante de agua tratada para reutilización (0,3 TI).

¹ Weather Atlas. The climate of Texas. www.weather-us.com/en/texas-usa-climate

² Texas Department of Agriculture. Water Resources. <https://www.texasagriculture.gov/Home/ProductionAgriculture/TheWaterSource/WaterResources.aspx>

³ Facts about Texas water. <https://visitaddison.com/finance/new-utility-rates-reflected-november-bill>

⁴ Woodlands Water. Why do we need a defined irrigation schedule? <https://woodlandswater.org/>

⁵ Where does the water for industrial use come from? http://addisontexas.net/sites/default/files/fileattachments/public_works_and_engineering/page/10491/2021_water_quality_report_final_web-ready.pdf

El uso depende de su fuente principal, así:

1. Agua superficial: uso doméstico (44%), irrigación (33%), manufactura (14%), generación eléctrica (7%), agricultura (2%) y minería (0,3%).
1. Agua subterránea: irrigación (74%), uso doméstico (19%), agricultura (2%), minería (2%), manufactura (2%) y generación eléctrica (0,7%).

Consumos estimados.

Se estima que durante el 2020 el consumo de agua de todo el estado será de 22 TI, distribuidos así: irrigación (9,4 TI), consumo doméstico (5,2 TI), manufactura (1,3 TI), generación eléctrica (0,9 TI), minería (0,4 TI) y agricultura (0,3 TI). Con una población de 29,7 millones de habitantes, se obtiene un uso doméstico de casi 480 l/día per cápita, más del doble del consumo de países desarrollados como Francia (160 l/día), Reino Unido (150 l/día) o Bélgica (120 l/día). Se calcula que para 2050 el consumo aumentará en un 4%.

Fuentes principales de energía y su relación con el agua.

Texas es el mayor productor de hidrocarburos del país, es responsable del 41% de la producción de petróleo y del 25% del gas natural. Es el principal generador (5150 TWh/año) y consumidor de energía nacional, duplicando a Florida, el segundo estado en el escalafón de producción. La generación de electricidad según la fuente se distribuye así: gas natural (52%), renovables sin hidroeléctricas (21%), carbón (17%), nuclear (10%) e hidroeléctricas (0,3%).

Como es de esperarse, debido al íntimo nexo entre el agua y la energía, una generación energética y un consumo de agua tan grandes sólo pueden desencadenar en una utilización de agua-energía muy importantes. Un estudio de la Universidad de Texas en Austin (UT) de 2011 indica que 0,6 TI de agua son utilizados anualmente para enfriamiento en plantas de generación termoeléctrica (responsables de la generación de 400 TWh/año de electricidad), de manera complementaria, el sistema de agua utiliza unos 2,4 TWh anuales para su funcionamiento más otros 1,9 TWh para los sistemas de alcantarillado y disposición.

Valoración en el marco local, regional y global.

Según lo descrito anteriormente, se observa alarmantemente que el consumo de agua domiciliar per cápita presenta valores demasiado altos para las recomendaciones internacionales (480 l/día frente a 100 l/día), que el manejo del agua requiere mucha energía (4.3 TWh/año), y que la generación eléctrica conlleva un consumo muy importante de agua (0.9 TI/año). Estos aspectos merecen ser revisados y se necesita la actuación gubernamental, industrial y de la sociedad para conseguir un uso responsable de los recursos hídricos.

Según los estándares recomendados por los expertos, estos consumos alcanzarían para:

- Agua domiciliaria: los 4,9 TI de agua domiciliaria anual cubrirían la demanda de un país de 135 millones de habitantes, es decir, un país con una población similar a la de México.
- Energía para manejo de agua: los 4,3 TWh de energía anual pueden proveer de electricidad a una ciudad con 100.000 habitantes, algo así como del tamaño de Algeciras, en Cádiz.
- Agua para generación eléctrica: los 0,9 TI de agua usados para generación eléctrica corresponderían al consumo anual de un país de 25 millones de habitantes, algo así como Nigeria.

⁶ Texas water development board. www.twdb.texas.gov/waterplanning/waterusesurvey/estimates/index.asp

⁷ Stormwater Non-Potable Beneficial Uses and Effects on Urban Infrastructure. Pitt, R. et al. 2012.

⁸ Texas water development board. 2021 Regional water plan [www.twdb.texas.gov/waterplanning/waterusesurvey/...](http://www.twdb.texas.gov/waterplanning/waterusesurvey/)

⁹ U.S. Energy information administration. Texas state profile and energy estimates www.eia.gov/state/?sid=TX...

¹⁰ Stillwell, A. et al. The energy-water nexus in Texas. UT. www.jstor.org/stable/pdf/26268863.pdf...



Figura 1. Mapa hidrológico de Texas. Fuente: GISGeography

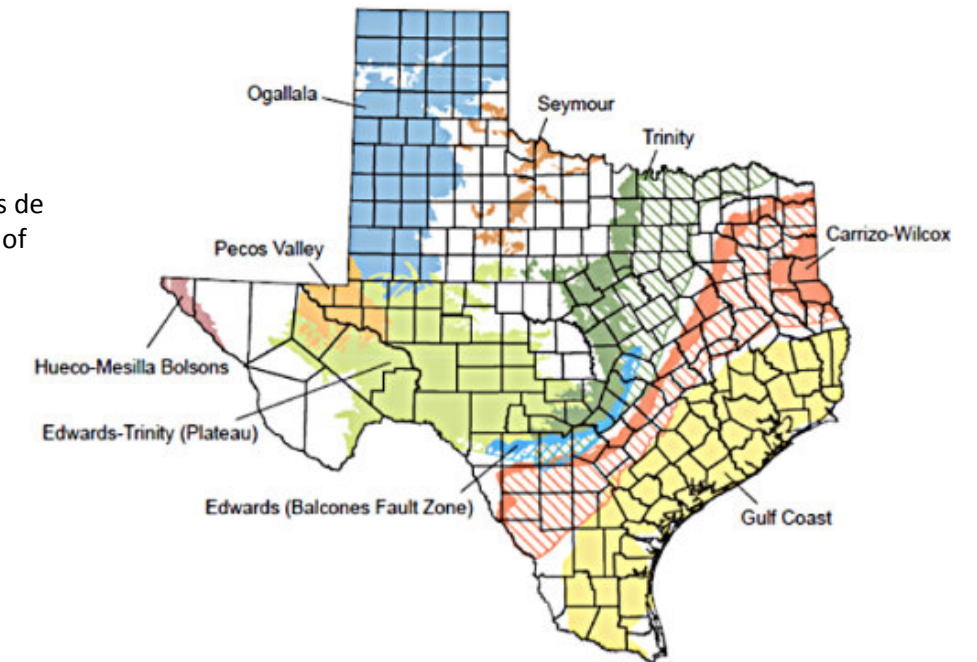


Figura 2. Mapa de los acuíferos mayores de Texas. Fuente: George, P. et al. Aquifers of Texas. 2011.



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.

Minería en la ESIA: 5 distinguidos egresados

por el **M. en C. Armando Ernesto Alatorre Campos**

Presidente del Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México

En el marco de la conmemoración de los 100 años de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) del Instituto Politécnico Nacional, los siete capítulos estudiantiles de la Unidad Ticomán organizaron la “Semana de las Geociencias” donde se incluyó, en la mañana del jueves 9 de junio 2022 en un atiborrado (sin perder sana distancia) auditorio “Tiburcio Méndez López, un evento de tres horas, enfocado única y exclusivamente en la industria minera, con la presencia de los egresados siguientes:

- **Ing. José Jaime Gutiérrez Núñez**, Ingeniero Geofísico, generación 1975; presidente de la Cámara Minera de México.
- **Ing. Sergio Rubén Almazán Esqueda**, Ingeniero Geólogo, generación 1979; presidente de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México.
- **Ing. Karina Neri Gayosso**, Ingeniero Topógrafo y Fotogrametrista, generación 2003; jefa de departamento en el área de administración de concesiones mineras en Servicios Industriales Peñoles.
- **Dr. Marcos Gustavo Monroy Fernández**, Ingeniero Geólogo, generación 1982; gerente general de la empresa Centro de Estudios, Servicios y Consultorías Ambientales.
- **M. en C. Armando Ernesto Alatorre Campos**, presidente del Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, así como profesor de esa entidad académica.

Es importante resaltar que se contó con la presencia de la Lic. Karen Flores Arredondo, directora de la Cámara Minera de México y considerada por la revista Forbes una de las 100 mujeres más influyentes del país. De igual manera acudieron miembros de la Sociedad de Estudiantes de Ingeniería Geológica (SEIG) y de la Sociedad de Alumnos de Ingeniería Geofísica (SAGFI), ambas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En paralelo al evento, la organización México Minero tuvo un stand de realidad virtual para que los alumnos pudieran experimentar lo que son las operaciones de tajo y subterráneas.

En la primera presentación del evento, Alatorre, hizo un breve recuento de la historia minera de la ESIA misma, con base en una videoconferencia del Decano de la escuela, Dr. Jaime Rueda Gaxiola. El padre fundador, el Ing. Manuel de Anda y Barrera fue un egresado (1899) de la Escuela de Minería y Arquitectura de la Academia de San Carlos; puntualiza Alatorre: “nuestro padre fundador tenía raíces mineras”. En 1922 él inicia con la Escuela Técnica de Maestros Constructores en cuyo plan de estudios de estudios estaba, entre otras, la carrera de Ingeniero Capitán de Minas, de la cual egresa (1926) Juventino Islas López quien fue el primer mexicano en tener contacto (1928) con la geofísica. Para el año 1936 se crea el Instituto Politécnico Nacional y a él se incorpora esa escuela técnica y cambia, en menos de un mes, su nombre a Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Se crea un nuevo plan de estudios en 1941 con 23 carreras distintas entre las que destacan, para fines del presente evento las siguientes: Ingeniero Minero, Ingeniero Metalurgista e Ingeniero Geólogo, además de las de Técnico Minero, Técnico Geólogo Minero, Técnico en Perforación y Voladuras, así como Técnico en Cianuración; “la ESIA es minera, desde la médula, desde que nació”, enfatiza el presentador. La carrera de Ingeniero Minero se desincorporó del instituto pocos años después y los alumnos redirigidos a la Universidad de Guanajuato mientras que en 1948 la de Ingeniero Metalurgista es transferida a la recién creada Escuela Superior de Ingeniería Química e Industria Extractivas (ESIQUE). En épocas posteriores un gran número de egresados han dedicado su trabajo a la industria minera; tan solo como un ejemplo, la de 1960, llamada “Generación del Esfuerzo” por el Doctor Rueda, incluyó a Amador Osoria Hernández ampliamente reconocido en el ámbito minero nacional y al Dr. Ariel Echavarrí Pérez quien, menos de un mes atrás, recibió el Premio Ostotakani, en Sonora por su vasta trayectoria minera. En síntesis, recalcó Alatorre: la ESIA nació minera y nunca dejará de serlo.

Jaime Gutiérrez inició con una breve remembranza de su graduación dentro de la tercera generación de geofísicos de la escuela. A continuación, resaltó, a través de una veintena de diapositivas, lo que es y representa la industria minera mexicana, tanto para el mundo como para el mismo país; los primeros lugares mundiales de producción, la distribución geográfica, la generación de divisas, los altos niveles de salarios de la industria comparados con la media nacional, el aporte social que las empresas realizan en las comunidades cercanas a sus operaciones, el trabajo de prevención ambiental, los apoyos a la educación superior en Ciencias de la Tierra. También recalcó la necesidad de recuperar la

competitividad de la industria tras perder, en los últimos 10 años, 14 posiciones en el índice de atracción de inversión publicado por el Fraser Institute. Abordó el mito del poco pago de impuestos de la industria al señalar un monto de \$225,495 millones de pesos acumulados en tan solo seis años. Enfatizó, finalmente, los retos que se está afrentando este año para continuar con la minería sólida y responsable de siempre. Remató con la frase: “México, orgullosamente minero”.

Karina Neri describió a detalle las diferentes funciones de un topógrafo en la industria minera, en especial, desde su perspectiva con una de las empresas mineras más grandes de México. Señaló, con mucho detalle, la labor cotidiana que abarca aspectos encaminados a la administración de lotes mineros, apoyo a la exploración y al aprovechamiento del recurso mineral, a la construcción de nuevos proyectos, a los bienes inmuebles requeridos, sin olvidar la remediación ecológica de las áreas afectadas; presento fotografías de casos reales y actuales de la labor en los sitios mineros.

Marcos Monroy inició mencionando la infinidad de temas a los que se ha enfrentado y de cuan vasta es la geología, de sus orígenes familiares en la región de El Oro, Estado de México, también que un profesor en su tercer semestre de carrera le dijo: ¿quieres ser geólogo?, ¡debes entrar a una mina! Ergo, su primera práctica de campo fue a la mina de Angangueo, Michoacán. En su trabajo comenzó en los laboratorios de la Comisión de Fomento Minero; ahí aprendió a aplicar la mineralogía a la metalurgia, tema que amplió a profundidad con su doctorado en Nancy, Francia que lo llevaron a un primer gran reto: aplicar geología y mineralogía para incrementar los valores recuperados de oro con ayuda de bacterias; esto último totalmente nuevo para él y que se aplicó en una minera francesa. Regresó a México a investigar en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a crear el posgrado en ingeniería de minerales y el primer posgrado multidisciplinario en ciencias ambientales. Con esos ejemplos, Monroy hizo énfasis a los estudiantes que cada uno puede llegar hasta donde quiera, buscar ser el mejor, con disciplina, honestos en todos los sentidos. Ahí en SLP se topa con el medio ambiente, con el proyecto de Minera San Javier, con todas las voces en contra y mediante investigación aplicada convencer que la minería es sustentable; en la autorización ambiental del proyecto hubo 100 condicionantes que se cumplieron con base en el conocimiento científico. Otra faceta reciente, la geología médica, le ha llevado a una aplicación adicional del saber. Finalmente, invitó a los estudiantes a aplicar el intelecto y darse la oportunidad de colaborar para la industria minera.

Sergio Almazán, por su parte, realizó prácticas profesionales en un proyecto de celestita en Coahuila, base de su inicio minero e ingreso al Consejo de Recursos Minerales donde permaneció siete años viviendo los contrastes del trabajo de campo cerca de muy pequeñas comunidades con gente en extremo generosa y amable, así como de la vida en las ciudades al terminar los períodos de viaje; aprender de la vida a la par de la geología práctica. Gracias al Consejo efectuó una especialización en Nancy, Francia (1981-1982) sobre exploración y valorización de recursos minerales. En 1985 pasa a la industria privada con Compañía Minera Autlán, sitio que lo acoge por otros siete años llegando hasta Gerente de Exploración con proyectos de cuarzo, cromita y, obvio, manganeso; enfatizó que siempre hay que seguir estudiando, mejorar en todos los aspectos. En junio de 1994 regresa al Consejo, ya como Director General de Operación, por ocho años y de implementar el programa de infraestructura geológica-minera básica (programa aún vigente en 2022) con el levantamiento 1.250,000 de todo el territorio nacional y el de 1:50,000 con avances significativos en los principales distritos mineros; para estos trabajos interactuó con los servicios geológicos de Estados Unidos, Canadá, Australia, Francia, Chile, Cuba y España. Enseguida mencionó la utilidad del acervo de esas cartas, no solo para minería, para la geología en general, e invitó a que los jóvenes las consulten con frecuencia. Entre 2002 y 2019 fue director general de la Cámara Minera de México (CAMIMEX) con énfasis en una minería sustentable y moderna. Actualmente es presidente de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, trabajando en paralelo, con apoyo de su familia, el proyecto de divulgación científica para público en general, denominado “Chema Tierra” con reconocimientos y premios de múltiples instancias de gobierno.

Así, cada uno de los distinguidos egresados plasmó su óptica de la experiencia en esta industria; en otras palabras, como les ha ido en esta fiesta llamada minería, para que los estudiantes tomen modelos a seguir (*roll-models*) para su propio desarrollo y crecimiento profesional, desde el aporte intelectual en alguna empresa hasta el emprendimiento de proyectos y negocios individuales propios.



Dr. Marcos Gustavo Monroy Fernández, Ing. Sergio Rubén Almazán Esqueda, Ing. Karina Neri Gayosso, Ing. José Jaime Gutiérrez Núñez y M. en C. Armando Ernesto Alatorre Campos.



Fila posterior, izquierda a derecha: Ing. Teófilo Hernández Alcántara, Ing. José Jaime Gutiérrez Núñez, Ing. Sergio Rubén Almazán, Dr. Marcos Monroy Fernández, M. en C. Armando E Alatorre, David Valdez Castellanos, Ing. Fernando Rodríguez Chávez, M. en C. Luis Valencia.

Fila frontal, izquierda a derecha: Lic. Karen Flores, Katya Linet Bautista González, Ing. Karina Neri Gayosso, María del Pilar Lucas, Yamehl Hernández Malinalli, Dra. Julie Roberge.

Fotografías: cortesía del Club de Foto ESIA Ticomán.

Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono alrededor del mundo

por Saúl Humberto Ricardez Medina

Colaborador de la revista

La captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS por sus siglas en inglés) es una nueva apuesta en el sector industrial y la industria energética para cumplir con las metas del cero emisiones netas al 2050 siguiendo su compromiso con el acuerdo de París. Esta nueva tecnología surge de buscar una solución económicamente rentable y eficiente de lo que se conoce como Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS por sus siglas en inglés) o también llamado “secuestro de carbono” el cual fue uno de los aspectos a debatir en el marco de política energética para confrontar la crisis climática, el 2005 el Panel Intergubernamental del cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) recomendó el CCS como una estrategia primaria para la mitigación del cambio climático. El CCS incorpora una gran variedad de tecnologías para la reducción de emisiones de CO₂ del sector energético dependiente del carbón, así como otras fuentes de industrias estacionarias como las plantas cementeras, plantas de etanol, refinerías, industria del hierro y acerera.

La “U” de utilización en el CCUS implica darle un valor agregado a la captura de CO₂ dándole un propósito adicional al CO₂ antes del almacenamiento, Aunque exista una gran variedad de usos en la captura de CO₂, incluyendo la carbonatación de refrescos, la conversión en productos químicos comercialmente viables, la remediación de desechos industriales o la recuperación mejorada de petróleo (EOR por sus siglas en inglés), métodos de recuperación de hidrocarburos que en yacimientos que en su mayoría se encuentra clasificados como agotados mediante la inyección de calor, gas o productos químicos para desplazar y liberar el petróleo. La captura de CO₂ es un método de EOR de inyección de gas que de acuerdo al Departamento de Energía (DOE por sus siglas en inglés), es comercialmente viable, respalda toda la estrategia energética contra el cambio climático al contribuir con la perspectiva de producir entre un 30 a 60 por ciento o más del volumen de aceite original in situ.

Durante la conferencia: “Building a Business Case for Carbon Capture, Utilization, & Sequestration...Good for the Economy & the Environment” se resumió las justificaciones interrelacionadas presentadas

1. Bajo un sistema de energía privatizado, CCS debe ser implementando en toda la industria energética (con la ayuda de otros sectores).
2. En ausencia de regulaciones gubernamentales que limiten las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y/o pongan un precio al CO₂, no existe un caso razonable para que la industria energética implemente CCS porque es prohibitivamente costoso.
3. La utilización a través de EOR pone un precio al CO₂ capturado y por lo tanto lo hace económicamente más viable.
4. La utilización a través de EOR beneficia a la industria energética al ayudarla a reducir las emisiones de CO₂ y recuperar reservas de petróleo previamente inaccesibles.
5. La utilización a través de EOR beneficia a la economía a través de empleos y al medio ambiente a través de la reducción de emisiones de CO₂.

Estas justificaciones no fueron aceptadas unánimemente, como demostraremos en nuestro análisis; sin embargo, representan el argumento principal proveniente de los artífices de CCUS. Este marco cambia fundamentalmente la composición y el propósito de CCS de una estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero a un mecanismo para comercializar CO₂ y extraer más combustibles fósiles.

Sin embargo, si el cambio climático antropogénico no se reconoce como un problema importante y no existen regulaciones estrictas para reducir las emisiones de CO₂, los costos adicionales de CCS no se justifican. Sin un régimen de políticas que incluya un impuesto al carbono o limitaciones más estrictas a las emisiones de CO₂, no es económicamente racional que la industria implemente CCS.

A pesar de que son claros que los beneficios de la CCUS son demasiados, las actuales implementaciones de esta tecnología siguen registrando niveles bajos, al año 2019 se reportaron solo 24 campos alrededor del mundo que han implementado esta tecnología con una capacidad total de 15 millones de toneladas por año.

Aspecto económico

Existen dos factores principales a discutir: el costo y los ingresos. Como la tecnología implementada en la captura de CO₂ tiene muchas variaciones, el costo de proyectos con CCUS puede ser diferente por cada método. Además, las fuentes de emisión de CO₂ jugarán también un gran rol en el cálculo de costos en los proyectos de CCUS. Ambos factores hacen que los costos de captura de CO₂ actuales estén en un rango entre los \$12/ t CO₂ a \$120/t CO₂ esto sin considerar el precio de la transportación y el mantenimiento del CO₂. Por otro lado, los ingresos de los proyectos de CCUS pueden venir de posibles fuentes como son el crédito de carbono del gobierno, inversión del mercado de capitales e ingresos por el uso de

carbono producido. Por este motivo la tecnología de CCUS puede ser económicamente factible en proyectos a pequeña escala. Esto se debe a los costos actuales que continúan elevados y las inciertas regulaciones e incentivos o subsidios de parte del gobierno.

Aspecto ambiental

En este sentido la CCUS debe de ser dividido en dos tipos en CCS y CCU. Esto se debe a que ambos causan diferentes impactos entre el sistema de almacenamiento y el sistema de utilización de CO₂. En este aspecto de igual forma existen 2 parámetros principales de impacto que se deben discutir como lo es el Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus

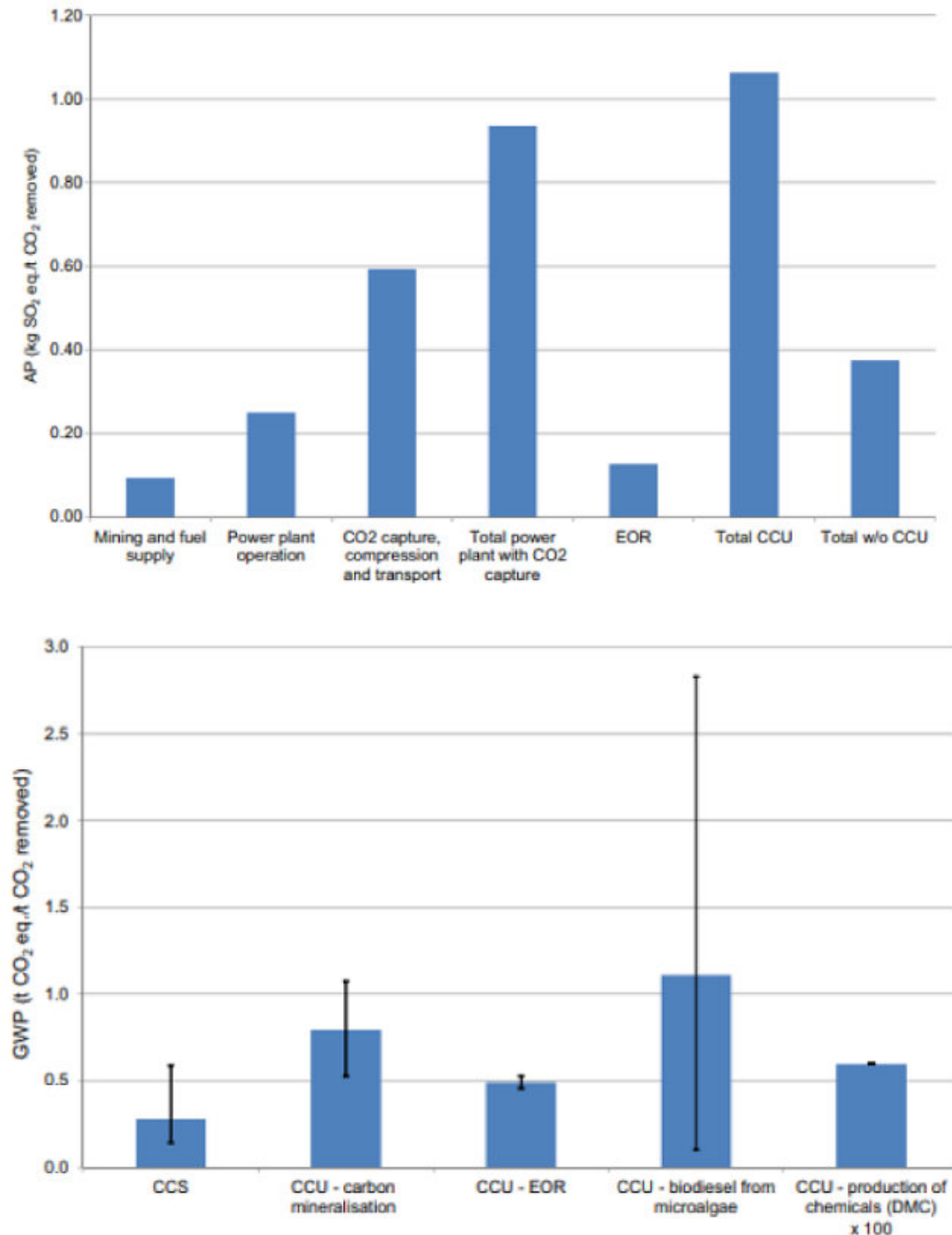


Figura 1. Nivel de AP y GWP para cada aplicación de CCS y CCU Tomada de: Kurnia, A. (junio, 2021).

siglas en ingles) y el Potencial de Acidificación (AP por sus siglas en ingles). La diferencia entre estos dos parámetros es que el impacto de GWP en el calentamiento global mientras que el impacto de el AP es en el ambiente en donde es implementado.

Por el otro lado, mientras CCU puede tener un alto nivel de GWP, la utilización del CO₂ capturado podría tener un impacto en el aspecto económico. Si la empresa relacionada tiene necesidades sobre el uso del carbono, podría evitar comprar carbono utilizando su carbono capturado. Aunque la CCU tiene un nivel de GWP más alto, al capturar el CO₂, el nivel de GWP real será menor si se compara con el método sin captura, cuya comparación se muestra en la Figura 2 a continuación.

A partir de la discusión sobre el aspecto ambiental, se muestra que los sistemas CCS y CCU tendrán una gran influencia en la reducción del impacto del calentamiento global. Sin embargo, todavía tiene un problema ya que el nivel de acidez del medio ambiente aumentará con la implementación de ambas tecnologías.

