

Boletín Informativo del



CGCR

COLEGIO DE
GEÓLOGOS DE
COSTA RICA

Febrero del 2023 • Nueva Época • Vol. 2, N°1



El 6º Congreso Geológico de la UCR-2022

Mauricio M. Mora
& Gerardo J. Soto
(Pág. 4).

Vacío de objetividad científica desvaloriza la minería metálica.

José Andrés Soto
(Pág. 7)

MINAE propone plan para minería de oro en Abangares

José Andrés Soto
(Pág. 8).

El establecimiento de Metodología para el desarrollo de parte del inciso N° 3.3 Hidrología para el informe anual de labores ante la Dirección de Geología y Minas

Ana Enid Vargas Carranza
(Pág. 13).

Circulación atmosférica y moduladores relevantes de la precipitación en América Central

José María Sequeira-Arguedas
(Pág. 15).

Deterioro, biodeterioro, biometeorización y bioerosión (Parte II)

Luis Gmo Obando-Acuña
(Pág. 16).

NOTA DEL PRESIDENTE

¡Felicidades: Estamos de 50º aniversario!

Este 2023 nos convoca a celebrar, reflexionar y agradecer porque nuestro Colegio alcanza la emblemática madurez de la edad de oro.

Decimos que merecemos celebrar y lo haremos. Tenemos que reflexionar sobre lo aprendido en estas cinco décadas y los retos futuros de nuestra apasionante profesión, y también nos corresponde agradecer a todas la mujeres y hombres que hicieron de la geología su vida y que nos heredaron la gran institución que hoy nos agremia.

Desde William Gabb (1873), quien inició la exploración en Talamanca, los visionarios que se juntaron para crear la Escuela Centroamericana de Geología (1967), hasta el impulso final para el nacimiento, en 1973, de nuestro Colegio de Geólogos de Costa Rica, a todos ellos hacemos homenaje en la voz del Dr. Rolando Castillo, cuya memoria se plasma en la última edición de nuestro pódcast La Piqueta, que les recomiendo escuchar.

Nosotros, acostumbrados a medirlo todo en millones de años, este 2023 nos invita a revisar una historia tan pequeña como 50 años, pero que en términos humanos, se trata de una larga vida. Al padre de la geología en Costa Rica, César Dóndoli, nuestro recuerdo y gratitud imperecedera.

En este medio siglo, nuestra profesión evolucionó y lo hizo para bien. Nuestros aportes fueron creciendo con el tiempo. En 1953 se creó la Dirección de Geología y Minas. En 1959 el ICE abrió su Departamento de Geología y en 1965 fue la Primera Reunión de Geólogos de América Central, justo acá en Costa Rica.

Pasamos de una baja participación en el desarrollo nacional a ser una parte fundamental de ese desarrollo, como en los años ochenta del siglo XX, cuando Recope empezó la exploración de petróleo, se creó el OVSICORI y la Red Sismológica Nacional, y los noventa, cuando de la mano de la Setena, florece la geología ambiental. El mercado creció y la geología también. El nuevo geólogo empresario abrió las primeras oficinas de servicios geológicos. Lo anterior solo para mencionar algunos ejemplo de una larga lista de actividades e instituciones donde tenemos participación.

El siglo XXI nos llegó con sus procesos de globalización y con él, el gran empuje a la investigación y la ciencia. Tuvimos que abrir nuestras mentes para participar más activamente en las decisiones políticas, la generación de opinión pública y la participación de proyectos de una mayor complejidad.

De 28 geólogos en 1973, pasamos a 173 en 1989. Para el 2000 ya éramos 260 colegiados, cifra que subió a 347 en el 2010. Hoy, 537 geólogos integramos nuestro colegio profesional. Mi especial saludo y reconocimiento a nuestras colegas. Mujeres que llenan de orgullo a nuestro gremio, por sus aportes y la contribución que hacen desde las más altas responsabilidades.

En esta ocasión, también tengo un especial mensaje para las nuevas generaciones de colegas. A ustedes les digo que las oportunidades de crecimiento llegarán de la mano con el compromiso personal que asuman de frente a su futuro y que, comprendan, como aconseja nuestro estimado colega, Kenneth Bolaños, que “Cada profesional se defiende por la capacidad de sus conocimientos”.

Los invito a participar en cada una de las actividades que el Colegio está organizando este año para celebrar su 50º aniversario. Les estaremos informando al respecto a través de nuestras redes sociales. Recuerden que el Colegio somos todos.

Arnoldo Rudín Arias

Presidente



EDITORIAL

Año nuevo, celebraciones y memoria

Abrimos con este número el segundo año de la nueva época de este boletín, con un ligero atraso por diversos motivos –les pedimos sus disculpas, por favor–, pero fieles con nuestro cometido de traer información, discusión y geología a granel.

Lo informan la portada y la nota de nuestro presidente, y ya todos lo saben a través de nuestras redes sociales: este 2023 es el año del quincuagésimo aniversario del Colegio de Geólogos de Costa Rica. De aquel puñado de geólogos no graduados como tales en la Universidad de Costa Rica antes que existiera la Escuela de Geología, pero que ejercieron la profesión con ahínco y se especializaron académicamente o a través de la experiencia, más otros que sí ostentaban el título

en universidades foráneas, nació la Asociación de Geólogos de Costa Rica en 1968, la cual germinó frondosamente en este Colegio a través de su ley de fundación el 2 de julio de 1973 (Ley N° 5230, publicada en *Colección de leyes y decretos: Año 1973, Semestre 2, Tomo 1, pág. 6*). De estas peripecias tempranas y muchas otras nos ilustra don Rolando Castillo, uno de los jóvenes protagonistas de los hechos, en el entretenido y magnífico pódcast *La Piqueta* (geólogos.or.cr/podcast-la-piqueta/). No se lo pierdan, si aún no lo han escuchado. Todo un homenaje a nuestros héroes, muchos de los cuales ya no nos acompañan en vida.

Será un año con múltiples celebraciones de diferente índole, desde las sociales hasta las científicas y la reflexión histórica. Sabrán de todo esto conforme vaya evolucionando el año, a través de

nuestras redes sociales. Si no las siguen aún, háganlo, que se han convertido en un floreciente campo de información e intercambio de ideas.

Y es que la memoria, la que rescata aquellos eventos del pasado histórico, es tremendamente importante. Lo ha escrito lapidariamente Jorge Luis Borges en su obra *El informe de Brodie*: “Filosóficamente, la memoria no es menos prodigiosa que la adivinación del futuro”. Por eso no debemos olvidar tampoco que este 2023 se conmemoran algunos aniversarios decadales de índole geológica. Por ejemplo, en 1723 (hace tres siglos), el Irazú erupcionó por primera vez desde que los españoles colonizaran el territorio de la Costa Rica. Doscientos cuarenta años después, en 1963 (hace seis décadas), el Irazú volvió a erupcionar intensamente. Ambas erupciones nos enseñaron mucho sobre el volcanis-

mo y sus efectos en el territorio nacional, y la última fue una semilla para el desarrollo de la vulcanología nacional. El mismo año de fundación del Colegio, en 1973 (hace cinco décadas), ocurrió el terremoto de Tilarán, que también fue un disparador trascendental para estudios sismológicos y tectónicos en el país y su aplicación en el diseño de grandes obras, como represas, y en general para alimentar los códigos sísmicos que nos acompañan desde 1974.

Así que usemos la memoria histórica para enaltecer nuestros logros, para reformar nuestras pifias, para mejorar lo bueno y componer lo malo, para recordar a nuestros colegas idos, para utilizar las lecciones aprendidas y repasar las que no aprendimos, todo en aras de un mejor Colegio y un mejor país.

Los editores

Explicación de nuestra foto de portada

Inauguración de la Tercera Reunión de Geólogos de América Central en la Universidad de Costa Rica, en San José, en 1971. En la mesa, de izquierda a derecha, Gabriel Dengo, G. Vicariolli,

César Dóndoli, Wendell P. Woodring, Eugenio Rodríguez (rector de la Universidad), el presidente de la República José Figueres (de pie), Gregorio Escalante (presidente de la Asociación de

Geólogos), J. Zamora (viceministro de Educación), y J. MacCourtney. Fotógrafo autor desconocido.

