



# Cuatrociénegas

*Laboratorio de la evolución*

Verónica Guerrero Mothelet

En el desierto de Coahuila, pozas de agua albergan los mismos tipos de microorganismos que habitaban la Tierra hace miles de millones de años. Se trata de valiosísimos ecosistemas para estudiar la vida primitiva, lamentablemente su existencia se encuentra amenazada.



Los estromatolitos son los primeros fósiles vivos; datan de hace unos 3800 millones de años.

“Las leyes naturales ordinarias quedaron en suspenso. Los diversos obstáculos que influyen en la lucha por la existencia en el resto del mundo quedaron allí neutralizados o alterados. Sobreviven seres que de otra manera habrían desaparecido [...] Nuestros profesores permanecerían allí de buena gana todo el día, tan extasiados estaban ante esta oportunidad de estudiar la vida de un periodo prehistórico”.

*El mundo perdido*, Arthur Conan Doyle

EN SU NOVELA *El mundo perdido*, publicada en 1912, Sir Arthur Conan Doyle relata las experiencias de un grupo de aventureros exploradores que encuentran en Sudamérica un lugar remoto donde el tiempo parece haberse detenido, porque las especies que lo habitan llevan allí millones de años. En México existe un lugar así; una cápsula del tiempo, que se conserva prístina gracias a la acción de la geología y el azar, y que constituye un tesoro irremplazable de información biológica. Ese lugar se llama Cuatrociénegas y es un oasis enclavado en el desierto.

Cuatrociénegas es un valle pequeño, también conocido como un *bolsón*: un área de las montañas, en las regiones áridas, donde el agua de lluvia no tiene salida superficial hacia el mar. Está situado en el centro de Coahuila, a 740 metros sobre el nivel del mar y rodeado de altas cadenas montañosas que llegan a rebasar los 3000 metros de altitud. El valle mide cerca de 40 kilómetros de este a oeste y 30 de norte a sur. Lo cruzan por la mitad la Sierra de San Marcos y la Sierra de Pinos.

Por encontrarse en la margen oriental del desierto de Chihuahua, en Cuatrocié-

negas prácticamente no llueve: apenas unos 200 milímetros al año entre los meses de mayo y octubre. Las temperaturas allí son extremas: pueden rebasar los 45°C en verano y caer por debajo de los 0°C en invierno. Sin embargo, pese a la escasa lluvia el valle ha acumulado agua en abundancia, la cual aflora por centenares de pozas, alimentadas por manantiales que brotan del manto subterráneo. La profundidad de estas pozas puede variar de menos de un metro a más de 10, con diámetros que van de unos centímetros a más de 200 metros.

En la superficie del valle hay también pantanos, ríos, lagunas y canales cuyas aguas contienen una alta concentración de minerales y pocos nutrientes. Esto impide que proliferen las algas, por lo que el agua en Cuatrociénegas suele ser cristalina.

Por sus características geográficas, hidrológicas, orográficas, climáticas, físicas y químicas, Cuatrociénegas es hogar de formas de vida únicas en el planeta: 23 especies endémicas de plantas y 54 de animales. Esto no es poca cosa, porque significa que esas 77 especies —que incluyen cuatro de anfibios y

### Hábitat de especies únicas

Cuatrociénegas podría tener más de 1 100 especies de plantas y animales, y entre las que se han registrado, 77 se describen como únicas de la región.

Además de su importante fauna acuática, que incluye seis especies endémicas de peces que están en peligro de extinción, es el hábitat de unas 140 especies distintas de aves, de las cuales siete son endémicas y 15 se encuentran bajo alguna categoría de protección.

Se han registrado 35 especies de mamíferos. Aunque ninguna de ellas es endémica, una está sujeta a protección especial (*Euderma maculatum* o murciélago pinto), otra se considera amenazada (*Taxidea taxus* o tlacoyote) y dos más están en peligro de extinción (*Ursus americanus*, subespecie *eremicus*, u oso negro y *Erethizon dorsatum* o puerco espín del norte).

reptiles, siete de crustáceos, ocho de peces, nueve de moluscos, una especie de insecto y cuatro de alacranes— solamente existen allí y en ningún otro sitio del mundo.