Aspecto social

Debido a que la tecnología de CCS será implementada en ambientes donde viven personas, debe de considerarse el permiso social. La posible resistencia pública en contra del CCS puede suceder afectando las rutas de sistemas de energía e incrementado los costos del proceso de descarbonización. De acuerdo a un estudio realizado a 130 estudiantes universitarios de Dresden, Alemania demuestra que la población que quieren pagar por implementación de CCS es menor en comparación de la que se decanta por las energías renovables. Esto demuestra que actualmente la población continúa teniendo un problema con la implementación de CCUS. No solo el interés en la tecnología, sino que un estudio también muestra que la confianza pública en las partes interesadas de CCS también se convierte en un factor influyente destacado que podría afectar el desarrollo y la implementación de CCS. Del mismo estudio, se muestra que la confianza pública en la Organización No Gubernamental (ONG) ambiental y las autoridades locales es mayor que en los actores industriales. Además del interés público y los problemas de confianza para el ejecutor del proyecto, la sociedad también tiene una preocupación sobre el riesgo y el beneficio de la implementación de la tecnología CCSU con el riesgo existente de una fuga de CO₂.

Estrategias de integración

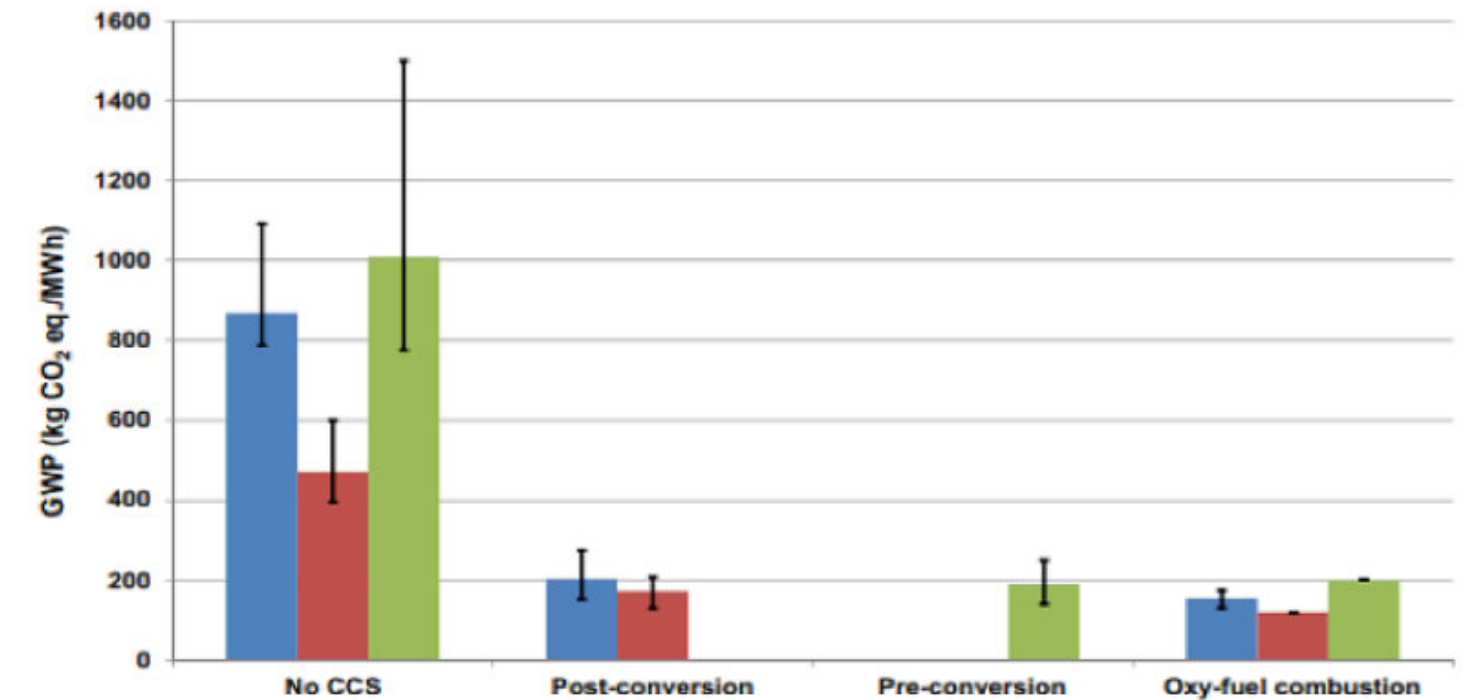


Figura 2. Comparación de GWP entre CCS y ningún sistema CCS. PC, carbón pulverizado; CCGT, turbina de gas de ciclo combinado; IGCC, ciclo combinado de gasificación integrada de carbón Tomada de: Kurnia, A. (junio, 2021).

- Potenciar la Investigación y el Desarrollo. Una tecnología más avanzada podría reducir el costo de captura lo que podría mejorar la ganancia. Además, esta tecnología podría ayudar a reducir el impacto de AP y GWP de CCSU en el medio ambiente. Como resultado de la mejora en la tecnología, la preocupación de la sociedad por el riesgo de CCSU podría reducirse.
- El subsidio y/o la infraestructura por parte del gobierno/ONG realmente ayudarán a mejorar la implementación de CCSU. Con estas ayudas, una posible mayor facturación podría mejorar el interés de la empresa. El control del gobierno/ONG en la construcción de la infraestructura podría reducir la posibilidad de daño ambiental. Además, se podría reducir la posibilidad de conflicto entre la empresa y la sociedad local durante la construcción de la infraestructura.
- Plan de implementación claro para la tecnología CCSU. Un plan claro podría atraer a una empresa o inversionistas para que contribuyan a la implementación de CCSU. Además, el plan claro podría mejorar la confianza y el interés de la sociedad en la implementación de la tecnología CCSU.
- Potenciar la implantación de una combinación energética. Mediante la implementación de la combinación energética, se podría controlar la fuente emisora de carbono, lo que ayudará a mantener un costo fijo de captura de carbono. Esta implementación podría promover un equilibrio entre las fuentes de energía de origen fósil con fuentes más respetuosas con el medio ambiente. Como se mencionó anteriormente, las personas están interesadas en las energías renovables, la implementación de la combinación energética ayudará a generar confianza en la sociedad.

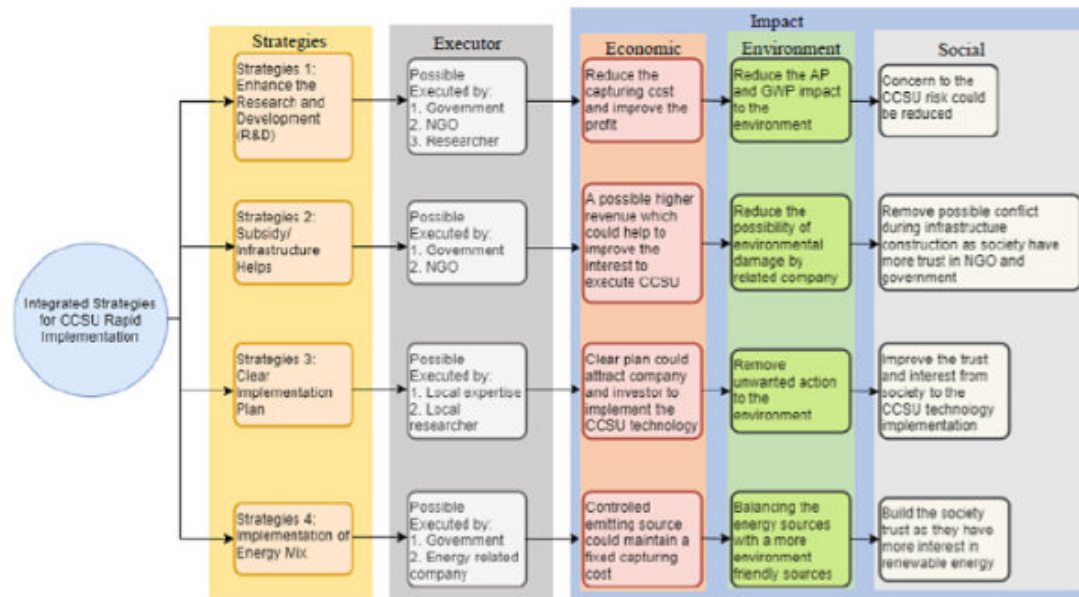


Figura 3. Detalle de las Estrategias Integradas Sugeridas para la Implementación Rápida de CCUS Tomada de: Kurnia, A. (junio, 2021).

Para concluir es importante analizar desde el aspecto económico, ambiental y social como estas tecnologías emergentes juegan un rol importante en contra del cambio climático y forman parte de las controversias actuales sobre política energética. Al tener una opción más económicamente viable a través de la CCUS por medio de EOR, la implementación del carbono en este proceso puede legitimar el EOR éticamente, esto en un intento de incorporar una mayor extracción de hidrocarburo que cubra la demanda actual, así como en la agenda política en un esfuerzo por mitigar el cambio climático.

Bibliografía

Endres, D., Cozen, B., O'byrne, M., Feldpaush-Parker, A., & Rai, T. (febrero, 2016). Putting the U in carbon capture and storage: rhetorical boundary negotiation within the CCS/CCUS scientific community. Junio 2, 2016, de Journal of Applied Communication Research Sitio web: <https://doi.org/10.1080/00909882.2016.1225160>

Kurnia, A. (junio, 2021). Integrated Strategies for Rapid Carbon Capture, Storage and Utilization (CCSU) Implementation [Artículo de conferencia] Conferencia: Conference: 82nd EAGE Annual Conference and Exhibition 2021 At: Amsterdam, Netherlands

Global CCS Institute. (2021). Global Status of CCS 2021 CC accelerating to net zero. Junio 1, 2022, de Global CC institute Sitio web: <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/>

Muslemani, H., Liang, X., Kaesehage, K., & Wilson, J. (mayo 13, 2020). Business Models for Carbon Capture, Utilization and Storage Technologies in the Steel Sector: A Qualitative Multi-Method Study. junio 2, 2022, de MDPI Sitio web: <https://doi.org/10.3390/pr8050576>

Ajayi, T., Salgado, J., & Bera, A. (julio 13, 2018). A review of CO₂ storage in geological formations emphasizing modeling, monitoring and capacity estimation approaches. junio 2, 2022, de SpringerLink Sitio web: <https://doi.org/10.1007/s12182-019-0340-8>



Cerro Tute se encuentra dentro del Parque Nacional Santa Fe, al norte de la Provincia de Veraguas, en la parte central de la República de Panamá. Con una elevación de 1050 m.s.n.m el Cerro Tute se compone de dacitas, ignimbritas clásticas y tobas riolíticas vítreas. En tercer plano hacia el NW se destacan los picos de la Cordillera Central. De acuerdo con estudios realizados sobre la viabilidad de instalación de parques eólicos en Panamá, el Cerro Tute se destacó como uno de los sitios de vientos de alta velocidad y constancia de dirección. Lamentablemente sus fuertes pendientes hacen prácticamente imposible la instalación de generadores. Fotografía provista por **Humberto Flores Alvarez**, Colaborador de la Revista.



Complejo Acatlán, Puebla, México. Veta de cuarzo plegada dentro de una (meta)eclogita, probablemente formada dentro de un estadio final de canal de subducción. Fotografía de **Bernardo García Amador**, Editor de la Revista.



Potente dique de composición riolítica que corta estratos de lavas basálticas y tobas lapillíticas de la Formación Cañazas del Eoceno. El afloramiento muestra un raro caso en que, la culminación de la inyección magmática se hace visible en la parte superior, donde se puede apreciar como el dique "levanta" parte de los basaltos subyacentes a las tobas y las mismas capas de toba antes de agotarse la inyección. Fotografía provista por **Humberto Flores Alvarez**, Colaborador de la Revista.



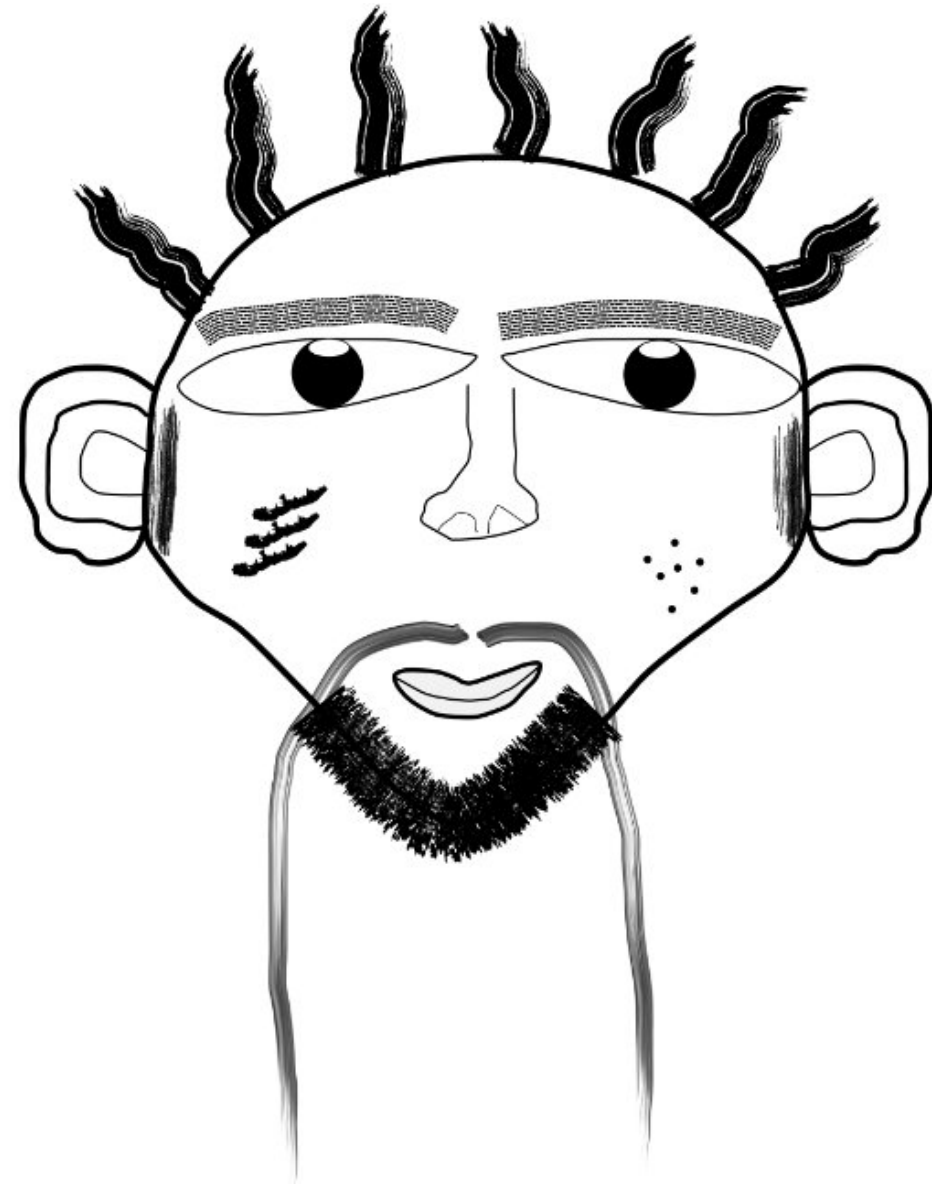
Fotografía de icnofosil: terópodos grande del grupo de los alosaurios Fm. San Juan Raya. Icnofosil preservado en arenisca parda de grano fino a mediano. La icnita representa las principales características de huellas generadas por terópodos grandes, tales como tridactilares, con forma romboidal, más largas que anchas, con una superficie planar ancha, con dedos moderadamente largos robustos y separados en forma de "V". Siendo su morfología similar a la del icnogénero eubrontes. Fotografía de **Saúl Ricardez Medina**, Colaborador de la Revista.



Erupciones submarinas con unidades volcanoclásticas retrabajadas por corrientes de tracción de alta energía, Bahía de Dogashima, Japón. Fotos provistas por el **Dr. Jordi Tritlla Cambra**, Geólogo Consultor. <https://bit.ly/gemix-earth>



Subsidencia de una caldera volcánica en colapso, con grandes bloques, Bahía de Dogashima, Japón.



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

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

Comunícate con

Saúl Humberto Ricardez Medina

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com

quien está a cargo de organizar esta información.

NOTAS GEOLÓGICAS

Geosynclinal Theory Redux

by **Jon Blickwede**

Colaborador de la Revista

www.teyrageo.com

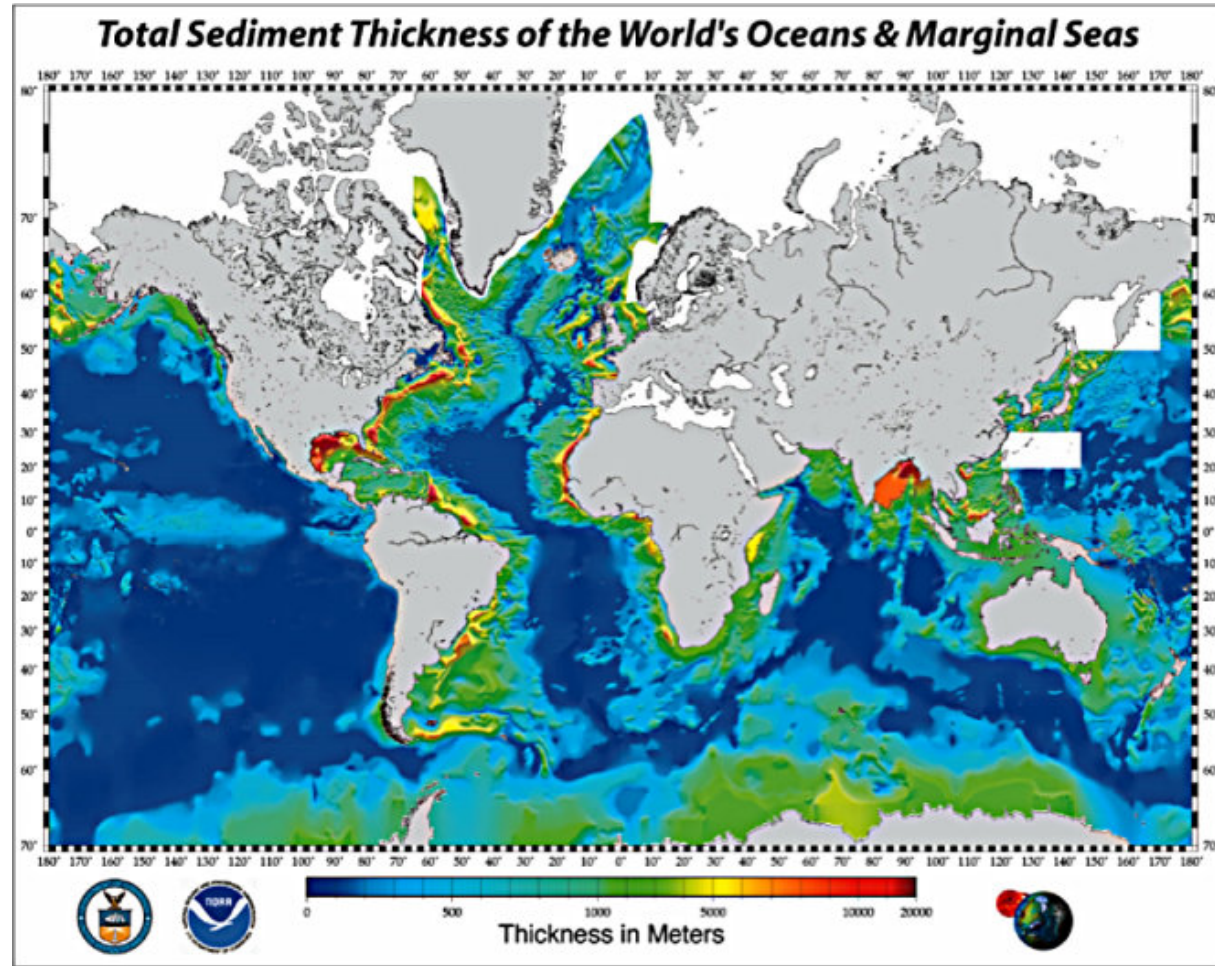
The geosynclinal theory, predecessor to plate tectonics, was first developed by American geologists James Hall (1859) and James Dwight Dana (1866) during the course of their research on the Appalachian Mountains of the eastern US. Hall observed that the thickness of the marine sedimentary section in the Appalachians (nearly 40,000') is ten times the thickness of the equivalent section further west in the Mississippi River Valley. Hall's assumption was that the thickness of sedimentary pile was somehow responsible for its consequent deformation. "The key element for Hall was the accumulation of thick sedimentary layers, which he imagined must depress the crust and in the process become wrinkled to form the structures seen in mountain ranges, such as the familiar Appalachians. He envisioned compression of the upper layers and tension of the lower ones as subsidence occurred much as one can imagine by bending a ream of paper." (Dott, 2005)

Dana built on the foundations that Hall had laid, but pointed out that Hall had not explained the critical part of the story, of how mountain belts were uplifted. But ultimately even Dana and his followers were never able to propose a satisfactory mechanism for the uplift of thick sediment prisms. Nevertheless, the geosynclinal theory not only survived as a unifying paradigm for more than 100 years, it produced a dizzying array of terminology that is today mostly obsolete. When was the last time you heard the term "zeugogeosyncline?"

As recently as the 1960's, the geosynclinal theory was still considered by some to be the keystone of modern geology. Clark and Stern (1960) stated "The geosynclinal theory is one of the great unifying principles in geology. In many ways its role in geology is similar to that of the theory of evolution which serves to integrate the many branches of the biological sciences. The geosynclinal theory is of fundamental importance to sedimentation, petrology, geomorphology, ore deposits, structural geology, geophysics, and in fact all branches of geological science... Just as the doctrine of evolution is universally accepted among biologists, so also the geosynclinal origin of the major mountain systems is an established principle in geology." Just a few years after the publishing of Clark & Stern's textbook, the plate tectonic revolution was in full swing, and widely accepted by the geological community as having totally supplanted geosynclinal theory.

Even though the geosynclinal theory is now generally considered to be dead, and entirely replaced by plate tectonic theory, I've wondered from time to time if there could be some element(s) of truth to Hall's original assumption that there can be some sort of cause and effect relationship between sediment thickness and orogenesis—albeit an indirect relationship, not a direct one as he had imagined. The idea is this: that the sedimentary prisms developed on passive continental margins, if they become thick enough, will cause the underlying lithosphere to mechanically fail, with the lithosphere on the denser side (toward the ocean basin) bending downward into the asthenosphere and initiating subduction under the less dense side (toward the continent) by slab pull. I'll probably be quickly shot down on this idea by those of you with much more knowledge of crust and mantle dynamics. But if it were to be plausible, it might explain the repeated opening and closing of ocean basins (the Wilson Cycle), because diverging passive margins (at least those with significant sediment accumulation) would ultimately be doomed to be converted to subduction zones, and reverse the opening of the oceanic basin by slab pull of the newly-downgoing oceanic lithosphere. I recently discovered this idea isn't novel at all. Indeed, Stern (2004) even refers to it as a broadly accepted mechanism for initiating subduction zones that he calls "spontaneous nucleation of a subduction zone by passive margin collapse" (see cartoon). But the big problem is that there is apparently no documented evidence (e.g. from earthquake hypocenters or seismic tomography) of any present-day passive continental margin being transformed into a convergent margin. But perhaps this is another case (see my article on pages 31-32 of the May 2022 issue of the *Revista Maya*) of the present *not necessarily* being the key to the past.

So-- could there be an incipient subduction zone lurking beneath us in the northern Gulf of Mexico Basin, beneath the 40,000+ feet-thick geosyncline offshore Texas & Louisiana, one of the thickest sedimentary accumulations on the planet (see map)... and destined to become a mountain belt in the distant future? Personally I'm not sure... but I think James Hall would have said "absolutely!"



References

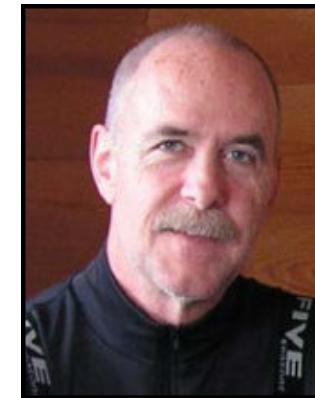
Clark, T.H., and C.W. Stern, 1960, *Geologic History of North America*: Ronald Press Company, 434 pp.

Dana, J.D., 1866, Observations on the origin of some of Earth's features: *American Journal of Science*, vol. 42, p. 195-211

Dott, R.H. Jr., 2005, James Hall, Jr., 1811-1898: *Biographical Memoirs*, vol. 87, The National Academies Press, Washington, D.C.

Hall, J., 1859, *Geological Survey of New York, Paleontology*, vol. 3, part 1, p. 66-96

Stern, R.J., 2004, Subduction initiation: spontaneous and induced: *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 226, p. 275-292



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

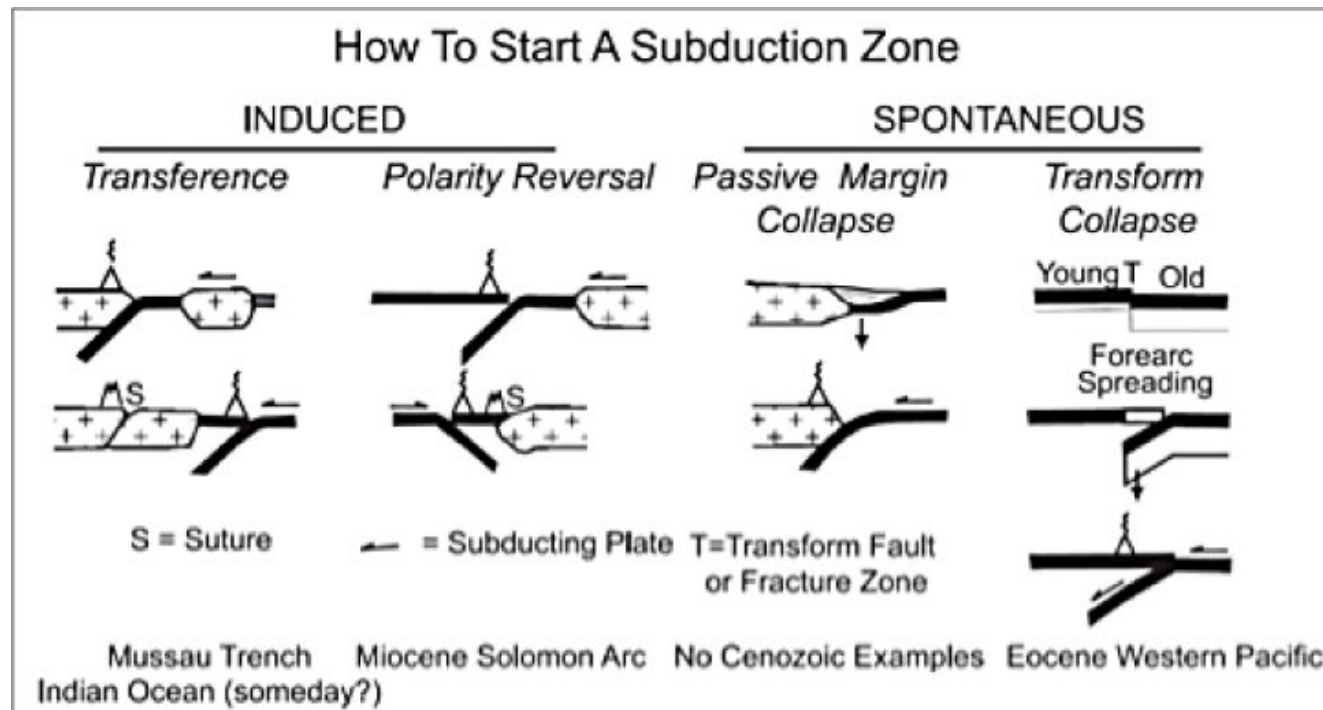
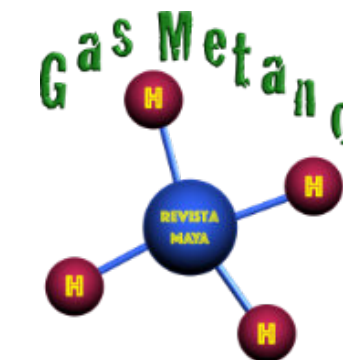
Luego trabajó para la *United States Geological Survey* en Denver, Colorado en el Departamento de Recursos de Uranio y Torio.