Junta Directiva

Presidente:

Arnoldo Rudín Arias

Vicepresidente:

Mauro Fallas Solano

Secretario:

Diego Guadamuz

Tesorera:

Yannie Fallas Rodríguez

Vocal I:

Edwin Garita

Vocal II:

Priscila Vargas Calderón

Vocal III:

Pablo Dormond

Vocal IV:

Kenneth Bolaños Irigaray

Fiscal:

Guiselle Phillips Arguedas

Editores

Gerardo J. Soto

Mauro Fallas Solano

Periodista

José Andrés Soto

Diseño gráfico

Karina Cerdas

COMUNICADOS

El 6º Congreso Geológico de la UCR-2022

Mauricio M. Mora & Gerardo J. Soto
Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica
mmorarsn@gmail.com;
katomirodriguez@yahoo.com

La geología no es solo una simple ciencia básica. Es además un poderoso medio por el cual un país puede obtener el conocimiento necesario sobre sus georrecursos y planificar su uso sostenible, así como también conocer los procesos geodinámicos que condicionan su territorio y aplicarlo a un adecuado ordenamiento territorial y, más aún, una gestión efectiva del riesgo geológico. Esto en conjunto, no es más que la receta para garantizar un verdadero desarrollo, tal y como lo establece el diccionario de la lengua española en su acepción relativa a la comunidad humana: “Progresar o crecer, especialmente en el ámbito económico, social o cultural.”

Costa Rica carece de un servicio geológico, y por lo tanto, gran parte de la producción del conocimiento

geológico básico ha estado encabezada por la Escuela Centroamericana de Geología (ECG) de la Universidad de Costa Rica (UCR) desde que esta iniciara funciones en 1970 (se había aprobado y fundado en 1967). Conforme la ECG se consolidaba y desarrollaba, dio frutos que fortalecieron la formación y la investigación en geología, tales como la Red Sismológica Nacional (RSN), la Revista Geológica de América Central (RGAC), el Programa de Posgrado en Geología (PPG) y el Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG).

Dentro de los proyectos para dar a conocer la investigación que se realiza en el área geológica en la UCR, se ideó la realización de un congreso geológico anual. En el 2022 se realizó la sexta edición del Congreso Geológico UCR, una actividad que nació en el 2017 en el marco de la celebración del quincuagésimo aniversario de la creación de la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Geología y de la ECG. En ese año se llamó Minicongreso Geológico y en el 2019 pasó a ser Congreso Geológico UCR, gracias al entusiasmo del cuerpo docente y el estudiantado.

Desde entonces, se ha consolidado como un clásico académico de final de año lectivo. En este congreso la comunidad docente-investigadora y estudiantil dan a conocer, de manera pública y abierta, las investigaciones geocientíficas realizadas por el cuerpo docente e investigador, y estudiantes tesisistas y de cursos regulares, algunas de ellas realizadas de forma colaborativa con otras instituciones internas o externas a la UCR e incluso, de alcance más allá de nuestras fronteras políticas.

El Congreso Geológico UCR se une a la lista de estrategias de lo que trata la vida universitaria: ir más allá, promover y buscar el conocimiento (“Lucem aspicio”, reza nuestro lema de la UCR), llevar ese nuevo conocimiento (científico, social, humanístico, artístico) a la aplicación en la sociedad, y discutirlo. Esta pasión por la academia permitió también que el Congreso Geológico UCR sobreviviera a los tiempos adversos de la pandemia generada de la covid-19 y pudiera ser realizado durante los años en que las medidas sanitarias no permitían las actividades presenciales.



Comité organizador del 6º Congreso Geológico UCR-2022 (M. Barahona, G. Cárdenes, G.J. Soto, P. Denyer, P. Ruiz y M. Mora). Foto cortesía de Jairo García (ECG).

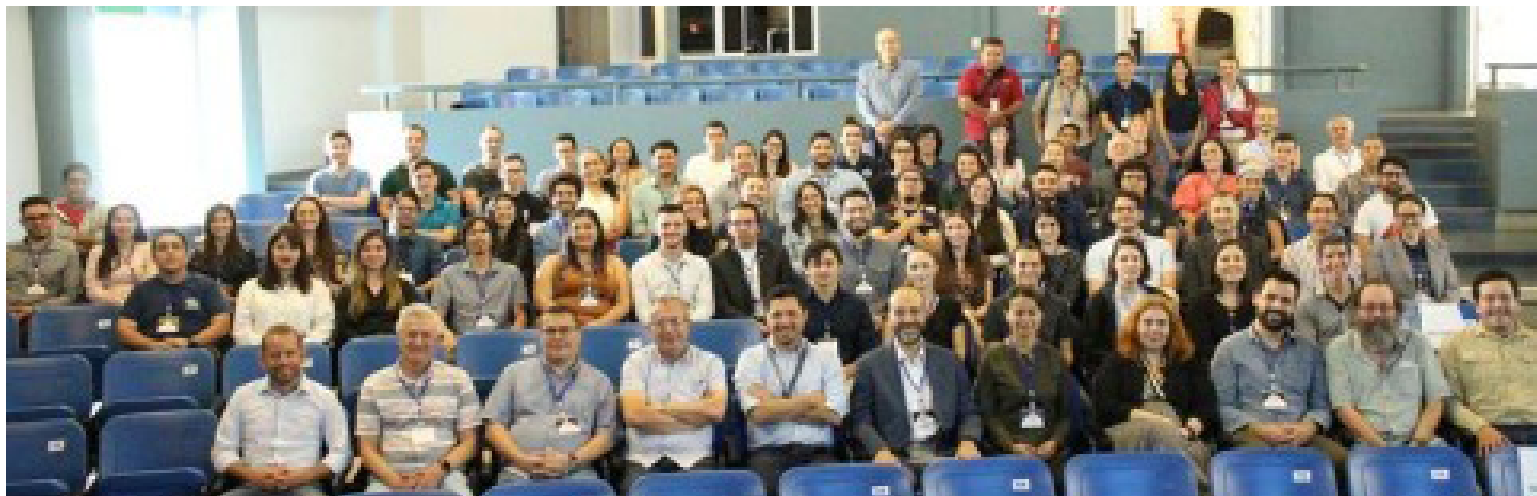
En las seis ediciones del congreso se han divulgado 307 trabajos de investigación (167 orales y 140 pósteres), de los cuales al menos el 45 % ha sido liderado por estudiantes. Durante el 6° Congreso, que se realizó en el Auditorio de la Ciudad de la Ciencia (UCR) los días 10 y 11 de noviembre, se presentaron 20 charlas orales, 2 charlas magistrales (una presencial y la otra remota), y 31 pósteres; 61 % de los trabajos fueron liderados por estudiantes (30 % estudiantes mujeres y 31 % estudiantes hombres). Un atractivo de los congresos es que se premia a los mejores trabajos en póster presentados por un autor líder estudiante de Bachillerato o Licenciatura, y en esta última edición, se introdujo la modalidad de premio al póster elegido como favorito por el público

visitante, independientemente de quien fuera el primer autor. El financiamiento de esta actividad corre por cuenta de la UCR, pero para los refrigerios y el brindis final se cuenta con el apoyo de empresas e individuos colaboradores (10 en esta edición).

El Congreso Geológico UCR muestra muchos resultados de las investigaciones que año a año se realizan en la Escuela Centroamericana de Geología, el Programa de Posgrado en Geología y el Centro de Investigación en Ciencias Geológicas y que pueden ser aplicados en la resolución de las problemáticas fundamentales de Costa Rica, a diferentes escalas espaciales y temporales, o simplemente encaminadas a entender mejor nuestro territorio e,

incluso, el mundo. Con esto demostramos que esas instituciones que seguimos llamando universidades, no sólo son útiles, sino necesarias, e intentamos hacer eco de las palabras del gran maestro José Saramago, en su obra *Universidad y democracia*: “La universidad, además de buenos profesionales debería lanzar buenos ciudadanos”.

Esperamos que nuestro compromiso con el Congreso Geológico UCR se mantenga incólume y trascienda las generaciones de docentes y estudiantes trabajando juntos en la construcción del conocimiento geológico para y por el pueblo de Costa Rica, con el firme propósito de dar a la sociedad costarricense lo mejor en docencia, investigación y acción social.



Comité organizador del 6° Congreso Geológico UCR-2022 (M. Barahona, G. Cárdenes, G.J. Soto, P. Denyer, P. Ruiz y M. Mora). Foto cortesía de Jairo García (ECG).