Aunque esto sería suficiente para destacar la importancia biológica del valle, existe un ingrediente que lo hace aún más valioso. La combinación de estabilidad climática, aislamiento y abundancia de agua pese a lo árido del entorno ha convertido a las pozas de Cuatrociénegas en una especie de islas, cuyos ecosistemas han evolucionado a un ritmo muy diferente del que habrían conocido en un área abierta y cambiante. Por consiguiente, el lugar es como un “mundo perdido”. En las pozas de Cuatrociénegas viven los mismos tipos de microorganismos que habitaban la Tierra hace miles de millones de años. Estos ecosistemas son tan valiosos, que muchos científicos han acudido al lugar para aprender sobre la evolución de la vida primitiva en el planeta. También lo han visitado investigadores de la NASA interesados en la posibilidad de vida en otros planetas.

Oncolitos encontrados en Río Mezquites.





### Fósiles vivientes

A principios de esta década, la doctora Valeria Souza, del Departamento de Ecología Evolutiva del Instituto de Ecología de la UNAM, encontró esos grupos microbianos, que forman estructuras conocidas como *estromatolitos*. Ella explica que los estromatolitos son comunidades complejas de microorganismos que se dividen en capas y producen carbonatos de calcio, por lo que se endurecen hasta adquirir un aspecto de piedra. “Los estromatolitos son los primeros fósiles vivientes que encontramos. Datan de hace unos 3 800 millones de años”, añade.

Valeria Souza señala que Cuatrociénegas guarda evidencias de dos acontecimientos importantes en la historia de la diversidad biológica en el mundo. El primero es el aumento de la concentración de oxígeno en la atmósfera de la Tierra, hace unos 2 400 millones de años. Este aumento se debió a la aparición de bacterias como las que hoy habitan Cuatrociénegas, que hacían la fotosíntesis y desprendían oxígeno como desecho. El segundo suceso crucial, “fue que en ese lugar se abrió el *zipper*, la grieta que dividió Pangea”.

### Historia de persistencia

Antes de los estromatolitos, por supuesto, tuvo que originarse la vida. Ésta siguió varios caminos evolutivos distintos, de los que solamente persistió uno. “Ése es nuestro ancestro más lejano, al que llamamos cariñosamente *Lucas* (por el nombre en inglés *Last Unique Common Ancestors*, o “primer ancestro común único”). Este organismo ya poseía ADN; tenía cuando menos 500

genes y se alimentaba de “sopa de cometas”. Los cometas son ricos en nutrientes: aminoácidos, azúcares y agua. Es posible, añade Valeria Souza, que la mezcla de sustancias en la que se originó la vida primitiva, llamada “sopa de Oparin”, se haya formado cuando chocaron esos cometas con nuestro planeta.

Al cabo del tiempo, la sopa original empezó a escasear y los organismos tuvieron que competir para obtener alimento. Comenzó así una gran presión de la selección natural, motor de la evolución. ¿Cómo conseguir nutrientes en un planeta que, para entonces, sólo ofrecía minerales? Los organismos comenzaron a utilizar los minerales —hierro y azufre— y los complementaron produciendo y consumiendo metano y carbonatos. Es posible que toda esta actividad microbiana se produjera en lugares aislados, como pequeños charquitos, durante cerca de 200 millones de años.

La doctora Souza piensa que quizá la vida surge siempre que tiene oportunidad, o en cuanto se presentan las condiciones adecuadas; el asunto es persistir. Y esta adaptación para obtener sustento de los minerales fue el primer ensayo de persistencia.

