



La Ing. Agr. Lolita Durán, con la ayuda de Erick Gómez Rivera, registra los datos del diámetro de los árboles existentes en la Sede del Atlántico, como parte de la clasificación que les permitirá hacer el cálculo de carbono acumulado en relación con el volumen del tronco (foto: DAngelo Sandoval).

# Sede del Atlántico mide su huella de carbono

**Un proyecto de investigación se propone hacer un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los recintos de Turrialba, Guápiles y Paraíso, que conforman la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica (UCR).**

Lidiette Guerrero Portilla  
lidiette.guerrero@ucr.ac.cr

El trabajo se desarrollará durante dos años, con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y el financiamiento del Fondo Especial de Investigación para Sedes y Recintos, además del respaldo de la Comisión de Carbono Neutro de la UCR.

El estudio lo dirigen el Ing. Agr. DAngelo Sandoval Chacón y la Ing. Agr. Lolita Durán Umaña, directora de la Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos (Feima).

Según lo explicaron, el inventario de GEI emitidos de manera directa e indirecta se conoce como “huella de carbono” y es posible determinarla mediante métodos estandarizados y reconocidos interna-

cionalmente. En este caso, lo harán por medio del GHG Protocol, que corresponde a un estándar de contabilidad y reporte de emisiones para entidades.

El objetivo del estudio es diseñar una estrategia en la gestión de la reducción de GEI en aras de conseguir la carbono neutralidad.

## Primera etapa

El trabajo se inició en abril de este año, con una fase de campo en la cual determinarán el carbono que se encuentra almacenado en reservorios naturales, como el suelo y los árboles de las áreas protegidas que posee la UCR en los tres recintos universitarios.

Además, adquirieron algunos equipos necesarios para el trabajo, como es un barreno, clinómetros, cintas diamétricas, entre otros, y realizarán análisis químicos y físicos que permitan determinar la cantidad de CO<sub>2</sub>e (unidades utilizadas para la cuantificación de GEI almacenado).

Con el barreno hacen exploraciones en los sitios, para definir posteriormente en donde establecer las observaciones más detalladas, llamadas calicatas o fosas de observación. En esas fosas estudiarán

las diferentes capas (horizontes) que conforman el suelo, así como sus propiedades físicas, químicas y morfológicas.

Los investigadores afirmaron que esto es para conocer la dinámica del carbono y el potencial que tiene el suelo para almacenarlo.

Como parte de la investigación, además instalarán parcelas permanentes de muestreo en las áreas protegidas, que les ayuden a estimar el carbono almacenado en biomasa de árboles. Harán un procedimiento similar en las cercas vivas del módulo lechero del Recinto de Turrialba.

En una segunda etapa del estudio, se enfocarán en la medición indirecta de GEI, por medio del análisis de la facturación. Por ejemplo, de la cantidad de combustible consumido por la flota vehicular institucional, el consumo eléctrico (kilovatios/hora) y el consumo de papel, entre otros.

“No podemos colocarle un sensor a cada carro para conocer sus emisiones directas, pero sí podemos estimar las emisiones por métodos indirectos”, expresó Sandoval.

Asimismo, identificarán los puntos críticos en donde se concentra la mayor emisión con el fin de plantear alternativas de solución. Ambos consideran que el transporte es el principal generador de emisiones GEI, lo mismo que el uso de aire acondicionado y la electricidad.

Algunas opciones de avance en este sentido sería el uso de tecnologías más amigables con el ambiente, adoptar procesos que tengan menos implicaciones sobre la emisión de GEI, apagar luces y desconectar equipos eléctricos, restringir el uso del vehículo y, de ser posible, optar por autos eléctricos o híbridos.

Consideran que en buena medida este estudio servirá para llamar la atención sobre la necesidad de tomar una mayor conciencia y hacer ajustes en la actividad diaria, para contribuir con el ambiente.

Para poder conocer los datos financieros de los diferentes Recintos Universitarios, los investigadores coor-

dinan con las oficinas administrativas correspondientes, con las direcciones y con los representantes ante la Comisión Institucional de Gestión Ambiental de la Sede del Atlántico.

