

Geodiversidad y biodiversidad en un Área Natural Protegida del Golfo de California

Este trabajo pone en valor el desarrollo de estudios geológicos dentro de las investigaciones de ciencia básica realizadas en las Áreas Naturales Protegidas, para conocer más acerca de la naturaleza en la superficie terrestre por medio de las interacciones en el tiempo entre la geosfera y la biosfera.

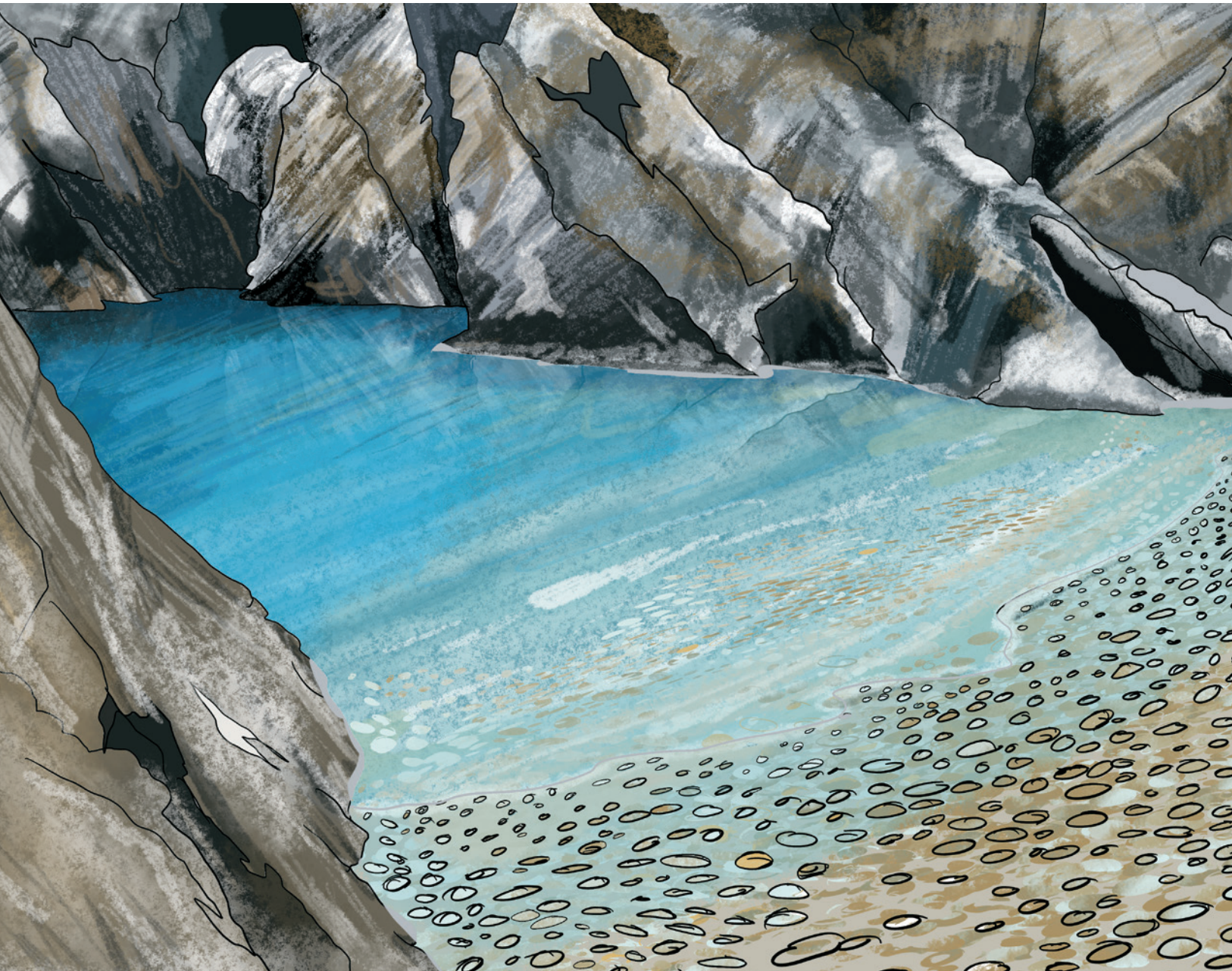
Siempre hemos sido admiradores de la naturaleza terrestre, por todos apreciada a la escala de sus paisajes, en especial ahí donde reina la vida. Es en estos escenarios donde indudablemente estamos de acuerdo en que es fundamental asegurar su preservación. Más aún ahora que el avance científico enfocado en el estudio integral de los organismos ha puesto en evidencia la importancia de su biodiversidad y su fragilidad ante nuestras actividades desarrolladas intensamente. En México, este principio ha sido objeto de un decreto gubernamental por medio del establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP), de acuerdo con el artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Las ANP del territorio nacional incluyen zonas con ambientes originales que no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o cuyos ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservados y restaurados. Estas condiciones permiten que las ANP sean un laboratorio natural para el desarrollo de innumerables estudios científicos que aportan soluciones eficientes ante el impacto ambiental. Sin embargo, fuera del estado actual del conocimiento científico desarrollado sobre los seres vivos en las ANP, la investigación sobre las condiciones no biológicas es poca o nula. A tal grado que si bien conocemos de todas las especies presentes su abundancia, conectividad y función en los procesos ecológicos y evolutivos, desconocemos en qué tipo de sustrato rocoso ocurren, y podemos llegar a suponer que es similar en todas partes. Asimismo, a menudo ignoramos las relaciones que dicho sustrato tiene con la vida de esos lugares, restando importancia a su investigación y olvidando que las condiciones ambientales no