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

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

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

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



“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos lcnofosiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesía marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd, Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes. 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y Jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



Texto del Dibujo 1

Localidad; Geográficamente está ubicada en el Frente oriente de la Sierra Madre Oriental en la región de Aquismon, S.L.P. visualizando hacia el extremo oeste dentro de la misma S.M.O.

Geológicamente, se ubica en el frente oriental de la Plataforma Valles S.L.P. y de la S.M.O.

Título; *Orografía espectacular de la S.M.O en la Huasteca Potosina.*

En primer plano se presenta en tonos café claro, la morfología de la Sierra de La Pila, constituidas en parte por las facies post arrecifales de la Formación El Abra, en seguida, con tonos verdes y azules se muestran a las sierras de El Nacimiento, donde se encuentran el famoso “Sótano de las Golondrinas”, todas ellas pertenecen también a la Formación el Abra en sus facies lagunares o Post arrecifales de edad Cretácico Medio,

En el frente están las superficies de cultivos en las zonas de las formaciones Méndez del Cretácico superior y Chicontepec del Paleoceno. Como referencia se muestra el camino de terracería que conduce al poblado de Temapatz, S.L.P., y la camioneta donde transitamos.

Desarrollo del trabajo; En la búsqueda de hidrocarburos, se buscaba una localidad para un pozo exploratorio dentro de la S.M.O. y en este caso estudiamos y checamos las trazas y localidades de varias fallas de cabalgamiento, así como la morfología tipo de intemperismo, Kárstico en varias áreas y la región de posible mejor acceso a esa futura localización.

Descripción del Dibujo; En la mayor parte de la región se observaron rocas de tipo calizas en capas muy gruesas de 60 a 120 cm. de color crema claro típicas de la Fm. El Abra del Albeano-Cenomaniano.



Texto del Dibujo 2

Localidad; Geográficamente está ubicada en el Frente oriente de la Sierra Madre Oriental en la región de Monterrey, N.L., el dibujo esta visualizado desde el poblado de San Antonio de las Alazanas, N.L., hacia su porción Norte, en la cual hacia al fondo se tiene a la cd. de Monterrey, N.L. la localidad esta ubicada en el área Noreste dentro de S.M.O.

Geológicamente, se ubica en el frente Nor Noreste de la S.M.O.

Título; *Geomorfología de la S.M.O en la Región de Monterrey, N.L.*

Desarrollo del trabajo; En varias visitas de trabajo en sendas excursiones geológicas, una, invitados por los geólogos de Reynosa, Tam. y otra en un curso taller de campo que realizamos por esas regiones, nos dimos a la tarea de conocer las morfologías que presentan las imbricadas cadenas de sierras de esa región compleja, en una zona de pliegues y cabalgamientos que hacen de esas sierras paisajes únicos y espectaculares como la Sierra y el Cañón de la Huasteca.

En primer plano tenemos a la Sierra de San Antonio, luego siguen las sierras del Potrero de Brego y de Rancho Nuevo, seguidas por las Sierras El Tarillal y Arteaga, siguiendo con las Sierras del Cañón de la Escalera, Cañón Huasteco Cañón de los Nuncios, y finalizando con las Sierras de Las Mitras y de La Silla.

Descripción del Dibujo; En la mayoría de las Sierras se tienen angostos anticlinales de abierto en sus núcleos de rocas de las formaciones Olvido y Zuloaga del Jurásico Superior, y en sus flancos, rocas de cuenca principalmente constituidas por las formaciones Taraises, Tamaulipas Inferior Cupido, Otates, La Peña, Tamaulipas superior, Agua Nueva, San Felipe y Méndez.



Rogelio Ramos Aracen, es geólogo petrolero egresado del IPN, con experiencia en geología de campo en superficie en la SMO y como geólogo de pozos de exploración y explotación.

En su primer proyecto en 1981 denominado El Limón, del área de Ciudad Mante Tamaulipas. Cambio drásticamente las interpretaciones estructurales de pliegues en abanico, modificándolos por fallas de Cabalgamientos y de desgarre o laterales, trabajo muy polémico en ese entonces, pero años después y ahora ya son conceptos triviales.

Efectuó trabajos de Geología Regional tanto de la Plataforma Valles, como de las regiones de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.

Una Invitación inesperada primeramente del Dr. Eduardo Aguayo, me involucra con geólogos internacionales de la SGA y de la AAPG, para excursiones en la región frontal de la SMO, en las sierras de El Abra, Xilitla, Ahuacatlan, Qro., y paso de invitado a protagonista y guía colaborador con los Drs. Paul Enos y Charles Minero con los cuales se convirtió en coautor del Libro *Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*

Participó en el Symposium sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados en Tampico al lado del Dr. Ronald Nelson. y en recorrido de campo a la SMO y curso de sedimentología de siliciclastos con el Dr. Paul Edwin Potter y en secciones regionales de la Cuenca Tampico Misantla con el Dr. A. W. Bally.

Ha impartido conferencias en congresos nacionales y fue invitado y embajador mexicano en el Pabellón Internacional celebrado en el congreso de la AAPG en Dallas Txs. en 1997

Fue Premio Nacional en el 3er Symposium de Exploración de Plays y Habitats de Hidrocarburos en Tampico Tam. en 2007.

Fue presidente de las delegaciones de Tampico y CDMX de la AMGP, en los bienios 1998-1999 y 2018-2020 respectivamente, y recientemente ex candidato a la presidencia nacional de la AMGP

Laboro en Pemex exploración, en el IMP como asesor y consultor con Ingeniería de Perforación de Pozos en las regiones del SE y N., y como analista sedimentológico del Jurásico Superior, recientemente ha efectuado trabajos como asesor con algunas empresas del sector energético en algunos de sus proyectos o adjudicaciones.

Co Autor del Libro

Paul Enos, Charles Minero, Rogelio Ramos Aracen. "*Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*", AAPG GUIDE BOOK FIELD TRIP AAPG DALLAS ANUAL CONVENTION 1997

Principales Conferencias Impartidas.

EN CONVENCIONES NACIONALES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, en los años:

1984 "LOS CABALGAMIENTOS EN LA REGIÓN DE CD. MANTE TAM." VI CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICO MEXICANA EN EL HOTEL MA. ISABEL SHERATON EN MÉXICO, D.F.

1986 "EL ORIGEN DE LAS CONCRECIONES EN LA FM. LA CASITA" VII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICO MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

1988 "LOS OLISTOLITOS DE LA FM. EL DOCTOR EN EL ÁREA DE ZIMAPAN, HGO". VIII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN LA CFE EN MÉXICO, DF.

1990 "DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENTES DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP". IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN EL AUDITORIO BRUNO MASCANZONI DEL IMP EN MÉXICO, DF.

1992 "EXPLORACION DE PETROLEO ASOCIADO A EL FRACTURAMIENTO REGIONAL EN LA PLANICIE COSTERA" X CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL CENTRO DE CONVENCIONES "EXPOVER" EN EL PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

2021 "LA INVASIÓN MARINA SOBRE LOS BORDES CONTINENTALES DESDE EL CALLOVIANO AL KIMMERIDGIANO EN EL ORIENTE Y SURESTE DE MÉXICO. CDMX VIA ZOOM.

2021 "PRINCIPALES OROGENIAS EN MÉXICO CON CATACTERISTICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS". CDMX. VIA ZOOM

PROYECTO ALTO RÍO MODELO DE UN TIPO PÓRFIDO DE Cu, III Región – Chile

Edgar Arocutipá ⁽¹⁾, Pablo Meza ⁽²⁾,
Verónica Herrera ⁽³⁾

- (1) Unidad de Posgrado Geología Económica, Universidad Católica del Norte – Chile.
- (2) Unidad de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa – Perú.
- (3) Geólogo Principal, Empresa Peñoles exploraciones, Chile

RESUMEN:

El Proyecto Alto Río se encuentra entre dos ‘stocks’ que intruyen a rocas de la Formación Llanta en el cerro El Pingo (Plutón El Pingo) y en la sierra Villanueva (Plutón La Guanaca). El Plutón La Guanaca está emplazado en la intersección de dos sistemas de fallas, de orientación NW y NS. Estos intrusivos se asocian a mineralización vetiforme de Cu-Au, como mina La Guanaca.

En este trabajo se genera un modelo de pórfido de cobre usando las Estructuras Translitosféricas que han actuado como canal para el ascenso de magmas y fuente que dieron origen a sistemas enriquecidos en cobre, esta estructura en el sector de Alto Río de lo denomina Inca de Oro, la cual, también, es coincidente con el prospecto Nazu al Sur del prospecto.

Con la aplicación de prospección satelital se resaltaron minerales de alteración asociados a pórfidos como son las Cuarzo sericita, pirofilita, y elementos de argílica avanzada, además, han evidenciado vetillas de cuarzo tipo B en roca microgranodiorita,

Como resultado deja en evidencia la presencia de un pórfido por la condición de vetillas y alteraciones hidrotermales presentes.

Palabras claves: Estructuras translitosféricas, corredor estructural, pórfido, prospección satelital.

ABSTRACT:

The Alto Río Project is located between two ‘stocks’ that intrude rocks from the Llanta Formation in Cerro El Pingo (Plutón El Pingo) and Sierra Villanueva (Plutón La Guanaca). Plutón La Guanaca is located at the intersection of two fault systems, oriented NW and NS. These intrusives are associated with Cu-Au vein mineralization, such as La Guanaca mine.

In this work is generate a model of copper porphyry using the Translitospheric Structures that have acted as a channel for the ascent of magmas and that are the source that gave rise to systems enriched in copper, this structure in the Alto Río called Inca de Oro which is also coincident with the Nazu prospect to the South of the prospect.

With the application of satellite prospecting, alteration minerals associated with porphyries such as Quartz sericite, pyrophyllite, and advanced argillic elements were highlighted, in addition, they have evidenced veinlets of type B quartz in microgranodiorite rock,

As a result, it shows the presence of a porphyry due to the veinlets and hydrothermal alterations evidences.

Keywords: Translitospheric structures, structural corridor, porphyry, satellite prospecting.

UBICACIÓN:

El Proyecto Alto Río se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 26°35' S y 69°39.5' W y en UTM – WGS'84 7059700 S y 434500 E. La altitud promedio es de 2800 msnm en la III Región de Atacama, Chile, aproximadamente a 150 km al NNE de la ciudad de Copiapó y a 950 Km al Norte de la ciudad capital Santiago (Fig. 1).

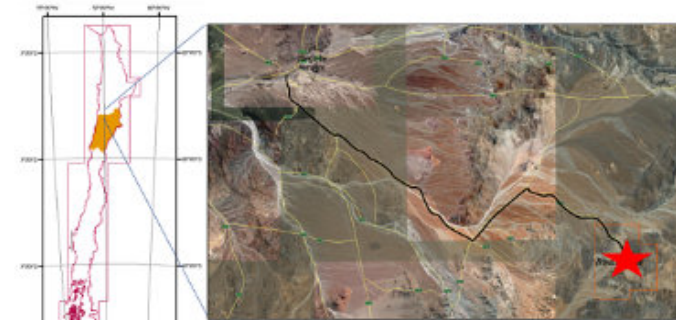


Figura 1: Ubicación de Prospecto

MARCO GEOLOGICO REGIONAL:

La secuencia estratigráfica que va desde el Jurásico al Cuaternario (Fig. 2), comprende: 1) sedimentos volcánicos, volcanoclastos y sedimentarios de la formación **Sierra Fraga** (JKsf), 2) brechas volcánicas denominadas **Estratos de El Pingo** (Kpi), 3) depósitos volcanosedimentarios de la **Formación Llanta** (Kll), 4) lavas e ignimbritas de la **Caldera Cerro Vicuña** (TPvi), 5) ignimbritas, lavas, brechas volcánicas de los **Estratos de Quebrada Vásquez** (TPsqv), 6) ignimbritas de la **Caldera de la Caldera San Pedro de Cachiyuyo** (TEisc), 7) andesitas porfídicas de la **Secuencia Volcánica de San Pedro** (TEisp), 8) gravas, arenas de baja compactación e ignimbritas denominadas **Gravas de Atacama** (Mga), 9) tobas y pumitas de las **Ignimbritas San Andrés** (Msisa), 10) gravas y bloques con arenas denominadas **Depósitos aluviales “antiguos”** (MsPla), 11) gravas, arenas que corresponden a **depósitos** coluviales y aluviales **cuaternarios** (Qc – Qa).

Se tiene una variedad de intrusivos Cretácicos de rocas como monzodioritas cuarcíferas, monzonitas cuarcíferas y dioritas con presencia de filones andesíticos. Y de niveles intrusivos del Paleoceno y Eoceno con la presencia de rocas como gabro, dioritas, monzonitas porfídicas, andesitas porfídicas con la presencia de diques, domos riolíticos e intrusivos hipabisales.

ESTRUCTURAS TRANSLITOSFERICAS (ETL):

Estas estructuras son discontinuidades transversales al orógeno andino de los cuales muestra rasgos estructurales heredados de ciclos geológicos antiguos, y que se obliteran durante el régimen tectónico del ciclo andino. Estas extensas discontinuidades coinciden en el espacio de patrones distritales con presencia de mineralización, estas evidencias existentes tienen relación con formaciones de sistemas hidrotermales del Chile Central, Norte y Sur, y

heterogeneidades cortical litosféricas que dieron origen a las discontinuidades del basamento.

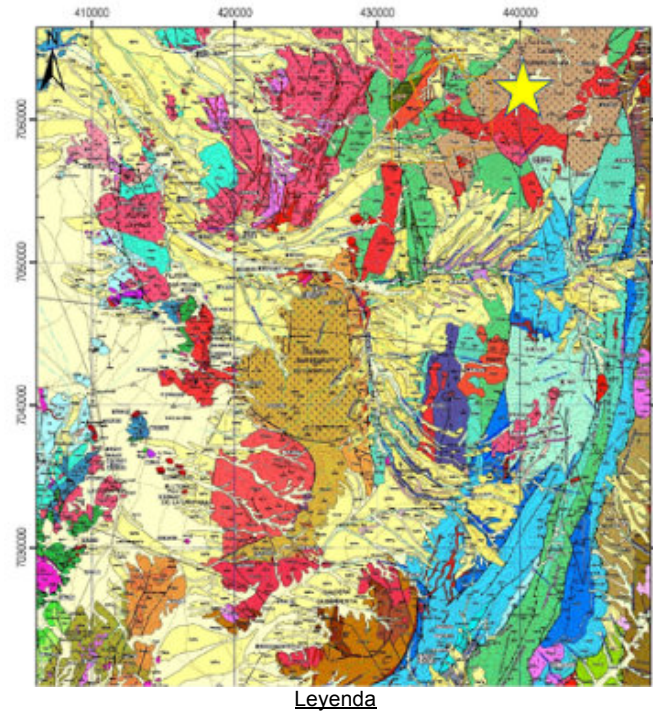


Figura 2: Mapa Geológico Regional Inca de Oro. (Modificado SERNAGEOMIN).

Estas estructuras (ETL), resultado del análisis de: gravimetría, sismicidad y aeromagnetometría regional, se interpretaron como anomalías residuales de Bouguer que son núcleos densos subvertical (NDS), también llamado lineamientos gravimétricos y, con los registros de sismicidad, se interpretaron la expresión subcortical de extensas zonas de daño o ZDD, por tanto, en estas se concentra la mayor actividad tectónica. (Rivera – Yañez et al. 2019)

Estas ETL reconocidas, tienen una estrecha relación espacial con depósitos minerales y estructuras corticales posiblemente transcontinentales, estos entornos definen patrones de migración y ascenso de fluidos mineralizados a lo largo de los márgenes menos competentes, y favoreciendo la acumulación de magmas en la base más competente, estos sistemas actúan como una barrera para el ascenso de los magmas y sean la fuente de metales con la cual éstos interactúan en su base originando sistemas enriquecidos en cobre, a la posibilidad de un yacimiento tipo pórfido. (Fig. 3).

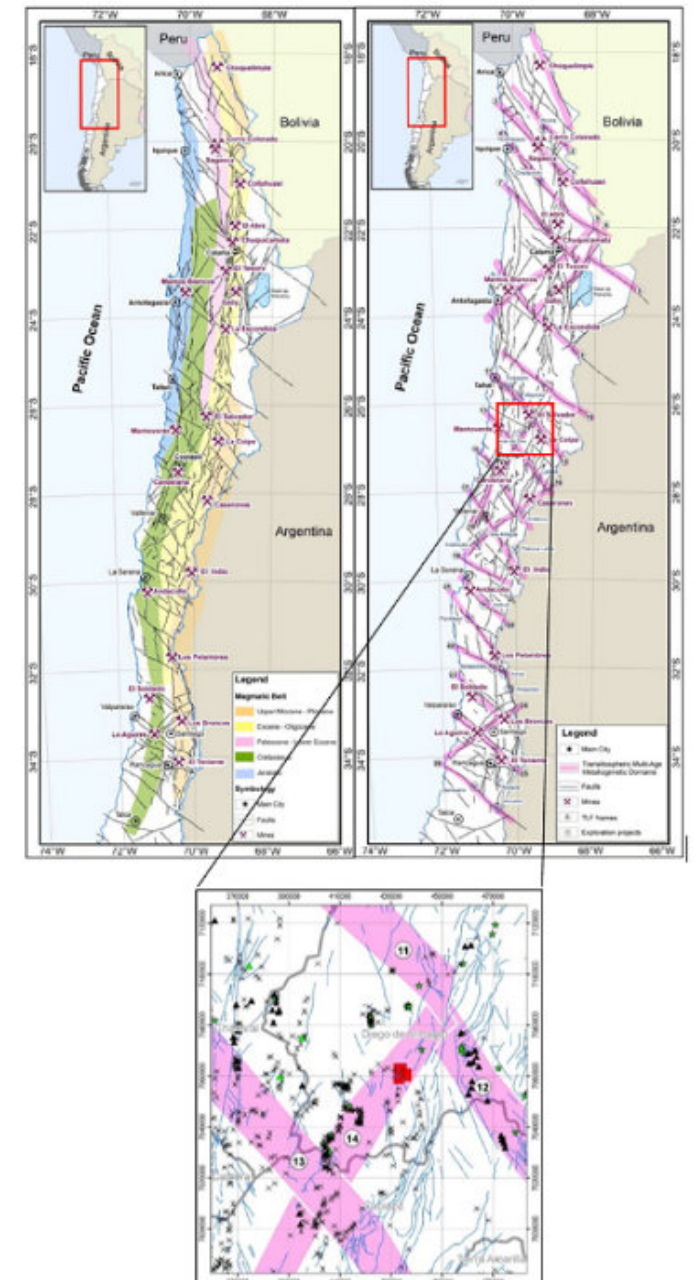


Figura 3: a) Modelo clásico de los cinturones magmáticos (Camus, 2003). b) Nuevos dominios metalogenéticos; (Rivera, 2019); (1) Visviri, (2) Arica, (3) Camarones, (4) Iquique, (5) Tuina-Caspana, (6) San Pedro de Atacama, (7) Calama, (8) Talabre, (9) Imilac, (10) Llullaillaco, (11) Taltal, (12) Potrerillos, (13) Chañaral, (14) Inca de Oro, (15) Copiapó, (16) El Pingo, (17) Vallenar, (18) Freirina, (19) Higuera, (20) Andacollo, (21) Ovalle-Montepatria, (22) Illapel, (23) Los Andes-Los Vilos, (24) Aconcagua-San Antonio, (25) Valparaíso-Volcán Maipo, (26) Pichilemu. (Journal of South American Earth Sciences 93 (Rivera – Yañez et al. 2019).

GEOLOGÍA LOCAL DEL SECTOR:

Rocas estratificadas

En sector de Alto Río afloran rocas de la Formación Llanta (Cretácico Superior), la cual se encuentra dividida en tres miembros: 1) el Superior se compone de lavas traquíticas, ignimbritas riolíticas y brechas volcánicas, 2) el Medio posee areniscas y limonitas; y tobas soldadas y 3) en el nivel Inferior predominan las brechas sedimentarias, tobas soldadas y brechas volcánicas andesíticas.

En el área de estudio, sólo se reconocen secuencias de rocas volcánicas andesíticas negras y verdosas, en parte, con textura brechosa; constituyen una extensa franja NNE. Presentan fuerte silicificación producto de la intrusión de los cuerpos granodioríticos casi en estado de hornfels (Fig. 4), y también desarrollan delgadas vetillas (5 mm) de epidota.

En el extremo NE del área estudiada se observa la Caldera Cerro Vicuña (Paleoceno) la cual exhibe llamativos colores (Fig. 5) y es el mayor alto topográfico que se observa en el área (4.720 m). Corresponde a una asociación compleja de facies volcánicas y piroclásticas, que se distribuye como afloramientos discretos separados por fallas y cuerpos intrusivos, constituyendo una secuencia de más de 2 kilómetros de espesor, la cual muestra un marcado control estructural a través de segmentos de fractura anular y fallas normales de orientación general NNE (Fig. 6).

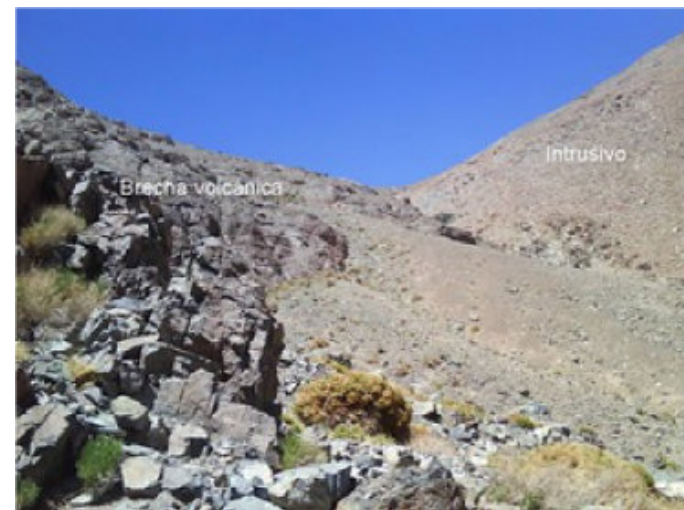


Figura 4: Aspecto de la brecha volcánica en contacto con intrusivo granodiorítico.



Figura 5: Vista de la Caldera Cerro Vicuña.

Tales estructuras delimitan un área de aproximadamente 9 km de ancho, que se extiende fuera del área estudiada, en sentido NWW-SEE, y al menos 12 km de largo, en sentido NNE-SSW, dentro de la cual se habrían acumulado los potentes depósitos de flujos piroclásticos que caracterizan la secuencia, a través de, al menos, dos ciclos de colapso. Dicho evento habría tenido lugar durante el Paleoceno Inferior. La actividad volcánica habría cesado después de este evento de volcanismo post-colapso, y se habría reiniciado durante el Eoceno Inferior-Medio con un episodio de magmatismo resurgente, que dio origen al complejo intrusivo emplazado en los márgenes interno y externo de la caldera, aprovechando

las estructuras de colapso y extensionales de la Cuenca Indio Muerto.

La parte central y topográficamente deprimida del área está cubierta por sedimentos clásticos gruesos (ripios y gravas) mal consolidados que incluyen porciones variables de material fino. Estos sedimentos provienen de la destrucción de las rocas circundantes.

En las secciones esquemáticas de las figuras 7 y 8 se representa la distribución de las principales unidades litológicas y las estructuras que las afectan. Destaca la microgranodiorita como unidad con mayor relevancia por su relación con la mineralización y alteración hidrotermal del tipo cuarzo-sericita, evidenciada en la muestra M6 (Tabla 3).

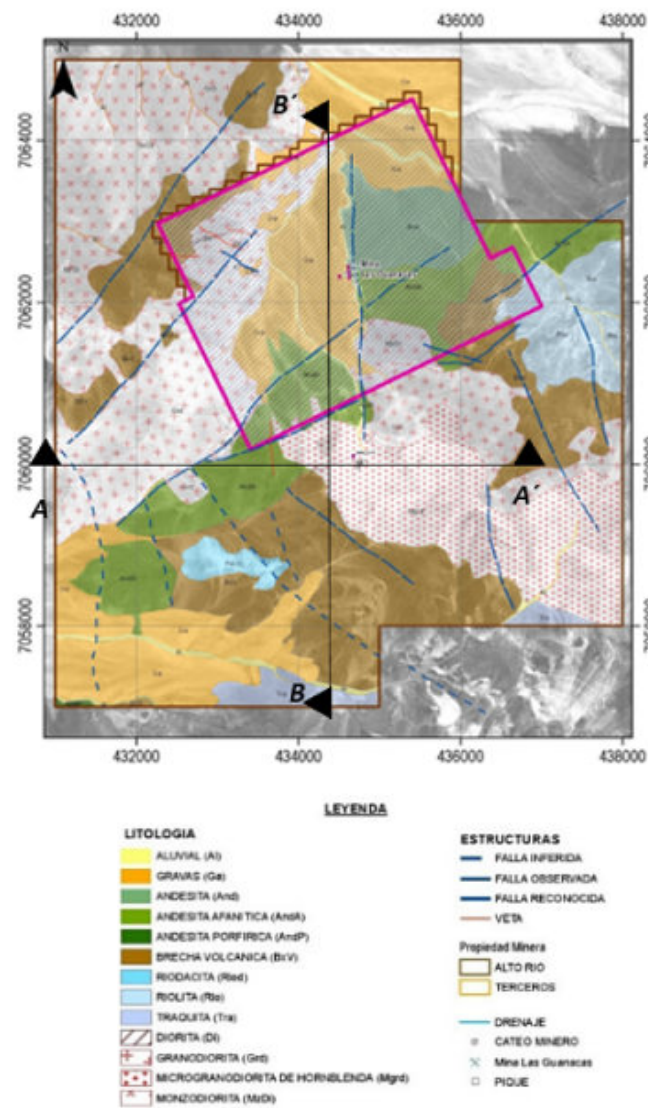


Figura 6: Mapa geológico del Proyecto Alto Río

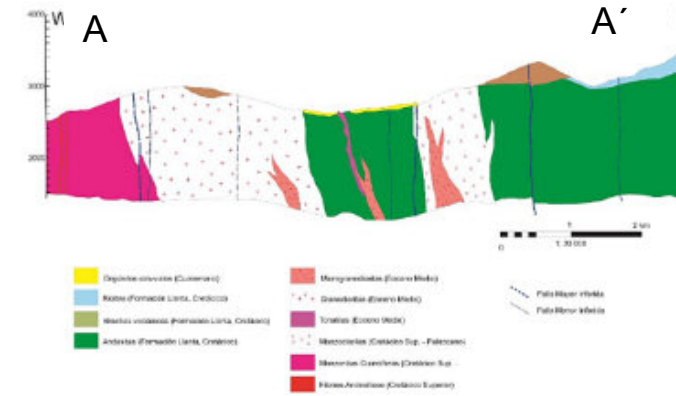


Figura 7: Sección AA', mirando al Norte.

