



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

7 de julio de 2021 - Año 6, n.º 67

El avance científico al servicio de la conservación del patrimonio nacional

Mediante sofisticadas técnicas, investigadores de diversas disciplinas diseccionan las creaciones artísticas del Teatro Nacional para conocer su estado de preservación.





Melissa Barrantes Madrigal, estudiante del Posgrado en Química, forma parte del equipo de investigación.
Foto: Laura Rodríguez

El reto de develar los secretos en las pinturas del Teatro Nacional



La investigación multidisciplinaria se pone al servicio de la conservación del patrimonio cultural.

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

El Teatro Nacional (TN) es un monumento arquitectónico que resguarda dentro de sus muros una variedad de obras de arte. Pero estas esconden infinidad de secretos que todavía no se conocen.

A simple vista, los visitantes se encontrarán con pinturas, esculturas, ornamentos y decoraciones que tienen más de 120 años de existencia. Sin embargo, bajo las figuras, colores y formas, trazadas por las ágiles manos de los creadores de estas piezas,

existe información muy valiosa que espera ser descubierta.

Dada la necesidad del TN de cuidar de la mejor manera el patrimonio artístico y cultural que protege, esta institución se acercó a la Universidad de Costa Rica (UCR), gracias a las gestiones que realizó la restauradora del Teatro, Carmen Marín Cruz (recién fallecida), con el propósito de unir esfuerzos para entender las obras pictóricas desde un punto de vista integral. El objetivo era establecer su estado de conservación, para una eventual restauración.

Karina Salguero Moya, directora del TN, señaló que el convenio con la UCR tiene mucha importancia para el país, ya que la academia está innovando de forma constante, por lo cual se convierte en el apoyo del futuro en términos de sostenibilidad de las obras.

Las obras pictóricas desde adentro

Desde hace cuatro años, un grupo multidisciplinario de investigadores e investigadoras de áreas como la química, física, microbiología, geología e ingeniería eléctrica de la UCR, liderado por el Instituto de Investigaciones en Arte (IIArte), ha estudiado minuciosamente distintas creaciones pictóricas. Asimismo, recopiló información científica fundamental para determinar las maneras más adecuadas para intervenir y restaurar las piezas.

Como parte de estas investigaciones, en etapas previas se analizó un telón de boca de Antonio Rovescalli, así como tres pinturas de Vespasiano Bignami que se

ubican en el foyer del edificio. Actualmente, se trabaja en el estudio de un díptico de gran formato, Musas I y Musas II, del artista italiano Carlo Ferrario. Esta obra se encuentra en el techo de lo que se conoció como la cantina de hombres.

El grupo científico se ha propuesto conocer qué tipos de microorganismos se encuentran en las obras y el deterioro que pueden causar, cuál fue la paleta pictórica y los materiales que utilizó el artista, cuál fue su proceso creativo, diferencias entre el boceto y el resultado final, qué tipo de intervenciones tuvo la pintura y cómo afectan las condiciones ambientales, entre otras interrogantes.

Para obtener toda esta información se llevan a cabo dos tipos de procedimientos. El que se denomina no invasivo corresponde a un acercamiento que se



Como parte de la investigación, se analizaron tres pinturas del artista Vespasiano Bignami que se encuentran en el foyer del Teatro Nacional. Foto: Anel Kenjekeeva.

hace a las piezas utilizando la fotografía multispectral.

Según explicó el Dr. Óscar Andrey Herrera Sancho, investigador principal, en este caso se toman fotos de alta resolución con distintos filtros, que capturan desde el espectro de luz visible hasta el infrarrojo y ultravioleta. Esto permite ver cómo reaccionan los diferentes materiales y los pigmentos, y así determinar qué es parte de la pintura original y qué corresponde a una intervención posterior, dónde hay pérdida de color y cuáles son los trazos y cambios que realizó el artista, por ejemplo.

Por otro lado, también se trabaja con procedimientos no invasivos. En este caso, se escogen regiones de interés para extraer muestras de la pintura. De igual manera, se hace una fotografía y esta se ingresa en un *software* al cual se le indican ciertos criterios según las preguntas de investigación. Así se establecen las zonas donde se hará el muestreo.