Algunos de los participantes en el 6° Congreso Geológico UCR-2022, departiendo durante el brindis de cierre (E. Tristán, A. Rudín, G.J. Soto, P. Ruiz, A. Ulloa, P. Madrigal y M.C. Araya). Foto cortesía de Jairo García (ECG).

“El buen geólogo se hace en el campo”

José Andrés Soto
Periodista

El mensaje para las nuevas generaciones de profesionales en geología es claro: “Para ser competentes en el mercado laboral la principal habilidad que deben poseer es la experiencia” y, ¿cómo se gana? Solo con el tiempo.

Así lo expresó el presidente del Colegio de Geólogos de Costa Rica, Arnoldo Rudín, durante la charla que impartió en el 6° Congreso Geológico de la Universidad de Costa Rica, celebrado en noviembre del 2022.

A los recién graduados en geología, Rudín les recomienda que “si hay un trabajo al lado de un geólogo con experiencia, lo acepten sin problema. Todos empezamos como profesionales *junior*”, dijo el presidente, quien reiteró que lo mejor siempre será aprender en el campo.

Aprender y aplicar habilidades blandas

Otro aspecto que ofrece una ventaja competitiva es la capacitación permanente en las nuevas técnicas geológicas y si us-

ted ya es bilingüe, “busque ese tercer idioma”, “El reto de hoy es buscar el mayor crecimiento interdisciplinario”, acotó Rudín, y categorizó: “Adaptabilidad para el cambio, trabajo en equipo, manejo del tiempo, liderazgo, pensamiento crítico y estratégico, además de ética profesional, son habilidades blandas que resultarán claves para el éxito”.

Oportunidades de crecimiento

Rudín señaló que las oportunidades existen, aunque algunas de ellas habrá que construirlas como gremio, tal es el caso

de las oficinas de geología en el régimen municipal. “En la actualidad solo diez municipalidades integran a un geólogo en sus equipos de trabajo”, reflexionó.

Otras áreas como el geoturismo, la gestión de riesgo, la investigación y la ciencia, la exploración (en América Central) y los servicios de consultoría internacional, han demostrado ser parte de esas oportunidades que se abren para quienes se toman en serio el reto de “ser cada día mejor y de comprender que lo mejor de nosotros se construye con el tiempo”, finalizó Rudín.



Formarse en más de una carrera profesional, ser trilingüe, aprender en el campo y obtener un razonable equilibrio mediante el desarrollo de las habilidades blandas, te harán una persona más exitosa.



Vacío de objetividad científica desvaloriza la minería metálica

José Andrés Soto
Periodista

En una carta de tres páginas, el Colegio de Geólogos de Costa Rica (CGCR) le ofreció al presidente de la República, Rodrigo Chaves, información útil y relevante que podrá “contribuir a comprender la minería metálica y los beneficios económicos que sin lugar a dudas le generaría al país”.

En la misiva, que le fue entregada al mandatario el 1° de diciembre de 2022, el Colegio enfatiza que “Durante los últimos 20 años Costa Rica vació de objetividad científica el valor de la minería metálica y la redujo a un debate estrictamente conservacionista, negándole su importancia estratégica como un generador de bienestar común.”, según dice el documento.

“Los geólogos representamos el conocimiento científico y la responsabilidad ambiental detrás del aprovechamiento de los recursos minerales, sean metálicos o no, razón por la cual nuestro criterio debe ser tomado en cuenta”, dijo el presidente del Colegio, Arnoldo Rudín, quien suscribe el documento.

Inversión público-privada y el mito de solo un 2 %

El CGCR reconoce y aplaude que el Estado tenga el dominio absoluto de los recursos minerales del territorio y que, con esa potestad, “otorgue los permisos de exploración y las concesiones de explotación, a quienes, apegados a la ley y a la técnica, demuestren con sus estudios y sus recursos financieros que son merecedores de esa confianza.”, dice la carta.

Recuerda que la ley permite el modelo de inversión público-privado, lo que permitiría avanzar a una distribución más equitativa de las utilidades luego de impuestos, gastos de producción y regalías. “Señor Presidente, por décadas, se ha construido en el imaginario social que la minería metálica únicamente le deja al país el 2 % de la producción bruta del mineral, cuando en la realidad los aportes al Estado superan por mucho ese porcentaje.”

En la carta se le explica al mandatario, las diversas etapas que im-

plican el desarrollo de un proyecto minero y la estimación del beneficio final, que por mucho supera el dos por ciento de la regalía establecida en el Código de Minería.

“Estimado Presidente, como usted comprenderá, es difícil explicar con pocas palabras la complejidad y el enorme aporte económico de la industria minera, pero sí es justo decir, en apego a la verdad y a la técnica minera, que el aporte de la industria dista mucho de ser solo un 2 %. De la ganancia de una mina, más del 60 % se queda en el país.”, concluye la carta (Vea el documento completo en <https://www.geologos.or.cr/wp-content/uploads/2023/01/117-2022.pdf>).

La Casa Presidencial respondió cinco días después, indicando que el documento se trasladó al ministro de Ambiente y Energía, Franz Tattenbach, para que “se sirva valorar la información suministrada y brindarle una respuesta al señor Rudín”. Al cierre de edición de este Boletín, el Colegio no la había recibido.



MINAE propone plan para minería de oro en Abangares

*José Andrés Soto
Periodista*

El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) anunció a fines de enero el Plan Nacional de Acción para orientar y organizar la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) que incluye metas para reducir las emisiones y liberaciones de mercurio que provoca la actividad minera en el cantón de Abangares.

El plan MAPE es el resultado de varios procesos de capacitación en los que participaron mineros artesanales, representantes de la Municipalidad de Abangares y de la Dirección de Gestión

de la Calidad Ambiental (DIGECA).

Esta iniciativa “traza una hoja de ruta que busca orientar y organizar, desde criterios de sostenibilidad ambiental y social, la actividad minera en el cantón de Abangares”, señala el comunicado de la cartera de Ambiente y Energía, en el que se amplía sobre las metas para ordenar la extracción de oro artesanal y en pequeña escala.

Según explicó el ministro de Ambiente y Energía, Franz Tattenbach, “este esfuerzo, pionero en el país, se enmarca en el cumplimiento de los

compromisos adquiridos en el Convenio de Minamata sobre Mercurio”.

“Con base en un diagnóstico exhaustivo sobre aspectos mineros, ambientales, socioeconómicos, legales y de salud pública, se definen las metas de reducción de la utilización del mercurio, así como diversas estrategias orientadas a promover la actividad minera con una perspectiva de protección ambiental y mejorando la calidad de vida de las personas mineras y sus familias”, explicó el jerarca.

Metas del Plan MAPE

- Reducir las emisiones de mercurio a un 50 % del valor de referencia respecto a la estimación actual promedio anual de 34,4 T de mercurio/año para el 2028 y una reducción del 100 % para el 2030.
- Facilitar la formalización de la MAPE de oro.
- Gestionar el comercio y prevenir el desvío de mercurio.
- Promover la participación de los grupos de interés.
- Fortalecer la regulación en salud pública para minimizar la exposición al mercurio.
- Prevenir la exposición de las poblaciones vulnerables al mercurio mediante un análisis epidemiológico.
- Proporcionar información a los mineros artesanales que extraen oro.
- Incentivar mecanismos de mercado que favorezcan oro extraído con buenas prácticas.



El MINAE presentó el Plan Nacional de Acción para orientar y organizar la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE), para reducir las emisiones de mercurio que provoca la actividad minera en el cantón de Abangares.



La Piqueta alcanza su sétimo episodio

José Andrés Soto
Periodista

El 30 de junio del 2022 el Colegio de Geólogos de Costa Rica estrenó un nuevo espacio para mantener un permanente diálogo con sus agremiados y la sociedad costarricense. El pódcast *La Piqueta* se hizo realidad y desde ese primer programa, ya son siete los episodios que se han publicado en la plataforma de *Spotify*.

La Piqueta nos permitió acercarnos al lado más humano de Gerardo Soto, Premio Geológico Nacional Dr. César Dóndoli 2022. “Con la mente y con la piqueta”, Soto nos comparte episodios de su vida, sus anhelos y su perspectiva sobre una profesión que califica como llena de héroes.

La Piqueta también nos permite hacer visible lo invisible. El reto mundial sobre la importancia del agua subterránea, desde la mirada experta del Dr. Ri-

cardo Hirata, director del Centro de Investigación de Aguas Subterráneas de la Universidad de San Pablo, Brasil. Conocimos a un enamorado de Costa Rica y a un apasionado por uno de los temas que formó parte del Congreso Geológico Nacional y de América Central, a mediados del 2022.