biológicas (en especial las rocas) sustentan la vida de los organismos.

Nuestro planeta es por excelencia el ente de mayor dimensión con el que todos tenemos contacto, inclusive ha sido planteado como un organismo (*Gaia: diosa primigenia que personifica la Tierra en la mitología griega*), donde la coexistencia de su esfera de piedra, de agua y de aire da cabida a la de vida, así como a nuestra existencia. Por lógica, debería ser un área natural a proteger, y el reto radica en lograr un consenso al respecto entre los pobladores.

La esfera de vida en la región del Golfo de California (véase la **Figura 1**) es una de las más ricas del planeta, ya que en sus más de 250 000 km² ocurre una extraordinaria diversidad biológica. Esta biodiversi-

dad incluye más de 400 especies de plantas (**Figura 2**) y más de 6 000 especies de animales, de las cuales 4 900 son de invertebrados y 857 especies son de peces endémicos (Brusca, 2010). En este mar, también conocido como Mar de Cortés (véase la **Figura 1**), convergen corrientes del océano Pacífico y los ríos Colorado, Sonoyta, Concepción, Sonora, Yaqui, Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán y San Lorenzo. El Golfo de California hoy presenta un tirante de agua que llega a los 3 000 metros en el sur y disminuye progresivamente hacia el norte, hasta ser inexistente al norte en el Alto Golfo. Todas estas características de la bio e hidrosfera en el Golfo de California ocurren en la peculiar porción de la esfera rocosa que cimienta al noroeste de México (véase la **Figura 1**).