## Por la compensación

Con los dos tipos de mediciones, posteriormente efectuarán un balance de la emisión de GEI y el almacenamiento de carbono. De esta manera, la Sede del Atlántico podrá tener claro qué es lo que tiene que hacer para seguir avanzando en la propuesta hacia la carbono neutralidad.

Durán resaltó que la Sede del Atlántico trabaja desde hace 15 años en medidas de reducción y mitigación, como son la utilización de técnicas de diseño de aulas, construcción con un concepto de arquitectura bioclimática, aprovechamiento de la ventilación y la iluminación natural y el uso de equipos amigables con el ambiente.

También citó las llamadas “compras verdes”, que consisten en preferir aquellos proveedores que ofrezcan productos de bajo impacto residual.

Durán detalló que han trabajado bastante en la sensibilización de la población interna y externa a la Sede, lo que ha generado incluso un cambio en la percepción que tienen ahora las comunidades de influencia sobre la temática ambiental.

“Desde esa óptica podríamos decir que lo que hagamos aquí servirá de modelo para las otras sedes universitarias, ya que la Sede del Atlántico podría ser la primera en evaluar sistemáticamente su huella de carbono”, manifestó.

“No se trata de conformarnos con un resultado positivo, sino de avanzar hacia mejores tecnologías y procesos, de manera que las acciones del quehacer universitario se lleven a cabo en forma sustentable”, concluyó. ■



Los docentes e investigadores DAngelo Sandoval y Lolita Durán emplean el barreno para hacer exploraciones simples del suelo, de textura y color, con la idea de definir los sitios de observación más detallados que harán en el estudio sobre carbono neutralidad (foto: Erick Gómez).



Una de las aplicaciones recientes de la tecnología lidar aérea en Costa Rica fue tras el terremoto de Cinchona en 2009, en la zona afectada por los deslizamientos (foto cortesía RSN).

# Aplicación de tecnología lidar se abre campo en Costa Rica

**La tecnología lidar puede ser una buena aliada en estudios en los que se requiere cartografiar la topografía de superficies extensas u obtener información detallada de pequeñas áreas y objetos. Si bien en Costa Rica se ha empezado a utilizar en proyectos de Geología, Ingeniería y Arqueología, su uso aún es limitado debido al desconocimiento de sus ventajas y a los costos de su aplicación.**

Patricia Blanco Picado  
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

El origen y evolución de esta tecnología de punta, así como su penetración en el país, son abordados por los investigadores Paulo Ruiz Cubillo y José F. Garro Mora, del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme), de la Universidad de Costa Rica, y Gerardo Soto Bonilla, consultor independiente, interesados en darla a conocer en el país.

Los resultados del trabajo *El uso de imágenes lidar en Costa Rica: casos de estudio aplicados en Geología, Ingeniería y Arqueología* fueron publicados en el número 51 de la *Revista Geológica de América Central* (RGAM), publicada por la Escuela Centroamericana de Geología de la UCR en diciembre del 2014.

## En qué consiste

El término lidar proviene del acrónimo en inglés Laser Imaging Detection and Ranging, y su origen se remonta a inicios de 1960, poco después de la invención del láser. Consiste en una herramienta de tele-detección que mide la distancia al iluminar un punto con un láser y el análisis de la luz reflejada. Se pueden recrear superficies con millones de puntos iluminados y generar modelos en tres dimensiones.

Según explican los investigadores, "se trata de una tecnología de sensores remotos con múltiples usos, de los cuales los más frecuentes son cartografiar la topografía de superficies extensas cuando es aerotransportado, o bien pequeñas zonas u objetos cuando se usa en tierra".

Con ella se pueden crear modelos y visualizaciones que facilitan la comprensión de un sitio en estudio y así poder resolver problemas, señalan.

Inicialmente esta herramienta se restringió al campo militar y a la meteorología, pero en los últimos 15 años ha evolucionado y mejorado con otros avances tecnológicos, como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), computadoras de alta capacidad, fotografías de gran formato y software especializado, "hasta el punto de poder generar modelos con niveles de detalle y resolución en el orden de centímetros y milímetros", aseguran los autores.

