



Sismólogos de la UCR y de la Universidad Complutense de Madrid lograron determinar que la falla Agua Caliente originó el terremoto de Cartago de 1910, causante de mucha destrucción y de cientos de muertes (foto Laura Rodríguez).

## Sismólogos estudian sistema de fallas del sur de Cartago

**El estudio minucioso del sistema de fallas Agua Caliente y Navarro, en la zona sur de Cartago, ha arrojado información novedosa que permitirá mejorar la estimación de la amenaza sísmica en el Valle Central, la zona más poblada del país.**

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

Mediante modernas técnicas de trabajo en el campo, sismólogos del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) y de la Red Sismológica Nacional, de la Universidad de Costa Rica (UCR), han dedicado los últimos tres años a la actualización de los datos disponibles acerca de dichas fallas. Procuran conocer con mayor precisión el tamaño, ubicación

e interacción, así como la velocidad de movimiento y el potencial máximo de los sismos que pueden generar.

Este trabajo lo realizan en conjunto con científicos de las universidades españolas Complutense de Madrid y Politécnica de Madrid, y con la colaboración de profesionales del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

El proyecto se denomina *Estudio de la tectónica activa del sistema de fallas de Agua Caliente y Navarro del Valle Central mediante técnicas geodésicas y paleosísmicas: contribución para la mejora de la evaluación de la amenaza sísmica*. Cuenta con el financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) y del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit).

El M.Sc. Walter Montero Pohly, coordinador de la investigación, resaltó su importancia ante la necesidad de afinar los datos en relación con el comportamiento sísmico de la zona, en donde han ocurrido varios terremotos, entre ellos el del 4 de mayo de 1910, que destruyó la ciudad de Cartago.



En este mapa actualizado de las fallas del sur de Cartago, se observa la falla Tarrazú, identificada por los científicos. Los puntos representan los sismos ocurridos en los últimos tres años. Fuente: Proyecto Micitt-Conicit-UCR.

### Nueva falla

Uno de los resultados de la investigación, explicó Montero, es la identificación de una nueva falla, denominada Tarrazú, que se relaciona con la falla Navarro mediante una zona de depresión tectónica.

En esta área, a la que llaman Estructura Transtensiva de Estrella, confluyen otras fallas, como Río Macho y Queberí. “Es una zona en proceso de hundimiento, que en los últimos tres años ha generado gran cantidad de sismos”, indicó el sismólogo. (Ver mapa).

Cerca de esta depresión están ubicados numerosos centros de población, entre los más importantes San Cristóbal Norte, San Cristóbal Sur, La Lucha y Frailes, de Desamparados, así como la Carretera Interamericana que comunica al centro con el sur del país.

De acuerdo con la longitud de las fallas, los geólogos pueden determinar cuál es el potencial máximo de los sismos que estas puede generar. En esta zona, los temblores ocurridos en los últimos años han sido superficiales, de hasta unos 10 km de profundidad, y con magnitudes que oscilan entre 2 y 4 grados.

No obstante, la ciudad de Cartago se encuentra a alrededor de 10 km de distancia y un sismo con una magnitud mayor que las anteriores podría tener daños significativos, manifestó el especialista.

### Movimiento de las fallas

“Mediante este proyecto estamos tratando de determinar la tasa de deslizamiento de las fallas”, indicó el M.Sc. Montero, para tratar de puntualizar cuán rápido se mueven. Esta medición se realiza mediante la

técnica de paleosismología, que consiste en la realización de trincheras o zanjas en el terreno para observar los depósitos de material más recientes desplazados en el sitio de la falla y fecharlos. Así es como identifican los últimos terremotos generados por la falla.

De esta manera, mediante una trinchera realizada en la localidad de Bermejo, en Coris de Cartago, los científicos confirmaron que la falla Agua Caliente originó el terremoto de 1910 y que causó muchos daños en esta ciudad. “Ahora sabemos con total certeza que la falla Agua Caliente originó el terremoto de Cartago de 1910”, afirmó Montero, pues se había sugerido con base en el estudio de intensidades que provocó el anterior terremoto.

Las mediciones también las efectúan con ayuda de la Geodesia, que les prevé equipos de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) para determinar con total precisión la ubicación de una red de 13 estaciones en distintos puntos. Cada cierto tiempo visitan estos sitios y hacen mediciones, para luego estimar la tasa de deslizamiento de las fallas.

