



# La Geología también le hace frente al cambio climático

La Geología como ciencia –y en particular algunas de sus áreas como la paleontología, la tectónica, la hidrogeología y la oceanografía– ayuda a entender los cambios en los ciclos biogeoquímicos a lo largo de la historia del planeta y a entender los roles e interacciones de los diferentes elementos del denominado Sistema Tierra.

Estas disciplinas generan un conocimiento básico de los procesos naturales que permite realizar predicciones cuantitativas sobre los mismos y, por tanto, proponer soluciones a problemáticas complejas contemporáneas relacionadas con el cambio climático.

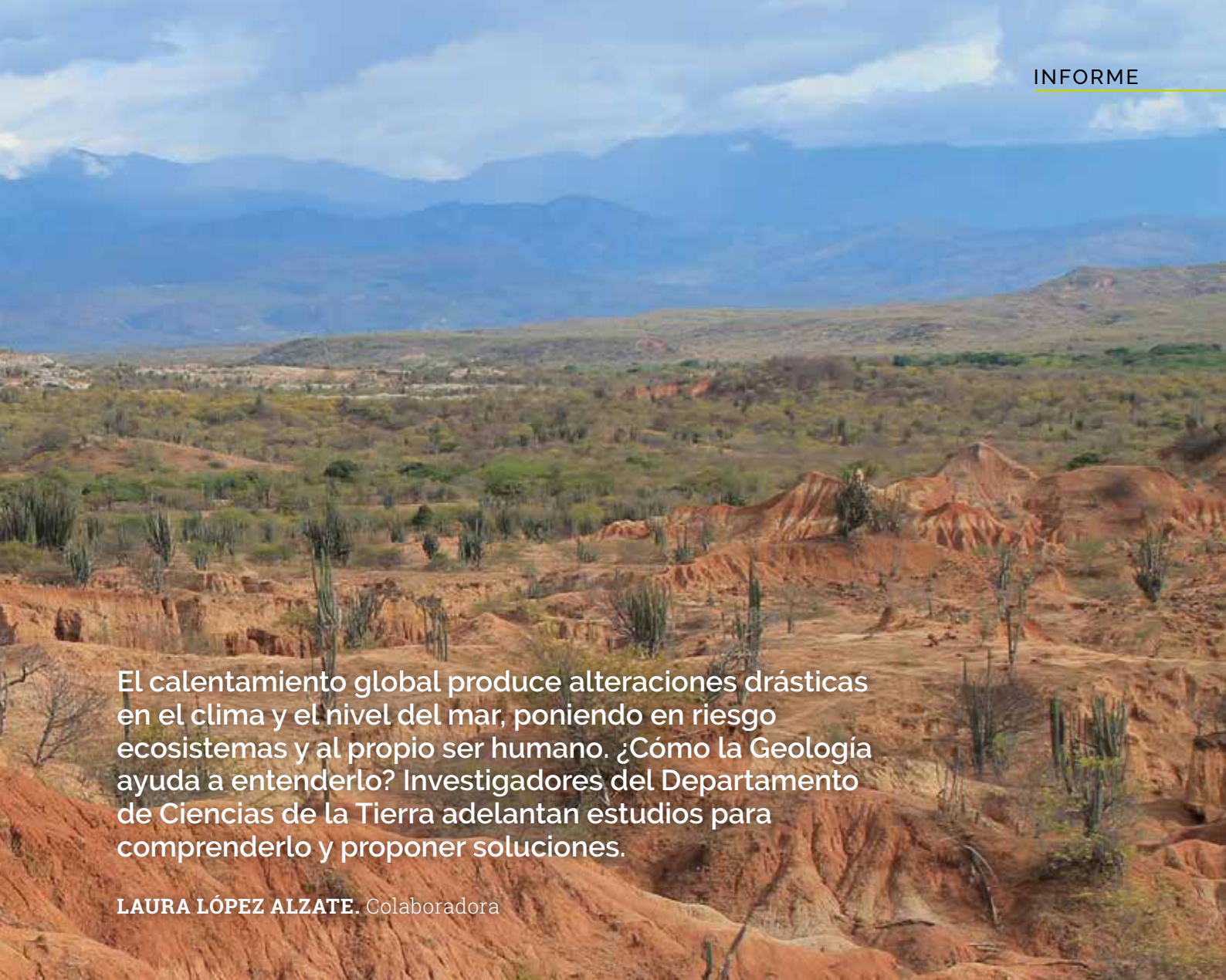
Bajo esta perspectiva, temas como el calentamiento global, la sexta extinción en masa y los cambios del nivel del mar se estudian en el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT desde el año 2015.