## Aplicaciones en zonas vulnerables

La tecnología lidar es de gran utilidad en los países en vías de desarrollo con el fin de disminuir el riesgo y la vulnerabilidad en situaciones de emergencia. Por ejemplo, tras el terremoto de Haití (magnitud 7,2) de enero de 2010, se utilizaron imágenes lidar aéreas para determinar las áreas más susceptibles a los deslizamientos.

Igualmente, en Costa Rica también se usó a raíz del terremoto de Cinchona (magnitud 6,2) de enero de 2009, con el propósito de tener una mejor interpretación topográfica en la zona afectada por los deslizamientos.

Las instituciones públicas del país que poseen este tipo de equipo y lo aprovechan en su trabajo son el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), que lo utiliza para monitorear las líneas de alta tensión y el Lanamme, que en el 2010 adquirió un escáner lidar terrestre para evaluar deslizamientos, taludes y otros elementos que pueden afectar la red vial nacional. Asimismo, hay empresas privadas que brindan el servicio.

En el trabajo publicado en la RGAM, se muestran ejemplos de la aplicación de la tecnología lidar en el mapeo geológico en las inmediaciones de la Laguna Hule en el volcán Poás, la caracterización de un deslizamiento en una carretera principal cerca de Palmares y el levantamiento de información en detalle de una esfera precolombina.

También se detalla cómo en la década de 1980 se produjo en Costa Rica una de las primeras aplicaciones a nivel mundial en el campo de la Arqueología. En esa oportunidad, con la ayuda de esta tecnología se encontraron evidencias de asentamientos precolombinos en los alrededores del volcán Arenal, específicamente de un complejo sistema de rutas de comunicación y transporte.

Actualmente, los datos lidar aéreos y terrestres se utilizan en disciplinas como Geología, Ingeniería Civil e Ingeniería Forestal, Arqueología, Hidrología y Arquitectura, entre otras.



El lidar terrestre se utilizó en un estudio para determinar entre otras variables las dimensiones reales y la mineralogía de la esfera precolombina de piedra, ubicada en los jardines de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la UCR (imagen cortesía Dr. Paulo Ruiz).

## Ventajas y limitaciones

La tecnología de lidar aéreo se realiza mediante barridos láser. Se recomienda para proyectos de grandes extensiones, mayores a los 100 kilómetros cuadrados, en zonas con poca infraestructura y en proyectos en los que no se requiera mucho detalle.

En estos casos el escáner se monta sobre un avión o avioneta. También se utiliza el helicóptero cuando son necesarias velocidades más bajas y en proyectos que exigen mayor detalle, como represas, tuberías, oleoductos, zonas de fallas tectónicas, grietas y líneas de ferrocarril, entre otros.

De acuerdo con el Dr. Paulo Ruiz, geólogo de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial del Lanamme y profesor de la Escuela Centroamericana de Geología, una de las mayores ventajas del lidar aéreo es que permite obtener información de lugares que antes eran inaccesibles para su estudio, debido entre otras razones a la pendiente del terreno o a la densa vegetación. Algunos de estos sitios son carreteras, caminos, deslizamientos, ríos y quebradas.

Entre las limitaciones del lidar aéreo es que se dificulta su funcionamiento ante condiciones del tiempo de lluvia y nubosidad.

En el caso del lidar terrestre –afirmó–, se aplica de forma similar al aéreo, y una de sus mayores ventajas es que posibilita escaneos rápidos y de estructuras y objetos con mucho detalle, tales como edificios, postes de electricidad, carros, vegetación y hasta personas. Además, la información recopilada durante el escaneo se puede enlazar con fotografías digitales.