Con la participación del director ejecutivo del Colegio, Giorgio Murillo y del presidente, Arnoldo Rudín, en *La Piqueta* se dejó claro el rotundo no a la eliminación del tarifario mínimo para los servicios profesionales y en octubre del 2022, el quinto episodio lo dedicamos al tema de si los desastres son naturales o no. El Colegio de Geólogos compartió su visión sobre la tragedia de Cambronero.

En el sexto episodio, *La Piqueta* le permite conocer a la geóloga que se

enamoró de un tico en su natal Rumanía y que hoy, 30 años después, le sigue dando a Costa Rica lo mejor de su pasión y su conocimiento. Con Mihaela Dobrinescu, conoceremos desde el cementerio más divertido del mundo, hasta sus aportes en el tema de los hidrocarburos que hoy la tiene ocupando un puesto en la Junta Directiva de Recope.

Llegamos al sétimo episodio donde *La Pique-*

ta se mete de lleno en la celebración del 50° aniversario del Colegio. De la mano de uno de sus 20 pioneros, el Dr. Rolando Castillo, cuenta cómo se gestó la idea y cómo, de la Asociación de Geólogos, en 1973 se creó el Colegio de Geólogos de Costa Rica. Un episodio lleno de recuerdos y anécdotas, pero especialmente lleno de homenaje y gratitud por quienes sembraron la semilla del árbol que este año cumple 50 años.



Un geólogo con corazón morado [Obituario al colega Luis Avilés]

Arnoldo Rudín
Presidente del CGCR
arudina@hotmail.com

Eran los años ochenta del siglo pasado cuando un joven recién graduado del colegio caminaba por los pasillos de la Escuela de Geología (ECG) de la UCR, siempre con mucha energía y simpatía e ilusionado por graduarse como geólogo algún día en el futuro. En pocos días, muchos lo conocimos por sus comentarios y vítores hacia su equipo de fútbol preferido, el Deportivo Saprissa, al cual le demostraba amor y lealtad. Ese era nuestro amigo, Luis Avilés Montoya.

Cuando Luis se gradúa del Colegio Nuevo de San José, decide estudiar geología, pues desde niño era un amante de las colecciones de rocas y le atraían las ciencias naturales, en especial la geología. Sus padres y en especial su amigo y compañero de colegio, Olman Arias (quien actualmente es geólogo), lo convencen para que estudiara esta carrera. En la universidad, empieza llevando el curso de Geología General, en esa época impartido por el profesor Sergio Paniagua; al finalizar el curso, Luis hace saber a todos, que en definitiva, la geología es la carrera que él quiere seguir. A partir de ese momento,

Luis demostró su amor por el campo, disfrutando las giras y mostrando un gran compañerismo, siempre dispuesto a ayudar a los demás. Rápidamente, todos los estudiantes de la ECG lo llegan a conocer por su simpatía y por el uso continuo de uno de sus eslóganes favoritos: "siempre morado".

Con su título universitario en mano, una de las primeras acciones de Luis fue colegiarse. Durante todo este tiempo siempre fue un miembro activo del Colegio de Geólogos. En lo posible, siempre participó en los eventos que organizó nuestro Colegio, fueran asambleas, charlas, o celebraciones, entre otros.

Ya como profesional en geología, empieza a trabajar brindando servicios en áreas como la geología ambiental, geomorfología, hidrogeología y minería no metálica, principalmente. Esas labores lo llevaron a visitar gran parte de los rincones de Costa Rica, desde la zona limítrofe norte, las penínsulas de Osa y Nicoya, el Caribe, y ni hablar: Guanacaste. En ese sentido, podemos decir con toda

certeza que era un hombre trabajador y dedicado a sus labores profesionales. Como geólogo no dejó de capacitarse, participando en forma continua de cursos de actualización profesional y asistiendo a diversos congresos geológicos, nacionales e internacionales, por lo que muchos pudimos verlo y compartir con él en Panamá, Guatemala, y Nicaragua, entre otros.

A través del tiempo, Luis mantuvo la alegría y calidez que lo había caracterizado en la época universitaria, ya sea durante sus trabajos, congresos o actividades sociales; siempre mantenía esa simpatía y no dejaba de tirar la cuñita a favor del Saprissa, al que Luis le decía "el mejor equipo de fútbol de Costa Rica".

Esa bonita forma de ser de Luis lo llevó a encontrar su amor, Laura Rosales, con quien convivió por más de diecinueve años, siendo ellos dos un ejemplo de lo que es una buena relación de pareja. Nos animamos a decir que aparte de ser pareja, eran unos excelentes amigos, se apoyaban mutuamente y disfrutaban cada momento en que estaban juntos. En muchos eventos geológicos, pudimos compartir con Luis y Laura, ya que era común que ambos asistieran juntos a ese tipo de actividades.

El 7 de diciembre del 2022, en una de sus giras de campo, realizando una de las actividades que disfrutaba Luis en su vida, la geología, muere de un infarto fulminante. La noticia que se corre en minutos, nos dejó a todos en shock, pues no era creíble que el buen Luis se nos hubiera ido. ¿Quién hubiera pensado que un día antes de su cumpleaños número 58, que lo celebraría el 8 de diciembre, Luis ya no estuviera con nosotros y nos dejara a todos con el corazón roto?

Adiós colega, adiós amigo, un día nos veremos; por mientras, aquí te recordaremos por siempre.



Luis Avilés (a la derecha), disfrutando del XII Congreso Geológico de América Central en Managua, Nicaragua, en noviembre del 2015, junto con G.J. Soto (izquierda) y quien esto escribe.

In memoriam del Ing. Rodolfo Madrigal Gómez, M.Sc. (1929-2023)

Gerardo J. Soto & Sergio Mora Castro
Geólogos consultores
katomirodriguez@yahoo.com
smoracastro@consultarx.com

Para la comunidad geocientífica y especialmente para los vinculados con el estudio de la morfodinámica, la geodinámica externa, la dinámica de vertientes y los procesos geológicos de Costa Rica, el máster Rodolfo Madrigal Gómez fue uno de los pilares de la investigación, enseñanza y desarrollo de las ciencias geológicas en Costa Rica. Su notoria trayectoria profesional y producción académica y científica, desde la década de los cincuenta del siglo pasado, su impulso al fomento del análisis de las características geomorfológicas y a la cartografía de las unidades geológicas de nuestro país y, sobre todo, gracias al conocimiento detallado del marco geológico y tectónico del territorio, no solo se vieron reflejados en una cantidad notable de informes y publicaciones técnicas y científicas, sino en una clara e impecable influencia en sus estudiantes y colegas.

Don Rodolfo nació en San José el 29 de marzo de 1929, se graduó de bachiller en el Liceo de Costa Rica en 1946 y luego como ingeniero agrónomo en la Universidad de Costa Rica (UCR) en 1954. Fue geólogo de la Dirección de Minas y Petróleo del Ministerio de Economía, Industria

y Comercio entre 1955 y 1971 y, durante ese período, además fue profesor de múltiples facetas: enseñó Geología y Mineralogía en el Liceo de Costa Rica Nocturno (1959-1963), Geología en la Escuela de Agronomía de la UCR (1960-1969) y Elementos de Fotointerpretación en la Escuela de Topografía de la UCR (1967-1972). Pero además, tuvo la gran oportunidad de ampliar sus horizontes académicos al estudiar en el Instituto de Estudios Aéreos y Ciencias de la Tierra (ITC) en Delft, Holanda, donde obtuvo su título de fotogeólogo en 1964, y luego una maestría en geología con especialidad en geomorfología aplicada a la cartografía geológica en la Universidad de Sheffield, Inglaterra, en 1969.

Cuando la Escuela Centroamericana de Geología (ECG) de la UCR abrió sus puertas en 1970, integró a los más proclives profesionales en la rama en su cuerpo docente, de modo que don Rodolfo empezó a laborar en esta casa de estudios desde 1972 en las cátedras de Geología de Campo (1972-1979), y Geomorfología y Fotogeología (1972-1985), así como en el Seminario de Geología de Costa Rica de la Escuela de Historia

y Geografía (1976-1977). Llegó a ser el director de la ECG entre 1979 y 1983, en 1982 fue declarado Profesor Catedrático y se jubiló de la UCR en 1985.