Luego, estas muestras se analizan y se caracterizan mediante diversas técnicas modernas, como microscopía óptica de fluorescencia, espectroscopía Raman y rayos X de energía dispersiva, entre otras.

La importancia del desarrollo tecnológico

Con el objetivo de intervenir lo menos posible las piezas y tomar muestras solo

en puntos específicos, los investigadores del proyecto crearon un *software* que se denomina "Regiones de interés" (*RegionsOfInterest*).

El programa se desarrolló para clasificar la luminosidad de los colores y mostrar la distribución cromática en obras de gran formato. Puede ser empleado para seleccionar sistemáticamente zonas de interés y realizar, de manera comprensiva y eficiente, muestreos no invasivos para diagnósticos de conservación.

La herramienta tiene tres aplicaciones concretas: comparar el comportamiento de la intensidad de los colores, revelar la paleta de color y mapear áreas con posible deterioro.

"Este *software* lo que hace es que nosotros tomamos esa foto en alta resolución y nos hacemos las siguientes preguntas: ¿cuántos colores diferentes se observan en la obra? o ¿dónde está un tipo específico de verde? Antes de hacer el muestreo invasivo, que es lo que uno quiere hacer lo menos posible, se introduce la fotografía en alta resolución en el programa, se le asigna un rango de colores y el *software* señala y filtra dónde está el verde que se quiere. No se tienen que muestrear todos los lugares, sino solo una zona y se obtiene información de todos los demás lugares donde está el verde que se escogió", explicó Herrera.

Asimismo, desarrollaron otro programa llamado "Distribución de cristales" (*Crystal-Distribution*), mediante el cual se escanean muestras de secciones y se calcula el

promedio del tamaño y diámetro de los cristales de los pigmentos en las distintas capas de la pintura.

El análisis revela características específicas de los pigmentos como, por ejemplo, si tienen un origen natural o artificial.

Estas dos nuevas herramientas tecnológicas se convierten en instrumentos sumamente valiosos para las investigaciones en historia del arte, la restauración e, incluso, para el proceso creativo de los artistas.

Lo que esconden las musas

El estudio está en proceso; no obstante, ya se ha obtenido una serie de resultados. En las pinturas Musas I y Musas II se logró caracterizar las cuatro capas que tiene la obra: la capa pictórica, en la que se analizaron los pigmentos; la de imprimación, que está hecha de carbonato de calcio y blanco de zinc; la segunda capa base de blanco de plomo y el lienzo de cáñamo.

En la primera capa de imprimación también se halló una serie de nanofósiles (identificados preliminarmente como coccolitofóridos), que en este momento se encuentran en análisis, para conocer a qué era geológica pertenecen y por qué están allí.

En el caso de las capas pictóricas, se identificaron los pigmentos y el tamaño

de sus partículas. La paleta de color utilizada por Carlo Ferrario está compuesta primordialmente por rojo de plomo, viridián, ultramarino, bermellón, amarillo de cromo y blanco de zinc.

Se quería conocer también si los colores son naturales o artificiales, ya que los primeros son mucho más costosos que los segundos y es información que los especialistas en conservación quieren saber. Cuando el pigmento es natural, su diámetro es heterogéneo, en contraposición de un diámetro más homogéneo y de menor tamaño cuando el pigmento es artificial. Con la ayuda del *software*, se identificó el diámetro y se sugirió que el ultramarino y el bermellón son artificiales.

También se realizó un estudio general sobre el biodeterioro de las obras y se encontraron algunos microorganismos. Ahora, se pretende hacer un muestreo más específico y adaptar el *software* para que identifique zonas de interés en las que se encuentren cierto tipo de organismos.

En la actualidad, el proyecto se ha ampliado y se están realizando investigaciones en los Museos del Banco Central y el Museo Histórico Cultural Juan Santamaría sobre las obras de artistas nacionales, como Enrique Echandi y Tomás Povedano. ■

Continúa en la página 4



Musas I y Musas II

El Lic. Leonardo Santamaría Montero es historiador del arte y forma parte del grupo de investigadores que conforman este proyecto.