Luego, hace unos 3 500 millones de años, los organismos descubrieron la maravillosa fuente de energía que es la luz. Para aprovecharla, la evolución los dotó de moléculas capaces de absorber luz: una especie de antenas moleculares cuyo rastro se conserva en los océanos, donde encontramos, por ejemplo, fotorrodopsinas, que son las proteínas que hoy tenemos en las células de la retina y que se activan con la luz. En el caso de las cianobacterias, una de estas antenas se unió con otra, lo que les dio el poder de aprovechar la energía del Sol por medio de la fotosíntesis. Con la aparición de la fotosíntesis, las comunidades cambiaron. El aumento en el contenido de oxígeno en la atmósfera provocó que las comunidades de microbios se refugiaran en zonas donde éste no los podía contaminar (sedimentos y aguas profundas), o bien a formar capas, con la parte que no puede crecer con oxígeno protegida de la parte que sí lo produce, o que puede crecer en presencia de éste. “La primera evidencia que tenemos de ello son, precisamente, los estromatolitos: un pedazo de vida que todavía existe en Cuatrociénegas”, indica la doctora Souza.

En esa época, la economía era local. Cada tapete microbiano era autónomo y realizaba todos los ciclos fisicoquímicos para los que ahora se requiere la participación del planeta en su totalidad. Los investigadores del grupo de trabajo lo saben, señala Valeria, porque es lo que han observado en Cuatrociénegas. Se sabe, gracias a recientes estudios en el océano, que un ciclo como el del nitrógeno, esencial para la vida, no se puede sostener en regiones aisladas del planeta. “Se requiere el mundo entero, porque la Tierra es un sistema complejo e interconectado”.

Si cinco milímetros de tapete microbiano bastaban para sostener la vida y la diversidad, ¿por qué, mucho más tarde, produjo la evolución dinosaurios, ballenas y humanos? La investigadora piensa que la generación de más y mayores organismos se debe a una abundancia de energía. “Las cianobacterias cambiaron el planeta y generaron los estromatolitos, que liberaron el oxígeno, que a su vez liberó el fósforo de las rocas del océano”. El oxígeno tardó 1 000 millones de años en “contaminar” toda la atmósfera y otros 1 000 millones en extenderse por el océano. Bajo el agua, las rocas liberaron su fósforo al contacto con el oxígeno, creando fosfatos. Éstos aportaron suficiente energía para que pudieran aparecer organismos más grandes. “Antes no había suficiente energía; no había oxígeno ni fosfatos suficientes. La vida estaba tan limitada, que los organismos se comían el

### La sopa de Oparin

Alexander Ivanovich Oparin (1894-1980) fue un biólogo y bioquímico soviético, reconocido como una de las mayores autoridades en el tema del origen de la vida. En su libro, *El origen de la vida*, argumentó que pudo haberse creado una “sopa primordial” de moléculas orgánicas en una atmósfera sin oxígeno mediante la acción de la luz solar y de catalizadores inorgánicos, como las sales de calcio, presentes en las aguas del océano primitivo. “En un principio, las sustancias proteínicas se hallaban simplemente disueltas; pero más tarde, sus partículas comenzaron a agruparse, formando verdaderos enjambres moleculares y, por último, se separaron de la solución a manera de pequeñas gotas —los coacervados—, que flotaban en el agua”. Más tarde, los coacervados, que absorbían del líquido de su entorno diferentes sustancias orgánicas, las aprovechaban para crecer. Así, “las gotas de estructura más sencilla morían; las de estructura más perfecta crecían y se reproducían por división”. Como resultado, escribió Oparin, “estas gotas dieron origen a los seres vivos más sencillos”.

ADN de sus vecinos, que contenía fósforo”. La riqueza de energía producida originalmente por los microbios trajo otro hito en la historia biológica del planeta: la vida en grande.

### Testigo de la megaseparación

El valle de Cuatrociénegas también participó en la ruptura y separación del supercontinente Pangea, hace 220 millones de años. El inmenso continente único era extremadamente árido en el centro y mucho más húmedo en las orillas, donde prosperaron los dinosaurios del periodo Triásico. A principios del Jurásico (hace 220 millones de años) se produjo una fuerza extrema en el centro del planeta que lo partió en cinco pedazos. “La primera falla tectónica que desencadenó la formación de los continentes que conocemos hoy es la Falla de San Marcos, que se encuentra justo debajo de Cuatrociénegas”, relata la doctora Souza.

Así pues, México conserva un pequeño pedazo del mundo como era antes de que se abriera Pangea. Es lo que se conoce como Isla de Coahuila, que está hoy al sur de Cuatrociénegas. “Ese resto pangéico es el único fragmento de México que existía en esa época. El material que creó nuestro

país todavía no existía; estaba adentro, en el centro de la Tierra”.