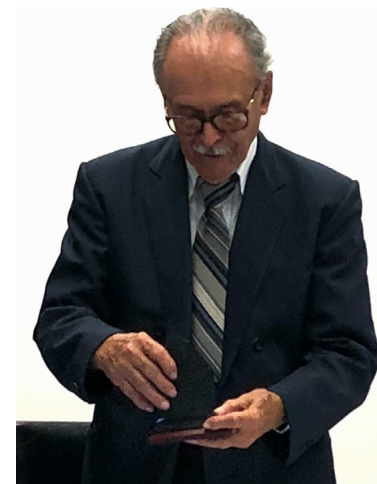
Su carrera no solo se desarrolló en la empresa pública y en la academia, sino también como asesor del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA, 1966-1968), el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1967-1980), SENAS (hoy Senara, 1967), ACNUR (1985) y consultor en numerosos proyectos mineros metálicos y no metálicos, estudios de impacto ambiental, geotecnia, aguas subterráneas, y geología en general, en particular luego de su jubilación universitaria.

Como profesional polifacético, fue miembro del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica y de la Asociación de Geólogos de Costa Rica, que fue luego el germen que dio nacimiento al Colegio de Geólogos de Costa Rica en 1973, y por lo tanto fue uno de sus miembros fundadores.

Por toda esa prolija y prolífica carrera geológica fue merecedor de múltiples reconocimientos y homenajes de parte de la Dirección de Geología y Minas, de los colegios profesionales de Geólogos, Ingenieros Agrónomos, y Topógrafos, la UCR (Figura 1) y de la ECG, en donde se le dedicó –junto a otros tres notables geólogos– el número 30 de la Revista Geológica de América Central, titulado “La

Vulcanología y su entorno geoambiental” (Figura 2). El premio más destacado de su carrera fue ser parte del grupo galardonado con el Premio Geológico Nacional Dr. César Dónoli Burgazzi en 2008, concedido precisamente a la Asociación de Geólogos que dio nacimiento al Colegio.

Don Rodolfo siempre propició y estimuló el aprendizaje de las técnicas y métodos de investigación, tanto en las aulas como en el campo y aprovechó su pasión por los aspectos de la dinámica cortical y de su conocimiento sobre los suelos (recuérdese que él también era ingeniero agrónomo). Sus clases y textos fueron brillantes, entretenidos y muy bien ilustrados; en las prácticas de campo siempre resaltó su espíritu para encontrar todos los detalles de la litología, del suelo y de sus aplicaciones prácticas, aparte de su actitud constante de contribuir con el desarrollo de la sociedad. Es por ello



Don Rodolfo Madrigal, en 2018, al recibir un homenaje en la Universidad de Costa Rica.

que, además ser el pionero en este campo, también lo fue en el estudio y análisis de las amenazas naturales asociadas con la geodinámica externa y la vulnerabilidad física en el país.

Su conspicua actividad investigativa y docente lo llevaron a escribir numerosos y variados trabajos, algunos de los cuales son hoy seminales dentro de la geología de Costa Rica. Algunos de sus trabajos pioneros que sobresalen son el primer compendio formal sobre la Estratigrafía de Costa Rica (1977), sus mapeos clásicos de la Hoja Barranca (1970), de la zona Norte-Caribe del país y del Área Metropolitana (en conjunto con Enrique Malavassi en 1967 y 1970, respectivamente), de los yacimientos de diatomita (1960), recursos minerales y de materias primas industrializables (1961), pómez (1967), y un breve, pero clásico trabajo sobre la lavina del Valle Central, publicado en 1960 como uno de los primeros *Informes técnicos y notas geológicas* de la Dirección de Geología. Obras mayores son sus libros de texto en Geomorfología (1977) y Fotogeología (1975), y otro breve y menos conocido: "Geología de Santa Rosa" (1982), que retrata bien el estilo de sus obras, en las que ha agregado elementos volcánicos, como los litológicos y morfológicos.

Destaca una de sus obras maestras: el Mapa Geomorfológico de Costa Rica, publicado en 1980 y

compuesto de nueve hojas a escala 1:200 000, a color y con un manual explicativo muy bien escrito, el cual fue compuesto junto con su estimable esposa, la geógrafa Gladys Rojas. Muchos de los criterios plasmados en ese Mapa Geomorfológico de Costa Rica siguen vigentes y plenamente válidos, pues su fundamento fue, en primer lugar, el trabajo de campo detallado y arduo, y luego la extensión y complemento de esas observaciones mediante la interpretación de fotografías aéreas y la cartografía nacional. Su rigurosidad científica, en esta tarea, no ha sido fácilmente superada hasta la fecha.

Fue el descubridor de varios elementos característicos y extremadamente importantes, relacionados con lo que hoy día se conoce como neotectónica, particularmente los basculamientos de los abanicos aluviales del Valle de El General (1977) y el levantamiento de las terrazas marinas en Osa (1978), al sur de Costa Rica. La descripción de estos procesos fue clave para comprender, por ejemplo, la influencia y derivaciones de la subducción de la cordillera volcánica submarina del Coco y el consiguiente levantamiento y plegamiento de la corteza continentalizada de Costa Rica.

Toda esta labor se complementó con la enseñanza y la transferencia de sus conocimientos a muchos de nosotros, sus

alumnos. Sus cursos de Geomorfología, Foto-interpretación y Geología de Campo, fueron de los más interesantes e ilustrativos de nuestras carreras. Igualmente, fue incansable, diligente y paciente al dirigir un gran número de tesis de grado y proyectos de investigación.

Como persona y profesor siempre fue amable, asequible, paciente y dueño de un fino humor, que no siempre era fácil distinguir, hasta que su grácil sonrisa aparecía. Muchas de sus frases y anécdotas son célebres, y se repiten de generación en generación, usualmente trastocadas, parafraseadas y hasta plagiadas. Vayan unos ejemplos:

- *Donde empieza el peligro, se acaba la geología.*
- *Después de las 3 de la tarde, todo es lo mismo... y si estamos en Guanacaste, de seguro es Complejo de Nicoya.*
- *Les recomiendo que, cuando a uno le preguntan: "¿Qué tipo de roca es?", mientras usted saca la lupa, la limpia, le pasa la lengua a la roca (lo aprendimos de él) y la revisa lentamente (a la lupa), tómese el tiempo y haga cara de intelectual, y mientras todo esto sucede, usted piensa: ¿qué diablos respondo?*
- *Cuando uno va caminando en el campo, debe darse vuelta cada cierto tiempo para ver el paisaje que uno deja atrás, porque*

eso es lo que verá al regresar, y ayuda a no perderse (y, de hecho, todos aprendimos a practicarlo).

- *En la gira del "Viacrucis" desde San José a Guanacaste en 1982, dijo que a la naturaleza había que respetarla, y por eso mató, de un certero piquetazo, a un alacrán, porque nosotros somos naturaleza, y había que proteger a sus estudiantes, primero que nada.*

Hemos tenido la gran dicha de tener a don Rodolfo como nuestro guía y mentor, siempre energético y visionario. Nos seguirá acompañando y su recuerdo nos reconforta y será siempre apreciado como un símbolo de nuestra profesión.



Don Rodolfo Madrigal, el lunes 13 de diciembre de 2004, cuando recibió el homenaje de dedicación del N° 30 de la Revista Geológica de América Central (la que además cumplía 20 años de ediciones continuas), en un acto simbólico en el Auditorio Dr. César Dóndoli, de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

Advertencia:

Las afirmaciones, opiniones y conclusiones vertidas por los autores firmantes de los artículos técnicos, de opinión, anecdóticos y literarios, son de su propia y entera responsabilidad y no constituyen necesariamente la posición oficial del Colegio de Geólogos de Costa Rica.

ARTÍCULOS TÉCNICOS

El establecimiento de Metodología para el desarrollo de parte del inciso N° 3.3 Hidrología para el informe anual de labores ante la Dirección de Geología y Minas

Ana Enid Vargas Carranza
Cantera Don Luis S.A.

geologia@concavas.netcretacico2012@gmail.com

El año pasado se publicó el Decreto Ejecutivo N° 43443-MINAE “Reglamento al Código de Minería”, en donde la Dirección de Geología y Minas (DGM) estandariza y detalla aspectos de los documentos establecidos en la legislación para gestionar su quehacer como ente rector minero nacional, incluidos los informes de labores. En este artículo se aborda el contenido del inciso N° 3.3 Hidrología del Anexo # 13 Informe Anual de labores. Concesión de Explotación en Cauce de Dominio Público.