Desde su área de especialización, colabora con datos sobre el contexto histórico de cómo llegan las pinturas al Teatro Nacional, en cuáles talleres las realizaron, qué representan y quiénes eran los artistas.

De esta manera, el grupo de investigación puede tener datos importantes sobre las obras. Por ejemplo, del díptico en formato vertical, conformado por dos piezas confeccionadas para colocarse una al lado de la otra.

Estas fueron pintadas por el artista italiano Carlo Ferrario en 1897, cada una mide 617 x 296 cm. Las solicitaron para colocarse en el cielorraso del espacio que se conocía como la cantina de hombres, en el Teatro Nacional de Costa Rica.

Constituyen una alegoría de las artes, es una pintura al óleo sobre tela y representa al dios griego Apolo y a las musas.

Ferrario fue un artista reconocido más como decorador de escenografías en el Teatro de la Scala de Milán, por lo que esta obra tiene un poco de ese estilo de decoraciones escénicas. También se relaciona con el tipo de pintura académica que se desarrolló en Milán en el siglo XIX.

Imágenes multiespectrales de Musas I y Musas II, y ubicación de las muestras en la cuadrícula en la que se identifican las zonas de interés. Foto: cortesía de Óscar Andrey Herrera Sancho.

Equipo de trabajo

Estudiantes de posgrado

B. Q. Melissa Barrantes Madrigal, estudiante del Posgrado en Química
B. F. Andrés Chavarría Sibaja, estudiante del Posgrado en Física
B. F. Katherine Acuña Umaña, estudiante del Posgrado en Física

Estudiantes de grado

Daniel Monge Badilla, estudiante de Geología
Jorge Abarca González, estudiante de Geología
Laura Calvo Fernández, estudiante de Geología
Daniela Cortés Ramírez, estudiante de Química
Gabriel Maynard Hernández, estudiante de Física

Melania Rivera Romero, estudiante de Física y Química
Joseline Sánchez Solís, estudiante de Ingeniería Eléctrica
Natalia Rivera Echandi, estudiante de Microbiología

Investigadores

Lic. Leonardo Santamaría Montero, historiador del arte, docente de la Sede del Atlántico y de la Sede Interuniversitaria de Alajuela
M. S. Mariela Agüero Barrantes, Conservación de textiles e historia de la moda, Museos del Banco Central
M. Sc. Daniela Jaikel Víquez, docente e investigadora del Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET) y de la Facultad de Microbiología

Dr. Mauricio Redondo Solano, docente e investigador del CIET y de la Facultad de Microbiología
M. Sc. Paula Calderón Mesén, investigadora del Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (Ciemic)
Dra. María Isabel Sandoval Gutiérrez, docente e investigadora del Centro de Investigación en Ciencias Geológicas (CICG) y de la Escuela Centroamericana de Geología
Dra. Ana María Durán Quesada, docente e investigadora del Centro de Investigaciones Geofísicas (Cigefi) y de la Escuela de Física

Taller educativo en colaboración con el Trabajo Comunal Universitario "Enseñando ciencia basada en la observación y la experimentación"

Daniela Castillo Pérez, estudiante de Microbiología
Melany Matamoros Vargas, estudiante de Licenciatura en Ingeniería Industrial
Raquel Bello May, estudiante de Artes Plásticas

Investigador principal

Dr. Óscar Andrey Herrera Sancho, docente e investigador del Instituto de Investigaciones en Arte (IIArte), del Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (Ciemic) y del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (Cicanum)



A lo largo de las últimas dos décadas, la UCR ha puesto al servicio del país y de la región centroamericana información demográfica de mucha utilidad para las políticas sociales y económicas. Foto: Laura Rodríguez.



El Centro Centroamericano de Población ha estudiado con detenimiento el envejecimiento saludable en Costa Rica. Foto: Laura Rodríguez.

¿Cómo los estudios sobre población en Costa Rica han impactado el desarrollo regional?

Las investigaciones del CCP generan insumos esenciales en temas como la salud, la longevidad y la migración.