Hace dos años realizaron una medición y acaban de terminar la segunda en las fallas Aguacaliente y Navarro, con el fin de obtener datos que les sirva para calcular cuántos milímetros se movió una falla en un año. Entre mayor sea el movimiento, más amenaza sísmica presenta, dijo Montero.

Además de él, participan en el estudio el Lic. Wilfredo Rojas Quesada, Dr. Lepolt Linkimer Abarca y Dr. Oscar Lücke Sánchez, de la UCR y de la RSN. De la Universidad Politécnica de Madrid forma parte la Dra. Alejandra Staller Vázquez, y de la Universidad Complutense de Madrid el Dr. José Jesús Martínez Díaz.

Colaboran también el Lic. Francisco Valverde Calderón de la Universidad Nacional; y el Dr. Guillermo Alvarado Induni y el Ing. Alvaro Climent Martín, del ICE. ■





Cabezas trofeo de este sitio que se encuentran en el Museo Etnológico en Viena, Austria (foto Carolina Cavallini, 2012).

# Alto del Cardal, un cacicazgo relevante en las faldas del Irazú

**Ubicado a menos de un kilómetro de lo que hoy es el Parque Nacional Irazú, con una visión panorámica que le permitía a sus habitantes tener control estratégico y poder social sobre otros territorios, el Alto del Cardal fue una pieza clave entre las sociedades cacicales de Costa Rica.**

*María Eugenia Fonseca Calvo*  
maria.fonseca.calvo@ucr.ac.cr

Unado a ello, la riqueza de sus suelos, por las constantes erupciones volcánicas del Irazú, y la cercanía a fuentes de agua hicieron de este sitio arqueológico un lugar ideal para vivir.

Así lo demuestra la Mag. Carolina Cavallini Morales en su tesis *Alto del Cardal C-304 AC. Una sociedad compleja en las faldas del volcán Irazú*, presentada en 2013 para optar al título de Maestría Académica en Antropología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

La investigadora estudió la sociedad cacical que se desarrolló en el Cardal, desde la perspectiva del poder social, y el rol que pudo tener en la conformación socio-política de los cacicazgos del sector oriental del Valle Central.

Para ello realizó constantes visitas de reconocimiento con el fin de contextualizar el entorno físico, social y arqueológico del lugar; hizo una revisión bibliográfica y entrevistó a personas que residen en sus alrededores o que trabajan cerca.

También analizó la colección del Alto del Cardal resguardada por el Laboratorio de Arqueología de la UCR, así como la colección arqueológica en manos del Museo Etnológico (Museum für Völkerkunde) de la ciudad de Viena, extraída en 1895 por el cónsul de Austria ante Costa Rica, Guido von Schröter.

Además, recolectó en el sitio fragmentos de material cerámico y lítico con características notorias que le permitieran

una secuencia cronológica del lugar, y recorrió los senderos que comunicaban las tierras altas con las bajas. Cardal fue registrado oficialmente en 1968 por el arqueólogo Lic. Carlos Aguilar Piedra, quien recuperó materiales arqueológicos de toda la secuencia cronológica para el Valle Central.

Este sitio era denominado Las Huacas y la primera mención que se hace de él es en un documento de 1727 encontrado en el Archivo Nacional de Costa Rica. Era conocido por su riqueza arqueológica desde épocas tempranas y por el saqueo constante de piezas del lugar, entre ellas la efectuada en 1895 en la que se extrajeron cerca de 1200 objetos.

La primera referencia directa que se tiene de este sitio con el nombre de Alto del Cardal proviene del Prof. José Fidel Tristán, quien lo visitó entre los años 1913 y 1914. Posteriormente, Aguilar lo catalogó formalmente con la sigla CAT-UCR. 45.

La ocupación de este sitio se dio desde la fase Pavas (300 a.C-300 d.C.) en lo que se ha reportado para el Valle Central.

## Un sitio especial

Según Cavallini, Alto del Cardal comprendía un área de 44,09 hectáreas y se situaba en varias colinas ubicadas estratégicamente a una altura que oscila entre los 2500 a los 2700 msnm, en donde en dirección norte se levanta el volcán Irazú y al sur el valle del Guarco.

Su visión panorámica de 2700 metros de altura sobre el valle favorecía el control visual que tenía sobre otros territorios durante la época precolombina.

Aunque no es único en la arqueología costarricense, es considerado un sitio particular, con características sobresalientes como su ubicación, bienes de intercambio y especialización.