Si bien el aspecto de Hidrología se incluía en el reglamento anterior, no se detallaba de manera tan puntual como en el vigente, en donde se amplía y define la información a contener, entre otros aspectos: “Composición granulométrica del material (diámetros promedios en metros de los cantos y su

redondez, así como distribución por porcentajes) comparando los frentes de explotación con secciones aguas arriba y aguas abajo del río, constitución litológica de los cantos”. Haciendo la salvedad de que la palabra adecuada debería ser “clasto”, puesto que “canto” es una subclasificación granulométrica, el nuevo aspecto del reglamento implica que se deben llevar a cabo por lo menos 3 mediciones por concesión de explotación si se ha extraído en un solo frente, aumentando dicha cantidad en dependencia de los frentes de explotación abiertos durante el periodo analizado. Se abordará a continuación la metodología para determinar la distribución granulométrica de los clastos.

Medición de la distribución granulométrica

Solarte (2011) indica que el material del lecho

de un río se puede muestrear mediante muestreo superficial o muestreo volumétrico. El segundo es el ideal para realizarse en ríos conocidos como “areneros”, en donde medir cada partícula individualmente se tornaría imposible.

Para muestrear el material superficial, Crozzoli & Batalla (2003) indican que existen varios métodos: a) la retícula, b) el método areal, c) la fotografía vertical y d) el contaje por transectos. Por su practicidad para llevarlo a cabo en el campo y su alta preci-

sión en ríos con una amplia distribución granulométrica, el último es el que se detallará con una metodología para muestrear clastos aluviales gruesos con base en lo establecido por Wolman (1954).

En sedimentología se usa la escala granulométrica de Udden-Wentworth (Blair & McPherson, 1999) para clasificar por tamaño a la partícula sedimentaria, en la cual el material grueso se divide según su diámetro en grava (2 - 64 mm), canto (64 - 256 mm) y bloque (>256 mm) (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de clastos según su tamaño.

Clasificación según el tamaño de partícula	Rango de tamaño (mm)
Arena <	2
Grava muy fina 2	-4
Grava fina 4	-8
Grava media	8-16
Grava gruesa 1	6-32
Grava muy gruesa 3	2-64
Canto pequeño	64-90
Canto medio	90-128
Canto grande	128-180
Canto muy grande	180-256
Bloque pequeño 2	56-512
Bloque medio 5	12-1024
Bloque grande	1024-2048
Bloque muy grande	2048-4096

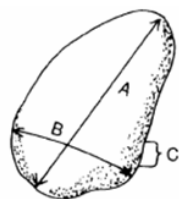
La metodología del conteo por transectos de Wolman (1954) dicta varios pasos a seguir con el fin de determinar el diámetro promedio de las partículas aluviales del cauce (D_{50}), aunque con estos resultados también se pueden obtener los diámetros D_{75} , D_{84} y D_{90} , los cuales son utilizados en varias fórmulas y metodologías para determinar el caudal sólido unitario o la recarga aluvial del lecho, incluido el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning y el número adimensional de Shields.

Contaje por transectos

1. Se debe elegir un tramo activo del cauce, de manera que se reflejen diámetros que hayan sido arrastrados recientemente.

2. Iniciar el transecto en un punto elegido al azar y de un paso de manera transversal al rumbo del flujo, proceder a medir el diámetro del clasto.

3. Se mide el eje "b" del clasto (Figura 1), puesto que el calibre de la par-



A = LONGEST AXIS (LENGTH)
B = INTERMEDIATE AXIS (WIDTH)
C = SHORTEST AXIS (THICKNESS)

Figura 1: Ejes "a" (el más largo), "b" (el intermedio) y "c" (el más corto) de un clasto. Tomado de Bunte & Abt (2001).

tícula está determinado por dicho eje, para clastos incrustados o demasiado grandes para moverlos, medir el eje corto más visible.

4. Dé un paso cruzando el flujo de agua y repita el procedimiento, al llegar al lado opuesto establecer un nuevo transecto e iniciar de nuevo; se puede variar la medición hacia aguas arriba en un patrón de zig-zag en vez de perpendicular al flujo.

5. Para garantizar la confiabilidad del método, se deben mostrar los ejes "b" de por lo menos 100 clastos.

6. Después de recopilar los datos, se plotean

por su distribución de tamaño (escala logarítmica) y frecuencia para determinar las distribuciones. Por ejemplo, el D_{50} , significa que el 50 % de las muestras son iguales o menores a la medida de dicho diámetro en el cauce activo. A modo de ejemplo se muestra un gráfico elaborado siguiendo la metodología en un cauce real en Cartago (Figura 2).

El este caso el D_{50} , correspondería a un clasto de 0,7 m de diámetro, es decir, según la clasificación sedimentaria a un bloque medio. Y así sería la distri-

bución granulométrica en el cauce activo por fracciones, en este caso, dadas en la Tabla 2.

Es muy recomendable realizar este tipo de muestreo desde antes de iniciar labores de explotación, primero con el fin de que los datos utilizados para calcular el volumen de recarga sólida sean confiables, y después con el fin de observar las variaciones que se puedan dar a lo largo del tiempo durante el aprovechamiento de las concesiones con el fin de apartarse de ellas en el procesamiento de los agregados.

Tabla 2: Distribución de clastos en el cauce por porcentaje

Tamaño del clasto (m)		%
Grava muy gruesa	0,032 -0,064	0,3
Canto pequeño	0,064 a 0,090	0,3
Canto grande	0,120 a 0,180	0,7
Bloque pequeño	0,256 a 0,512	16,9
Bloque medio	,512a 1,024	50,4
Bloque grande	1,024 a 2,048	18,4
Bloque muy grande	2,048 a 2,2	13,1
Total		100

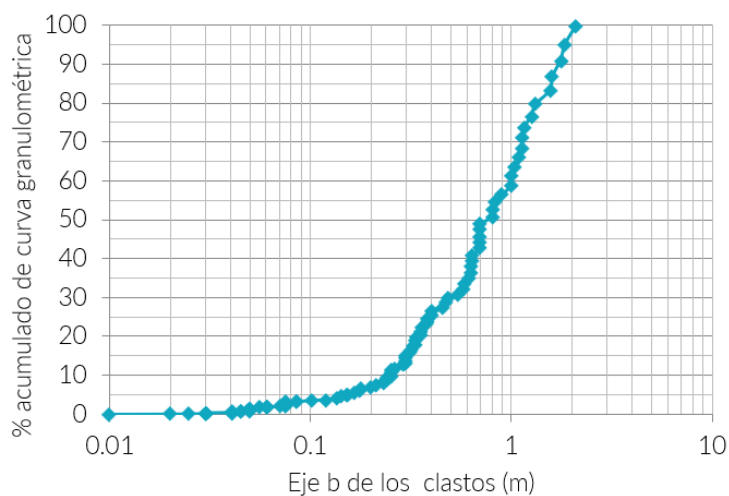


Figura 2: Gráfico de distribución de tamaños de clastos versus frecuencia acumulada.

Referencias

- Blair, T. & McPherson, J. (1999). Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 69 (1), 6-19.
- Bunte, K. & Abt, S. R. (2001). Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel-and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics and Streambed Monitoring. *Rocky Mountain Research Station*.
- Crozzoli, L. & Batalla, R.J. (2003). Aplicación de la fotografía al análisis geométrico de ríos con lecho de gravas. *Revista C. & G.*, 17 (3-4), 29-39.
- Solarte, J.L. (2011). *Automatización de la granulometría del material del lecho en ríos de gravas y piedras mediante el procesamiento digital de imágenes*. Tesis Ingeniería Civil. Universidad del Valle, 91 pág.
- Wolman, M.G. (1954). A method of sampling coarse river-bed material. *Transactions of the American Geophysical Union*, 35 (6), 951-956.

Circulación atmosférica y moduladores relevantes de la precipitación en América Central

José María Sequeira-Arguedas
jose.sear19@gmail.com

Históricamente, las afectaciones hidrometeorológicas han sido cuantiosas en América Central y Costa Rica. Sin despreciar la relación con el medio geológico, otras amenazas, la vulnerabilidad y la exposición, se pretende exponer algunos mecanismos atmosféricos predominantes en la región.