David Esteban Chacón León
david.chaconleon@ucr.ac.cr

En marzo del 2021, el Centro Centroamericano de Población (CCP), de la Universidad de Costa Rica (UCR), cumplió dos décadas de existir. Durante estos años, la Institución se ha convertido en un pilar fundamental para los estudios de la población en Costa Rica y en la región.

Un claro ejemplo de esto ha sido el trabajo realizado durante la pandemia por

el investigador jubilado, Dr. Luis Rosero Bixbi, quien se ha encargado de analizar y resumir, para la opinión pública, el impacto de la tasa de reproducción del COVID-19 desde el inicio de la crisis sanitaria.

La tasa R es, según lo explican en este Centro, la que “indica el número promedio de personas a las que contagia cada infectado durante todo el tiempo en que es contagioso”.

Agregan que cuando R es igual a 1 “significa que cada generación de casos es reemplazada por otra de igual tamaño; es decir, que la cantidad de individuos infectados no aumenta ni disminuye en el tiempo”.

Rosero se ha dedicado a realizar un análisis y explicación semanal de cómo se comporta esta tasa, de acuerdo con

la cantidad de contagios que anuncia el Ministerio de Salud.

Pero, para comprender toda la historia y los aportes del CCP, tanto en el ámbito local como fuera de nuestras fronteras, debemos regresar más de 20 años en el tiempo.

El inicio de un gran proyecto

Fue en 1993 cuando se formó el Programa Centroamericano de Población (PCP), como una unidad adscrita a la Escuela de Estadística de la UCR.

Dicho programa se formó con motivo del vacío que dejó el Centro Latinoameri-

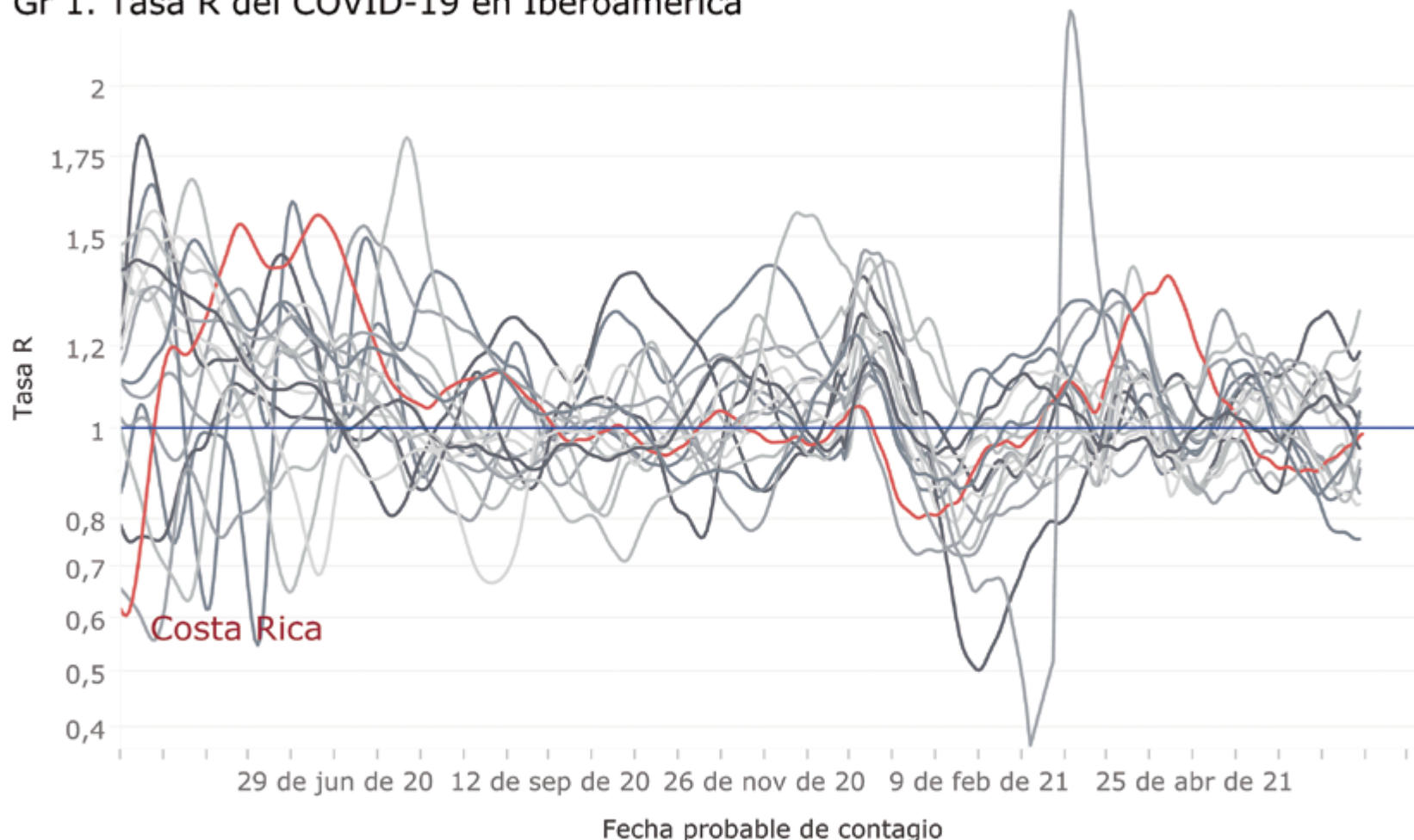
cano de Demografía, que se encontraba adscrito a este centro de educación superior. La oficina de la unidad se ubicaba en el sótano de la Facultad de Medicina.