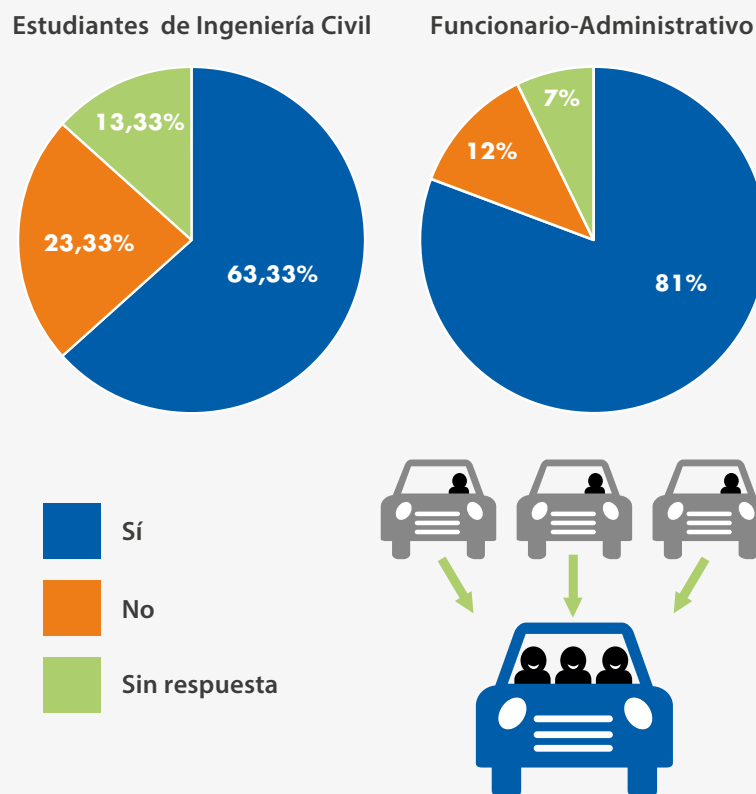
La principal desventaja es que no se pueden enfocar objetos a más de 300 metros de distancia, dijo Ruiz.

Los autores del artículo esperan que en los próximos años el uso de la tecnología sea más frecuente, debido a que los costos serán cada vez más asequibles, se facilitará la transferencia de información entre instituciones y surgirán nuevas aplicaciones en diferentes campos. ■



El Dr. Paulo Ruiz, investigador del Lanamme y profesor de la Escuela Centroamericana de Geología, destacó que la tecnología lidar funciona muy bien en el monitoreo de deslizamientos y la identificación de fallas tectónicas (foto Laura Rodríguez).

## ¿Estaría dispuesto a utilizar un sistema de carro compartido para trasladarse a la UCR?



La Vicerrectoría de Administración tomará esta investigación como base para desarrollar un proyecto de carro compartido en la UCR (ilustración Rafael Espinoza).

# Carro compartido, ¿es posible en la UCR?

**La gran cantidad de vehículos en las calles, el mal estado de las vías y los embotellamientos son algunos de los problemas viales que enfrenta la población todos los días. Y si a esto se le une la contaminación, la problemática se amplía y la afectación es mayor. La Universidad de Costa Rica (UCR) no escapa a esta realidad nacional.**

Andrea Marín Castro  
andrea.marincastro@ucr.ac.cr

Como parte del Plan de Movilidad Activa que impulsa la Institución, tres estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Civil realizaron una investigación para plantear un proyecto de carro compartido en la UCR.

Ana María Campos Rojas, Yari Maciel León Ulate y Miguel Ángel Zamora Herrera, bajo la coordinación de la ingeniera Diana Jiménez Romero, se propusieron como objetivo determinar la demanda potencial de usuarios de un programa de vehículo

compartido. La idea es establecer una estrategia que fomente su utilización por parte de los funcionarios y estudiantes de Ingeniería Civil que viajan a la Sede Rodrigo Facio de la UCR, en San Pedro de Montes de Oca.

“Existe una problemática alrededor del tema, ya que actualmente el 66 % de los estudiantes, docentes y administrativos que vienen a la Universidad lo hacen en transporte público y solo un 17 % en carro. Sin embargo, aproximadamente el 70 % del espacio público del campus está destinado a infraestructura y la ocupación de los vehículos que ingresan es de 1,3 personas. Por eso hay una preocupación de la Oficina de Servicios Generales (OSG) por cambiar esto”, explicó Zamora.