Más tarde, esta actividad geológica hizo aumentar la concentración de sulfatos de calcio en los océanos, porque el magma contiene azufre. Se produjo una gran cantidad de yeso. No es casualidad que Cuatrociénegas tenga las minas de yeso más increíbles del mundo, pues allí están las primeras dunas que se formaron a partir de la arena de mar rica en sulfatos, donde los moluscos comenzaron a hacer conchas de sulfatos en lugar de carbonatos de calcio.

La Falla de San Marcos, que es muy profunda, ya no está activa, pero tuvo descendientes: las fallas de Nueva Atalaya, de Becerra y de Cuatrociénegas, que se unen a la que se llama Formación Georgetown. Estas fallas siempre han estado activas, creando formas con los sedimentos de carbonatos y sulfatos. Pese a los cambios de nivel del suelo debidos a los choques tectónicos y la erosión, siempre se mantuvo comunicación entre el agua profunda y el Sol, lo que conservó los estromatolitos, algunas diatomeas y hasta virus. “Tenemos diatomeas de hace 100 millones de años, ¡vivas en Cuatrociénegas!; las descubrió Barbara Winsborough, de la Universidad de Texas”, señala Valeria. Agrega que el

### Un descubrimiento asombroso

El doctor Wendell Lee Minckley (1935-2001) fue el iniciador de toda esta aventura. En 1963, Minckley realizaba experimentos sobre los efectos de la radiación en células vivas para el ejército estadounidense en Los Alamos. Alarmado por las políticas militares de la época, se mudó a México y llegó a Cuatrociénegas. Allí se asombró por la diversidad y rareza de las especies que encontraba, y decidió estudiarlas para completar su doctorado. Recorrió las cuevas que abundan en la zona e intuyó que cada lugar era diferente y que los caracoles que observaba tenían que ser marinos. De esta forma, dedujo que debía existir una falla por debajo del suelo, e incluso imaginó la presencia del mar del Jurásico antes de que la demostrara la doctora Souza. Tiempo después, Minckley organizó la conservación de Cuatrociénegas e impulsó la declaración del Área Natural Protegida. También organizó la visita de un equipo de la NASA.

material genético de los estromatolitos de Cuatrociénegas conserva rastros de la “señal marina”, lo que significa que está asociado a bacterias y virus marinos que todavía persisten.

Forest Rohwer, de la Universidad de San Diego y colaborador del equipo de la doctora Souza, encontró 17000 tipos diferentes de virus marinos, todos nuevos para la ciencia, en apenas 10 gramos de estro-



Tapetes microbianos.

matolitos. Por el contrario, un poco más al norte, en el río Mezquite, las bacterias de los estromatolitos son continentales y no tienen la señal marina.

En resumen, es un sistema muy complejo, donde hay agua de lluvia que ha permeado las rocas y agua de glaciares, que se filtró para formar un gran lago hace millones de años, junto con el agua profunda y antigua que preservó la señal marina. Esto permite en Cuatrociénegas la presencia de peces, caracoles, crustáceos, diatomeas y bacterias que conservan características marinas, y que, además, llevan el recuerdo de un mundo sin fósforo, de hace más de 2000 millones de años. Con el apoyo del doctor Luis Herrera Estrella, del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav/Langebio) del Instituto Politécnico Nacional, se secuenció el genoma completo de la bacteria *Bacillus coahuilensis*, una especie nueva que demuestra la adaptación que sufrieron las criaturas cuando se mudaron del océano a Cuatrociénegas. Este dinámico genoma relata cómo la falta de alimento que sufrió la bacteria la obligó a adquirir genes de su entorno, que le permitieron vivir sin fósforo y con mucho sol, al mismo tiempo que perdió muchos de los propios. Lo que sucedió, en términos generales, fue que el mar se quedó atrapado entre las rocas. Después el agua se fue, pero sobrevivieron sus bacterias, que han resistido 200 millones de años el levantamiento del continente y la desertificación de América. El problema es que tal vez lo único que no logren resistir sea la irresponsabilidad humana.