En aquel momento, un grupo de profesores, entre los que se encontraba el Dr. Rosero, intervino para evitar que se perdiera todo el trabajo que se había hecho. Gracias a ello, el 14 de marzo del 2001, el PCP se convirtió en el CCP.

“El gran motor del proceso del cambio del PCP al CCP fue una donación aproximada de un millón de dólares, que hizo la fundación de Bill y Melinda Gates, precisamente para establecer un centro de estudios de la población aquí en Costa Rica, que diseminara el conocimiento hacia

Continúa en la página 6

Gr 1. Tasa R del COVID-19 en Iberoamérica



Se excluyó a Nicaragua, Venezuela y Ecuador por deficiencias en sus datos. No se muestran estimaciones con menos de 50 observaciones.

Desde el inicio de la pandemia, este Centro se ha dedicado a analizar y a hacer informes periódicos en su sitio web sobre el movimiento de la tasa de reproducción del COVID-19.

otros países de la región centroamericana”, comentó Rosero.

Con ese dinero, este demógrafo se dirigió a la Vicerrectoría de Investigación de la UCR para solicitar la creación del Centro.

Transferencia de conocimiento

El CCP se fundó sin ningún costo para la UCR y durante los primeros años funcionó exclusivamente con los fondos de la donación.

En un inicio, entre los años 1993 y 2004, el PCP y el CCP enfocaron su labor principalmente a la elaboración y aplicación de encuestas que abarcaban temas de salud sexual y reproductiva, fenómenos migratorios en Centroamérica y capacitaciones en distintos campos, como, por ejemplo, la comunicación de la ciencia y las evaluaciones de impacto en proyectos sociales.

Posterior al 2004, el Centro se involucró de lleno en el tema del envejecimiento de las poblaciones. En este contexto, se comenzó el Estudio de Longevidad y Envejecimiento Saludable de Costa Rica (Creles, por sus siglas en inglés).

“Este estudio se considera una de las principales encuestas longitudinales de envejecimiento en América Latina y fue la primera en generar información sobre biomarcadores. No solo era una encuesta, sino que también era un estudio que recolectaba sangre y orina, para entender el proceso de envejecimiento saludable en

el país”, manifestó el Dr. Gilbert Brenes Camacho, director del CCP.

A partir de los datos recolectados en este proyecto, se logró llegar a la conclusión de que Nicoya, en la provincia de Guanacaste, se puede considerar un centro de alta longevidad, lo que ahora se considera en el ámbito mundial como una zona azul.

Con el pasar del tiempo, las investigaciones se han vuelto cada vez más diversas. Actualmente, hay investigadores que continúan enfocándose en temas como la migración, con diferentes enfoques.

De hecho, hace aproximadamente cuatro años se llevó a cabo la primera Encuesta Nacional de Emigración e Inmigración en Costa Rica, con el apoyo de la Organización Internacional para las Migraciones (OIM).