Como parte de la metodología, se realizó una encuesta electrónica a funcionarios de la UCR, que se aplicó por medio del servidor LimeSurvey y se envió por correo institucional a la base de datos del Programa de Educación Continua de la Escuela de Ingeniería Civil.

El cuestionario lo respondieron 596 personas, de las cuales un 23,83 % corresponde a estudiantes, un 27,77 % a docentes y un 48,38 % a funcionarios administrativos. Los datos se recolectaron en octubre del 2014.

“Hay que dejar claro que no es una muestra representativa ni aleatoria, sino que corresponde a las personas que contestaron la encuesta, y no se puede generalizar a toda la institución”, recalzó León.

Campos añadió que entre las recomendaciones planteadas, indican la necesidad de realizar una encuesta a toda la población universitaria antes de poner en marcha el proyecto.

## Algunos datos importantes

Según los resultados del estudio, el principal medio de transporte que utilizan los funcionarios universitarios es el vehículo particular (204 encuestados), seguido del autobús (129), mientras que los estudiantes de Ingeniería Civil utilizan mayoritariamente el autobús (121) y el carro en menor porcentaje (77 personas).

Del total de personas encuestadas, un 78 % de funcionarios tiene vehículo propio y en el caso de los estudiantes solo un 34 % posee carro.

Una de las preguntas se centró en conocer la capacidad de los vehículos que viajan a la Sede Rodrigo Facio, así como la cantidad de personas que viajan en cada uno. El 75 % de los funcionarios posee un carro con espacio para cinco personas, el 49 % viaja solo y el 33 % con alguien más.

En cuanto a los estudiantes, el 64 % tiene un automóvil con capacidad para cinco pasajeros, el 74 % viaja solo y el 17 % con un acompañante.

Ante la interrogante, ¿estaría dispuesto a utilizar un sistema de carro compartido para trasladarse a la UCR?, el 70 % contestó afirmativamente y el 19 % dijo que no.

Los investigadores también quisieron conocer algunos aspectos positivos o negativos que podrían incidir en el éxito o fracaso de una iniciativa de carro compartido. Compartir el costo de la gasolina, ayudar al medio ambiente y hacer el viaje más ameno fueron algunas de las ventajas que mencionaron los entrevistados.

En el caso de las desventajas, se mencionó la impuntualidad, la inseguridad de viajar con desconocidos y depender de otros para transportarse.

En caso de implementarse el proyecto, los usuarios preferirían coordinar los viajes

por medio de herramientas tecnológicas, como una aplicación para celular (242), página web (120) o correo electrónico (115).

## ¿Cómo se implementaría?

A partir de los resultados obtenidos, los investigadores desarrollaron una propuesta que se presentó a la OSG y al Dr. Carlos Araya Leandro, vicerrector de Administración de la UCR.

Como primer punto, propusieron desarrollar un plan piloto, una vez al mes, durante un ciclo lectivo, para promocionar el uso de carro compartido como una alternativa para desplazarse a la UCR y determinar la aceptación y utilización del sistema entre funcionarios y estudiantes. Esta propuesta incluye la habilitación de un parqueo exclusivo para quienes viajen con más de tres pasajeros.

La creación de una página web también forma parte de las propuestas. En este sitio, los usuarios se registrarán con el correo institucional y deberán incluir su información personal, para luego cruzar datos de rutas y horarios con otros usuarios registrados, y así establecer contacto entre quienes estén inscritos. Asimismo, cada conductor podrá ser calificado, información que se usará para el programa de incentivos que se plantea establecer como parte de la propuesta.