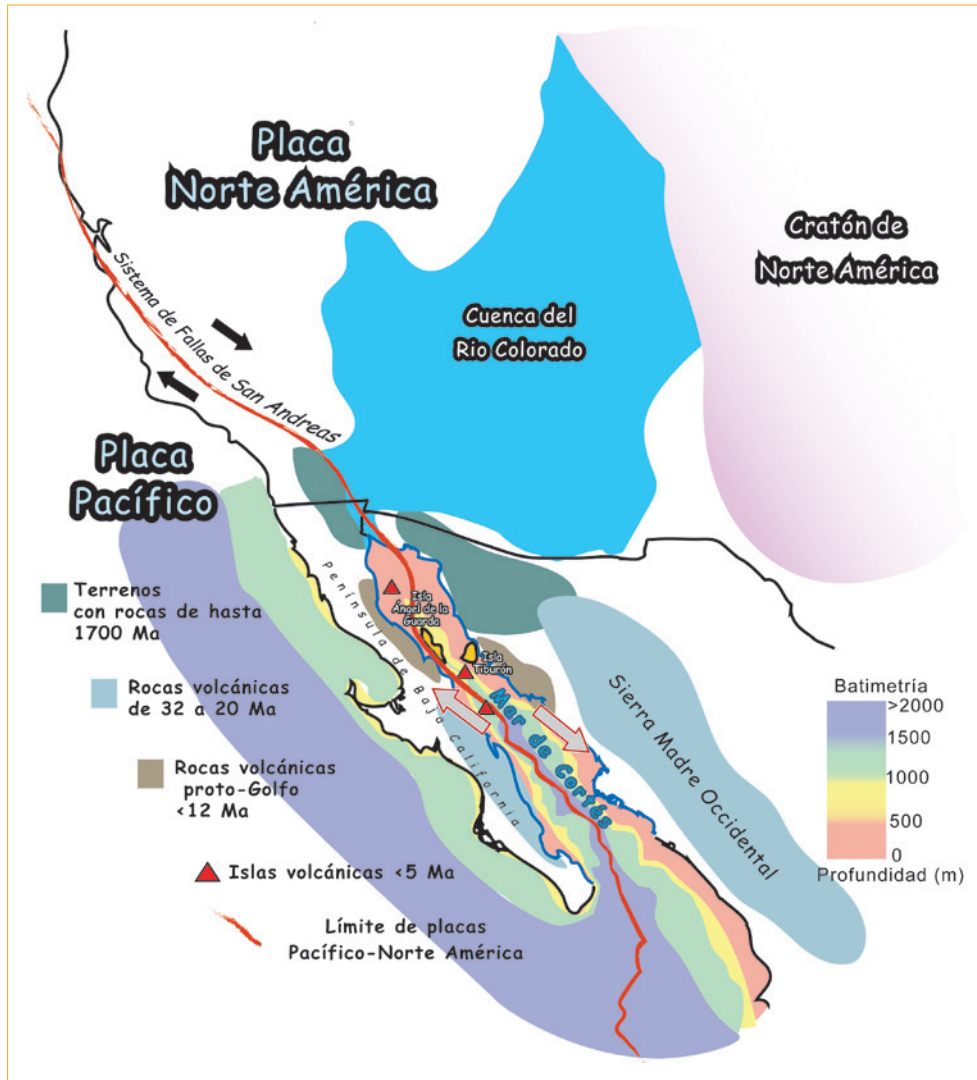


Figura 1. Mapa conceptual de la geodiversidad y la batimetría general en el Golfo de California. Se muestran las provincias con las rocas que conformaron al continente antes de su ruptura.

■ **Geodiversidad**

■ Cuando hablamos de “geodiversidad” el noreste de México y su Golfo de California son un buen ejemplo. Empezando con el origen de esta fascinante región que da cabida al Mar de Cortés, y que se debe al desarrollo de una ruptura del continente americano ocurrida hace 12 millones de años (Ma), durante un periodo de intenso magmatismo y fallamiento llamado Proto-Golfo de California, cuyos vestigios ocurren hoy en los márgenes este y oeste del golfo (**Figuras 1 y 2**). Entre los 6 y los 5 Ma, la evolución de ese sistema, conocido como *Rift*, construyó un nuevo límite de placas (véase la **Figura 1**), formando la península

de Baja California y separándola del resto de México a una velocidad de una decena de centímetros por año. Es así como el límite entre las placas Pacífico y Norteamericana (Pac-Nam) provocó un desgarre continental, permitiendo contar con la disponibilidad de una alta gama de vestigios rocosos (**Figuras 3, 4 y 5**). Es en ellos donde se atestigua la historia del fragmento de la esfera de roca que conformaba al continente, por medio del registro, desde hace 1 800 Ma, de distintos eventos que lo construyeron. En los ambientes para la formación de sus rocas no sólo se han encontrado los de la superficie terrestre, sino también los del subsuelo de hasta 10 km de profun-



Figura 2. Ejemplo de la diversidad de la flora en la Isla San Pedro Nolasco.

dad (**Figura 4**). Y todas estas piezas rocosas son la fuente de los sedimentos continentales que los ríos y corrientes transitorias han transportado a las cuencas del Golfo, acumulando más de 5 000 metros de sedimentos marinos desde los ~6 Ma. No obstante, lo amplio y variado de los rasgos geológicos del continente —es decir, la riqueza de su geodiversidad—, este principio es más evidente con las más de 900 islas del Golfo de California (**Figura 5**), que aunque

han sido decretadas como un área natural protegida desde 1978, se sabe muy poco de la historia que cuentan sus rocas (Case *et al.*, 2002).