La traslación terrestre y la posición latitudinal de América Central determinan la variabilidad climática intraanual. La región recibe gran parte del balance radiativo solar y por demás se encuentra entre las grandes masas oceánicas del Pacífico este, el golfo de México y el mar Caribe. Dada esta compleja interacción litósfera-hidrosfera-atmósfera, los patrones de circulación global de vientos se rigen por celdas convectivas, donde las masas de aire cálido ascienden por densidad, circulan a latitudes mayores y descienden al enfriarse para cerrar el ciclo, movilizándose desde centros de alta presión hacia los de baja presión (Zúñiga & Crespo, 2015). La rotación terrestre genera tres tipos de celdas de circulación y sus interacciones definen corrientes en chorro, los anticiclones, frentes, y la magnitud y dirección de los alisios. Entre los 30° de latitud norte y sur, se desarrollan las celdas Hadley, cuya convergencia cerca del ecuador, genera una banda de baja presión entre alisios del noreste y el sureste (Zúñiga & Crespo, 2015), denominada la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI). La posición e intensidad de la ZCI alterna durante el año, posándose

se definida sobre América Central entre junio y agosto (Maldonado, Alfaro & Hidalgo, 2018).

A bajo nivel, el transporte de humedad proviene desde zonas marítimas. Una fuente primordial es la impulsada desde el mar Caribe por el centro permanente de alta presión (anticiclón) denominado la Alta Subtropical del Atlántico Norte (ASAN). Al formarse ramas descendentes de alta velocidad a bajos niveles atmosféricos, pueden concentrarse masas de aire, denominadas *jet* o corrientes en chorro. El Jet de Bajo Nivel del Caribe (JBNC) consiste en una rama centrífuga de la ASAN, que controla la circulación del Caribe en verano e invierno (Amador, 2008). Genera variaciones en el transporte de humedad de los alisios norestes, los cuales a su vez fomentan la nubosidad y precipitación, pues la convergencia de estas masas de aire húmedo (a 925 hPa) con las cordilleras (cara de barlovento), es la causante de las climatologías de precipitación y disparidades entre el régimen Caribe y Pacífico (Maldonado et al., 2018).

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es otro modulador sinóptico relevante y consiste en variaciones interanuales de la temperatura superficial del Pacífico, las cuales inciden en el patrón normal de circulación de alisios tropicales del este al oeste, generando eventos húmedos o secos, en dependencia con la región del planeta y si la fase es cálida (El Niño), fría (La

Niña) o neutral (Zúñiga & Crespo, 2015).

Aumentos de velocidad del JBNC durante julio y diciembre, se relacionan con el “veranillo” a mitad de año y con el inicio de la época seca de la vertiente pacífica, respectivamente (Amador, 2008). Su variación intraanual se relaciona directamente con el ciclo anual de precipitación en América Central, por migraciones latitudinales de la ZCI. La estrecha relación del JBNC, el ENOS y la ZCI año con año, determina en gran medida los acumulados de precipitación, eventos extremos húmedos y secos en esta región. El Niño tiende a intensificar los alisios del noreste, fomentar la sequía en la vertiente pacífica e inhibir la formación de la ZCI y tormentas tropicales, caso opuesto con la fase La Niña (Maldonado et al., 2018).

Como se ve, todo un complejo sistema de interacciones, que dan a esta región del planeta sus singularidades climáticas, y sus notables variaciones, que afectan positiva o negativamente nuestras vidas.

Referencias

- Amador, J. (2008). The Intra-Americas Sea Low-level Jet overview and future research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, 153-188.
- Maldonado, T., Alfaro, E. & Hidalgo, H. (2018). A review of main drivers and variability of Central America's climate and seasonal forecast systems. *Revista de Biología Tropical*, 66, 153-175.
- Zúñiga, I. & Crespo, E. (2015). *Meteorología y climatología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.



Deterioro, biodeterioro, biometeorización y bioerosión (Parte II)

Luis Gmo Obando-Acuña
geol.lobando@gmail.com

El biodeterioro es el deterioro de las cosas a causa de los organismos y ha sido un tópico principalmente desarrollado por la microbiología y la biología. Según Tarbuck y Lutgens (1999) y Velde y Barré (2010), los principales agentes en la alteración de las rocas son:

1) *Degradación biológica* de las rocas y los minerales, en donde están involucradas principalmente las bacterias, hongos, musgos, algas, líquenes, y plantas mayores (Figura 1). Es claro que cuando la roca está enterrada o bien no hay biorreceptividad, el biodeterioro se detiene (Figura 1A, B, C), pero puede aparecer entre las grietas (Figura 1D).

2) *Expansión térmica*: causa estrés tensional (Figura 1E).

3) *Biometeorización química*: si la superficie está expuesta (Figura 1F), las bacterias metabolizan ácidos y bajan el pH (Griffin et al., 1991; Konhauser, 2007). Por otra parte, los hongos en la roca requieren la presencia de materia orgánica y un substrato donde crecer, y hay degradación mecánica y

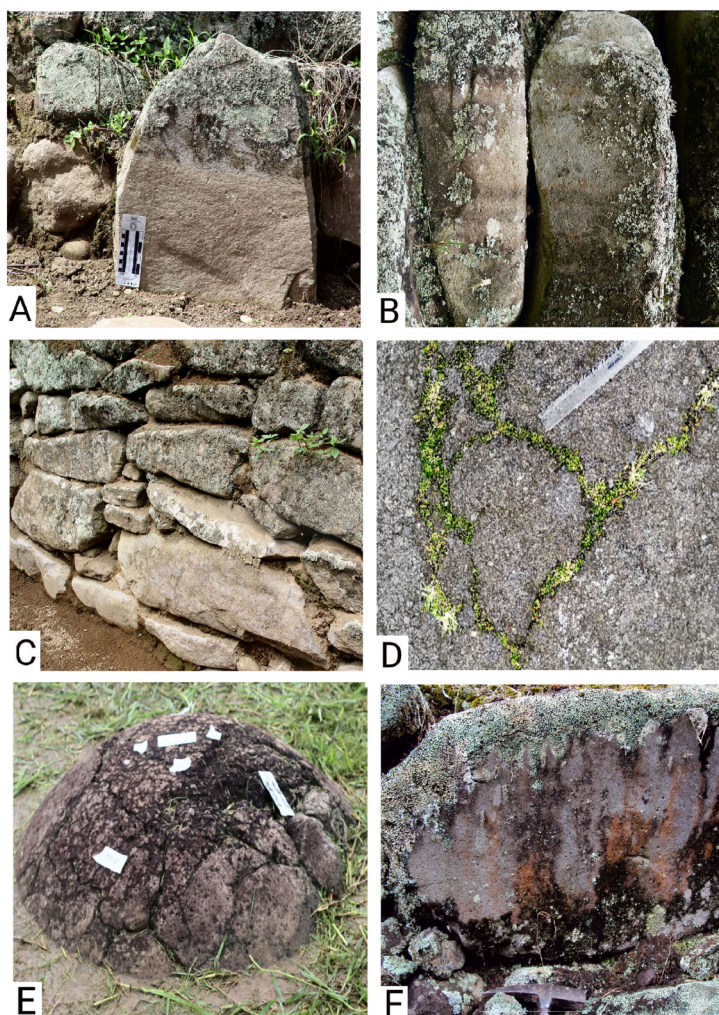


Figura 1: Biometeorización, A) Andesita colonizada por líquenes y plantas. Se resalta el límite marcado de la roca no colonizada (color pardo claro), debido a que esta sección estaba sepultada. B) Rocas andesíticas colonizadas por líquenes encostrantes y biopelículas. C) Pared de rocas andesíticas colonizadas por líquenes, biopelículas y zacates; nótese que la parte inferior no fue colonizada, debido al enterramiento. D) Colonización por zacates y musgos en las grietas del asfalto degradado. E) Esfera arqueológica gabroica colonizada por biopelículas (cianobacterias?: manchas oscuras) y musgos. El rasgo más prominente son las fracturas tensionales irregulares múltiples bifurcadas por estrés térmico. F) Roca andesítica que muestra abundantes líquenes en la parte superior, y en la sección inferior, biopelículas de bacterias? (parches negros) así como chorretes de oxidaciones por lixiviación. Fotografías del autor.

química. Las algas aparecen como biopelículas con distintos matices de colores; la biometeorización ocurre tanto mecánica como químicamente y puede retener mucha agua.