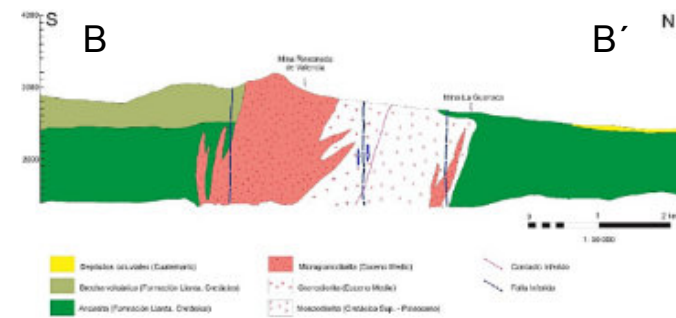


Figura 8: Sección BB', mirando al Oeste.

Rocas intrusivas

Intruyendo a las secuencias de brechas volcánicas y andesitas de la Formación Llanta se reconocen cuerpos intrusivos de granodiorita, monzodiorita y diorítica, los cuales tiene edad Paleoceno Superior – Eoceno y afloran en la parte inferior de las laderas. Las granodioritas poseen la mayor distribución en el área, se localizan en el sector de la Mina La Guanaca y concentran la totalidad de los indicios de mineralización. Posee una moderada argilización y generalmente presenta meteorización esferoidal (Fig. 9). En el sector W se observa abundancia de xenolitos de diorita con tamaños que no superan los 10 cm (Fig. 10).



Figura 9: Meteorización esferoidal en afloramiento de granodiorita.



Figura 10: Xenolitos de diorita en granodiorita.

Al sur, en la Sierra Villanueva, aflora una granodiorita de hornblenda y biotita, grano fino, lo cual constituye una variación composicional del cuerpo principal. Este sector concentra algunas labores mineras con vetillas de crisocola y reemplazo de los cristales de hornblenda por oxidados de cobre (Fig. 11).



Figura 11: Granodiorita de hornblenda y biotita, con mineralización de cobre.

La diorita aflora al W de la Mina La Guanaca, corresponde a una roca gris oscura inserta en el intrusivo granodiorítico; en tanto, la monzodiorita aflora a 1 km al SE de la mina mencionada, se caracterizan por presentar una leve cloritización de las biotitas, presencia de hornblenda, feldespato potásico. Se observan escasas vetillas de epidota y aplita.

Cabe mencionar que la presencia de epidota y clorita asociadas a los intrusivos no corresponde a una zonación hidrotermal, sino a fenómenos deutéricos y de metamorfismo de bajo grado.

Control Estructural

La tendencia estructural principal es N45°E y controla las quebradas y el emplazamiento de un intrusivo granodiorítico en el extremo SW del área. Se caracteriza por desarrollo de un escarpe de 100 m de ancho (Fig. 12). Además, se reconocen planos de falla N50°-65°W los cuales son coincidentes con las direcciones de las vetas de limonita – oxidados de cobre, existentes al W de la Mina La Guanaca.



Figura. 12: Escarpe de falla que controla el emplazamiento de un cuerpo granodiorítico.

Las fallas N60°W, similar a la tendencia de las vetas, poseen un movimiento normal, donde el sector del Pique Rinconada de Valencia está más expuesto a la alteración con cuarzo-sericita y silicificación con relación a la mina La Guanaca, la cual se encontraría en un nivel más profundo.

Alteración hidrotermal y mineralización

Con el apoyo de la interpretación de la imagen Aster se logró precisar las distintas asociaciones mineralógicas de alteración presentes en la zona como son caolinita, sericita, pirofilita y dickita, estas alteraciones han actuado en las granodioritas, microgranodiorita y andesitas principalmente obliterando su textura original en algunos sectores la alteración es selectivo a pervasivo. (Anexo, Tabla 3, muestra 6 y 7).

Al límite sur de Alto Río estas zonaciones hidrotermales presentan minerales de alta temperatura han permeabilizado la roca caja haciendo evidente en superficie una tonalidad blanquecina por el grado de acidez, en sus bordes externos de estas zonaciones predomina la clorita – calcita - epidota (alteración propilítica de alta temperatura), estas zonaciones están dentro de un corredor estructural con una dirección N45° W. (Fig. 13).

Se observa presencia de oxidados de cobre (malaquita y crisocola), ocurren como parches y relleno de diaclasas y fracturas pequeñas.

El principal indicio de mineralización lo constituye Mina La Guanaca actualmente en explotación a través de labores subterráneas. Es posible acceder a un pequeño rajo aterrado de 50 m de largo, en este lugar se observa un enrejado estructural con planos N50°W/90°, N40°W/35SW, N75°W/90° y NS/90° (Fig. 14). Acompañando a la mineralización también se reconocen limonitas las que se presentan fundamentalmente en fracturas de color pardo rojizo.

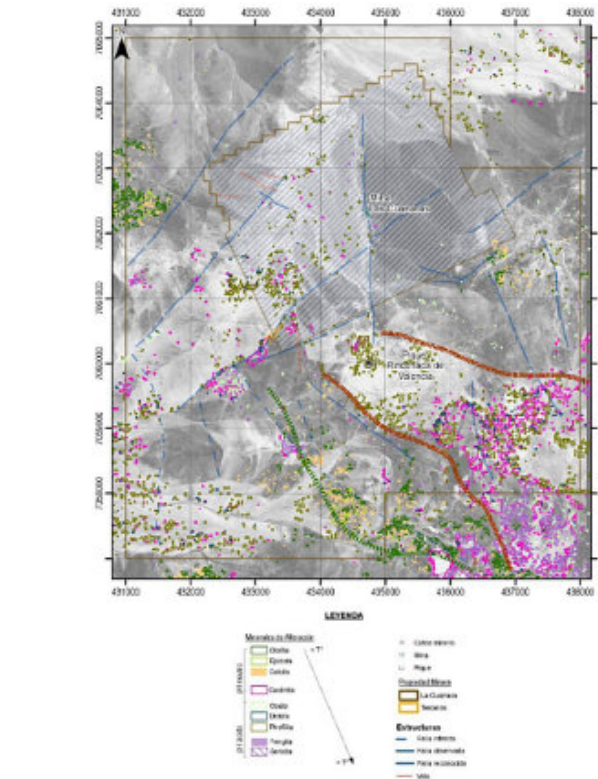


Figura. 13: Minerales de alteración. Línea punteada marrón límite argílica avanzada y filica, y en verde límite de alteración propilítica.



Figura. 14: Flanco N del rajo de la Mina La Guanaca.

En el sector W del área, frente a la Mina La Guanaca, en roca de caja granodiorítica, se observa un laboreo por veta bandeada N80°W/90° (Fig. 15) donde se expone mineralización de crisocola, almagre, chenevixita y atacamita, acompañados por cuarzo lechoso y limonitas. La veta tiene un ancho de 30 cm y 10 m de corrida. Como antecedente, al N del área estudiada, en la quebrada paralela y occidental a la Sierra Los Sapos, existe un afloramiento granodiorítico con vetas de cuarzo aurífero.



Figura. 15: Veta bandeada con mineralización de cobre junto a cuarzo lechoso y limonitas rojizas.

En el mismo sector aflora un conjunto de vetillas de cuarzo con limonitas rojizas (Fig. 16), de orientación N70°W/90°, ancho 10 m y 100 m de corrida.



Figura. 16: Set de vetas de cuarzo y limonitas rojizas.

La principal alteración que afecta a la granodiorita es potásica donde también se observa biotita intersticial levemente cloritizada, probablemente hidrotermal. Sobreimpuesta a esta alteración existen vetillas de sericita.

En los afloramientos con alteración cuarzo – sericítica en el sector S ocurre diseminación y vetillas polidireccionales de crisocola y almagre en vetas de cuarzo – epidota (Fig. 5.14), estas poseen una dirección N40°E e inclinación entre 65° y 75° al E, el ancho varía entre 10 y 45 cm. La roca de caja corresponde a un intrusivo granodiorítico fino con fenocristales de hornblenda reemplazados por epidota y cuarzo. Se observan varios laboreos superficiales, un pique de aproximadamente 20 m y un socavón de 2 m de corrida (Fig. 17). Cabe señalar que la mineralización también se presenta como relleno de planos de falla (mina abandonada Rinconada de Valencia).



Figura. 5.14: Estilos de mineralización presentes en el sector S del área: A) vetillas de crisocola intercrecida con epidota y cuarzo. B) Plano de falla relleno con crisocola.



Figura. 17: Socavón de reconocimiento por veta de crisocola de 10 cm.

En este sector se encontró una plataforma de sondajes diamantino (MAA-2319). En el extremo S de la zona de estudio, y coincidente con uno de los targets detectados en la interpretación satelital, se reconoce un área con intensa silicificación y stockwork de limonitas (Fig. 18 y 19) y boxwork de sulfuros, en granodiorita y al SW es de andesita. Este tipo de textura es característico en los depósitos de cobre porfírico.

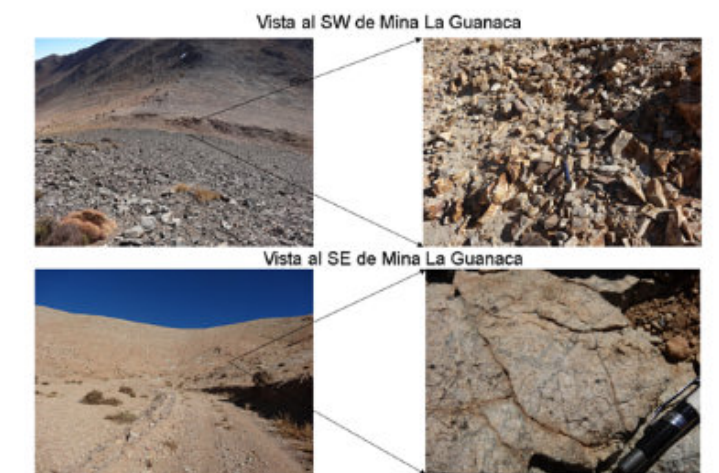


Figura. 18: Vetilleo polidireccional o stockwork de limonita.

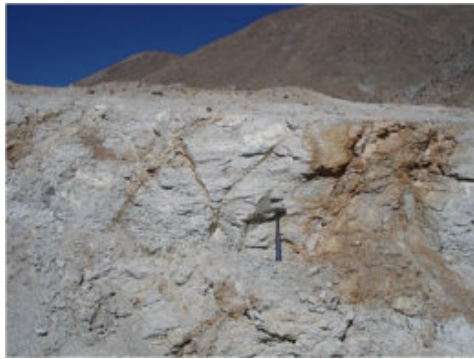


Figura. 19: Stockwork de limonita al Este Mina La Guanaca.

Análisis e interpretación de los datos espectrales
Cocientes de Bandas:

- **R:** 4/2: en color cian o celeste, representa fuerte absorción de minerales de oxidados de hierro.
- **G:** 4/5: en magenta, absorción de alunita, pirofilita.
- **B:** 5/6: en amarillo, absorción de sericita.

La disposición en composición RGB muestran en blanco al halo de alteración externo debido a respuestas de todas las bandas. Las B5 y B6 por absorción de los enlaces de Al-OH y la banda 2 por el enlace Fe-OH. (Fig. 20).

Técnica de principales componentes:

(1) Principales componentes para mapeo de hidróxilos

Se usa la imagen Aster con las correcciones del pre-proceso, se agrupan los minerales de alteración argílica (caolinita, illita, sericita). Se aplica las PC para las bandas 4 y 6 que son las que contienen valores de reflectancia y absorción de minerales arcillosos, lo que equivale la PC2 (segunda fila del valor eigenvector en Tabla 1) y que tiene una reflectancia en la banda 4 con el valor de carga de 0.671092 y absorción de la banda 6 con un valor de carga de -0.741374, lo que resultaría en la imagen con los pixeles brillantes la discriminación en alteración argílica (Fig. 21). (Loughlin. 1991).

Tabla 1 y 2: Correlación de valores eigenvector.

Covariance Band 4 Band 6			Covariance Band 12 Band 14			
Covariance	Band 4	Band 6	Covariance	Band 12	Band 14	
	Band 4	0.045606	0.040308	Band 12	0.023363	0.021961
	Band 6	0.040308	0.037564	Band 14	0.021961	0.020924
Correlation Band 4 Band 6			Correlation Band 12 Band 14			
Correlation	Band 4	Band 6	Correlation	Band 12	Band 14	
	Band 4	1.000000	0.973856	Band 12	1.000000	0.993271
	Band 6	0.973856	1.000000	Band 14	0.993271	1.000000
Eigenvector Band 4 Band 6			Eigenvector Band 12 Band 14			
Eigenvector	Band 4	Band 6	Eigenvector	Band 12	Band 14	
	Band 4	-0.741374	-0.671092	Band 12	-0.726444	-0.687226
	Band 6	0.671092	-0.741374	Band 14	0.687226	-0.726444

(2) Principales Componentes para mapeo de sílice

De la misma manera se representa la silicificación para el mapeo de alteración de cuarzo criptocristalino y cuarzo hidrotermal para las bandas 12 y 14, con absorción y reflectancia respectivamente; ver tabla estadística de donde la PC2 (segunda fila del valor eigenvector en Tabla 2) de banda 12 con carga positiva 0.687 y banda 14 con carga negativa 0.726, en este caso se invierte la imagen para mayor reflectancia en la banda 14 que representa a los pixeles brillantes de silicificación (Fig. 20).

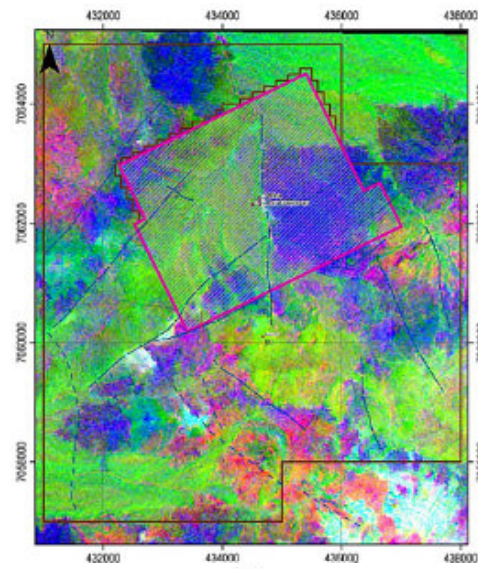


Figura. 20: Cocientes de bandas.

Resultado principales componentes:

Mediante la combinación de bandas de las PCs se resumen para:

- **Red:** PC para las arcillas.
- **Green:** PC de arcillas y sílice.
- **Blue:** PC sílice.

Los colores nos indican anomalía, como el color blanco brillante indica alteración hidrotermal y sílice en la roca (ojos de cuarzo). Dada que el color cian brillante tiene la mayor reflectancia con contenido de sílice en la roca es indicativo de intrusivo, y el color fuerte rojo a naranja nos indica zona hidrotermal penetrativa (Fig. 21).

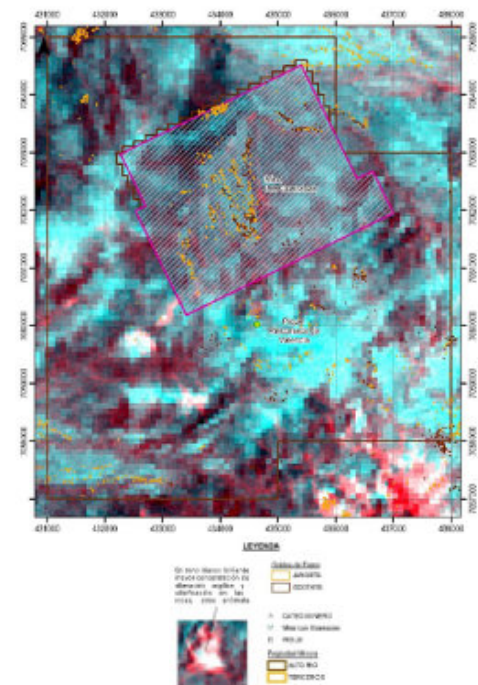


Figura. 21: Resultado de la imagen Aster aplicando Principales Componentes.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.- En el borde Sureste de Alto Río aflora un intrusivo granodiorítico fino con alteración cuarzo – sericitica, diseminación y vetillas polidireccionales (stockwork), milimétricas a centimétricas, rellenas de crisocola y almagre.

La evidencia en este borde es un laboreo denominado Rinconada de Valencia, en el cual se observa un pique de aproximadamente 20 m y un socavón de 2 m de corrida, cuya mineralización se presenta como relleno de falla.

2.- La roca de caja que alberga las evidencias de mineralización posee una edad Eoceno (Ypresiano, 56-47 MA). Corresponden a rocas granodioríticas y microgranodioríticas cortadas por stock tonalíticos, esta multiplicidad de eventos intrusivos le otorga a la zona un interés prospectivo por depósitos tipo pórfidos de cobre.

3.- Los resultados obtenidos de la prospección satelital, evidencia la presencia de minerales tales como arcillas, cuarzo, sericita, limonitas. Lo cual integrado con los antecedentes de levantamiento geológico evidencian la existencia de un posible pórfido de cobre que se encontraría en un nivel de exhumación menor al detectado por Nittetzu (Nazu) inmediatamente al sur del área de estudio.

4.- La integración de la información generada permitió definir 4 blancos de exploración, cabe señalar que dos están fuera del área de estudio. La interpretación de estos blancos de exploración se basa en la aplicación de la Técnica Crosta, datos espectrales, observación geológica. (Fig. 22)

Target 1: Presenta una argilización avanzada comprendida de pirofilita, caolinita, dickita asociadas a estructura NS, la roca de caja corresponde a una microgranodiorita.

Target 2: Similar al anterior, pero con predominancia de caolinita y pirofilita, la roca corresponde a una microgranodiorita.

Target 3: Zona fuertemente anómala en rocas granodioríticas con alteración argílica avanzada y en menor presencia cuarzo – sericitica se tiene presencia de jarosita - hematita.

Target 4: Zona fuertemente anómala en rocas granodioríticas con alteración argílica avanzada y cuarzo – sericitica la roca corresponde a una granodiorita.

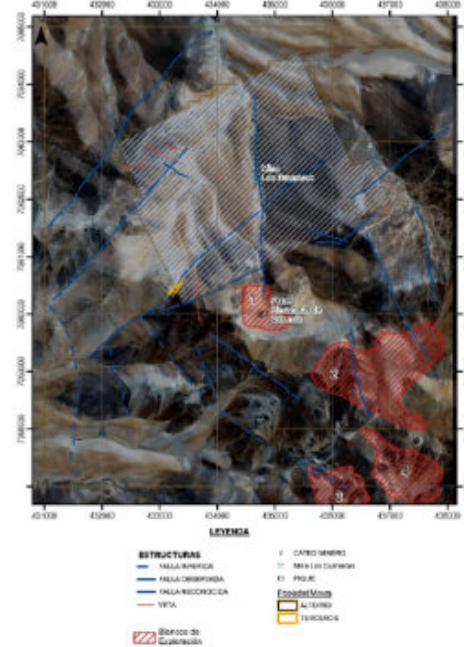


Figura. 22: Ubicación de blancos prospectivos

5.- De las observaciones de terreno se presenta este modelo de pórfido de cobre del Prospecto Alto Río donde se muestra los límites de alteraciones hidrotermales que generan un

ambiente ácido en la roca preparación de la micro granodiorita. (Fig.23).

Este pórfido es el que trae los fluidos mineralizadores con cobre y genera zonas de stockwork limonitizados. Se reconocen diques tardíos que cortan todo el sistema sin mineralización, y hay evidencia de vetillas transicionales "tipo B" en micro granodiorita (ver anexo, M6), lo que indica la cercanía al pórfido.

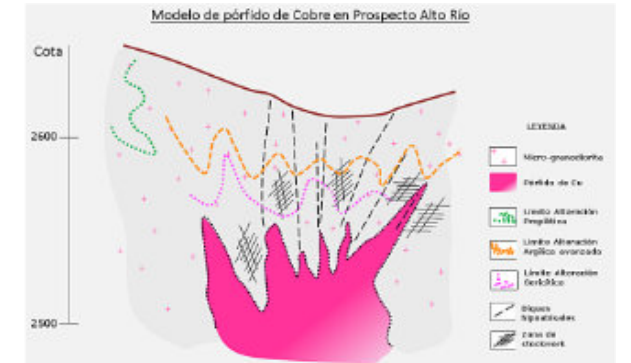


Figura. 23.- Modelo de pórfido de Cobre en Prospecto Alto Río

CONCLUSIONES:

- 1) El área estudiada exhibe dos estilos de mineralización: 1) vetiforme Cu - Au, al Norte; y 2) diseminado de Cu al Sur, con desarrollo de alteración cuarzo - sericitica. En el Plutón La Guanaca, la mineralización se encuentra en vetas a lo largo la falla norte-sur. (Mina La Guanaca).
- 2) Las alteraciones presentes como silicificación y sericita con presencia de stockwork limonitizado en la roca intrusiva, Sur del Proyecto Alto Río, han permitido definir blancos de exploración, y se destacan los denominados target 2, 3 y 4 cuyas características geológicas permiten asignarles prioridad en trabajos de futura exploración.
- 3) En la sección AA' y desde el contexto estructural, se evidencia que el bloque que contiene las rocas intrusivas mineralizadas se encuentra alzado respecto al que contiene las volcanitas, esto representa una ventaja para continuar con la exploración.

AGRADECIMIENTO:

Los autores agradecen a la empresa AQUAMIN S.A. por la autorización que permitió realizar el presente trabajo y a la colaboración desinteresada de la Dra. Verónica Herrera por sus conocimientos y experiencia en el ámbito tectónico y estructural.

BIBLIOGRAFIA:

Arévalo, C., Grocott, J. 2000. *El sistema estructural de límite entre la Cordillera de la Costa y la Precordillera: Un sistema paralelo al margen, comparable a la zona de Falla de Atacama y a la zona de Falla de Domeyko en la Región de Atacama*. In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas, Vol. 2, p. 553-555. Puerto Varas.

ChilePacific Copper Corp. 2009. *Technical Report on the La Guanaca Project, 3rd Region – Copiapo*; Informe NI 43-101, público.

Cornejo, P., Riquelme, R., Mpodozis, C. 1998. *Mapa Geológico de la Hoja Inca de Oro, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos (Versión Preliminar)*, 1 mapa escala 1:100.000.

Godoy, E., Lara, L. 1998. *Hojas Chañaral y Diego de Almagro, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos No. 5*, 1 mapa escala 1:100.000.

Gupta, R. 2003. *Remote Sensing Geology*. Springer 2nd Edition, pp. 656.

Henríquez, H. 2007. *Hidrogeología Proyecto Inca de Oro, Sector Inca de Oro*. Gerencia Corporativa de Exploraciones, Codelco Chile. Informe interno.

Neumann, H. 1972a. *Prospección en la Región de El Salvador Reconocimientos Preliminares I parte*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Informe Inédito.

Neumann, H. 1972b. *Prospección en la Región de El Salvador Reconocimientos Preliminares II parte*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Informe Inédito.

Neumann, H. 1973a. *Prospección en la Región de El Salvador Reconocimientos Preliminares III parte*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Informe Inédito.

Neuman H. 1973b. *Necesidades de sondajes en algunos eventuales Yacimientos tipo Pórfido Cuprífero*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Informe Inédito.

Neumann, H. 1973c. *La Guanaca, geología y alteración hidrotermal*; Instituto de investigaciones Geológicas División de exploraciones. Informe Inédito.

Neumann, H. 1974. *Mineralizaciones tipo Cobre Porfídico*, Revista Geológica de Chile. N°1 pág. 64-66.

Yañez, Gonzalo; Rivera, Orlando. 2019. *Crustal dense blocks in the fore-arc and arc region of Chilean ranges and their role in the magma ascent and composition: Breaking paradigms in the Andean metallogeny*. Journal of South American Earth science. N° 93, p. 51 – 66.

ANEXO -Descripción de Muestras de mano
Tabla 3: Descripción de las muestras a escala macroscópica.

MUESTRA	E	N	DESCRIPCIÓN
M1 M1-1	433311	7060556	Zona de stockwork, color blanquecino, andesita porfídica. Silicificación pervasiva y escasa sericitización, boxwork de pirita y magnetita, presencia de jarosita como halo en pirita relicta.
M2	433182	7060353	Zona de contacto, color blanquecino, silicificación pervasiva, boxwork de pirita y magnetita, presencia de jarosita como halo en pirita relicta.
M3	433336	7060325	Tonalita con diseminación magnetita, leve cloritización de ferromagnesianos.
M4	433649	7060262	Veta de cuarzo con oxidados de cobre, fracturas con relleno de epidota y limonitas, que cortan a la tonalita porfídica. Ancho 1.5 m, disposición 175° / 75° NW.
M5	433770	7060245	Granodiorita microporfídica de hornblenda, silicificación débil, escasa cloritización selectiva en ferromagnesianos.
M6	434507	7060245	Granodiorita microporfídica cortada por vetillas polidireccionales de cuarzo < 5mm, "tipo B" sericita pervasiva, cloritización selectiva, trazas de Py diseminadas.
M7	434805	7060751	Andesita porfídica, silicificación pervasiva que sobreimpone a sericita, clorita selectiva > epidota, trazas de Py diseminado y Mo. Fracturas rellenas de epidota.



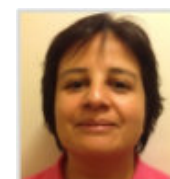
Figura. 24: Fotografías de las muestras descritas en la Tabla 3: M1 a y b; M1-1 c y d; M2 e y f; M3 g y h; M4 i y j; M5 k y l; M6 m y n; M7 o y p.



Edgar Arocutipá; Ingeniero geólogo, culminando maestría en Geología Económica en la Universidad Católica del Norte (Chile). Con más de 15 años de experiencia en exploración geológica con aplicación de herramientas como: prospección satelital, GIS en geología, geología básica - avanzada, prospección geoquímica, modelamiento geológico; amplio conocimiento en yacimientos de tipo estratoligado, IOCG, pórfidos de Cu-Au y veta epitermales; en mis inicios he trabajado como geólogo de producción.