A pesar de los pocos estudios existentes, es sorprendente el conocimiento de la formación de algunas islas. Por ejemplo, las rocas de la Isla San Pedro Nolasco, derivadas del enfriamiento de magmas a profundidad ocurrido hace 9 Ma, guardan relación con el Proto-Golfo de California (**Figuras 5 y 6**). De



Figura 3. Vista de la costa de Sonora desde la Isla el Venado. Se observan las rocas volcánicas en el margen oriental del Golfo de California, dentro de la Sierra el Aguaje, San Carlos, Nuevo Guaymas. Nótese la pequeña y variada vegetación en el suelo de la isla.



Figura 4. Isla el Venado en la costa de Sonora. Un origen continental bajo un ambiente de formación rocosa profundo a los 89 Ma. Se puede apreciar una cobertura vegetal desértica y variada en la parte superior de la isla.



Figura 5. Isla San Pedro Nolasco. Una sierra insular en el Golfo de California conformada por rocas formadas en el interior de la Tierra a los 9 Ma, durante el Proto-Golfo de California. Destaca una coloración más oscura en la parte media superior de la isla, ocasionada por la cobertura vegetal con una diversidad de flora que puede observarse en la figura 2.



Figura 6. Iguana de cola espinosa, endémica de la Isla San Pedro Nolasco en el Mar de Cortés (*Ctenosaura nolasensis*), sobre las rocas intrusivas de 9 Ma que sólo han sido reportadas en esa isla.

manera general, se sabe que estas áreas emergidas en el Mar de Cortés responden a dos tipos de origen: por un lado, el continental, que representa a las dos islas más grandes de México (Isla Tiburón e Isla Ángel de la Guarda), cuyo basamento cuenta con un registro

de cientos de millones de años y contiene rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, por lo que estos bloques corticales, aislados por las fallas transformantes del límite de placas, pueden considerarse como microcontinentes (véase la **Figura 1**); por otro lado,



Figura 7. Los autores (J. R. Vidal a la izquierda y L. A. Velderrain a la derecha) durante las investigaciones en el Golfo de California. Se aprecia la Isla San Pedro Nolasco en el horizonte de fondo.

un origen volcánico más joven, ligado con los centros de expansión del nuevo límite de placas, como la Isla San Luis (4 725 años antes del presente), la Isla Tortuga (1.7 Ma), o la Isla San Esteban (4.5-2.5 Ma) (Figura 1).

Finalmente, aunque invisible a nuestros ojos, una importante interacción y reacción directa con la porción de hidrosfera confinada en esta región, la provoca el volcanismo submarino presente de forma intermitentemente en el piso del Golfo. Es así como el escenario rebotante de vida que hoy conocemos como Golfo de California deriva del desarrollo del margen de placas Pac-Nam en el noroeste de México (Figura 1). Este desarrollo, que surgió del desgarre de un continente, está en una fase intermedia, y en el futuro probablemente el actual Golfo de California se convierta en una parte del océano Pacífico o en otro océano, mientras que la península de Baja California y la parte occidental de California se podrían convertir en un pequeño continente conformado por la gran “Isla de California”. ¿Será fortuito

lo vasto de la geodiversidad en el biodiverso Golfo de California?

Jesús Roberto Vidal Solano

Departamento de Geología, Universidad de Sonora.
roberto.vidal@unison.mx

Luis Alonso Velderrain Rojas

Departamento de Geología, Universidad de Sonora; Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora.
luis.velderrain@unison.mx

Referencias específicas

- Brusca, R. C. (ed.) (2010), *The Gulf of California: Biodiversity and Conservation*, Arizona, University of Arizona Press.
- Case, T. J., M. L. Cody y E. Ezcurra (eds.) (2002), *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*, Oxford, Oxford University Press.