Por medio del entendimiento de cómo funciona el Sistema Tierra, profesores indagan acerca de qué les pasa a los biomas (regiones que tienen características uniformes en su clima, flora y fauna, por ejemplo un desierto o una selva tropical) cuando hay un calentamiento global, cuál es el rol de la generación de montañas en el sistema climático, cómo ha variado el nivel del mar en las costas colombianas durante estos eventos y cómo se afectan los reservorios de agua subterránea debido a los cambios antrópicos, es decir, los causados por el ser humano.

Los investigadores avanzan, además, en el diseño de modelos matemáticos que permitan predecir cómo cada uno de esos elementos se comportará en el futuro cercano. La Geología en EAFIT es entonces concebida para vislumbrar el futuro en corto plazo del planeta, mediante el entendimiento del pasado y el presente.

El desierto de La Tatacoa, en el norte del departamento del Huila, en realidad no es un desierto sino un bosque seco tropical que posee una gran riqueza geológica.  
Foto Juan Gonzalo Betancur B.





**El calentamiento global produce alteraciones drásticas en el clima y el nivel del mar, poniendo en riesgo ecosistemas y al propio ser humano. ¿Cómo la Geología ayuda a entenderlo? Investigadores del Departamento de Ciencias de la Tierra adelantan estudios para comprenderlo y proponer soluciones.**

**LAURA LÓPEZ ALZATE.** Colaboradora

## LOS BIOMAS Y LOS CAMBIOS GLOBALES

Con el calentamiento global varían las densidades atmosféricas, explica Andrés Cárdenas Roza, docente e investigador adscrito al Departamento de Ciencias de la Tierra de EAFIT: “En algunos sitios puede que los regímenes de lluvia cambien, disminuyan o se presenten inviernos muy fuertes y luego veranos muy secos”. Esa es una situación que, en la zona tropical de una ciudad como Medellín, al igual que en muchas otras, se puede evidenciar con las inundaciones en temporadas de lluvia y sequía en tiempos de calor.

“Nosotros nunca nos hemos enfrentado a un calentamiento global, nuestra especie apareció hace unos 200 mil años cuando el planeta estaba en un modo climático de temperaturas frías, entonces no sabemos qué es lo que pasa cuando el planeta se calienta, no lo hemos vivido”, continúa Cárdenas, quien añade que para averiguarlo “podemos ver cómo organismos de hace millones de años respondieron a eventos de calentamiento global pasados

y cuando estos se analizan podemos saber la respuesta biótica de biomas específicos durante estos periodos”.

Una de las zonas de investigación para él ha sido el bosque húmedo tropical. Ese tipo de bosque se estableció hace al menos 57 millones de años, como lo indica la flora fósil de El Cerrejón y ha sido un bioma que ha enfrentado eventos de calentamiento global aproximadamente hace 55.5, 53 y 17 millones de años.

“Utilizando hojas fósiles y polen fósil de esos intervalos de tiempo y comparándolos con curvas de paleotemperaturas determinadas por la señal isotópica de oxígeno registrada en fósiles marinos es posible ver cómo cambia la diversidad de este bioma y hacer hipótesis sobre las posibles causas de este patrón”, explica el profesor.

Eso es algo que vienen haciendo Carlos Jaramillo, científico residente del Smithsonian Tropical Research Institute, y Andrés Cárdenas desde 2013. Lo que se ha descubierto hasta el momento es que cuando el bosque se enfrenta a un calentamiento global su diversidad aumenta

y cuando está en una época de enfriamiento global su diversidad disminuye.