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



Verónica Herrera; Geóloga con experiencia en generación de nuevos blancos de exploración y modelamiento geológico-estructural. Doctora en Ciencias Mención en geología con énfasis en la investigación de la interacción entre la deformación, transporte de fluidos y la precipitación mineral en la corteza superior. Durante el último tiempo trabaja en la aplicación de machine learning en el desarrollo de mapas predictivos para la identificación de áreas de exploración.

Hard-linking the Chiapas Massif northeastward translation with deformation in the Sureste Basin

Enrique Novoa, Independent Geoscientist
novoa.enrique@gmail.com

Abstract

I discuss a tectonic model that hard-links displacement of the Chiapas Massif with deformation within the Sureste Basin from Mid Miocene to the Present. This model integrates observations from diverse data sets: shortening estimations, published structural element maps, GPS, geothermal, paleomagnetic, and borehole breakout data.

Geothermal data suggests that the uplift occurred in the Chiapas Massif during the Eocene and Mid Miocene. Paleomagnetic data in Early to Middle Eocene sediments show that the Massif has rotated 20° clockwise. GPS data show that currently, Chiapas is moving to the northeast at an average speed of about 10 mm/year.

In addition, published structural restoration work on regional cross-sections across the fold belt suggests that it accommodates 50 km of shortening in the central area. Shortening possibly increases to 108 km towards the northwest. The shortening increment along the strike is consistent with a clockwise rotation of the Massif.

The ongoing deformation in the Sureste Basin may be hard-linked with the displacement of the Chiapas Massif. The Catamaco fold belt and contractional trend in the Akal High develop during the uplift and northeast displacement of the Massif in the Mid Miocene. The Chiapanecan shortening propagates in the Sureste Basin as the Massif moves northeastward from the Late Miocene to the Present. During that time, the Comacalco and Pescadores basins developed as pull-apart basins related to a NE striking right-lateral shear zone. Shortening in the Sureste Basin seems to increase from east to west; therefore, the shallow allochthonous salt and post-salt section in relatively shallow water rotates anti-clockwise.

Introduction

The northwest-trending Chiapas fold belt is located in southern Mexico and extends into northern Guatemala. It develops due to the displacement of the Chiapas Massif towards the northeast (Figure 1).

I have compiled observations from other researchers that help constrain and quantify the kinematics of the Massif:

- Geothermal data show that the Massif cooled off: at 40 - 25 My and 14 - 7 My, Villagomez and Pindell (2020).
- Early Eocene to Middle Eocene sediments in the Chiapas fold belt records a 20° clockwise rotation of the Massif, Molina-Garza et al. (2020).
- Graham et al. (2021) report a 50 km of shortening on a cross-section across the central part of the fold belt.
- Mandujano-Velasquez & Keppie (2009) estimate that the Chiapas fold belt may accommodate 106 km of shortening on a cross-section from Cantarell to Chiapas Massif, located in the north-western part of the fold belt.
- Kazachkina et al. (2020) publish GPS data that show the Chiapas Massif moving to the northeast (Figure 1).
- CNH (2014 and 2015) released a set of structural element maps of the Sureste Basin and adjacent onshore areas. We combined them with a Geological Map of Mexico (Ortega-Gutierrez et al. 1992) to help illustrate the structural trends from the Massif to Deepwater Sureste Basin (Figure 1).
- Suter (1991) compiles and interprets borehole breakout data in southern Mexico: orientation of minimum horizontal stress component (SHmin) in the Pescadores and Comacalco basin area is NE-SW. On the other hand, the maximum horizontal stress component (SHmax) has a similar direction in the Cantarell-Hux area and the onshore Chiapas fold belt (Figure 1).
- Henza & Novoa (1919) observe on seismic data that multiple deep water thrust faults show growth during the Paleocene and Eocene, and many of these faults get reactivated during the Miocene. These two phases of fault growth are coeval with the Chiapas Massif uplifts.

A common model for the ongoing deformation in the Sureste Basin is gravity/differential loading-driven deformation, similar to the northern margin of the Gulf of Mexico. In this model, the Comacalco, Pescadores, and Macuspana basins are the up-dip extensional component of the system, and the deep-water contractional salt-involved features are the downdip component. The gravity/differential loading model suggests that the SHmin orientation in the Pescadores and Comacalco basin area is NW-SE. However, the borehole breakout data do not support this. Instead, the data show that SHmin has a NE-SW direction. Moreover, the Comacalco and Macuspana bounding faults strike parallel to the GPS displacement vector orientation, indicating that they may be accommodating shear (Figure 1).

In contrast, I argue that the Mid-Miocene to Present deformation in the Sureste Basin may be hard-linked with the northeast displacement of the Chiapas Massif. Although, a minor component of gravity-driven deformation may exist.

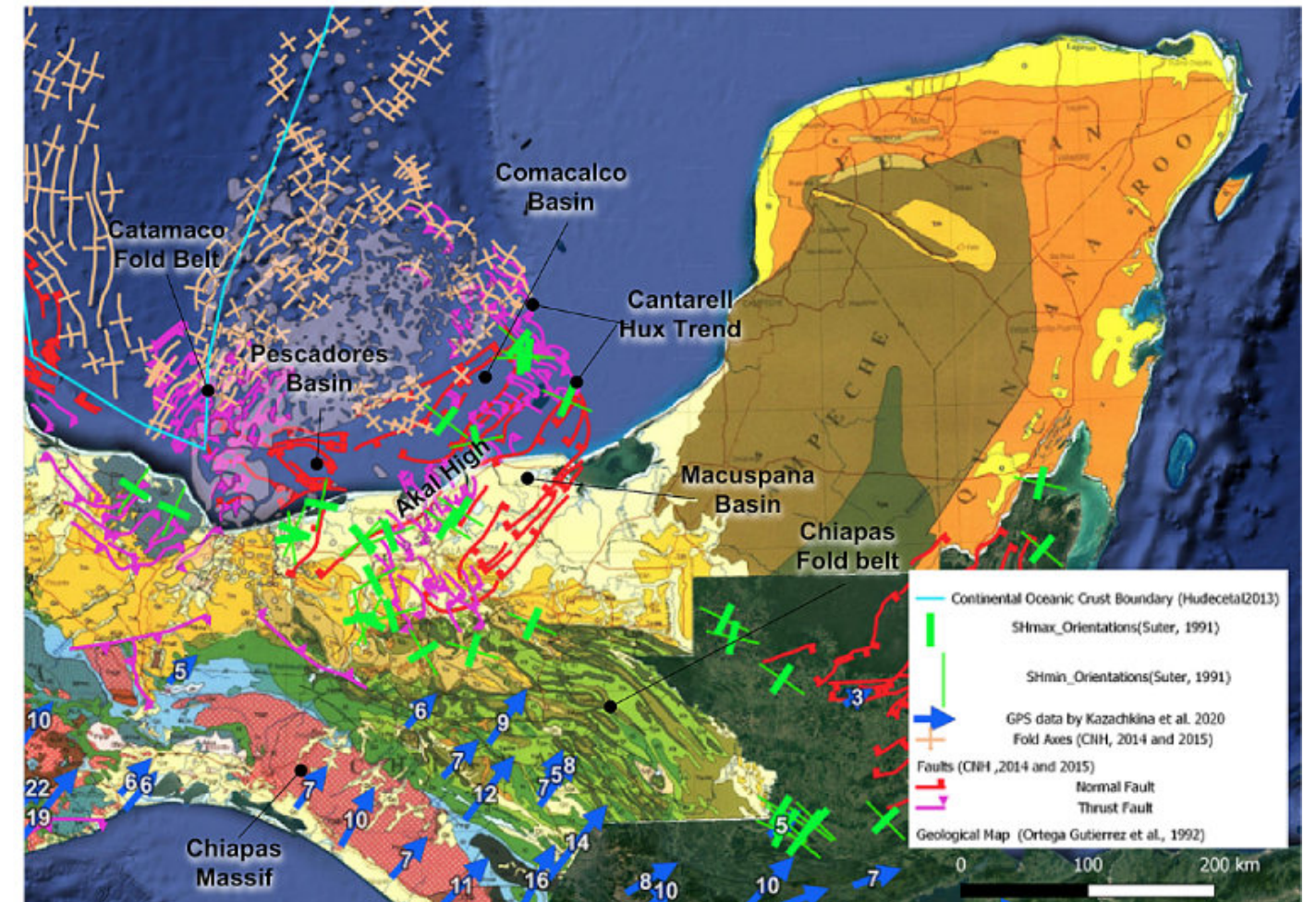


Figure 1. Compilation of regional data; The geological map in the background by Ortega-Gutierrez et al. (1992); Structural element map in the Sureste Basin by CNH(2014, 2015); GPS data (in mm/year) with respect to North America by Kazachkina et al., (2020); Borehole-breakout data by Suter (1991) and Lund-Snee & Zoback (2020). Notice that the GPS arrows are parallel to the Mascupana and Comacalco basins. It suggests they may be pull-apart basins related to NE striking shear zones. The borehole-breakout data show contraction in the Chiapas fold belt, Akal High, and Cantarell-Hux trend. These data also suggest that the Pescadores Basin is a pull-apart basin related to a right-lateral shear zone (Figure 2).

The Chiapas Massif driven tectonic model

The Chiapas Massif arose between 14 and 7 My ago (Villagomez and Pindell, 2020) and moved to the northeast. This deformation caused shortening to be translated along the Jurassic Louann salt, creating the Onshore Chiapas fold belt. A similar trend also developed in Akal High. The northeast tip of the High contains the shallow water Cantarell-Hux trend in the Bay of Campeche (Mandujano-Velasquez & Keppie, 2009). The transpressional Catamaco fold belt also formed at the same time.

The work of Molina-Garza et al. (2020) indicates that the Massif rotates 20° clockwise. Thus, the northwest side of the fold belt should accommodate more shortening than the southwest. Mandujano-Velasquez and Keppie (2009)

estimate that the Chiapas fold belt accommodates 106 km of shortening on a cross-section from Cantarell to Chiapas Massif. Graham et al. (2021) report a shortening of 50 km on a cross-section in the central part of the fold belt.

GPS data show that the Massif moves at the Present (Kazachkina et al., 2020). The Macuspana and Comacalco basins are oriented parallel to the GPS displacement vectors. Borehole breakouts in the onshore side of the Comacalco basin (Suter, 1991) confirm that this basin is part of a right-lateral shear zone. The ellipse of deformation predicts the orientation of the Pescadores basin bounding normal faults; and the orientation of thrust faults in the Catemaco fold belt (Figure 2a, b). Furthermore, the Geological Map of Southern Mexico (Ortega-Gutierrez et al., 1992) shows that the Chiapas Massif plunges towards the northwest, probably up to a

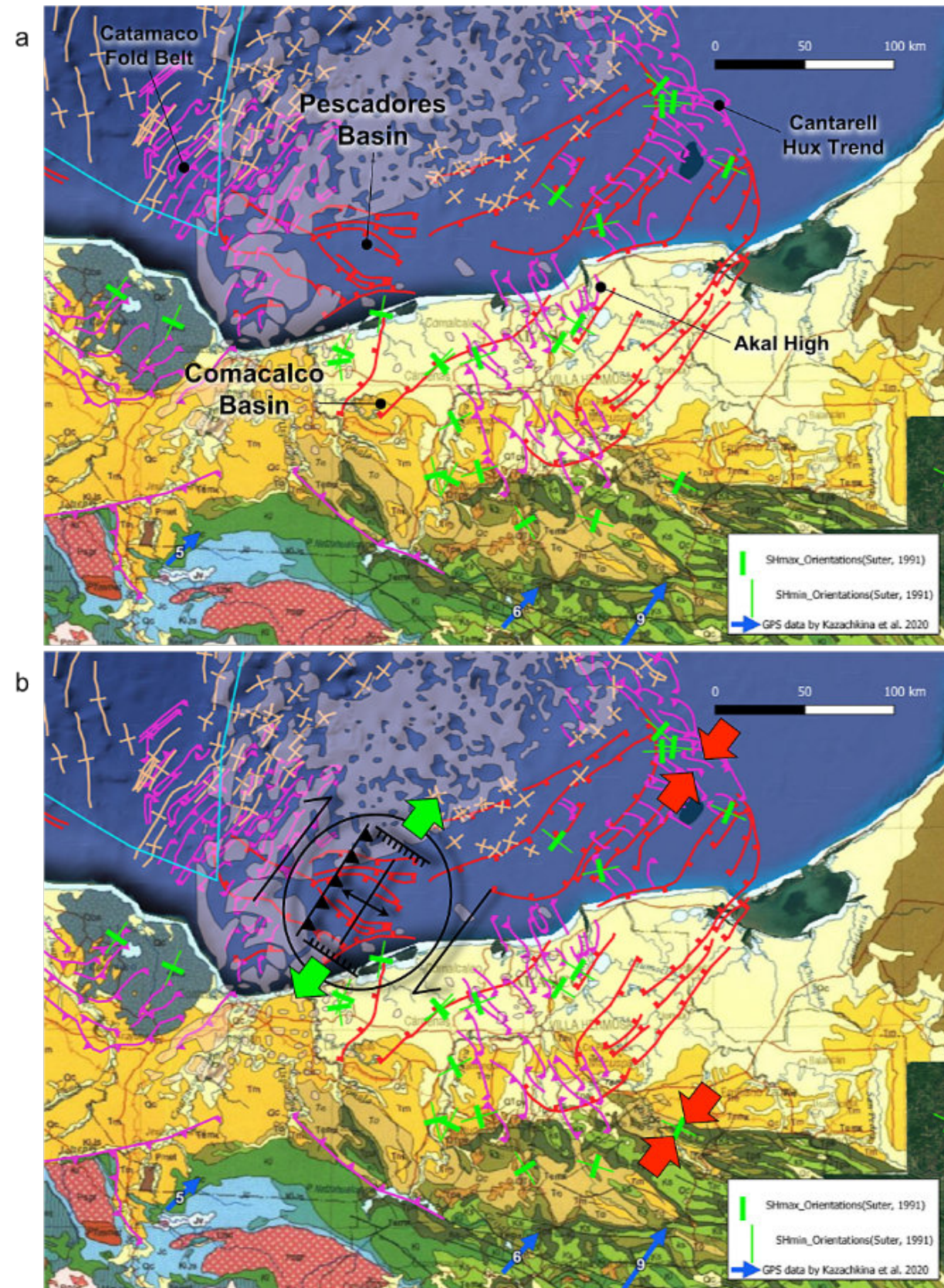


Figure 2a,b: Average SHmax orientation (red arrows) suggest that the Cantarell-Hux trend, Akal High, and the frontal part of the Chiapas fold belt are in NE-SW contraction (Suter, 1991). Moreover, average SHmin orientation (green arrows) in Salinas del Istmo indicate NE-SE extension. The SHmin and SHmax orientations are consistent with the strike of the normal faults bounding the Pescadores basin, and the thrust faults and anticlines in the Catamaco fold belt. These observations suggest that the Catamaco fold belt, Pescadores and Comacalco basins are part of a right-lateral north-east striking shear zone.

strike fault at the northwest edge of the Mixtequita Block. A GPS station in that area shows a 5 mm/year velocity vector pointing to the northeast (Figure 3). We predict that blind thrusting is likely happening between Chiapas Massif and the Tuxtla shield volcano. Therefore, integrating these observations allows us to interpret that the Sureste Basin accommodates Chiapanecan shortening at Present.

With that in mind, we have reinterpreted dip sections in the Sureste Basin published by CNH (2015). Section A

accommodates more shortening than section B (Figure 4). Hence, this implies that shortening increases from East to West, and the shallow allochthonous salt and post-salt section rotate counterclockwise. That is consistent with the right-lateral shear zone along the Pescadores and Comacalco pull-apart basins. The interpretation also predicts that Chiapanecan shortening propagates into the northernmost part of the basin.

Figure 5 summarizes how the tectonic model works. The Chiapas Massif translates to the northeast, transferring

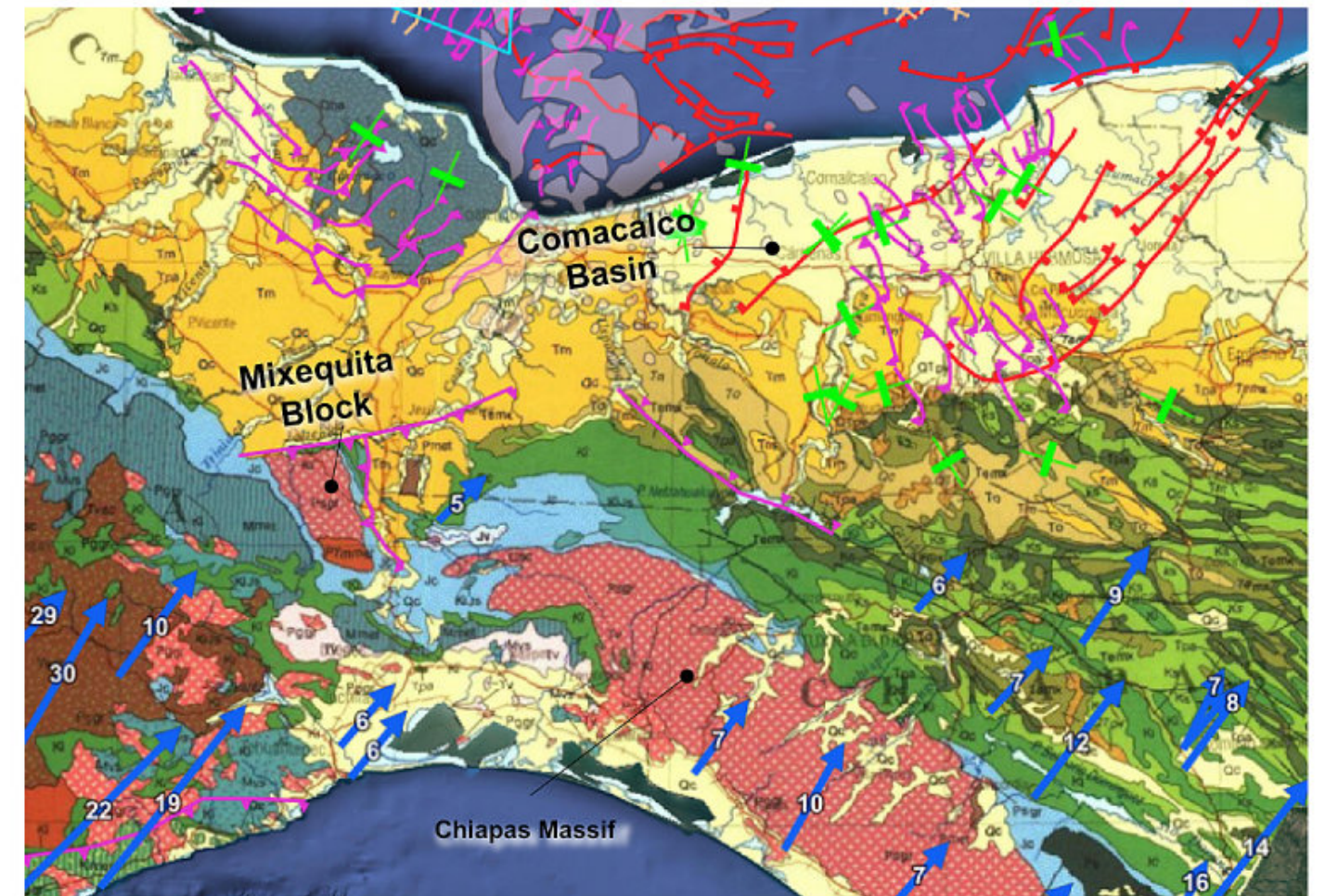


Figure 3. The Geological Map shows that the Chiapas Massif plunges towards the northwest up to the transpressional strike-slip fault bounding the Mixtequita Block. A GPS station positioned at that location shows a velocity vector with northeast orientation and a velocity of 5 mm/year. Thus, the northern tip of the Massif may be sending out shortening along the right-lateral north-east striking Pescadores/Comacalco shear zone.

shortening through the Louann Salt. The onshore Chiapas fold belt, including the Akal High, accommodate shortening from the Mid-Miocene to the Present. Two northeast striking shear zones develop: Comacalco, Pescadores, and Mascupana basins are pull-apart basins related to those shear zones. Shortening propagates to the

Sureste Basin along the NE striking right-lateral Pescadores-Comacalco shear zone, forming the transpressional Catamaco fold during the Mid Miocene. The shallow allochthonous salt and post salt sections in the Sureste Basin rotate because the east side accommodates more shortening than the west side.

Hydrocarbon Exploration Implications

Hard-linking deformation in the Sureste Basin with the translation of the Chiapas Massif has consequences from the regional exploration of the Sureste Basin.

- Paleogeography maps for the Mesozoic will be

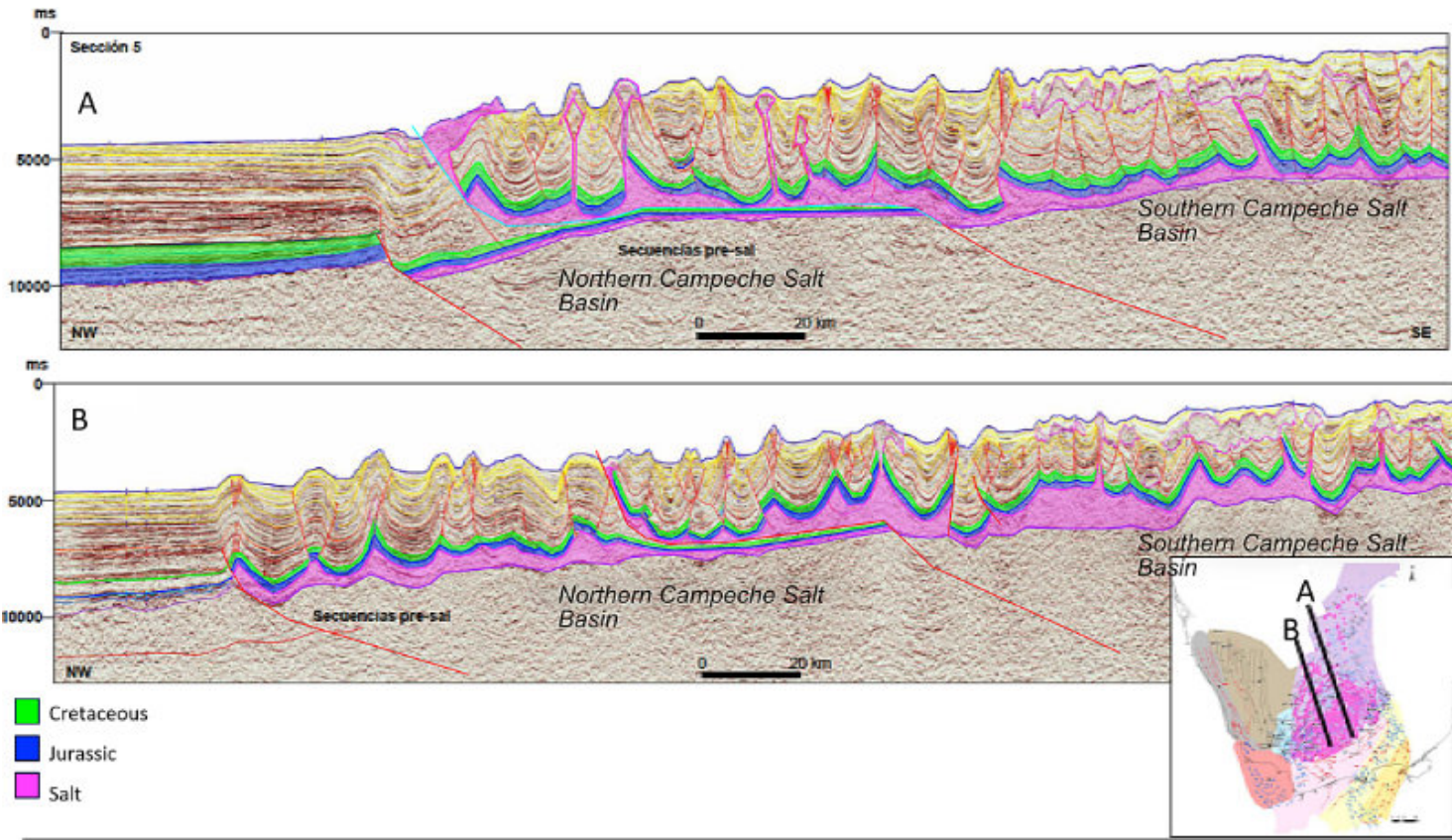


Figure 4. The model that links Chiapas northeastward translation and deformation in the Sureste Basin allows for increasing shortening in the basin. Accordingly, the interpretations of the seismic profiles released by CNH(2015) were modified to reflect that possibility. The sections show significant shortening, but this should be considered the maximum case scenario.

References

CNH(2014) Cuencas del Sureste Aguas Someras: Síntesis Geológico Petrolera. www.cnh.gob.mx, 64 p.

CNH(2015) Cuenca Salina: Síntesis Geológico Petrolera. www.cnh.gob.mx, 47 p.

Henza, A. & E. Novoa Structural Evolution of the Deepwater Campeche Salt Basin: Regional Tectonics, Structural Inheritance, and Implications for Petroleum Exploration. Petroleum Geology of Mexico and the Northern Caribbean, Programme, and Abstract Volume, p.52.

Hudec, M.R; I. O. Norton; M. P. A. Jackson & F. J. Peel (2013) Jurassic evolution of the Gulf of Mexico salt basin. AAPG Bulletin, v. 97, no. 10 pp. 1683–1710.

Graham, R.; J. Pindell; D. Villagómez; R. Molina-Garza; J. Granath & M. Sierra-Rojas (2021) Integrated Cretaceous–Cenozoic plate tectonics and structural geology in southern Mexico in Davison, I., Hull, J. N. F. and Pindell, J. (eds) 2021. The Basins, Orogens, and Evolution of the Southern Gulf of Mexico and Northern Caribbean. Geological Society, London, Special Publications, 504, 285–314.

Kazachkina E.; V. Kostoglodov; N. Cotte; A. Walpersdorf; M.T. Ramirez-Herrera; K. Gaidzik; A. Husker & J.A. Santiago (2020) Active 650-km Long Fault System and Xolapa Sliver in Southern Mexico. Front. Earth Sci. 8:155.

Lund Snee, J.E. & M.D. Zoback (2020). Multiscale variations of the crustal stress field throughout North America. *Nat Commun* 11, 1951.

different. Cross-sections suggest two salt sub-basins separated by a high (Figure 4).

- Basin models of the Sureste Basin should consider a potential sub-thrust Tithonian source rock and a post-salt Tithonian source rock in some areas of the basin. The sub-thrust source rock will be more mature.
- There is a potential for sub-thrust Mesozoic prospects within the basin.