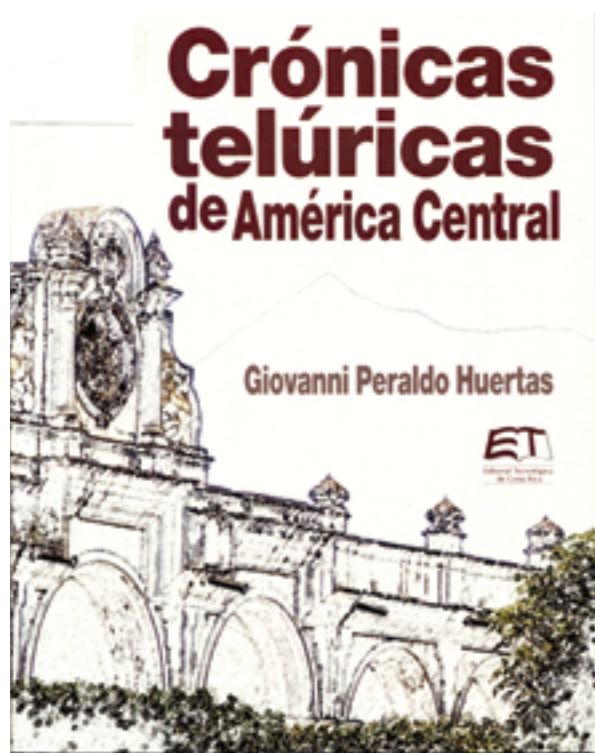
Entre los principales incentivos para quienes participen en este programa, destacan los espacios de parqueo exclusivos para el carro compartido, ventajas o facilidades para la obtención y uso del marchamo universitario y accesos preferenciales, entre otros.

Con base en la investigación y en las iniciativas de los estudiantes de Ingeniería Civil, la OSG y la Vicerrectoría de Administración trabajan en un proyecto para implementar el carro compartido en la UCR.

“Es muy importante que un trabajo que surgió de un curso se utilice para tomar decisiones dentro de la Universidad. Si funcionara este plan tal vez se podría tomar de ejemplo para aplicarlo en otros lados. En el país hay una problemática de congestión y la solución es hacer el transporte público y el compartido más eficiente” concluyeron los autores de la propuesta. ■



La Universidad de Costa Rica está haciendo esfuerzos para reducir la flota vehicular dentro del Campus Rodrigo Facio, por lo que este año incrementó el servicio del bus interno para quienes tienen que desplazarse a la Ciudad de la Investigación y a las Instalaciones Deportivas (foto Laura Rodríguez).



El libro *Crónicas telúricas de América Central*, del geólogo Giovanni Peraldo, hace un recorrido por el pasado colonial de América Central, en el que narra diferentes episodios históricos sobre desastres asociados con procesos geológicos.

## Crónicas telúricas

**Los procesos naturales internos y externos que moldean y transforman la superficie del planeta han impactado y condicionado el modo de vida del ser humano desde su aparición.**

*Dr. Mauricio M. Mora Fernández*  
Profesor Catedrático de la Escuela  
Centroamericana de Geología  
Director del Programa de  
Posgrado en Geología

Estos procesos han acompañado la cotidianidad de las sociedades a través de la historia y han sido parte de su imaginario en forma de deidades, seres míticos y leyendas, o bien, han sido explicados de muchas maneras según el credo religioso o tradición oral.

Del mismo modo, los procesos naturales han quedado plasmados en las artes plásticas, la literatura, en sellos postales y monedas, entre otros. En América Central, particularmente, los procesos naturales acompañaron a nuestros antepasados indígenas y pasaron a formar parte de su cultura, lo que sorprendió a los conquistadores europeos, en quienes infringieron miedo, asombro o bien terminaron por utilizarlos para su propio beneficio.

El libro *Crónicas telúricas de América Central* es un verdadero paseo a través del pasado colonial de América Central, en el

que nos narra, con gran riqueza literaria y didáctica, diferentes episodios históricos sobre desastres asociados con procesos geológicos, tales como terremotos y erupciones volcánicas, así como las vicisitudes sociales, políticas y religiosas concomitantes de las sociedades de esas épocas.

El autor no escatima en verbos y letras para no solo exponer los hechos acaecidos de una forma casi pictórica, sino también para situarnos en el contexto histórico de cada hecho y crear conciencia de que, como él mismo lo indica, “los eventos naturales no pueden ser sinónimos de desastres, sino que detonan situaciones sociales, políticas, psicológicas, económicas o culturales encubadas en procesos que ignoran las características naturales del territorio y que vulneran diferentes sectores sociales, sobre todo los menos favorecidos”.