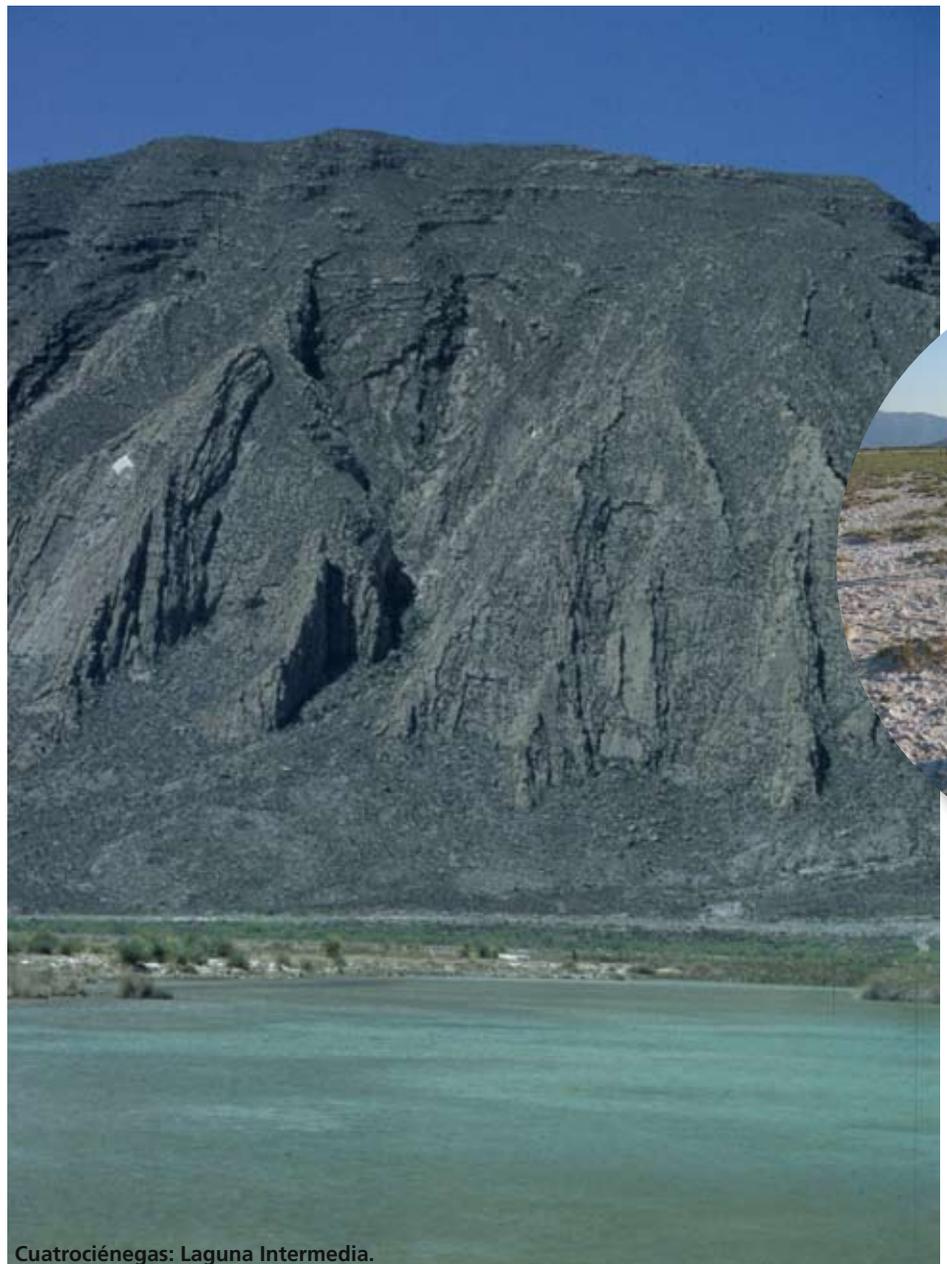
### ¿Ecosuicidio?