El material arqueológico encontrado en el Cardal guarda gran relación con el de otros sitios. Un ejemplo de ello son las figuras efectuadas en piedra, como los metates finamente tallados, lápidas, cabezas de personajes, bases caladas,

mesas y esculturas llamadas *chacmool*, lo mismo que el material cerámico, que también está presente en Guayabo y Las Mercedes, sitios de la vertiente Atlántica.

No obstante, tanto los materiales hallados en Cardal como los estudiados en Viena, son poco comunes en los contextos nacionales. Los colgantes de concha, las piezas de oro, la cerámica foránea del Pacífico norte y del Pacífico sur del país demuestran que esa sociedad cacical estaba en constante comunicación y en busca de estos bienes. Por sus características, estos eran necesarios para demostrar el poder ideológico, económico y político al resto de la población.

La altitud y ubicación de Cardal le permitió protegerse si era requerido y mantener un flujo de bienes de las tierras bajas del sur (valle del Guarco) hacia las tierras bajas del norte (Caribe) y viceversa, por medio del sendero que los comunicaba.

Sus habitantes llevaban a cabo labores cotidianas como el acarreo de agua, la manufactura de bienes, el cuidado de niños y el enterramiento de algún miembro de la comunidad cerca o dentro del asentamiento. También hubo una élite que consumió los bienes y que controló las acciones cercanas al sitio.

De manera que el Alto del Cardal funcionó como un cacicazgo con un territorio y otros sitios pequeños dentro de su territorio, que mantuvo relaciones con el Caribe, el fondo del valle y la región de la Gran Nicoya, según determinó la investigadora.

En vista de su importancia, la Mag. Cavallini considera conveniente realizar más investigaciones acerca de este sitio, buscar otras rutas de comunicación, analizar la colección de Viena desde otras perspectivas y examinar la evidencia arqueológica que indique la presencia de una sociedad compleja. ■



## Sociedades cacicales

El territorio que hoy ocupa Costa Rica estaba habitado por diferentes cacicazgos antes y durante los primeros años de la Conquista. Estos se encontraban organizados y mantenían relaciones y vínculos determinados, afirmó la Mag. Carolina Cavallini.

La estructura arquitectónica de los centros cacicales principales era muy semejante a la de Guayabo, en Turrialba, y Agua Caliente, en Cartago, en las que predominaban viviendas redondas construidas sobre montículos de tierra y piedra con techos de paja, y la presencia de calzadas, escalinatas y plazas como sitios públicos de reunión. Además, existía una especialización social en actividades como cestería, agricultura, pesca y artesanía.

También se daba el intercambio, para lo cual se recorrían largas distancias con el fin de acceder a bienes suntuosos, ya que estos reflejaban la importancia de las figuras de poder.

# Investigan tintes de plantas y microorganismos para generar energía solar

**“En la piel de un anfibio o en la pulpa de un caimito podría estar la clave para captar y producir energía solar”.**

*Katzy O'neal Coto*  
katzy.oneal@ucr.ac.cr

Así lo plantea un equipo interdisciplinario de investigadores de la Universidad de Costa Rica (UCR) que se dedica a la búsqueda de un material económico y eficiente capaz de captar la energía del sol para convertirla en electricidad, a partir de sustancias presentes en la naturaleza.

Los científicos realizan pruebas con más de 40 tintes extraídos de plantas y más de 30 microorganismos provenientes de ranas, mariposas y hormigas del país. Su objetivo principal es llegar a ensamblar celdas solares de tercera generación, de bajo costo, y fotosensibilizadas con estas sustancias.

Aunque en la actualidad se comercializan en el país paneles solares con tecnología de primera y segunda generación, estos siguen siendo muy poco accesibles para el consumidor debido al precio elevado, según detalló el Dr. Leslie

Pineda Cedeño, coordinador del equipo de investigación.

De ahí la importancia de buscar alternativas para bajar el costo de producción y de instalación de dispositivos fotovoltaicos que generen energía de forma eficiente.

En este proyecto se articula el conocimiento de especialistas en química, biología, biotecnología y microbiología de cuatro centros de investigación de la UCR. Cada equipo está a cargo de una etapa diferente, que va desde la búsqueda de las materias primas y la extracción de pigmentos hasta la optimización y el ensamble de las celdas solares.