Sin embargo, el investigador aclara que hay que tener en cuenta que esto aplica solamente cuando el calentamiento se da en escalas de millones y miles de años, no en escalas de decenas de años, como está ocurriendo en la actualidad. Otra diferencia fundamental con la situación de hoy es que el bosque húmedo tropical del pasado no estaba talado ni fragmentado; por lo tanto, su evapotranspiración era muy alta generando grandes cantidades de lluvia.

"El calentamiento global es algo que ya está ocurriendo, los bosques tropicales pueden morir, los ciclos hidrológicos cambiar y si sube el nivel del mar todas las ciudades costeras van a estar en peligro. Todos estos cambios nos van a doler mucho, pues generarán alteraciones profundas en los modelos económicos", afirma con preocupación el profesor Cárdenas.

### ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR, REALIDAD INMINENTE

Juan Felipe Paniagua Arroyave, líder de la línea de investigación en Mecánica del Paisaje del grupo de Hidrología de los Andes del Norte de la Universidad EAFIT, asegura que "el calentamiento inducido por el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera está aumentando el nivel global del mar".

Se sabe que hace 20 mil años, durante la última glaciación, el mar estaba a 120 metros en promedio por debajo de su nivel actual. Luego, durante 10 mil años el mar ascendió hasta su posición actual. Paniagua indica que "actualmente estamos cambiando la química de la atmósfera, lo que hace que el nivel del mar global suba, afectando las comunidades costeras por el incremento de inundaciones y erosión del litoral".

De acuerdo con los estudios que se adelantan en dicho grupo de investigación, aún no se conoce el efecto del ascenso del nivel del mar en los litorales colombianos. Según Paniagua, "se sabe que el cambio en los niveles produce un reacomodo en la costa, pero en Colombia no sabemos cuánto. Con colegas de las universidades de Florida (Estados Unidos), Ottawa (Canadá), Bologna (Italia) y Utrecht (Países Bajos) estamos modelando el cambio del nivel del mar desde el Último Máximo Glaciar (hace 20 mil años) para entender el nivel del mar en el que se formaron nuestras costas y los cambios que se esperan en ellas ante un ascenso del mar".

Los impactos mencionados del ascenso del nivel del mar se suman a influencias humanas relacionadas con la construcción desordenada de obras de defensa, la extracción de arena de playa e, incluso, por el aumento o disminución de la arena que descargan los ríos. Normalmente, en países desarrollados los efectos del aumento del nivel del mar se contrarrestan con la construcción de grandes muros que contengan el aumento del mar. Sin embargo,

---

**"El calentamiento global está ocurriendo, los bosques tropicales pueden morir, los ciclos hidrológicos cambiar y si sube el nivel del mar las ciudades costeras van a estar en peligro. Esos cambios nos van a doler mucho, pues generarán alteraciones profundas en los modelos económicos".**

Andrés Cárdenas Rozo, investigador del Departamento de Ciencias de la Tierra de EAFIT.

---

La deforestación y la destrucción de ríos y quebradas por acción de la minería ilegal está cambiando en forma drástica los usos del suelo en muchas zonas de Colombia. Foto Róbinson Henao.





en Colombia no tendríamos recursos para este tipo de soluciones, asegura Paniagua.

En contraste con estas soluciones, en algunas partes de Estados Unidos (como en la zona costera de Carolina del Norte) se prohíbe la construcción de hoteles y propiedades en general cerca de las playas. Según Paniagua, "ellos han descubierto que los problemas relacionados con la erosión e inundación van a ser cada vez peores y una solución sostenible sería dejar que la costa se acomode a los nuevos niveles del mar. Pero para tomar ese tipo de decisiones necesitamos entender muy bien cómo han cambiado los niveles del mar durante el pasado geológico cercano y qué se espera de estos en el corto y mediano plazo".