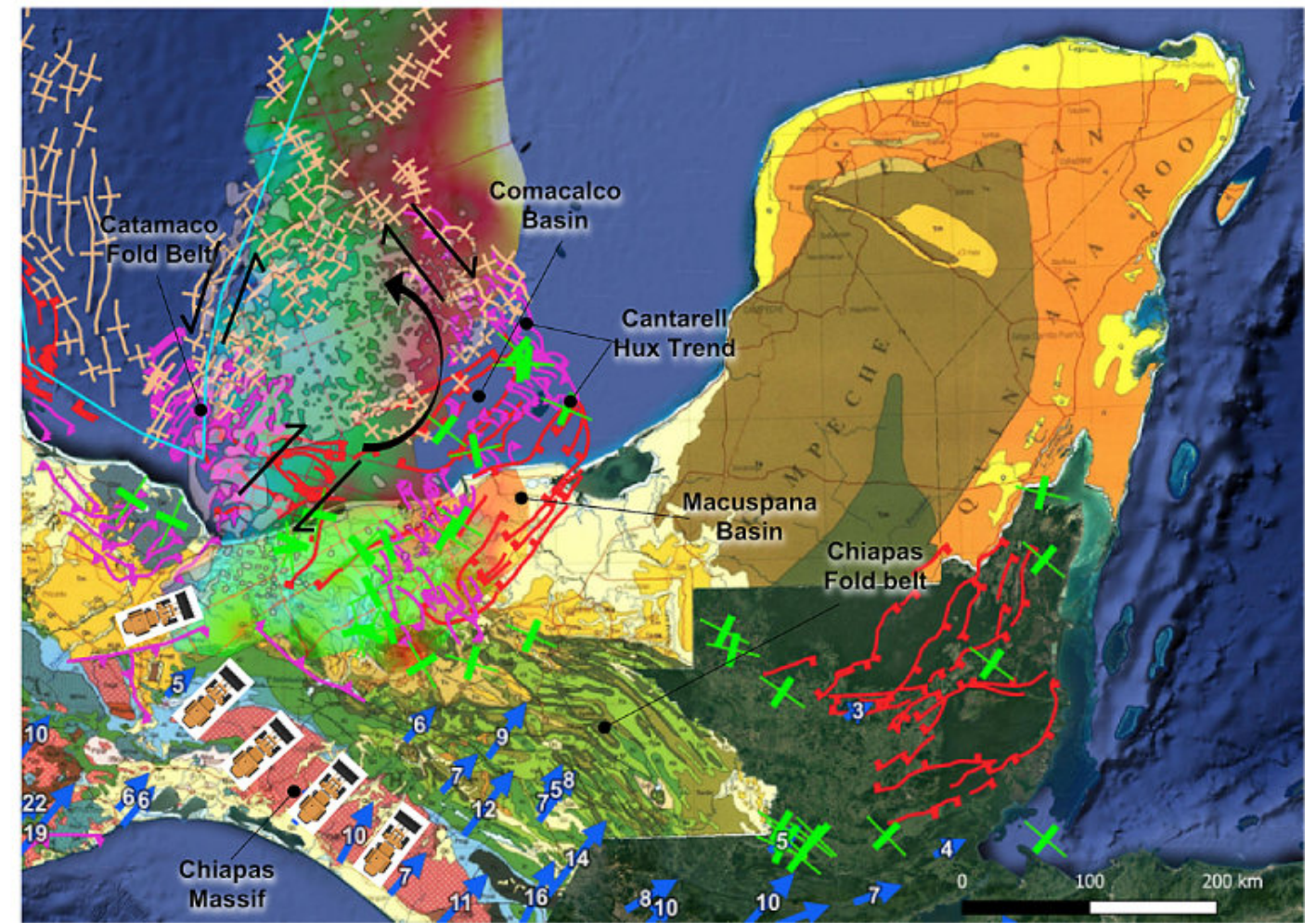


Figure 5. The Chiapas Massif arose in the Middle Miocene. It has translated to the northeast and rotated clockwise 20° since then. The initial phase of the Chiapaneca orogeny causes the development of the Chiapas fold belt onshore, the fold belt in the Akal High, and the Cantarell-Hux trend. At the same time, the transpressional Catamaco fold belt develops related to a NE striking shear zone in Salinas del Istmo. As the Massif continues translating up to the present day, the Sureste basin accommodates more shortening causing an anticlockwise rotation of the shallow allochthonous salt, and further development of the Pescadores and Comacalco pull-apart basins. A structural map of the base of salt (Pascoe, comm. pers.) is shown in the background (red = shallow, blue = deep).

Mandujano-Velasquez, J.J & J. D. Keppie (2009) Middle Miocene Chiapas Fold and thrust belt of Mexico: a result of collision of the Tehuantepec transform/Ridge with the Middle America trench. In: Murphy, J.B., Keppie, J.D., Hynes, A.J. (Eds.), Ancient Orogens and Modern Analogues. Geological Society London Special Publications, 327, 55–69.

Molina-Garza, R.; J. Pindell & P. C. Montaña Cortés (2020) Slab flattening and tractional coupling drove Neogene clockwise rotation of Chiapas Massif, Mexico: Paleomagnetism of the Eocene El Bosque Formation. *Journal of South American Earth Sciences*, 104.

Ortega-Gutierrez, F.; L.M. Mitre-Salazar; J. Roldan-Quintana; J. Aranda-Gomez; D. Moran-Zenteno, S. Alaniz-Alvarez & A. Nieto-Samaniego (1992) Carta Geologica de

la Republica Mexicana, Instituto de Geología, scale 1:2,000,000.

Suter, M. (1991) State of stress and active deformation in Mexico and western Central America in Slemmons, D. B., Engdahl, E. R., Zoback, M. D. & Blackwell, D.D., eds., Neotectonics of North America: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Decade <Map Volume 1, 401-421.

Villagómez, D. & J. Pindell (2020) Cooling and uplift history of the Chiapas Massif and its influence on sedimentation and deformation in the adjacent Sierra de Chiapas Basin, in Martens, U., and Molina Garza, R.S., eds., Southern and Central Mexico: Basement Framework, Tectonic Evolution, and Provenance of Mesozoic–Cenozoic Basins: Geological Society of America Special Paper 546.



Dr. Enrique Novoa holds a Ph.D. in structural geology from Princeton University and has 25 years of experience in the oil and gas industry.

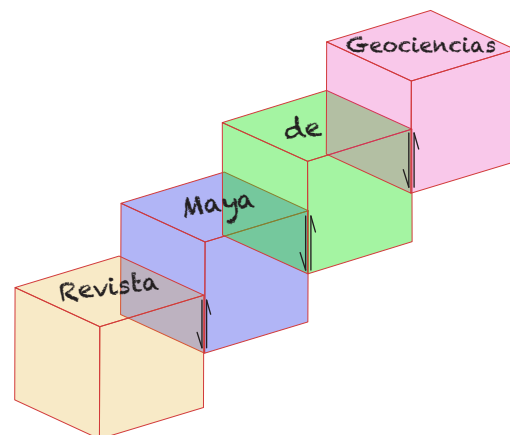
His experience includes working in different tectonic settings: from fold-and-thrust belts (Venezuela, Southern California, Mexico, and Argentina) to passive margins (The Barents Sea, Norwegian Sea, and North East Canada)

In addition, he has extensive salt tectonics experience: U.S. and Mexico sides of the Gulf of Mexico, Norwegian Sea, North-East Canada, Brazil, and the Barents Sea.

Dr. Novoa has also experience maturing and evaluating prospects, developing Common-Risk-Segment maps, and estimating Yet-To-Find volumes.

He has worked for PDVSA-Intevep, Midland Valley Exploration, and Equinor, became an independent geoscientist in 2020, and since then, has done projects for Avos Oil, Saiph Energy, and Shell.

For more details: www.linkedin.com/in/enrique-novoa1



GRANITOS SUBYACENTES EN EL MACIZO METAMÓRFICO ESCAMBRAY. ¿Posible metalogénia oculta?

Por Humberto Álvarez-Sánchez

Colaborador de la Revista; geodoxo@gmail.com

Introducción

En 1975, la expedición Cuba-Checoslovaquia Escambray I inició el levantamiento geológico 1:100,000 del Macizo Metamórfico Escambray, de Cuba central, extendido hacia el norte para abarcar las principales estructuras en su contacto o proximidad, entre ellas, el cinturón de Anfibolitas Mabujina y el Arco Volcánico Zaza (Figura 1). El levantamiento concluye en 1981 con Evsen Stanik como su geólogo principal (Stanik et al., 1981).

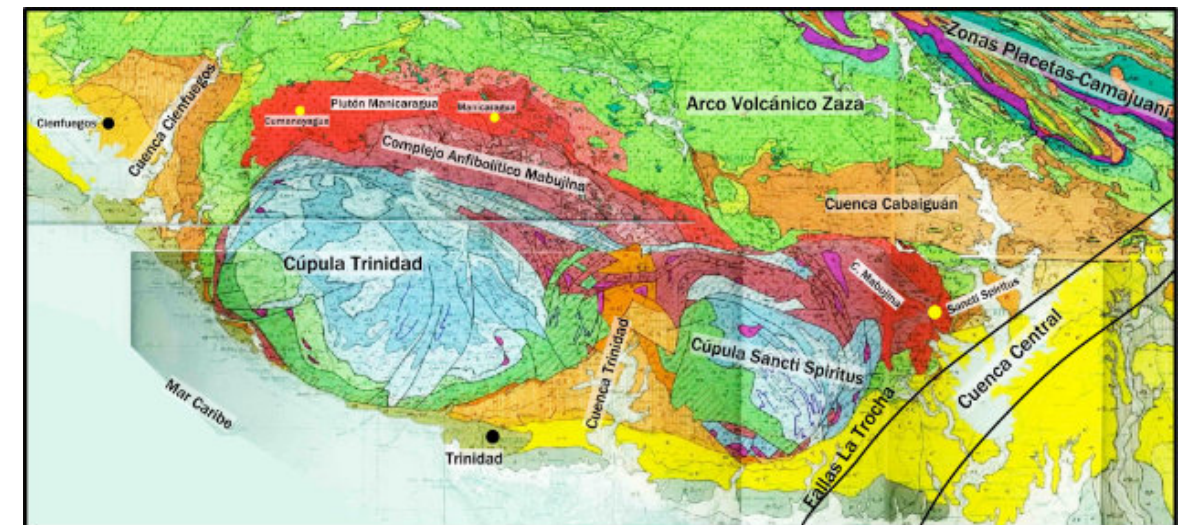


Figura.1. Estructuras del marco geológico del Escambray en el Mapa Geológico de Cuba a escala 1:250,000 (Puchsharovski et al., 1988).

En el informe final, la Expedición Escambray I presentó en sus conclusiones el primer modelo general de evolución del Escambray; nunca publicado e injustificadamente ignorado; basado en la subducción del precursor Escambray a las condiciones de la facies eclogítica hasta que, crecientes esfuerzos de cizalla obstaculizaron la inserción y separaron láminas de contraste de propiedades mecánicas y metamórficas, remontadas en posición inversa, a partir de la más profunda hasta la superficial, para formar una columna de retro-cabalgamientos. Cada uno con el grado metamórfico y deformaciones adquiridas. Stanik y coautores explicaron así la superposición de nappes, proceso llamado “la causa del metamorfismo invertido”. La fase final culminó en la emersión provocada por desequilibrios gravitacionales de la inversión de densidades en la sección vertical del Escambray, cabalgado por los complejos de anfibolitas de Mabujina y el arco volcánico de Zaza, de mayor densidad.

Otro importante resultado de la Expedición, resultó el descubrimiento de anomalías geoquímicas imprevistas, encontradas en los sedimentos fluviales activos, cortezas y terrazas; por vía del levantamiento de *stean sediments* (Sts₁) y el lavado de *pannings* (Pns₂), que abarcó la totalidad del Escambray.

Dentro de los minerales y elementos descubiertos se encontraban monacita, cinabrio, scheelita-wolframita, casiterita, molibdenita, plomo nativo, con oro y plata asociados; coincidentes con anomalías espectrales de estroncio, molibdeno y antimonio. La mayoría se consideraron incoherentes con las bajas temperaturas de formación de los yacimientos estratiformes del macizo metamórfico (Bolotin et al., 1970; Tolkunov et al., 1974) y la baja temperatura metamórfica de las unidades de superficie (Stanik et al., 1981; Millán y Somin, 1981). Los geólogos de Escambray I, correlacionaron las anomalías con las correspondientes de los campos gravimétrico, magnético y radiactivo, estructuras tectónicas y ambiente rocoso, observándose significativas relaciones, suficientes para enunciar la hipótesis de una metalogénia de

¹ Sts: Sedimentos finos de corriente procesados por análisis espectral cuantitativo.

² Pns: Panning (lavado de batea de aluvión procesados por mineralogía, microscopía elect., etc.).

mayor temperatura, causada por magmatismo granítico, emplazado en el substrato del Escambray. No se les escapó la analogía con el Macizo Metamórfico Pinos de Cuba occidental, de espectro coincidente de metales, en gran parte relacionado con granitoides (Page y McAllister, 1944; Kuman y Gavilán, 1965; Garapko et al., 1974; Eguipko, et al., 1975) y la posición regional común de ambos complejos metamórficos.

Finalmente, Stanik y Mañour (en Stanik, op cit.) presentaron la síntesis de sus ideas en relación con la posible existencia de los granitos del Escambray:

- La red de observación de Sts, superpuesta sobre los mapas geológicos y tectónicos, reveló coincidencias de las anomalías de molibdeno, antimonio y estroncio, con zonas diagonales y elementos estructurales, tales como foliación, límites estratigráficos y cierta correlación con los sistemas de fallas. La asociación de esos elementos es frecuente en la paragenesis de rocas graníticas; no conocidas y sin indicios precedentes en el Escambray.
- Scheelita-wolframita, casiterita, plomo y cinabrio, minerales encontrados en dispersión fluvial, en ocasiones con señales de oro y plata; en suma con anomalías de turmalina, son una fuerte sugerencia de un evento teletermal, fuera de los fenómenos hasta ahora conocidos en el macizo.
- Un ejemplo de las perturbaciones evidenciadas por la geoquímica, es el saliente SW de la Cúpula de Trinidad. En esta región, continuaciones analíticas de la gravedad, mostraron anomalías subyacentes; campo regional radiactivo elevado intenso, controlado, tanto por roca como por tectónica de naturaleza uranífera; anomalías espectrales de estroncio y molibdeno y anomalías aeromagnéticas de alta intensidad; todos coincidentes entre sí. Condiciones que apuntan a la posibilidad de granitoides en la profundidad.

Si en la profundidad existen granitos; es geológicamente concebible que deben distinguirse señales diferenciadas de las emitidas por los yacimientos piríticos-sulfurosos, sin excluir superposiciones. En términos especulativos, varias causas serían capaces de provocar intrusiones graníticas en una corteza potente de 25-30 km. Por ejemplo; la delaminación de parte del perfil y su fusión en el manto subyacente. Inclusive, si se tratara de un evento fósil "intracontinental" de margen pasivo; desempeñaría un papel significativo en la estructura y en el mecanismo de ascensión del Escambray, al constituir un factor importante en la formación de su campo gravitatorio.

La cuestión de los granitos, no tuvo posteriores discusiones. El interés surge más tarde; en interpretaciones de los macizos Pinos y Escambray como "Complejos de Núcleo Metamórfico" (Draper, 2001; García-Casco et al., 2001; García-Casco et al., 2008; en consonancia con doctrinas entre ellos compartidas y bajo ciertos argumentos dados por ciertos. La tesis de los núcleos metamórficos, unida con un rechazo de la hipótesis de los granitos del Escambray, finalmente formó un libreto unificado en Despaigne-Díaz et al., 2017.

Refutar la existencia de granitos en el Escambray es posible, solo sobre la base de los datos. Rechazar su existencia *ad libitum*, es algo bastante imprudente. Por consiguiente, no puedo evitar una pregunta:

¿Como Despaigne-Díaz et al., 2017, descartan a los granitos del Escambray y, al mismo, tiempo enlazan la cuestión con una clasificación del macizo, nada menos como un tipo específico de núcleo metamórfico? Sin argumentos de la voluminosa base existente y disponible de datos geofísicos, capaz de informar sobre densidades comparativas de las capas, profundidad de fronteras corticales, geometría fiable de las fallas del perfil regional. Por añadidura con la completa ausencia de discusión de los datos geoquímicos; básicos en la discusión sobre los granitos. ¿Como llegaron a tales conclusiones?

Discutiré en esta primera parte del trabajo, la cuestión de los granitos del Escambray por vía del examen de la geoquímica, con el fin de evaluar hasta donde conducen los datos llevados por su propio peso.

Monacita y REE en el Escambray

El descubrimiento de monacita en el Escambray, se debe a Maximov et al., 1968, en Pns adentrados en la porción septentrional de la Cúpula de Trinidad. En 1969, también Pavlov (1970) encontró monacita junto a espinela, prehnita y ortita al SSE del Complejo Anfibolítico Mabujina, en Pns sin tamizar y en volumen libre. El límite Maximov-Pavlov era el

borde norte de la Cúpula de Trinidad, demarcación atravesada por la mayor parte de las corrientes nacidas en el interior del Escambray. La detección repetida de monacita en ambos dominios y por el mismo método, sugerían que parte de los minerales en los Pns de Pavlov, provenían de cuencas tributarias internas del Escambray; sin negar la existencia de monacita en las anfibolitas por Sukar (1964) quien la encontró en pegmatitas del cinturón de Mabujina.

La comparación de la analítica de Pns de la Expedición Escambray I con Pavlov y Maximov, reveló discrepancias con la monacita, no detectada o confundida en los laboratorios cubanos. No obstante, en un grupo de duplicados de control, procesados en laboratorios de Geindustrias de Praha se descubrió una mayoría estadística de muestras de Escambray I con monacita. Las muestras controladas provenían de 4 hojas del Escambray: Cumanayagua, Topes de Collantes, Río Cabagán y La Sierra; región esta última al SW de la Cúpula de Trinidad; alejada del cinturón septentrional de los yacimientos sulfurosos de la Cúpula de Trinidad. Ninguna perteneciente a la Cúpula de Sancti Spiritus; quizá sin muestras de control o sin resultados equivalentes. Estas diferencias; salvadas gracias al control, terminaron por acreditar los resultados de Pavlov y Maximov.

Las circunstancias de cristalización de la monacita son variables y a menudo es accesoria bajo diferentes condiciones. Así es necesario examinar la coherencia entre su dispersión y las características geológicas determinantes de su control en el norte de la Cúpula de Trinidad; localidad de los hallazgos de Maximov.

La monacita; es un fosfato de REE, y fuente principal de este grupo. Radioactiva por U-Th entre 6% al 12%; en ocasiones llega al 25% (Barthel & Tulsidas, 2014). Rocas monacíticas, abundan en granitos peralcalinos; pegmatitas, venas de greisen y nódulos de manganeso. Minerales indicadores son anfíboles y clinopiroxenos sódicos, allanita/ortita, thorita y zircón. Indicadores comunes son oro y cobre nativos; sulfuros de Ni-Cu-PGE; scheelite, wolframita, casiterita y cinabrio (McClenaghan, et al., 2017). Rocas en el norte de la Cúpula de Trinidad, donde la monacita se encuentra en el ambiente, contienen REE, en capas métricas-decamétricas de metasilicatas de las Fms. Loma La Gloria; Cobrito y La Sabina. El protolito es chert estratificado (cuarzo 55-75%), moscovita, granate, magnetita y bandas de hasta 60% de óxidos negros de Mn. Según espectral cuantitativo, contienen Ti, Cu, Ni, Co, Zn, Mo, V, Cr, Sr, Pb, Ag, Cd, Ga, Zr, Ge y Ba. En tierras raras se encontraron en mayoría Lantano, Itrio, Iterbio y Escandio, suficientes para su detección (Souček, en Dublan y Álvarez-Sánchez et al., 1986). Un fundamento adicional para rechazar el carácter accesorio de la monacita se basa en la convivencia de las capas con REE en el campo de anomalías aerogamma-espectrométricas de la región norte de la cúpula de Trinidad (Figura 2).

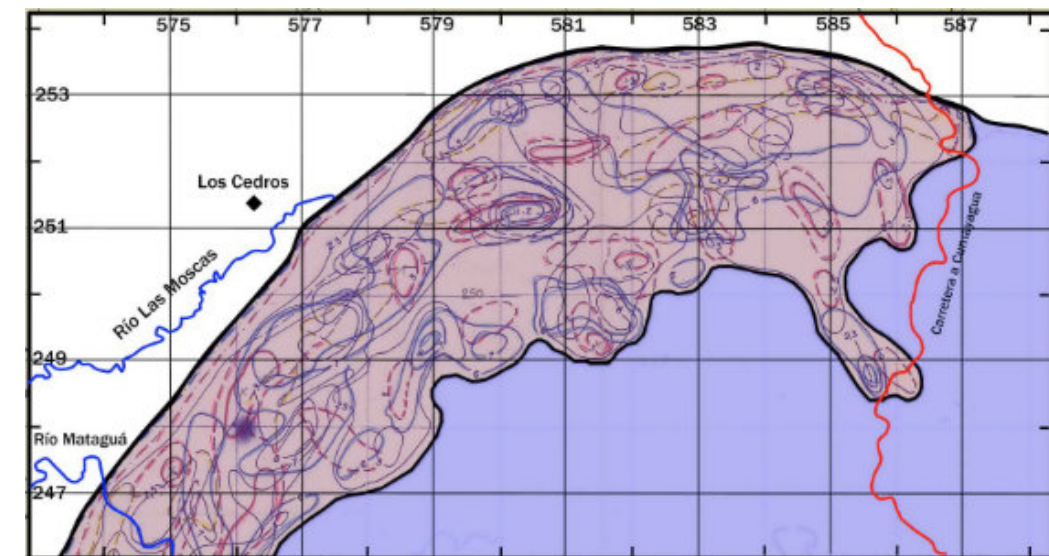


Figura.2. Fragmento del mapa aeroradiométrico (Liubil y Martinova, 1981), U(Ra)-Th-K, del NW de la Cúpula de Trinidad Expedición Escambray II (según Lledías, 1986). Obsérvese la orientación de los ejes de anomalías, paralelos a los rumbos NW-NE (fallas) y EW, correspondientes a contactos entre nappes y cuerpos litológicos.

En los Pns realizados durante el levantamiento de Maximov se encontró magnetita con monacita y ortita en los ríos del norte de la Cúpula de Trinidad. La magnetita es accesoria en los sulfuros del grupo del platino (PGE) magmático Ni-Cu (Boutroy et al., 2013). Asociaciones de minerales de REE con magnetita-monacita se conocen, por ejemplo, en la superunidad de Veporic en Eslovaquia central (Pršek et al., 2010). Durante el levantamiento 1:100,000; como

“magnetita” se incluyó toda la fracción magnética sin distinción (Mañour, en Stanik et al., 1981). Igual para la magnetita en el levantamiento 1:50,000 Escambray II (Dublan y Álvarez-Sánchez et al., 1986). Por tanto, la significación de la asociación de magnetita-monacita no se investigó. Respecto a contenidos de REE la monacita en el ambiente y los factores de control; cabe decir que de realizarse un muestreo especial de las rocas manganesíferas-magnetíticas; sospecho se encontrarán resultados inesperados. Anomalías con más de 50% de magnetita existen sobre extensiones de las manifestaciones radiactivas en la región de La Sierrita (Zona R-1), W de la Cúpula de Trinidad; estableciéndose coincidencias suficientemente significativas entre ambos casos, porque en esta región de la anomalía R-1 se encontraron contenidos de uranio en roca (Olivera et al., 1995).

Tungsteno. Estaño

La metalometría de Maximov tuvo otros resultados notables, aun con la escasa sensibilidad de detención de la época. En la región de La Batea, N de la Cúpula de Trinidad, lejos del contacto con las anfibolitas Mabujina; se encontró wolframio en cantidad de 0.001 hasta 0.01% y Ni, Ag, Co, Mo y Pb, aunque no estaño. Sin embargo, en la localidad de San Narciso, al W de la cúpula, se encontró estaño en 0.001% y molibdeno en 0.001%. En ambas localidades con un control de fallas NW. Ninguno de ellos se reportó en los depósitos piríticos (v. Tolkunov et al., 1974). En la localidad Loma de Los Picos, 44% de Pns contenían casiterita en un ambiente de las Fms. Loma La Gloria-Cobrito. La red de arroyos se encuentra en parte dentro del campo aero-radiométrico U(Ra) (Figura 2). En la región de Crucecitas, situada mucho más al sur, en área de las Fms. La Sabina (metaflysch cretácico) y Collantes (mármoles jurásicos) en un área de 4 km², 50% de Pns contenían epidota, casiterita y scheelita y señales de oro. También en la localidad de Crucecitas, dos muestras (1206131 y 1207132) contenían oro nativo y un 1% de casiterita en control de Geindustrias de Jiblava. Finalmente la casiterita, testada en rocas estructurales se encontró por Svoboda (1988), en la fracción no magnética del molido de roca madre, en el borde norte de la Cúpula de Trinidad (Zona 3 del Metamorfismo; Millán y Somin, 1981) en los sectores de La Belleza-Pico Blanco; ambiente de las Fms. Loma La Gloria y Cobrito.

Tabla.1.Contenidos de Estaño en roca (Escambray II).

Estaño	Localidad
0.1	1213102
0.1	1212104
0.1	12111058

Molibdeno

Molibdeno en trazas (0.001%) se detectó primero en la metalometría de Maximov (1968) en el sector de La Batea, norte de la Cúpula de Trinidad. En esa región el molibdeno en litogeoquímica de la Expedición Escambray II alcanzó entre 0.1 a 0.4% (Tabla 2). Durante la Expedición Escambray II la molibdenita se esperaba abundante en los prospectos Cu-pórfido de los complejos graníticos de Manicaragua (Figura 1). En contra de las expectativas no ocurrió así. Sorpresivamente, a pesar de su baja dureza y tendencia a flotar, molibdenita se encontró en Pns en el Escambray, aunque raramente (Mañour, en Stanik op cit.), por lo visto a causa de ser tan inesperada.

Tabla.2.Contenidos de Molibdeno en roca en la parte norte de la Cúpula Trinidad (Escambray II).

Molibdeno %	Localidad
0.4	1213102
0.1	1212104
0.4	12111058
0.1	1211096

También en los campos anómalos Cu-Zn, con oro y plomo nativo; sobre gran parte de los mármoles del Grupo San Juan, se encontró molibdeno y estroncio por análisis espectral. En el extremo SW de la Cúpula de Trinidad la Expedición Escambray I determinó un sector de perspectivas metalogénicas (Sector Metalogénico 7, de Stanik et al., 1981);

caracterizado por abundantes anomalías de molibdeno en los Stn; según los resultados del análisis espectral de emisión. Hacia el W del sector se encontraron anomalías de antimonio caracterizando el contacto externo como elemento típico localizado.