Valeria Souza cuenta de una catástrofe ecológica de magnitud incalculable que ya comenzó a producirse en este lugar, y que amenaza con destruir para siempre su riqueza biológica. A pesar de que el gobierno federal declaró a Cuatrociénegas Área Natural Protegida (ANP) en 1994, en el año 2000 comenzó a extraerse agua de lugares circundantes, como el Valle Hundido y Ocampo-Calaveras, para regar los cultivos de alfalfa que se producen en la región. La extracción ha hecho bajar los niveles de agua, por lo que algunos de los humedales se han secado. La alfalfa se siembra en la región cuando menos hace 20 años. Es un cultivo que requiere mucha agua y esto ha llevado a los productores a perforar pozos cada vez más profundos.

En 2003 la doctora Souza y otros investigadores solicitaron que se cerraran algunos pozos. Su solicitud fue atendida. Pero el año pasado los pozos que estaban en la zona de fallas se reabrieron. La investigadora explica que esto —aunado a la presión de otros pozos en funcionamiento— provocó un efecto de sifón, que arrastró el agua hacia abajo por el sistema de cavernas creado por las fallas. En la laguna conocida como Churince, “se hizo un vacío, como cuando quitamos el tapón de una tina”, explica. “En seis meses perdimos un ecosistema completo; un ecosistema que tardó en formarse y se mantuvo durante millones de años”. Los tapetes microbianos que daban vida al sistema se murieron. “No sabemos

cuántas especies de bacterias nuevas, que apenas comenzábamos a describir, ya no están. Por supuesto que lo mismo sucedió con los caracoles y los peces”.

La laguna ha comenzado a recuperar líquido debido a una temporada de lluvias copiosas. De hecho, la directora del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Susana Moncada, afirma que, de acuerdo con su programa de monitoreo, “los niveles y flujos se encuentran estables”. Agrega que en el sistema Churince, “que había presentado en los últimos meses una alarmante reducción del nivel de agua, se empezó a registrar una recuperación a partir de los primeros días de diciembre”, y asegura que ésta se ha alcanzado en un 95%.



Cuatrociénegas: Laguna Intermedia.

Pero en opinión de Valeria Souza lo grave de la situación es que el agua que hoy sustituye a la que se perdió proviene de la lluvia, a diferencia de la que originalmente encerraba la laguna Churince. Esta última procedía del Pleistoceno, “cuando se fundieron los grandes glaciares y se formaron lagos en la región”. Y ya no va a regresar, lo que podría conducir a la desaparición de la bacteria recién descubierta, se lamenta la ecóloga. Durante el desecamiento, la *B. coahuilensis*, que era acuática, se quedó varada en la arena. Sólo resta esperar que con el regreso del líquido vuelva la bacteria, tal vez con evidencias de este nuevo estrés y rastros de la catástrofe en sus genes. “Es lamentable, y paradójico, que Cuatrociénegas sea un área donde están protegidos los peces, pero no el agua donde habitan”.

No obstante reconocer que quedan muchas incógnitas en el extraño caso del agua desaparecida, Susana Moncada argumenta que “no podemos afirmar que la deshidratación fuera provocada por la apertura de un pozo”. Mientras que existen estudios que descartan la interconexión de los dos valles (el lugar donde se abrió el pozo y el otro, donde se desaguó la laguna),

hay científicos que afirman lo contrario, entre ellos Valeria Souza.

Por si fueran pocas estas presiones ecológicas en Cuatrociénegas, se agrega otro problema, no menos grave: la presencia de un basurero dentro del área protegida. Las autoridades colocaron a su alrededor una reja de aluminio. Explica Valeria Souza: “Literalmente con lápiz y goma lo sacaron del mapa, dándole la vuelta al área protegida para que lo evadiera”. Esto significa que el basurero sigue en el mismo lugar, aunque técnicamente ya no se considera parte del área protegida. “Pero tenemos evidencias de que los productos del basurero afectan

las fosas”, señala la investigadora. No obstante, apunta que este asunto podría resolverse pronto, en virtud de un plan de regularización que incluiría reubicar el basurero, construir un relleno sanitario fuera del área protegida y restaurar el sitio afectado, así como sellar con una membrana impermeable el sitio dañado.