## UNA POSIBLE SOLUCIÓN A LA SEQUÍA

En Colombia, el agua subterránea es un recurso que se encuentra aún sin explotar, pero para utilizarlo hay que entender primero cómo funciona ese subsistema. Marcela Jaramillo Uribe, doctora en Recursos Hidráulicos y profesora del Departamento de Ciencias de la Tierra de EAFIT, con experiencia de 20 años en hidrogeología, empezó desde su vinculación en 2017 a impulsar la línea de investigación de agua subterránea en la Universidad.

"Las aguas subterráneas son aguas acumuladas en el suelo que, por lo general, tiene una mejor calidad que el agua superficial y no las vemos, pero están ahí. En muchas regiones en el mundo son la única fuente de acceso al líquido", asegura Marcela.

Explica, además, que una ventaja de estas aguas es que son resilientes a los cambios climáticos ya que se encuentran acumuladas en los espacios vacíos (poros, fisuras o fracturas) de las rocas o sedimentos. Eso las protege, por ejemplo, de una excesiva evaporación durante las épocas de verano.

Estas aguas provienen principalmente del agua lluvia que se infiltra hasta llegar a los acuíferos o sitios de almacenamiento donde se ubican. Por lo tanto, cualquier cambio en los regímenes de lluvia afectarán, tarde o temprano, la recarga o cantidad de agua que llega a estos acuíferos.

El cambio climático puede traer escasez de agua en la superficie (lluvia o ríos) y, por lo tanto, los gobiernos podrían decidir perforar pozos y comenzar a utilizar más el agua subterránea. El problema es que, como dice Marcela Jaramillo, "cuando se utiliza más agua subterránea de la que se está recargando podemos llegar a un punto de sobreexplotación y su uso podría no ser sostenible en el tiempo".

El agua subterránea es el mayor almacenamiento de agua dulce después de los glaciares y, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam), el agua subterránea representa el 72% de toda el agua del país, pero esta aún se desconoce: "No sabemos bien dónde está, cuáles son sus características y en estos escenarios del cambio climático tenemos que empezar a cambiar la visión, dejar de utilizar tanto el agua superficial y comenzar a usar en forma conjunta agua superficial y agua subterránea", afirma Marcela.

De allí que desde EAFIT se esté liderando investigaciones para entender algunos de los principales sistemas acuíferos

## Las montañas y su relación histórica con el clima

Para Camilo Bustamante Londoño, profesor del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad EAFIT, las montañas tienen una incidencia directa en el clima: "Ellas se forman por la convergencia de las placas tectónicas. Los esfuerzos que se generan en ese choque de placas hacen que se levanten las cordilleras, a las cuales se puede asociar el vulcanismo o pueden actuar como barreras de la nubosidad, por ejemplo".

Las investigaciones desarrolladas en el Departamento de Ciencias de la Tierra han permitido identificar que, en el pasado, la región Andina tuvo gran actividad volcánica que seguramente fue la responsable de grandes emanaciones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Dichas emanaciones pudieron haber tenido un potencial efecto en cambiar el clima.

"La cordillera de los Andes ha tenido vulcanismo continuo durante varios millones de años que ha emitido CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Se sabe que el dióxido de carbono

es uno de los gases invernadero que permiten el calentamiento del planeta, así que podríamos suponer que un aumento en la actividad volcánica en un corto intervalo de tiempo afectaría el clima. Aunque dichos cambios no serían inmediatos a escala humana", advierte Bustamante.

Al parecer, durante la era Mesozoica (entre 200 y 65 millones de años) en Colombia y Sudamérica se generó una gran cantidad de magma (roca fundida dentro de la Tierra) y, por consiguiente, un vulcanismo de gran magnitud, registrado desde el departamento del Putumayo hasta la Sierra Nevada de Santa Marta. El profesor Bustamante sugiere que esa gran actividad volcánica, que fue mucho mayor a la de la era Cenozoica (desde hace 65 millones de años), debió haber influido en la configuración del clima durante el Mesozoico, pero la magnitud de dicha alteración climática aún se está investigando.