En las diferentes fases participan el Centro de Electroquímica y Química (Celeg), el Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona), el Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas (Ciemic) y el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM).

El grupo está conformado por el Dr. Pineda, Bach. Andrea Soto Navarro y Bach. Natalie Flores Díaz del Celeg; el Dr. Adrián Pinto Tomas, M.Sc. Catalina Murillo Cruz y Bach. Annette Vaglio Garro del Ciemic-CIBCM; y la Dra. Rosaura Romero Chacón, el Lic. Víctor Castro, el Bach. Darío Chinchilla y la estudiante

## Celdas solares

Las celdas solares de tercera generación fotosensibilizadas están inspiradas en el proceso de fotosíntesis de las plantas.

Las celdas fotosensibilizadas con tintes están compuestas por nanopartículas de un semiconductor, como dióxido de titanio, sobre el cual se ancla un tinte. Este pigmento se encarga de atrapar los fotones del sol y así inicia todo el proceso de generación de los electrones y con ello la producción de electricidad.

Lo novedoso de este proyecto es utilizar recursos naturales para celdas solares, considera el Bach. Chinchilla. “Estamos intentando probar si existen pigmentos en la vegetación y en los microorganismos de Costa Rica, que puedan ser utilizados en esas celdas de tercera generación como sensibilizadores”, dijo.

El proyecto además permite experimentar con este tipo de tecnología, aprender cómo se ensamblan las celdas y cuáles deben ser los estándares mínimos para probar otras alternativas con extractos de plantas y de microorganismos.



1. A partir de microorganismos y plantas se obtienen tintes de diferentes coloraciones. Estos se aplican a las celdas solares (foto Anel Kenjekeeva).

2. Los científicos experimentan con pequeñas celdas solares fotosensibilizadas de tercera generación. Los modelos de laboratorio miden 1cm x 1cm (foto Laura Rodríguez).

## Microorganismos

Además de los tintes de plantas, al proyecto se incorporaron pigmentos de microorganismos de una colección ubicada en el CIBCM y compuesta principalmente por cepas aisladas de muestras de ranas, mariposas y hormigas.

En ese centro los científicos favorecen la producción de pigmentos de los microorganismos y los envían al Ciprona donde se extraen para pruebas de laboratorio en las celdas solares.

Se ha trabajado con microorganismos aislados de ambientes poco comunes, como la piel de anfibios, el intestino de larvas y hormigas. Además, el equipo de investigación trabaja en el aislamiento de microorganismos presentes en el suelo de áreas con una alta incidencia de luz UV, como por ejemplo en las costas y zonas altas.

Se parte de la premisa que estos microorganismos poseen tintes que absorben la luz y que los protegen contra la luz UV, para evaluar su aplicación potencial en dispositivos fotovoltaicos de tercera generación, detalló la M.Sc. Murillo. El proyecto continuará este año con técnicas de modelado computacional, para mejorar las estructuras químicas de los tintes más prometedores. Si se observa que alguna estructura es realmente eficiente, podría realizarse la síntesis o modificación estructural del pigmento.

La investigación cuenta con el apoyo financiero del Fondo Estatal para la Educación Superior (FEES), la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, el Celeg y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micit). ■





La Escuela Napoleón Quesada, en Zapote, es una de las 16 edificaciones que fueron estudiadas (foto Rafael León).

# Arquitectos propondrán mejoramiento de entorno escolar

**Hacer de las escuelas mejores sitios para aprender, con buena iluminación, ventilación y áreas verdes, es el objetivo de un equipo de especialistas del Laboratorio de Arquitectura Tropical (LAT), de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica (UCR), que desarrolló un estudio para el Ministerio de Educación Pública (MEP).**

Otto Salas Murillo  
otto.salasmurillo@ucr.ac.cr

La investigación consistió en el análisis bioclimático de una muestra de 16 centros educativos nacionales y forma parte del proyecto *Aprendizaje en las escuelas del Siglo XXI*, que cuenta con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Según comentó la Arq. Eugenia Solís Umaña, una de las coordinadoras del estudio, se identificaron las condiciones ambientales de las aulas y su influencia

en la población estudiantil, al ser este un componente importante en el proceso de formación de los estudiantes.

“Este trabajo nos permitió investigar sobre arquitectura y clima en las escuelas, y aplicar nuestra metodología en los espacios educativos escogidos. Es de gran impacto porque allí crecen las futuras generaciones del país”, indicó Solís.