### Última llamada

Esto sería sólo un paso para asegurar el futuro de Cuatrociénegas. Hay que tomar otras medidas, afirma Valeria Souza, cuya labor en favor de la biodiversidad en México la hizo acreedora, en fecha reciente, al Reconocimiento a la Conservación de la Naturaleza 2006 que otorga la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Entre otras soluciones definitivas, la investigadora de la UNAM propone desarrollar y promover cultivos sustentables, buscar alternativas en la producción agroindustrial, como la hidroponía, y fomentar actividades económicas que no afecten el agua, como el ecoturismo.

Lo más adecuado, opina Valeria Souza, sería cerrar o entubar canales que se abrieron desde la época de la conquista del norte, pero que ya no tienen razón de existir, regular la salida de agua y recuperar el Garabatal, un humedal enorme que rodeaba la fosa llamada de la Becerra y que ya no existe. “Tenemos que nutrir el ecosistema de nuevo desde abajo, porque el agua subterránea es lo que lo mantiene húmedo. Las lluvias sólo lo rompen”. La doctora Souza ha solicitado a las autoridades gubernamentales 2.5 millones de pesos para realizar estudios geohídricos en la región. En febrero de este año, recibió a una comitiva de personalidades, incluyendo miembros de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, interesados en la conservación y estudio del valle, con el propósito de proteger el lugar. Esto desencadenó un cambio sorpresivo y definitivo en la actitud de las autoridades federales.

El pasado 20 de febrero, el politólogo Federico Reyes Heróles (parte de la comitiva) publicó un editorial en que solicitaba que el presidente interviniera para salvar este tesoro de la humanidad. Al día siguiente, la empresa lechera LALA anunció que cerraría sus pozos en El Hundido y cancelaría el contrato de compra de los productores que dañen Cuatrociénegas. Poco después,

### La NASA en Cuatrociénegas

La astrobiología busca resolver tres preguntas: ¿cómo se inició y evolucionó la vida?, ¿hay vida en otra parte del Universo?, y ¿cuál es el futuro de la vida en la Tierra?

La vida en la Tierra es muy versátil. Por ejemplo, hay organismos que viven en condiciones extremas. ¿Por qué algunos microbios pueden subsistir en temperaturas de 113°C, y otros sólo resisten ambientes de acidez extrema? ¿Cómo es que algunos sobreviven a la radiación intensa?

Llegar a entender esta versatilidad de la vida en la Tierra es vital para poder localizar vida en otros mundos. Por ello, en el verano de 2000 se aprobó un proyecto de la NASA, con la participación de la Universidad Estatal de Arizona, para el estudio de la biota de Cuatrociénegas. El estudio duró casi tres años y produjo suficiente información para convencer a entidades mexicanas de la importancia de continuar las investigaciones.

el presidente de México Felipe Calderón y el secretario de SEMARNAT, Juan Elvira, anunciaron que se ha firmado la veda, cuyo proyecto integral incluye un presupuesto federal de 346 millones de pesos. El plan propone restituir al ecosistema cuando menos 24 millones de metros cúbicos anuales, manteniendo una reserva de 500 000 metros cúbicos para uso urbano.

Asimismo, este laboratorio de la evolución que es el valle de Cuatrociénegas fue incluido hace apenas unos meses en la red mundial del programa *El hombre y la biosfera*, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Todo ello, junto con los esfuerzos de la doctora Souza, han colocado a Cuatrociénegas en el mapa internacional, atrayendo la atención de los investigadores de todo el mundo.

Sería una tragedia perder tanta riqueza biológica. La destrucción de los diminutos microorganismos de los tapetes microbianos rompería la cadena alimenticia de las más de 70 especies endémicas de la zona, produciendo un efecto dominó de extinciones. Si no se toman éstas y otras medidas, Cuatrociénegas corre el riesgo de convertirse, como en la novela de Conan Doyle, en nada más que una ficción extraordinaria. 🗨️

Verónica Guerrero es periodista, divulgadora y traductora; publica artículos e imparte talleres sobre los nuevos paradigmas de la ciencia.