Cinabrio

Las anomalías de cinabrio en el Escambray fueron bastante sorprendidas para la Expedición Escambray I. Cinabrio no se registró en la primera geoquímica de los yacimientos sulfurados de la región norte de la Cúpula de Trinidad. En el levantamiento Escambray I se encontraron anomalías de cinabrio en los flancos de los yacimientos. Pero otras anomalías de cinabrio en la cúpula occidental, al parecer eran independientes de los cuerpos de sulfuros masivos según Mañour (en Stanik et al., 1981); sin una clara explicación. En contraste con la Cúpula de Trinidad, en la de Sancti Spiritus se destacaron extensas anomalías de cinabrio junto a elevados contenidos de zircón, con plomo anómalo solo en Sts y con ausencia casi absoluta de plomo y cobre nativos, esfalerita y malaquita en Pns. Algunas anomalías de cinabrio se vincularon con enjambres de venas pegmatíticas de las Anfibolitas Yayabo, con mucho zircón. Pero la restante mayoría no mostró relación alguna con formación específica o cuerpos minerales sulfurados. Según Mañour (*op cit.*) un posible indicio de actividad magmática, posiblemente cercana a la actual superficie.

El cinabrio es uno de los problemas de la geoquímica del Escambray. Mineral común en la parte superior de las columnas minerales hidrotermales de baja temperatura (<de 250 C°), la asociación Cu-Pb-Zn ocupa una posición inferior y de más alta temperatura. El cinabrio a menudo es acompañado por oro nativo, pirita, marcasita y antimonita. Los depósitos con las concentraciones mayores de mercurio incluyen SEDEX, VMS, depósitos de aguas termales y de oro-plata de alta sulfuración.

Plomo

El plomo nativo en Pns, o espectral en Sts, es otro problema de la geoquímica del Escambray. Sn, Sn y algo de Sb en plomo controlado en Checoslovaquia, llevó al concepto de plomo artificial. Pero en contra de la contaminación, se encuentra el gran número de muestras de la zona cárstica central de la Cúpula de Trinidad sin huellas de asentamientos humanos y la convivencia del plomo con otras anomalías de metálicos en el mismo espacio. Mañour, (en Stanik et al., 1981), reportó una transición entre el plomo en los Sts de aguas arriba, hacia el plomo nativo en Pns aguas abajo, es decir, la posible sustitución de una forma de plomo por otra según condiciones del ambiente (pH, eH; etc.). En general, la geoquímica demuestra a la Cúpula de Trinidad con el nivel más alto en plomo nativo. De acuerdo a la Expedición Escambray II el plomo nativo es frecuente en los Pns del norte de la Cúpula de Trinidad y las concentraciones mayores se conocen en áreas de las Fms. Loma La Gloria-La Chispa y Cobrito y la Fm. La Sabina, junto con anomalías de esfalerita, oro y cobre nativos; en zonas de anomalías aeroradiométricas de U (Ra). En La Batea, W de la presa Hanabanilla, metasilicatas de la Fm. La Sabina; 50% de Pns contenían plomo nativo en un ambiente de la anomalía aeroradiométrica de U(Ra). En el área de Siguatepeque, cercana a la presa Hanabanilla, se encontró plomo nativo coincidente con una anomalía de oro y esfalerita en un área de 2.2 Km². En la parte SW de la cúpula, en las regiones de La Sierrita-Gaviña-San Blas, se encuentra plomo nativo con cierta regularidad excepto la región al sur, de metavulcanitas de la Fm. Yaguanabo.

Zircón. Turmalina

La dispersión de zircón cubre casi por completo el Escambray, sin determinación clara de la fuente. Las eclogitas sobresalen por el zircón, de fuente magmática según Somin et al., 2009. Sin embargo, la pequeñez de los cuerpos las descarta como fuente. Igual ocurre con los Esquistos Algarrobo, con zircón solo como accesorio. Una fuente posible son los esquistos metaterrígenos con zircón elevado pero variable y sin comprobaciones acreditables. En la Cuenca de Cabaiguán, muy cerca del norte de la Cúpula de Sancti Spiritus, existen anomalías de zircón junto a voluminosos derrubios de la coraza metamórfica superior de la cúpula. La anomalía de zircón, hasta 8%, se proyecta hacia el sur, adentrándose en la cúpula oriental hasta coincidir con el campo de anomalías de cinabrio.

De forma similar, la turmalina aparece en varios %tos en la Formación Bijabo de la Cuenca de Cabaiguán. En los sedimentos Ni-Q, al S de las cúpulas, la turmalina alcanza elevados %tos. Al SW de la Cúpula de Trinidad un sedimento de 0.5 g contenía una asociación llamativa de turmalina, barita, rutilo y zircón. Turmalina con barita en elevados %tos

con calcopirita y esfalerita aparece en pannings en la cúpula occidental, al sur de Manicaragua. En el extremo SE de la cúpula occidental ocurren anomalías con turmalina, oro nativo y cinabrio, asociadas con apatito y cianita en cantidades considerables. La asociación de turmalina con cianita, alrededor del Escambray, refuerza el concepto de la erosión de la coraza metamórfica en el corte superior de los nappes con cianita y turmalina (Álvarez-Sánchez y Bernal, 2014a,b). Las unidades provenientes de la mayor presión y profundidad, con cianita propia de ese ambiente probablemente contenían mucha turmalina, por causas no aclaradas pero sugerentes.

Según Mañour (en Stanik et al., 1981) la abundancia de turmalina podría resultar de la introducción de boro, relacionada con el metamorfismo o con las intrusiones ácidas bajo el Escambray. La falta de cristalografía de las turmalinas, impide saber si se trata de cristales crecidos en metamorfismo o de origen ígneo.

Diferencias geoquímicas entre las cúpulas Trinidad y Sancti Spiritus

Las diferencias fueron suficientes para llamar la atención, tanto más al tener en cuenta la equivalencia de la estratigrafía, estructura y el metamorfismo en ambas cúpulas.

En la Cúpula de Trinidad los campos Sts de Cu-Zn-Ni son de valor mayor. En la Cúpula de Sancti Spiritus fueron menores en todos los casos. En correspondencia faltan minerales de Cu y Zn. Sin embargo el Cu en Sts aumenta en rocas más jóvenes (Cretácico Inferior), afloradas en ventanas tectónicas en el centro de la cúpula. Aunque el Ni parece controlado por roca en ambas cúpulas; en la de Trinidad hay anomalías sin serpentinitas y serpentinitas sin aureolas de Ni y en la de Sancti Spiritus, al contrario, serpentinitas y Ni mantienen una clara correlación.

Mientras el plomo nativo se encuentra con regularidad en la de Trinidad (y cobre nativo en ocasiones) en Sancti Spiritus Mañour (op cit.) señala una ausencia casi absoluta de plomo y cobre nativo y casi total de esfalerita y malaquita. En cambio, las anomalías de cinabrio son relativamente abundantes y más extendidas que en la de Trinidad.

Los hallazgos de monacita, scheelita y casiterita parecen exclusivos de la Cúpula de Trinidad. Sin reportes en la de Sancti Spiritus, la ausencia de datos determina su inutilidad comparativa. O no se encontraron o no existen; ambos casos muy dudosos. Si la ausencia de plomo nativo en la Cúpula de Sancti Spiritus es real; de acuerdo a la composición del corte estratigráfico, equivalente en ambas cúpulas, esto no tiene una buena explicación sino a partir de procesos de metalogenia desconocidos y determinantes de las diferencias; quizá en su intensidad o en el nivel menos descubierto de las aureolas o, como fácilmente se puede pensar, en defectos de calidad del muestreo.

Las grandes anomalías de cinabrio acompañadas de elevados contenidos de pirita y epidota requieren una explicación. Aunque el modelo vertical (cinabrio- Cu-Pb-Zn) quizá no sea aplicable al caso ni probado en el territorio; las extensas anomalías de cinabrio podrían relacionarse con una actividad metalogénica de fuente probable cerca de la superficie actual. La mayor cantidad, extensión e intensidad de las anomalías de cinabrio en la cúpula oriental queda como una característica diferencial principalmente a causa de su, hasta ahora, aparente posición en los niveles más elevados de la cúpula.

Tabla.3. Resumen comparativo.

Cúpula de Trinidad.	Cúpula de Sancti Spiritus,
Pb nativo frecuente y en ocasiones Cu nativo (Pns).	Ausencia absoluta de Pb y Cu nativos (Pns)
Pb espectral (Sts).	Pb espectral (Sts). > elevado que la cúpula occidental.
Monacita, scheelita y casiterita (Pns).	No hay reportes (Pns).
Anomalías de Cu-Zn-Ni (Sts). Valores superiores.	Anomalías de Cu-Zn-Ni (Sts). Valores menores.
Minerales de Cu y Zn (Pns)	Falta casi total de minerales de Cu y Zn (Pns).
Oro nativo (Pns).	No hay reportes (Pns).
Estroncio y el antimonio (Sts).	No hay reportes (Sts).
Anomalías localizadas de cinabrio (Pns).	Anomalías de cinabrio en mayor número (Pns).
Anomalías de Ni sin serpentinitas y serpentinitas sin aureolas de Ni.	Buena correlación entre el Ni y las serpentinitas.
Mo (Pns o Sts).	No hay reportes.

El hecho de que las cúpulas presenten diferencias tan importantes en el espectro mineralógico geoquímico, sin que existan contrastes significativos entre sus columnas estratigráficas ni tampoco en las regularidades propias de sus

campos físicos; puede significar que las anomalías de ciertos metales y elementos podrían relacionarse con un evento magmático de foco activo en el substrato del Escambray, pero actuando a mucha mayor profundidad y en etapa anterior a su emersión, tal como piensan Stanik y Mañour (1981). Si existen columnas minerales relacionadas con un cuerpo en mayor profundidad, ello constituye una buena explicación de las diferencias geoquímicas y estas una prueba geológica para sospechar la existencia de tal fuente magmática no aflorada; mucho más cercana a la superficie en la Cúpula de Trinidad.

Como otra posible causa de tales diferencias es necesario considerar la profundidad del corte de erosión. En efecto: Si existe una causa profunda que provoca anomalías de metales exóticos en la Cúpula de Trinidad, con más del doble de extensión aflorada; la mayor profundidad del corte de erosión puede contribuir a explicar estas diferencias.

Las unidades de mayor grado metamórfico en Cúpula de Trinidad fueron desmanteladas hasta el punto de encontrarse las unidades de alta presión solo en los bordes, nunca en su centro; situación por completo contraria a la Cúpula de Sancti Spiritus. No obstante, conocida la superposición tectónica de unidades de mayor grado metamórfico, sobre otras de menor grado metamórfico; no se conoce la extensión o el corte vertical de las unidades ni su número en la profundidad. La potencia de las cúpulas no es equivalente, ni lo son su elevación ni la geometría de los contactos de sus perímetros; circunstancias que oscurecen la interpretación.

No obstante, un buen ejemplo favorable al papel desempeñado por la profundidad del corte de erosión se encuentra en las regiones del SW de la Cúpula de Trinidad. En este sector, numerosas anomalías complejas elementales, minerales, gravitacionales, magnetométricas y radioactivas; coinciden sobre un territorio donde el corte de erosión presentan las características de una profunda ventana erosiva en la región de La Sierrita.

Radioactividad y anomalías geoquímicas de la región SW de la Cúpula de Trinidad. Conclusiones

De 116 anomalías radiométricas investigadas en las provincias de Cienfuegos y Sancti Spiritus, al sur de Cuba central, el Escambray contiene el 63% del total (Olivera et al., 1995). Entre las más notables se encuentra la región del extremo SW de la cúpula (Figura 3), con decenas de km² de anomalías. El campo anómalo se extiende sobre un relieve de ventanas tectónicas, labradas por un profundo corte de erosión sobre unidades de nappe integradas por metaterrígenos y mármoles jurásicos (Millán y Álvarez-Sánchez, 1992, ined.).

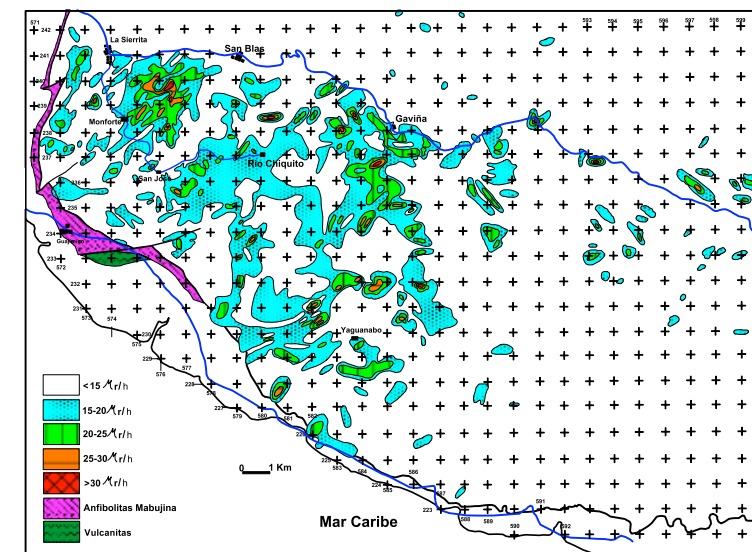


Figura.3. Mapa de las anomalías radiométricas en la región de La Sierrita; SW de la Cúpula de Trinidad. Radiometría pedestre de detalle (Según Stanik et al., 1981).

El campo más intenso es la Zona R-1, con 10 anomalías, rodeadas por un perímetro de 15-25 µR/h. En su interior la Anomalía 3, de 440 µR/h, se comprobó por una red pedestre de 125x20 m con gamma profundo y magnetometría; esta última con fluctuaciones positivas a negativas hasta de 100 gammas. En ese lugar existe un manantial con valores anómalos de radioactividad, surgente en un entorno de fallas de rumbo NE, en la zona de máxima intensidad radiométrica registrada. Muestras de comprobación demostraron uranio con cierto desequilibrio hacia radio (Stanik; op cit.). La anomalía No. 1; dos km al SW del poblado La Sierra presenta valores de 42 µR/h; en apariencia relacionados con

nódulos negros de composición no establecida y esquistos hematizados bajo travertinos. En un sitio con mayor concentración de nódulos se registró hasta 80 $\mu\text{R}/\text{h}$.

En la localidad de la Anomalía 3, Olivera et al., 1995, determinaron el origen uranífero de la anomalía, con valores del canal U(Ra) de 11 ppm sobre un fondo de 2.3 ppm. Los valores de radiactividad gamma alcanzaron 500 mcr/h sobre un fondo normal de 9 mcr/h. Se detectaron valores superiores a los 300 mcr/h en pozos con mineralización sulfurosa diseminada y contenidos anómalos de la concentración de uranio en agua, superiores a los 4 ppb y anomalías de radón del orden de 128 Bq/m³ tomadas de aguas de manantiales (Olivera, op cit.). En la localidad El Naranjal, en la misma región del campo anómalo de la Zona R-1, se encuentran anomalías uraníferas A.G.E., con valores en el canal del U(Ra) igual a 12 ppm sobre un fondo normal de 2.3 ppm. Valores anómalos de la intensidad de radiación gamma superiores a los 150 mcr/h sobre un fondo normal de 9 mcr/h y contenidos anómalos de la concentración de uranio en muestras sólidas desde los 90 a 200 ppm (Olivera et al., 1995).

El examen de las anomalías de la Zona R-1 demuestra una gran incoherencia para los ambientes de roca sobre los cuales ellas se destacan, sin excluir las alteraciones reales en las rocas afloradas (seritización, hematización, silicificación), por otra parte típicas de hidrotermalismo. Por consiguiente, el incremento de los valores de radiactividad en el escenario de rocas diferentes y heterogéneas, puede explicarse mejor por la acción de fluidos secundarios infiltrados a través de los sistemas de agrietamiento, fallas y contactos entre litologías diferentes, capaces de impregnar las rocas por percolación. Es un hecho. La totalidad de los ejes de anomalías en estrecha coincidencia con las directrices NW y NE, típicas del patrón de fractura de la Cúpula de Trinidad y las anomalías más extensas, repiten la dirección de la gran Falla San Juan, con fuentes termales en su trazo; con la fuerte sugerencia de que la fuente primaria más probable se encuentra en la profundidad. Otro buen ejemplo de correspondencia con accidentes lineales es la Anomalía 12 de la Zona R-II; a 6 km al sur de Topes de Collantes, al W de la carretera Topes-Trinidad, en un contacto tectónico entre la Fm. Cobrito y mármoles San Juan, cortado en el contacto. Los valores alcanzan hasta 10 veces el fondo entre 17 hasta 60 $\mu\text{R}/\text{hora}$, extendidos con claridad a todo lo largo del contacto (Ching, en Stanik et al., 1981).

Una situación similar respecto a la fuente de radiactividad, ocurre en el campo de uranio-thorio-potasio del extremo NW de la Cúpula de Trinidad (Figura 2). Este campo junto al R1; únicos en el Escambray, tampoco ofrece buenas explicaciones en su posible origen a partir de rocas determinadas. Las orientaciones bastante regulares entre los ejes de anomalías de U-Th, con fallas bien conocidas y cartografiadas, es altamente sospechosa. Las anomalías radiactivas, al menos en la Cúpula de Trinidad, aparecen relacionadas más bien a localidades, rasgos tectónicos y estructuras, que a rocas específicas. La relación supuesta por Lledíaz (en Dublan y Álvarez-Sánchez et al., 1981) y Olivera (op cit.) con rocas específicas, incluso con zonas metamórficas, es una coincidencia espacial. Las Fms. Loma La Gloria, Cobrito, La Chispa, Yaguanabo, La Sabina, Loma Quivacán y los mármoles San Juan, forman el 85% de afloramientos en el Escambray y es el ambiente de roca casi en todas partes. Es obvio que la aparente relación es inevitable.

Zonas muy extensas de las formaciones mencionadas en otros sectores carecen de anomalías y pasan a ser el fondo radiactivo regional, base comparativa de las mediciones. Del mismo modo, cualquier medición dentro del Escambray puede registrar valores mayores o menores dentro de una unidad metamórfica u otra. La complejidad litológica extraordinaria del Escambray y la gran cantidad de pequeños cuerpos; gran parte de ellos con identidades confusas de difícil asociación a una cierta formación o litodema, hacen estadísticamente discutibles las regularidades señaladas por Olivera et al. 1995.

La región en el borde SW de la Cúpula de Trinidad es, definitivamente, un área con un grado muy alto de perturbación metalogénica. Según Mañour (en Stanik et al., 1981), pertenece al Sector Metalogénico 7, caracterizado por numerosas evidencias de actividad metalogénica, expresada en áreas extensas con numerosas anomalías en los lavados de sedimentos y flujos de dispersión. Las anomalías de molibdeno en los Stn, son numerosas según los resultados del análisis espectral de emisión. Las anomalías contienen niveles altos de plomo, cobre y zinc y antimonio (análisis espectral de emisión). En los lavados se revelan numerosas anomalías de cinabrio, acompañado por cobre nativo, oro nativo y scheelita (este último en pruebas de control de la Expedición Escambray I). La región es cortada por la Falla regional Collantes que le sirve de límite norte. La Falla San Juan sesga por su interior y la Falla Yaguanabo, en el límite externo, se integra a la Falla de Perímetro del Escambray. Por tanto, una región con rasgos tectónicos particulares.

Las anomalías minerales y elementales, incrementadas en esta región, se unen con cierta coherencia a las perturbaciones espacialmente asociadas de los campos gravimétrico y magnético que, por si mismas, representan un fenómeno singular interno en el Escambray.

Este campo anómalo geoquímico y geofísico, único en el Escambray, no tiene explicación en la composición petrológica, la estratigrafía o el metamorfismo de este macizo, según los hechos conocidos. De modo que es necesario buscar una fuente profunda bajo el nivel actual de erosión, para estas complicaciones. Tomadas en conjunto, sugieren una fusión de basamento cortical, probablemente relacionada con la subducción o un poco más tardía, producto de la fusión de las rocas siálicas originales o la intrusión primaria por el ascenso telescópico de fuentes mánticas, con sus análogos o equivalentes en las rocas graníticas del Macizo Metamórfico Pinos.

Las analogías cada vez mayores entre el Macizo Metamórfico Escambray y el Macizo Metamórfico Pinos, convierten al Escambray en un punto focal de las futuras investigaciones.

En una carta de Junio del 2012, mi amigo y colega Guillermo Millán, de quien lamentaré siempre su sentida pérdida, me escribió el siguiente fragmento; causa que resultó en el estímulo suficiente para animarme a escribir el presente artículo:

Retomando la firma geoquímica y la metalogenia, no se puede descartar que haya ocurrido una firma geoquímica impresa posterior al metamorfismo, posiblemente en el Maastrichtiano Superior al Paleoceno Inferior y sobre esto quiero mostrarte el caso de la Isla de la Juventud que se aviene con tu tercera hipótesis. En el macizo Isla de la Juventud está muy bien definida la ocurrencia de un proceso postmetamórfico que dio lugar a la reactivación tectonomagmática del macizo (sensu nuestro amigo Pardo Echarte en sus trabajos publicados a partir de su tesis (1986,1990 y otros). Desde los primeros años del S. XX se conoce la existencia de una mineralogía de oro, wolframio y otros metales afines en diversos sectores del macizo (véase Delita (oro) y Lela (wolframio). Esta mineralización responde a una metalogenia impresa en el macizo que se relaciona con un magmatismo ácido manifiesto en diques de dacitas y riodacitas, abundantes en Lela, Delita y en otras localidades. Por los estudios geológicos y geofísicos se infiere la existencia de cuerpos mayores de granitoides en las profundidades (postmetamórficos). Existe una edad absoluta K-Ar de un dique de riodacitas que arroja 60-68 Ma. (Buguelski, 1985). Esta firma geoquímica de esta metalogenia postmetamórfica, es similar a la edad de los esquistos verdes del Escambray. Siguiendo con este tópico te diré que hay documentación de granitoides en el entorno caribeño, dragados del fondo marino cuyas edades absolutas son también del Maastrichtiano Superior-Paleoceno Inferior (véase el trabajo que John Lewis presento en la Convención Geológica del 2009.

Referencias

- Álvarez-Sánchez, H y Bernal Rodríguez, L., 2014, El problema de la cianita y la emersión del Escambray. Nota breve. (en *Academia.edu*).
- Barthel, F. H. & Tulsidas, H., 2014, Thorium Occurrences, Geological Deposits and Resources. *IAEA International Symposium on Uranium Raw Material for Nuclear Energy (URAM 2014) 23-27 June 2014, Vienna, Austria*.
- Bolotin Y., Yidkov, A. Y., Maximov, A. A., Sosa, R., 1970, Yacimientos de minerales sulfurosos de la serie metamórfica Escambray en la parte noroeste del macizo montañoso del mismo nombre. *Revista Tecnológica. Vol.8 No.2. 35-48 p.*
- Boutroy, E., Sarah A.S. D., Beaudoin, G., Sarah-Jane B., Lightfoot, P. C., 2014, Magnetite composition in Ni-Cu-PGE deposits worldwide: application to mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration 145 (2014) 64–81*.
- Despaigne-Díaz, A. I., García Casco, A., Dámaso Cáceres Govea, D., Wilde, S. A., Guillermo Millán Trujillo, G., 2017, Structure and tectonic evolution of the southwestern Trinidad dome, Escambray complex, Central Cuba: Insights into deformation in an accretionary wedge. *Tectonophysics 717 (2017) 139–161*.
- Draper, G., 2001, The southern metamorphic terranes of Cuba as Metamorphic Core Complexes exhumed by low-angle extensional faulting? *Memorias GEOMIN 2001. La Habana 19-23 de Marzo*. ISBN 959-7117-10-X. (Reunión del Proyecto No. 433 del PIGG/UNESCO "Tectónica de placas en el Caribe).
- Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H (editors): Dublan, L., Álvarez-Sánchez, H, Mlcoch, B.; Mañour, Lledíaz, J. P., Molak, B., Vázquez, C.; Snopkova, P.; De los Santos, E., Soucek, J.; Pérez, M.; Mihailova, A.; Bernal, I.; Zoubek, J.; Ordoñez, M.; Soucek, J.; Morousek, J.; Svetska, J.; Marshall, W.; Pérez-Conde, R.; González, E.; Rodríguez, R., 1986, Informe Final del levantamiento geológico y evaluación de los minerales útiles en escala 1:50,000 del Polígono CAME-I, Zona Centro. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 1,402 Págs. 250 mapas. (Inédito)*.
- Eguipko, O., Garapko, I., Sukar, K., Saunders, E., 1975, Zonación metamórfica y otros aspectos geológicos en Isla de Pinos. *La Minería en Cuba. No. 1*.

García Casco, A., Torres Roldán, R. L., Millán Trujillo, G., Monié, P. y F. Haissen, 2001, P-T evolution and hydrous melting of metapelites in the Pinos terrane (Cuba): tectonic implications for the early development of the cuban collisional belt. *IV Congres. Geol. Regional. Memorias GEOMIN 2001. La Habana.*

García-Casco, A., Iturralde-Vinent, M. A., and Pindell, J., 2008, Latest Cretaceous Collision/Accretion between the Caribbean Plate and Caribbeana: Origin of metamorphic terranes in the Greater Antilles. *International Geology Review, Vol. 50, 2008, p. 781–809. DOI: 10.2747/0020-6814.50.9.781.*

Garapko, I., Yurov, L., Chulgá, A., Sorokin, B., y O. Eguipko, 1974, La composición geológica y los minerales útiles de Isla de Pinos. Informe sobre el levantamiento geológico y las búsquedas a escala 1:100,000 realizados en los años 1971-1974. *Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana (inédito).*

Kuman, V. E.; Gavilán, R. R., 1965, Geología de Isla de Pinos. *Rev. Tecnológica. Vol. 3. Nº 4, P. 20-28, 12 figs., 1 mapa.*

Maximov, A., Grachev, G., Sosa, R., 1968, Geología y minerales útiles de las pendientes nor-occidentales del sistema montañoso Escambray. *Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana. 188 pags. 16 Anexos.(inédito).*

McClenaghan, B., Paulen, R., Fortin, R. and Ingrid Kjarsgaard, 2017, Rare Earth Element indicator minerals: An example from the Strange Lake deposit, Quebec & Labrador, eastern Canada. <https://www.researchgate.net/publication/321978719>.