## El calentamiento global, ¿culpable de la sexta extinción en masa?

Para que exista una extinción en masa tiene que desaparecer aproximadamente el 75% de especies en diferentes biomas en un tiempo menor a 5 millones de años, explica el docente Andrés Cárdenas: "Cinco extinciones en masa han ocurrido durante los últimos 542 millones de años. Estudiar los patrones de extinción, supervivencia y recobro de cada una de ellas, al igual que la selectividad de la extinción (es decir, cuáles organismos fueron más propensos a desaparecer durante cada una de estas extinciones), nos permite determinar cuáles reglas ecológicas se rompen durante un evento de estos y hacer un diagnóstico cuantitativo acerca de qué podemos esperar de la sexta extinción que estamos provocando y qué acciones debemos implantar desde ahora para mitigar su impacto".

"Una de las extinciones en masa más fuertes que sufrió el planeta ocurrió hace aproximadamente 251 millones de años cuando durante 3 millones de años se extinguieron el 96% de las especies del planeta. La causa de esta extinción fue la pérdida de hábitat generada por un calentamiento global que empezó por un muy fuerte vulcanismo en Siberia que cambió la circulación oceánica, liberó metano de los fondos del

océano a la atmósfera, incrementó la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y produjo acidificación en el océano. Todo esto en un intervalo de tiempo muy corto que no permitió a los organismos adaptarse a estas nuevas condiciones ecológicas", relata el profesor Andrés.

Añade que, en la actualidad, la destrucción de hábitats marinos y continentales como consecuencia de nuestra forma de vida es mucho más rápida que en las extinciones en masa pasadas. Ahora, la destrucción va en décadas a cientos de años, no en miles a millones de años como en todas las extinciones de masa del pasado. Además, está el calentamiento global que agudizaría la respuesta adaptativa de los organismos a los cambios antrópicos que se dan en los ecosistemas.

"Frenar estos dos procesos (extinción en masa y calentamiento global) ya no es posible, pero lo que sí podemos hacer es cambiar nuestra visión guerrera y de conquista del planeta por una en la que nos veamos como un elemento más de los miles de millones que lo conforman. Así, con base en el entendimiento de las interacciones del Sistema Tierra, lograremos mitigar estos dos problemas", concluye el investigador.