## Mejor espacio educacional

Los criterios en los que se basó la escogencia de las escuelas fueron que estas se hayan construido en los últimos cinco años y que estén ubicadas en las Zonas de Vida de Leslie Holdridge identificadas en el territorio nacional.

Dicha terminología se refiere a un sistema de clasificación ecológica que toma en cuenta las variables de temperatura media, precipitación total anual y altitud del lugar para identificar áreas con condiciones especiales para la vida.

Costa Rica tiene 12 zonas de vida y de ellas se seleccionaron ocho, dos centros educativos por cada una: Escuela Napoleón



Para el grupo de especialistas del LAT es fundamental que el hábitat sea agradable, pues de esa forma se tienen espacios educativos más aptos y jóvenes con ganas de estudiar (foto Laura Rodríguez).

Quesada, Escuela Moisés Coto Fernández, Escuela de Aruba, Escuela República de Panamá, Escuela de Luzón, Escuela Balbanero Vargas, Escuela Abraham Paniagua, Escuela La Unión, Escuela Líder El Carmen, Escuela de Bebedero, Escuela de Poasito, Escuela de Veracruz, Escuela Puente Salas, Escuela San Luis Gonzaga, Escuela Oficial de Parrita y Escuela de Paquita.

La Arq. Andrea Sancho Salas, quien participa en el estudio, explicó que realizaron mediciones de las condiciones climáticas durante las estaciones seca y la lluviosa, y una vez obtenidos los datos procedieron a establecer un promedio.

A partir de las curvas de temperatura, humedad y su ubicación en relación con los rangos de confort se logró identificar las condiciones ambientales existentes en las aulas para luego plantear cómo mejorarlas. Luego se realizaron simulaciones digitales para modificar las condiciones y se procedió a analizar el comportamiento de las edificaciones.

“Utilizamos una metodología basada en el biomonitorio, el cual trabaja con las relaciones entre los elementos del clima y los edificios. Se emplea el registro de datos climáticos, las características del inmueble y sus ocupantes”, detalló Sancho.

Con los usuarios se realizaron encuestas para tener un registro de su percepción.

## Variables a tomar en cuenta

Para el Arq. José Alí Porras Salazar, otro coordinador del proyecto, existen múltiples aspectos que resultan insuperables en la Arquitectura, como por ejemplo: entre más pequeña es la edificación más rápido se calienta el aire que está en su interior y entre más grande, más difícil es calentarlo. Además, si la estructura es de metal, se calienta más fácilmente, de ahí que el LAT propone técnicas termorreguladoras

con espejos de agua y vegetación para refrescar el interior de las escuelas, así como técnicas de acumulación de calor para zonas frías.

La mayoría de las edificaciones en Costa Rica mantiene la misma temperatura en el interior que la exterior, expresó Porras. De ahí que identificaron las condiciones naturales y, con ayuda de la estación meteorológica más cercana, marcaron variables como la temperatura, iluminancia, cantidad de CO<sub>2</sub> y ventilación para conocer cómo se comportan las aulas. “Muchas veces se adoptan decisiones arquitectónicas de otros países que no se adecuan a la realidad climática nuestra”, dijo el arquitecto.

Parte de las conclusiones a las que ha llegado el LAT son que todos los espacios en los centros educativos tienen que ser ventilados, iluminarlos adecuadamente y aprovechar la vegetación para filtrar el polvo y lograr que el aire entre limpio a la edificación.

Un mejor ambiente interno se puede lograr mediante diversas técnicas arquitectónicas, afirmó Porras, como el control climático (vegetación, árboles y fuentes de agua), las condiciones estructurales (paredes, techos y ventanas), y como última opción, las condiciones mecánicas (aire acondicionado).

El jefera del MEP, Leonardo Garnier Rímolo, dijo que este aporte de la UCR será tomado en cuenta e implementado en la agenda de desarrollo de la infraestructura educativa nacional, que agrupa también a los colegios.

A su juicio, es necesario que el MEP tenga conocimiento sobre áreas climáticas, ubicación, materiales y ventilación de las aulas. “Ahora pasamos de un Ministerio que solo pensaba en metros cuadrados de construcción a uno que piensa en un espacio con todas las condiciones idóneas”, manifestó.

El equipo de especialistas que participa en el proyecto lo completan los arquitectos Jorge Méndez Trejos y Esteban Zamora Barahona ■