Millán, G., y Somin, M. L., 1981, Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray. *Editorial Academia. La Habana. 104 páginas.*

Millán G. y Álvarez Sánchez, H., 1992, Geología del sector de La Sierrita. Macizo Metamórfico Escambray. *IGP La Habana y Empresa de Geología de Santa Clara. Cuba (Informe inédito).*

Olivera, J., Valdez, M. G., Fernández, P., 1995, Consideraciones radiométricas de la potencialidad uranífera de la región Escambray. *CEADEN. Vol. 27. No. 6. La Habana. Cuba.*

Page, L. R. and McAllister, J. F., 1944, Tungsten Deposits Isla de Pinos, Cuba. *Geological Survey. Bull. 935-D. Pages 177-246.*

Pavlov, I., 1970, Informe sobre los trabajos de búsqueda-levantamiento a escala 1:50,000 realizados en 1969-70 en el área comprendida entre las ciudades de Cumanayagua y Fomento (Provincia de las Villas). *Oficina Nacional del Fondo Geológico. La Habana.(inédito).*

Pršek, J., Ondrejka, M., Bačík, P., Budzyń, B., Uher, P., 2010, Metamorphic-hydrothermal REE minerals in the Bacúch magnetite deposit, Western Carpathians, Slovakia: (SR,S)-rich monazite-(Ce) and Nd-dominant hingganite. *The Canadian Mineralogist. Vol. 48, pp. 81-94 (2010) DOI : 10.3749/canmin.48.1.81.*

Stanik, E., Ching, R., Chaloupsky, J., Suchanek, J., Schovanik, P., Valecka, J., Koverdysnsky, B., Mlcoch, B., Zoubek, J., Vazquez, C., Mañour, J., Vyjidak, B., Holak, J., Prochazka, J., Eisenreich, M., 1981, Informe del levantamiento geológico, geoquímico y trabajos geofísicos, realizados en la parte Sur de Cuba Central, en las Provincias Cienfuegos, Sancti Spiritus y Villa Clara. *Centro Nacional del Fondo Geológico. La Habana. Cuba. 555 pags. (Inédito).*

Somin, M. L., Konilov, A. N., Kröner, A., Mattinson, J., Radionov, N. V., Berezhnaya, N. G., 2009, ZR eclogites of Eskambray complex (Cuba). *Abstracts of IV All-Russian meeting on isotopic geochronology.*

Svoboda, J., 1988, Beneficio de rocas granatíferas de Cuba de las localidades La Belleza y Pico Blanco. *Instituto de Materias Primas Kutná Hora. 12 paginas. (Manuscrito. Expedición Escambray II. Inédito).*

Sukar, K., 1984, Hallazgo de pegmatita monacítica en la región de Manicaragua, Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio. Com. Breves. No. 8.*

Tolkunov, A. E., Bolotin, I. A., Cabrera, R., Maximov, A. A., Zarianov, D. P., 1974, Regularidades de la distribución y condiciones de formación de los yacimientos tipo "Lentes piritosas" en el anticlinorio de Trinidad. *En: Geología de los yacimientos minerales útiles de Cuba. Publicación Especial Número 3, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.*

MISCELÁNEOS

Ixtab , Diosa del suicidio



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

Museo de Historia Natural, Berlin, Alemania

Haz click en la imagen



La casa de *Homo sapiens*

https://www.nationalgeographic.org/topics/resource-library-human-origins/?q=&page=1&per_page=25

<https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/homo-sapiens>

<https://www.nhm.ac.uk/discover/who-were-the-neanderthals.html>

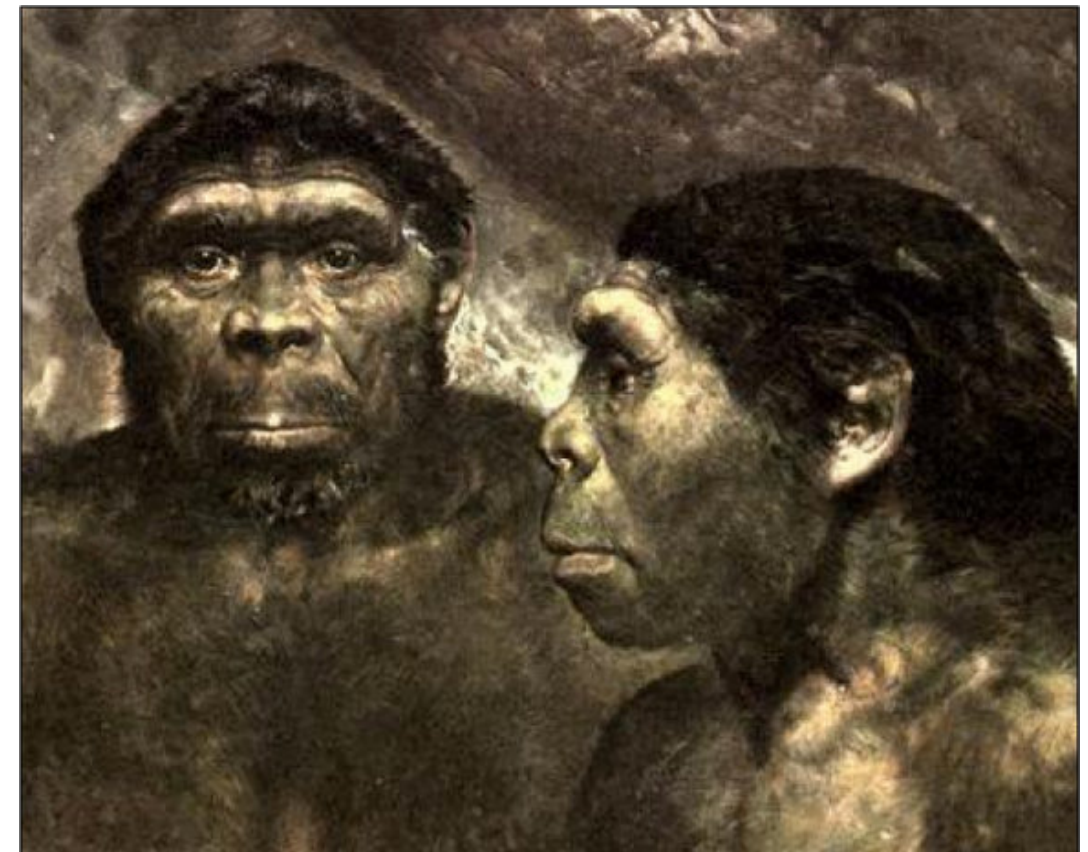
<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/essential-timeline-understanding-evolution-homo-sapiens-180976807/>

<https://www.yourgenome.org/stories/evolution-of-modern-humans>

<https://www.history.com/news/humans-evolution-neanderthals-denisovans>

https://curiositystream.com/search/Homo%20Sapiens?utm_campaign=D-PerformanceMax-US&utm_medium=display&utm_source=google&utm_placement=&utm_content=&gclid=CjwKCAjwgb6lBhAREiwAgMYKR7gV-WuEXSf1NKMo7n053GSjUS5dJXuiQkU2hgJ-C2VgEALMVuaDxoC4TsQAvD_BwE

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



Tesis selectas presentadas en Universidad Nacional Autónoma de México en 2020

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

Valorización del patrimonio geológico :aplicación y análisis de una metodología en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo, México
Cruz Pérez, Miguel Ángel

Optimización de redes de monitoreo sísmico aplicado a campos geotérmicos
Esquivel Mendiola, Leonarda Isabel

Análisis de variaciones laterales de velocidad de onda sísmica utilizando tomografía sísmica con fuentes y receptores en superficie
Gamez Lindoro, José Antonio

Determinación espacial y temporal de metales en pm2.5 en el Área Metropolitana de la Ciudad de México
Garza Galindo Flores, Rodrigo

Inversión masiva de curvas de dispersión de ondas superficiales
Godínez Zambrano, Carlos

Estudio electromagnético en las inmediaciones de la localidad El Palmar, Veracruz, con fines de prospección de agua subterránea
Gómez Luna, Miriam

Métodos metaheurísticos de optimización global para la simulación estocástica basada en cópulas de propiedades petrofísicas a partir de atributos sísmicos elásticos
Gómez Martínez, Yarilis

Numerical simulation of the super hot geothermal reservoir at los humeros, Mexico
Granados Pastrana, José Eduardo

Estudio de tomografía de resistividad eléctrica y magnetometría en la plazuela este de la Pirámide de la Luna, Teotihuacán, México
Hernández Sandoval, Kelly Pamela

Uso de ruido sísmico ambiental para calcular e interpretar los cocientes espectrales h/v(z,f) en medios subacuáticos con base en la teoría generalizada de campos difusos
Jaramillo Rivera, Aristóteles Homero

Uso de nodos sísmicos para obtener funciones de receptor :Municipio de Juchitán, Oaxaca
Juárez Garfias, Ilma del Carmen

Estudio de la estructura cortical somera del sureste de la cuenca de México (Xochimilco), con base en un estudio gravimétrico
López Capir, Coronado Oscar Cristóbal

Estudio comparativo de fenómenos sismológicos y vulcanológicos para la evaluación del potencial geotérmico :caso de estudio Stromboli, Italia
López Mazariegos, Erik Alberto

Magnetometría marina en el talud continental de la Bahía de Petacalco, Guerrero y Michoacán, México - MAMRIV12
Mateos Rodríguez, José Omar

Estudio gravimétrico 3D para definir la fuente de la anomalía ubicada al noreste de Manzanillo, Colima
Molina de Artola, Balam

Simulación del flujo de neutrones solares en la atmósfera terrestre
Monterde Andrade, Fernando

Estudio de tomografía de resistividad eléctrica sobre la Avenida Prolongación Canal de Miramontes para la Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México
Navedo Cruz, Mauricio Damián

X CONVENCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA
Exhibición de Productos, Nuevas Tecnologías y Servicios
Palacio de Convenciones, La Habana, Cuba
10 al 14 de Abril de 2023

GEOLOGIA ' 2023
XV Congreso de Geología

GEOFISICA ' 2023
XII Congreso de Geofísica

MINERIA ' 2023
X Congreso de Minería

PETROGAS ' 2023
IX Congreso de Petróleo y Gas

GEOINFO ' 2023
XVI Congreso de Informática y Geociencias

La Sociedad Cubana de Geología tiene el placer de convocar a sus miembros y colegas en otras partes del mundo a participar en la X Convención de Ciencias de la Tierra (GEOCIENCIAS ' 2023) que se efectuará del 10 al 14 de abril de 2023, en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba. La Convención incluirá una Exhibición de Productos, Nuevas Tecnologías y Servicios para las Geociencias (GEOEXPO ' 2023).

Son bienvenidas presentaciones sobre Cuba, el Caribe y otras regiones, o en general sobre experiencias de la Geología, la Geofísica y la Minería en la búsqueda y manejo de recursos naturales, incluyendo los minerales (metálicos y no metálicos), agua, petróleo y gas, la construcción, los terremotos y otros riesgos geológicos, la educación de las Geociencias; así como cualquier otra temática relacionada con la explotación sostenible de los recursos naturales.

Invitamos a las sociedades profesionales, instituciones y organizaciones no gubernamentales a organizar talleres, mesas redondas y reuniones en el marco de la Convención.

Kenya E. Núñez Cambra
MSc. Kenya E. Núñez Cambra
Presidente de la Sociedad Cubana de Geología

“Las Geociencias al servicio de la Sociedad y el Desarrollo”

www.scg.cu
www.cubacienciasdelatierra.com
geociencias.cuba.scg@gmail.com
geociencias@mhnc.inf.cu
geociencias@igp.minem.cu

Caverna del arte

GIBSON, UNO DE LOS DOS GIGANTES DE LAS GUITARRAS ELÉCTRICAS EN EL MUNDO

compilado por **Luis A. Valencia Flores**
Editor de la Revista

Gibson Brands, Inc. (llamada antes del 2013 Gibson Guitar Corp.), es una marca fabricante de alta calidad de las legendarias guitarras Gibson, aunque también diseñan otros instrumentos musicales y equipos electrónicos profesionales, la cual tiene su sede en Nashville, Tennessee. Sus orígenes se remontan a 1902 cuando Orville Gibson fundó la empresa "The Gibson Mandolin-Guitar Mfg. Co., Ltd.", en Michigan para dedicarse a hacer instrumentos familiares a la mandolina. Décadas después, en 1930, la compañía se involucró en la fabricación de guitarras acústicas, así como en la confección de las primeras guitarras eléctricas de cuerpo hueco utilizadas y popularizadas por Charlie Christian. En 1944, la empresa de Orville fue comprada por Chicago Musical Instruments y adquirida en 1969 por Ecuadorian Company Limited que en ese mismo año cambió su nombre a Norlin Corporation. Gibson fue propiedad de Norlin hasta 1986, año en el que fue adquirida por sus actuales propietarios, y en la que participan hoy en día el director ejecutivo Henry Juszkiewicz y su presidente David H. Berryman.

El primer propietario, Orville Gibson comenzó a vender sus instrumentos en 1894 dentro de la región de Kalamazoo Michigan, y ya en 1902 Gibson Mandolin-Guitar Mfg. Co. Ltd. fue oficialmente incorporada al mercado norteamericano de instrumentos, 16 años después, Orville falleció de endocarditis (un tipo de inflamación del revestimiento interior de las válvulas y cámaras cardíacas). Su gran mérito, además de fundar a la legendaria marca Gibson, fue el diseño de un tipo de mandolina con mayor durabilidad y calidad del sonido que las hasta ese momento concebidas. Un año después de su fallecimiento, la compañía contrató al diseñador Lloyd Loar para crear nuevos instrumentos ya que los diseños eran elaborados por el mismo Orville. Con ayuda de Loar se diseñó la popular guitarra archtop del L-5 y la mandolina de Gibson F5. Posteriormente, en 1936 Gibson introdujo su primer modelo electroacústico, el ES-150 seguido por otros instrumentos eléctricos como guitarras de acero, banjos y mandolinas. Durante la Segunda Guerra Mundial, la fabricación de instrumentos en Gibson disminuyó debido a la escasez de madera y metal, y en cambio comenzó a fabricar piezas de madera y metal para los militares.

En 1944 Gibson fue comprado por la ya mencionada Chicago Musical Instruments, cuatro años después Gibson contrató a Ted McCarty quien se convirtió en presidente en 1950, el cual dirigió una expansión de la línea de guitarras con nuevos modelos como el "Les Paul" (la cual es popular aún hoy en día) introducida en 1952 y diseñada por Les Paul, un músico popular de los años 50, pionero en el uso de la tecnología en la música. A mediados de los cincuentas, se produjo la serie Thinline, que incluía una línea de guitarras más delgadas como la Byrdland cuyos primeros ejemplares eran delgados y contruidos a la medida. Igualmente, Gibson decidió ampliarse a sectores de menores recursos, por lo que modelos como el ES-350T y el ES-225T se introdujeron a manera de alternativas menos costosas. Años después, en 1958, Gibson introdujo el modelo de ES-335 T, semejante en tamaño a los Thinline del cuerpo hueco, con un centro sólido, que da a los tonos de la secuencia un sustain más prolongado. Igualmente, en 1958, Gibson produjo dos nuevos diseños: el explorador excéntrico y el V de vuelo. Estas guitarras "modernistas" no se vendieron inicialmente sino a finales de la década de 1960 y principios de los setentas cuando fueron reintroducidas en el mercado y ganaron amplia popularidad.

A finales de los cincuentas, McCarty sabía que Gibson era vista como una compañía tradicional por lo que comenzó un esfuerzo para crear guitarras más modernas. En 1961 el diseño del cuerpo del Les Paul fue cambiado debido a la demanda de un diseño de cuerpo con doble "cutaway". Este nuevo diseño se conoció como el SG debido a la desaprobación del mismo Les Paul, sin embargo, el antiguo diseño del músico volvió al catálogo de Gibson en 1968. Gibson permaneció bajo el control de CMI hasta 1974 cuando se convirtió en una subsidiaria de Norlin Musical Instruments. Entre 1974 y 1984 la sede de la producción de guitarras Gibson fue cambiada de Kalamazoo a Nashville, Tennessee; ésta continuó durante algunos años como una tienda de instrumentos personalizados, mas fue cerrada en 1984. Pese a ello, varios empleados de Gibson encabezados por el gerente de la planta Jim Duerloo siguieron elaborando versiones de diseños clásicos de Gibson. La compañía Gibson, poco tiempo después de cerrarse, fue comprada por Henry E. Juszkiewicz, David H. Berryman, y Gary A. Zebrowski en enero de 1986. Asimismo, se inauguraron nuevas plantas de producción en Memphis, Tennessee, así como Bozeman, Montana. Desde entonces hasta nuestros días, Gibson sigue siendo una de las mejores marcas a nivel mundial en la producción de guitarras y seguirá sin duda siéndolo por mucho tiempo más.

A continuación te mostramos querido lector, algunas imágenes de las guitarras mas famosas que Gibson ha fabricado.



Gibson Les Paul



Gibson SG



Compendio de diferentes fuentes de paginas web dedicadas a guitarras eléctricas.

Glosario de términos geológicos

Compilado por:

E.P Saul Humberto Ricardez Medina

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

Amplitud: La cantidad de desplazamiento de una ondícula sísmica medida de pico a valle.

Longitud: Es una medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía periódica o cuasi periódicamente en el tiempo.

Potencial: La cantidad de energía que posee un medio.

Registros geofísicos de pozos: Es un grafico en el cual se registra y representa una propiedad física medida en contra de la profundidad.

Potencial espontáneo (SP): Mide la diferencia de potencial natural o espontáneo que existe entre el pozo y la superficie en ausencia de cualquier corriente aplicada artificialmente.

Potencial de difusión: Este potencial existe en la unión entre la zona invadida y la no invadida, y es el resultado directo de la diferencia de salinidad entre el lodo filtrado y el fluido de formación.

Potencial de membrana: Este potencial existe en la unión entre la zona no invadida y la lutita (u otra roca impermeable) que intercala el lecho permeable. Estos lechos suelen ser lutitas, y el argumento que sigue se aplica principalmente a las lutitas, pero también es válido en menor medida para otras rocas de baja permeabilidad.

Potencial electroquímico: Este fenómeno se presenta cuando dos soluciones de diferente concentración se ponen en contacto y se observa una diferencia de potencial a través del límite que los separa, condición es la que se da en los pozos petroleros, debido a que, en sus formaciones, contienen agua intersticial que generalmente tiene una salinidad más alta comparada con el agua del filtrado del lodo.

Potencial electrocinético: Potencial existente entre el enjarre, que es cuando se hace pasar un electrolito a través de un dieléctrico o membrana permeables y se logra observar una diferencia de potencial en ambos lados de la membrana, que es proporcional a la caída de presión a través del dieléctrico.

Potencial estático (SSP): El registro de SP registrado representa únicamente la caída potencial en el pozo. Para usar la curva SP cuantitativamente, se debe derivar un valor para la caída de potencial total alrededor del circuito, este valor puede derivarse de los gráficos de corrección.



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

Moisés Dávila Serrano

Colega geólogo mexicano, escribió recientemente el siguiente libro, que está a la venta en Amazon en versión digital:

Rupestre Moderno

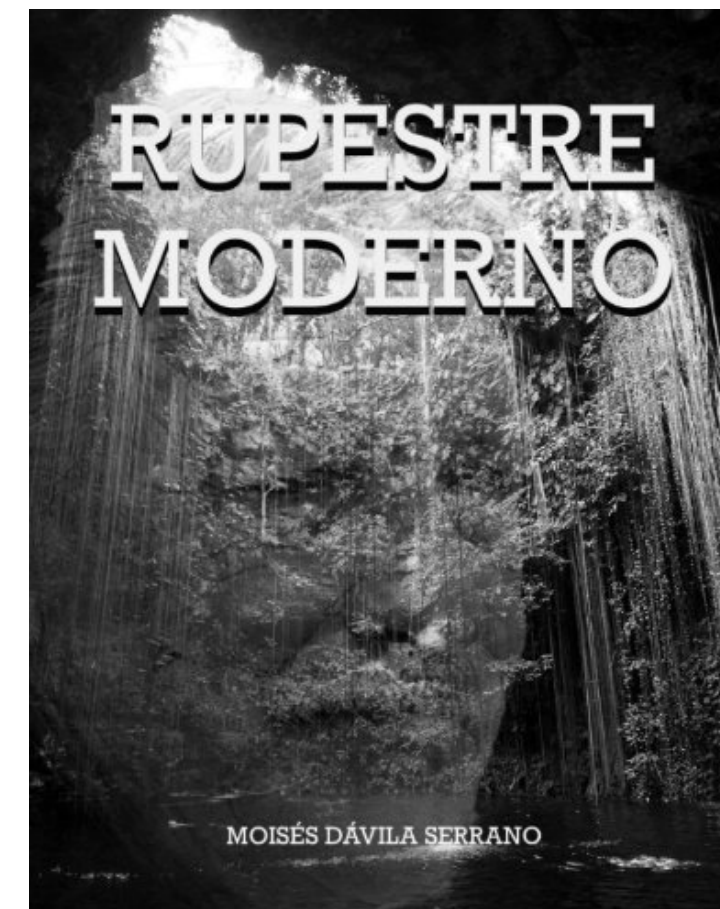
Rupestre Moderno es una novela sobre un misterioso hombre que habita en secrecía en las grutas de la Península de Yucatán.

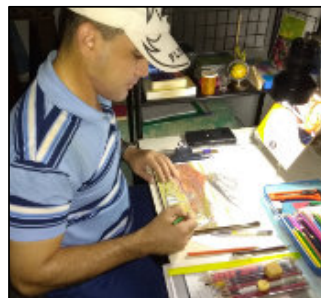
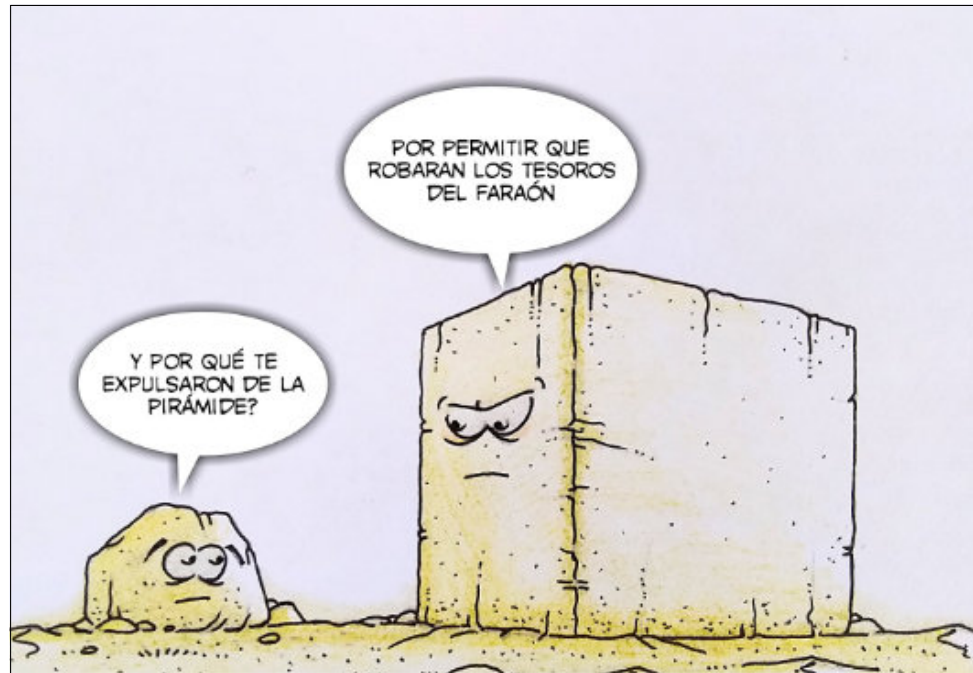
Un par de antropólogos descubren accidentalmente evidencia de su existencia. Se proponen encontrarlo sin saber que cuando lo consigan sus vidas se habrán transformado irremediamente.

Durante la trama se describen las bellezas naturales del subsuelo de esa región del Sureste Mexicano y los fenómenos que le dan origen.

Al término de la obra, el lector habrá recibido sutilmente información real sobre la cultura yucateca, su historia y evolución geológica, detalles sobre los antiguos pobladores de la región y las bases del concepto de desarrollo sostenible.

https://www.amazon.com/-/es/Mois%C3%A9s-D%C3%A1vila-Serrano-ebook/dp/B09RVJ5MFJ/ref=sr_1_1?mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=2KR5V5JS070GP&keywords=modern+rupestre&qid=1644203700&srefix=rupestre+moderno%2Caps%2C113&sr=8-1





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.



Ilustración digital del estudiante de ingeniería geológica de Cuba: **Marcos Carrillo Gort** hecho para el mismo. La lámina hace alusión a la actividad volcánica, desde un visión subrealista. Según Carrillo Gort, el cielo y la lava se fusionan creando una gama de colores que recuerda la textura del mineral de ágata. <https://laigeo.cloudaccess.host/>



Marcos Carrillo Gort es estudiante de 5to año de la carrera de Ingeniería Geológica de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" (Cuba). Aficionado a las artes plásticas y la fotografía.

Sliding Rocks on Racetrack Playa, Death Valley National Park: First Observation of Rocks in Motion

Richard D. Norris ,James M. Norris ,Ralph D. Lorenz,Jib Ray,Brian Jackson

The engraved trails of rocks on the nearly flat, dry mud surface of Racetrack Playa, Death Valley National Park, have excited speculation about the movement mechanism since the 1940s. Rock movement has been variously attributed to high winds, liquid water, ice, or ice flotation, but has not been previously observed in action. We recorded the first direct scientific observation of rock movements using GPS-instrumented rocks and photography, in conjunction with a weather station and time-lapse cameras. The largest observed rock movement involved >60 rocks on December 20, 2013 and some instrumented rocks moved up to 224 m between December 2013 and January 2014 in multiple move events. In contrast with previous hypotheses of powerful winds or thick ice floating rocks off the playa surface, the process of rock movement that we have observed occurs when the thin, 3 to 6 mm, “windowpane” ice sheet covering the playa pool begins to melt in late morning sun and breaks up under light winds of ~4–5 m/s. Floating ice panels 10 s of meters in size push multiple rocks at low speeds of 2–5 m/min. along trajectories determined by the direction and velocity of the wind as well as that of the water flowing under the ice.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105948>

<https://www.youtube.com/watch?v=89-AFHieDpM>



Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas

COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

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

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

**Asociación de Geólogos y Geofísicos
Españoles del Petróleo**

<https://aggep.org/>



Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

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



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



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

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

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





LA ROCATECA

Un medio de difusión y divulgación para las rocas del Estado de Sonora

¿Sabías que SONORA guarda **1,800 millones** de años de historia en las rocas?

14 años

Informando de la riqueza litológica Sonorense

La Rocateca es un proyecto de **Divulgación Geocientífica** desarrollado por los estudiantes y académicos del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, que busca a través de las rocas, dar a conocer la Geodiversidad del Estado de Sonora entre la población, y promover su interés en el patrimonio geológico.



"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

¡DE LOS CERROS PARA TI!

¡Visítanos, conoce más y contáctanos!

rocateca.uson.mx



La Rocateca integra interesados y especialistas en Ciencias de las Tierra, que de manera sencilla divulgan el mundo de las rocas con las comunidades en general y el público de todas las edades, creando un impacto positivo en la niñez.

Contamos con más de **5,000** ejemplares de rocas



¡ROCATECA para todas las edades!



<https://rocateca.unison.mx> | [Rocateca Unison](https://www.facebook.com/RocatecaUnison) | [@rocateca_unison](https://www.instagram.com/rocateca_unison)

Participantes:

- Alejandra Marisela Gómez Valencia
- Ana Cristina Montijo Angulo
- Janniel Andrea Vega Gálvez
- Aida Cristina Ibarra Sarabia
- Cassandra Maylee Moreno García
- Tania Abigail Arredondo Contreras
- Kevin Ramos Hurtado
- Marco Antonio Padilla Escalante
- Luis Antonio Rolo Méndez
- Luis Alonso Velderrain Rojas
- Narciso Navarro Gómez
- Jesús Roberto Vidal Solano



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