Este viaje propuesto en el libro inicia con una reseña sobre cómo el paisaje en que vivimos y los procesos geológicos que lo modifican han dejado una impronta en innumerables expresiones culturales a lo largo de nuestra historia, como lo son: las monedas, los escudos nacionales, las estampillas y algunos monumentos arqueológicos.

Inmediatamente después, sin más preámbulo, el autor decide “jugar” con el lector y llevarlo de la mano por todos los países de América Central, intencionalmente sin orden específico, para mostrarnos la codicia española por la “materia amarilla” que brotaba del fondo del cráter del volcán

Masaya, “la boca del infierno”; las dolorosas facetas de la esclavitud del indígena, el mestizo y el negro a las órdenes de los españoles, en medio de los terremotos de 1607, 1671 y los de 1717; de la codicia y la crueldad pasamos a *La ciudad maldita*, León Viejo en Nicaragua, afectada por sismos y abandonada por la maldición que se cernió sobre ella por el asesinato de monseñor Valdivieso, de la mano de Rodrigo de Contreras, yerno del cruel y temido Pedro Arias de Ávila o, Pedrarias.



## Temblores y piratas

La suerte le toca luego a la ciudad de Panamá, la cual aunque afectada por temblores y el temor a un *tsunami*, paradójicamente el peligro vino del mar, pero no de la mano de la naturaleza, sino del pirata Henry John Morgan, quien la destruyó en 1671.

El autor nos hace una parada de dos crónicas en la ciudad de San Salvador, para contarnos “El infierno desatado” por el volcán San Salvador en 1658, acompañado “por un terremoto que destruyó la ciudad homónima” y las vicisitudes políticas por el deseo de trasladar esa ciudad a otro sitio. De El Salvador nos invita a Costa Rica, a las brumas de Cartago, para narrarnos “Los celos religiosos” entre los franciscanos y agustinos y cómo en medio de esta intriga sale a la luz el manejo político de la información sobre procesos sísmicos.

Regresamos a Guatemala, de donde se nos cuenta la suerte que corrió la ciudad de Santiago de los Caballeros por la erupción del volcán de Fuego y el terremoto de San Miguel de 1717, así como los “dimes y diretes por un intento de traslado” de esa ciudad. Del volcán de Fuego el viaje nos lleva al volcán Irazú, en febrero de 1723, a vivir “las congojas de los vecinos de Cartago” por la actividad sísmica y volcánica.

Esto es solo parte de la travesía. Invito con gusto al lector a descubrir cada una de las historias, las cuales, sin duda, serán igual de interesantes y aleccionadoras.

El libro contiene dos crónicas sobre la ciudad de San Salvador, relacionadas con una erupción del volcán San Salvador en 1658 y un terremoto que destruyó esa ciudad.

Esta obra es la expresión de la amalgama entre Geología e Historia en la búsqueda del rescate de la memoria histórica en América Central, y nos recuerda que nosotros, como parte de esa sociedad, debemos ser partícipes en los procesos de gestión del riesgo.

Con seguridad, el libro no pasará desapercibido por los anales de la literatura costarricense y es un verdadero vaso de agua fresca para nuestra sociedad sedienta por un cambio cultural en el que la ética, el rescate de nuestra historia, valores e identidad nacional, y el entendimiento sobre el territorio en que vivimos, sean los ingredientes fundamentales para la prevención y una mejor calidad de vida.

*Crónicas telúricas de América Central* es un libro para disfrutar, aprender y, sin duda alguna, es la mejor forma de acercarnos a la historia, la Geología, al entorno de América Central de una manera diferente. Es un libro que no solo podrá servir para el complemento de clases universitarias, es un libro que espero, llegue a ser de consulta indispensable en la currícula escolar y de secundaria. ■



El autor narra la suerte que corrió la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala (Antigua Guatemala) por la erupción del volcán de Fuego y el terremoto de San Miguel de 1717.