También se contó con el apoyo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con el propósito de analizar el impacto económico de la población migrante.

Asimismo, el CCP se involucró con la red denominada National Transfer Accounts (NTA), la cual analiza las transferencias intergeneracionales de recursos a partir de la teoría del ciclo de vida.

“Esto es muy importante porque ayuda a ver la sostenibilidad de las pensiones, la sostenibilidad del sistema de salud y en qué momento Costa Rica tuvo el bono demográfico, en qué año se podría considerar que se perdió y cuáles son los siguientes que van a surgir”, dijo Brenes.

El bono demográfico ocurre cuando

hay mayor cantidad de población en edad productiva en relación con la población en edades dependientes desde el punto de vista económico, sobre todo niños, niñas y personas adultas mayores. Costa Rica tuvo ese bono demográfico durante las primeras dos décadas del siglo XXI.

En la actualidad, el CCP continúa efectuando estudios sobre envejecimiento. A finales del 2020, generó el *Segundo informe estado de situación de la persona adulta mayor en Costa Rica*, tras 12 años y en colaboración con el Consejo Nacional de la Persona Adulta Mayor (Conapam) y el Programa Integral para la Atención de la Persona Adulta Mayor (PIAM) de la UCR.

Los científicos del CCP resaltaron que a lo largo de los últimos 20 años se han dado a conocer datos de mucha utilidad para el país y la región.

Algunos de ellos son que Costa Rica tiene una de las esperanzas de vida más altas del mundo (80 años), que la Península de Nicoya es una de las cinco zonas azules que existen en el planeta y que la gradiente socioeconómica de la mortalidad en Costa Rica es inversa. Esto quiere decir que las personas con menos riqueza tienen mayores posibilidades de vivir más años que quienes tienen más dinero.

¿Qué sigue ahora?

Según lo explicó el director del Centro Centroamericano de Población, en estos momentos uno de los principales objetivos de esta instancia es democratizar la

información demográfica y generar nuevas discusiones referentes al análisis cualitativo.

Brenes agregó que en un futuro cercano el Centro se enfocará en seguir analizando temas de población, específicamente enfocados en cómo la demografía del siglo XXI en Costa Rica es muy diferente a la del siglo XX.

“Un ejemplo es que Costa Rica es uno de los países con la tasa más baja de fecundidad en el hemisferio occidental, entonces queremos entender eso, ¿por qué está pasando?”, indicó el demógrafo.

El CCP también se ofrecerá a apoyar investigaciones con datos a instituciones como el Ministerio de Salud y la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), para comprender cómo va a ser la realidad de las personas mayores en los próximos años.

Finalmente, el exdirector del CCP, el Dr. Arodys Robles Soto, hizo un especial énfasis en las bases de datos que hoy se encuentran disponibles para su consulta en el sitio web del Centro, pues son una forma de democratizar la información.

“Una de las primeras tareas que desarrolló este Centro fue subir información a su página web, como censos y series de estadísticas vitales, entre otros trabajos. Siempre ha sido nuestra política poner allí todo lo que se produce para que las personas puedan utilizar esos insumos”, expresó Robles. La cantidad de bases de datos disponibles en internet asciende a casi 200 publicaciones”, detalló. ■



Las cuevas de Venado presentan algunos atractivos para el turismo, como la catarata de Gavinarraca. Foto: cortesía de Scott Trescott.



Sala "¡Hola salvaje!" en la cueva Higuera, una de las salas de mayor amplitud del sistema de cuevas de Venado, en San Carlos. Foto: cortesía de Víctor Carvajal.



El espeleólogo Scott Trescott en uno de los pasajes de la cueva Higuera, en Venado de San Carlos. Foto: cortesía de Víctor Carvajal.

Un viaje a las entrañas de la Tierra

La exploración y el estudio de las cuevas es aún incipiente en el país.

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

Las cuevas son testigos de los cambios ocurridos en la Tierra durante su formación. A través de miles de años, estas cavidades subterráneas se han ido esculpiendo muy lentamente hasta moldear, en algunos casos, un complejo entramado de estructuras rocosas que preservan las huellas del tiempo.