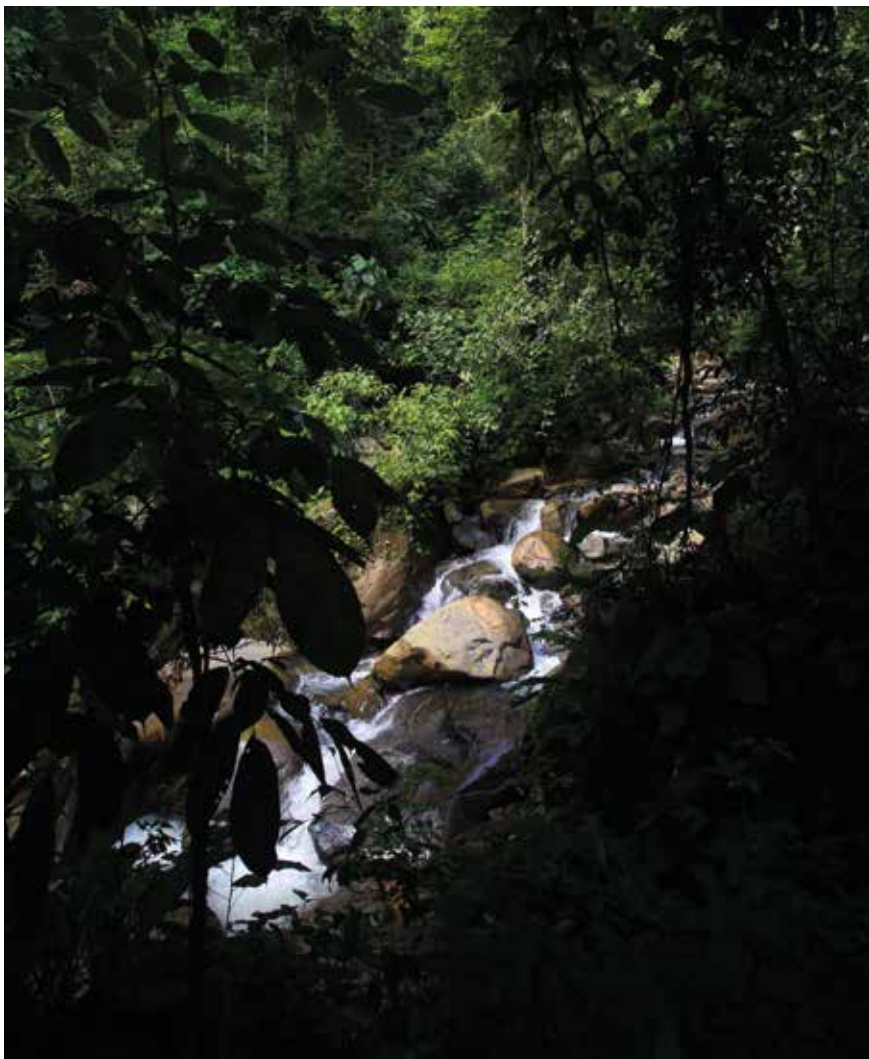
---

**La Geología en EAFIT es concebida para vislumbrar el futuro en el corto plazo del planeta, mediante el entendimiento del pasado y el presente.**

---

Investigadores de EAFIT estudian las costas y los ríos colombianos para entender tanto los cambios que les ocasiona la acción del ser humano como los posibles efectos que les producirá el calentamiento global. Foto Robinson Henao.






---

**“En estos escenarios de cambio climático tenemos que empezar a cambiar la visión, dejar de utilizar tanto el agua superficial y comenzar a usar en forma conjunta agua superficial y agua subterránea”.**

Marcela Jaramillo  
Uribe, investigadora del  
Departamento de Ciencias  
de la Tierra de EAFIT.

---

Pese a la gran riqueza de Colombia en ríos, quebradas, humedales y, en general, sistemas hídricos superficiales, el agua subterránea representa el 72% de toda el agua del país.  
Foto Robinson Henao.

de la región y, eventualmente, proporcionar herramientas de gestión a través de la implementación de planes de uso conjunto del agua que sean sostenibles en el tiempo.

Las investigaciones se llevan a cabo en compañía de estudiantes de pregrado y posgrado de la Institución: “Tenemos estudiantes de pregrado haciendo su tesis en entender los mecanismos de recarga de los acuíferos. En este momento, diez estudiantes de maestría están trabajando temas de hidrogeología desde diferentes enfoques, todo para entender mejor el agua subterránea”.

## ALIADOS EN LOS PROYECTOS

Actualmente, el Instituto Smithsonian y EAFIT tienen una red de cooperación trabajando en el desierto de La Tatacoa en el Huila, donde participa también el profesor Andrés Cárdenas por su conocimiento en paleontología.

La profesora Marcela inició este año un proyecto de investigación con financiación interna que tiene como objetivo “contribuir al conocimiento hidrogeológico de la zona para

entender mejor de dónde viene el agua que se está acumulando en los acuíferos, qué tan rápido se está llevando a cabo este proceso y compararlo con el agua que se está usando. La idea es que el gobierno local pueda, con los resultados de la investigación, mejorar la gestión del agua en la zona”.

La Universidad llevó a cabo en 2020 un proyecto con Empresas Públicas de Medellín para entender el conocimiento actual del agua subterránea en los valles de Aburrá y de San Nicolás (Oriente antioqueño) que espera continuar este año. “EAFIT está ubicada sobre un gran acuífero y, en este momento, podríamos estar utilizándola en lugar del acueducto”, asegura Marcela Jaramillo para poner en evidencia la gran riqueza hídrica del Valle de Aburrá.

Cada uno de los investigadores explica cómo desde estas áreas de la Geología se están haciendo aportes a esa gran preocupación que encabeza muchas de las agendas internacionales: cómo la especie humana se va a adaptar a los cambios que viene produciendo el calentamiento en este hogar colectivo que llamamos Tierra. ■