Una vez que se inicia el biodeterioro, la destrucción sistemática produce una superficie rugosa, polvo fino o una depositación de materia orgánica. Esto significa que producen un substrato apto para la germinación de semillas de plantas mayores. La amenaza de un deslizamiento de suelo o roca aumenta cuando los árboles crecen y envejecen. Los organismos que biometeorizan y bioerosionan el suelo, también biodeterioran al mismo árbol, por ejemplo, termitas, hormigas, musgos, bacterias, hongos, etc.

En ingeniería se recomienda la siembra de vegetación en los taludes y escarpes debido a sus beneficios, pero al ser estos organismos vivos, son susceptibles al decaimiento por el mismo biodeterioro convirtiéndose así en una amenaza. Un caso muy común, son los árboles sembrados a un lado del espaldón de las calzadas que presentan un crecimiento

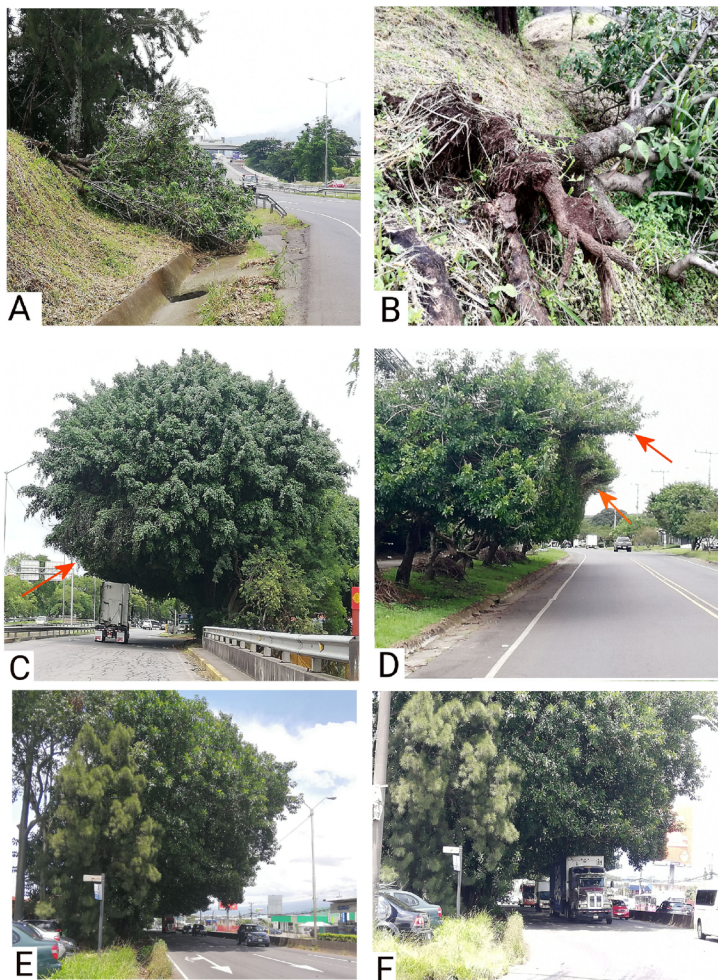


Figura 2: Amenaza por árboles en carreteras. A) Árbol caído por biodeterioro de las raíces; el follaje se encuentra aún con vida. B) Detalle de A) que muestra el biodeterioro de las raíces. Nótese que por su mala condición provocó la caída del árbol y levantó parte del suelo; el personal de mantenimiento de la vía ha recortado prolijamente los zacates, pero dejó el árbol. C) Copa de árbol invadiendo la calzada, la bioerosión (poda) la realizan los automotores altos, dejando una “cornisa”, señalada por la flecha roja. D) “Cornisa” vegetal de un conjunto de árboles, señalado por las flechas rojas. E y F) Cerca del Hospital México, fila de árboles frondosos con la “cornisa” vegetal que abarca todo el ancho de la calzada. Fotografías del autor.

desmedido por falta de mantenimiento de árboles se evidencia con su crecimiento desproporcionado, las copas arbóreas son tan grandes y frondosas que invaden las calzadas, el control del crecimiento del follaje lo realizan los vehí-

culos pesados altos, formándose una “cornisa” en la parte inferior del árbol y que invade la calzada (Figura 2C y D).

Un ejemplo, es el caso de la carretera cerca del Hospital México, donde existe una fila de árboles desarrollados y frondosos con la “cornisa” vegetal que abarca todo el ancho de la calzada con al menos 12 m (casi un túnel) y aproximadamente 120 m de largo, y la cuneta en este tramo está colmatada de desechos orgánicos. Aquí, los camiones pesados son los que realizan la bioerosión del follaje (Figura 2E y F). En estos casos, la bioerosión de las ramas y hojas lo realiza inconscientemente el ser humano. En este país, el mantenimiento de las carreteras al parecer, se centra en el control de asfaltos, agregados, deslizamientos, parchar huecos, etc., pero como se observa en carretera, el crecimiento desmedido de las plantas mayores cercanas a la calzada (caso de árboles), no parece ser una medida prioritaria.

Aunque el biodeterioro es global y permanente, parece que este es ignorado por muchas disciplinas que tratan con la naturaleza y su interacción con el humano. A raíz de los cambios globales y evolución

de los organismos, quizás algunas ciencias e ingenierías se están quedando muy cortas en su paradigma habitual de soluciones basadas en ecuaciones matemáticas y pruebas de laboratorio, ya es requerido un enfoque más global que abarque otras disciplinas no habituales con el fin de obtener un entendimiento integral del entorno rocoso, los cambios climáticos e interacción con los seres vivos que evolucionan constantemente. Hay que recordar que muchos fenómenos naturales están fuera de la escala humana, en el tiempo y en el espacio.

Referencias

- Griffin, P.S., Indictor, N. & Koestler, R.J. (1991). The biodeterioration of stone: a review of deterioration mechanisms, conservation case histories and treatment. *International Biodeterioration*, 28 (1-4), 187-207. doi:10.1016/0265-3036(91)90042-P
- Konhauser, K. (2007). *Introduction to Geomicrobiology*. Blackwell Publishing: EE. UU.
- Tarbut, E. y Lutgens, F. (1999). *Ciencias de la Tierra*. Prentice Hall: España.
- Velde, B. & Barré, P. (2010). *Soils, Plants and Clay Minerals*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-03499-2_2

NOTICIAS

Invitación a publicar en el Boletín Informativo del CGCR

Con gran entusiasmo les llevamos un nuevo número del Boletín Informativo del Colegio de Geólogos de Costa Rica, en su segunda época.

Aparecerá periódicamente de forma trimestral, y para esto les invitamos para que envíen material para nuestro boletín. Este puede ser información de interés gremial general, sobre cursos o actividades pasadas o por venir, artículos de opinión o de índole técnica o científica de interés general, e incluso geológicos literarios (un máximo de 4500 caracteres con espacios), o cualquier otro material que considere de interés para el gremio geológico nacional.

Todo lo que envíe es sujeto de ser editado, publicado o no, acorde con el consejo editorial que estará a cargo de esta labor, y será notificado al respecto a su debido momento. Sea cual fuese el material que envíe a este boletín, le recordamos que no debe contener frases o referencias injuriosas, ofensivas o discriminatorias de ningún tipo.

Bienvenidos entonces, a cooperar con el Boletín Informativo del Colegio de Geólogos de Costa Rica.



NUEVOS COLEGIADOS

En noviembre del 2022, nuestro presidente Arnoldo Rudín juramentó a esta nueva generación de colegas. Ellos son, de izquierda a derecha: Esteban Herrera, Armando Bonilla, Andrea Vindas, Karina Abarca, Daniela Castro, Katherine Tenorio, Melissa Sánchez, Jorge Abarca y Cristian Calvo.

Número	Nombre	Fecha de ingreso
538	Tenorio Quirós Katherine	11/2022
539	Herrera Barboza Adrián Esteban	11/2022
540	Abarca González Karina	11/2022
541	Sánchez Marchena Melissa	11/2022
542	Abarca González Jorge Eduardo	11/2022
543	Vindas Umaña Andrea	11/2022
544	Calvo Bermúdez Cristian Joel	11/2022
545	Bonilla Mata Armando José	11/2022
546	Castro Prado Daniela	11/2022

Nuestro gran saludo de bienvenida a los nuevos colegas.