Estas formaciones, de gran belleza escénica y cuya exploración representa un desafío, incluso para los más experimentados, son una valiosa fuente de información científica en diversas áreas.

Por ejemplo, constituyen un registro histórico del clima y tienen un alto potencial de preservación. Muchos de los mayores hallazgos arqueológicos, entre los que se pueden mencionar pinturas rupestres prehistóricas, se han encontrado en cuevas.

En Costa Rica, es escaso el conocimiento sobre estas cavidades naturales. Se estima que más del 50 % de las cuevas no han sido estudiadas en su totalidad. Esto

se puede confirmar con las pocas investigaciones disponibles en torno a tales sitios de gran valor geológico.

La espeleología, como rama que estudia el origen y la formación de las cavernas, se inició en nuestro país a finales de la década de los años sesenta y las primeras exploraciones se dieron en Barra Honda, Guanacaste. Dicho proceso culminó con la creación del parque nacional en 1974, el cual resguarda el conjunto de grutas más conocido del país y el más visitado por el turismo nacional y extranjero.

En esa misma década, ya se realizaban algunas actividades de exploración en cuevas, a cargo de personas aficionadas al montañismo. Esta práctica dio origen a la creación de varios grupos dedicados a la espeleología.

El Dr. Andrés Ulloa Carmiol, geólogo y espeleólogo de la Universidad de Costa Rica (UCR), ha realizado diversos estudios en este campo. Su tesis de doctorado de la Universidad de Nova Gorica, en Eslovenia, trató sobre cuevas volcánicas en Centroamérica; entre estas, la Cueva los Minerales, situada en el volcán Irazú (una de las cuevas con mayor diversidad de minerales en el mundo).

Recientemente, Ulloa efectuó, junto con otros tres investigadores de la UCR,

un estudio sobre el sistema de las cavernas de Venado, otra de las formaciones de gran importancia geológica del país.

Estas cuevas se encuentran localizadas en lo alto de Venado de San Carlos, un poblado cercano a la Fortuna, en la provincia de Alajuela, en una zona en donde predominan los potreros y pastos aptos para la ganadería, la actividad económica principal.

Durante varios años, se estuvo evaluando el potencial de carbón e hidrocarburos que presenta esa región, el cual tiene un valor desde el punto de vista energético.

Sistema de cuevas

El trabajo académico dirigido por Ulloa, publicado en el 2021 en la *Revista Geológica de América Central*, contiene "un análisis detallado desde el punto de vista geológico, geomorfológico y espeleológico de las cuevas desarrolladas en las calizas de la formación Venado".

Este experto, en compañía de Alejandro Argüello, Adrián Obando y Mariángela Vargas, estudiaron el sector conocido como la quebrada El Túnel. Además, recopilaron información de la última década generada

por múltiples expediciones espeleológicas y geológicas.

"Las cuevas de Venado han sido las más exploradas por razones logísticas, debido a su cercanía al área metropolitana", comenta Ulloa, investigador del Centro de Investigación en Ciencias Geológicas, de la UCR.

Uno de los hallazgos es que estas cuevas se definen como un sistema, el más grande de Costa Rica que se conoce hasta el momento, con casi 5 km de pasajes interconectados por agua subterránea. El segundo sistema de cuevas más extenso es el del cerro Corredor, en la zona sur del país, con 3 568 m de pasajes cartografiados.

Los científicos llegaron a la conclusión anterior luego de haber hecho estudios y corroboraciones mediante análisis en las tres cuevas principales. Para esto, emplearon trazadores de xanteno, un colorante orgánico que permite su fácil identificación en cuerpos de agua.

Los científicos elaboraron también mapas detallados de la geomorfología superficial de la zona, apoyados con fotografías aéreas y modelos digitales del terreno.

Continúa en la página 8



Formación de colada (*flowstone*) conocida como "La papaya", en la caverna Gabinarraca, en Venado de San Carlos. Foto: cortesía de Scott Trescott.

En la cueva de Gabinarraca es posible observar estratificación cruzada en las rocas calizas o carbonatadas que dieron origen a esta formación geológica. Foto: cortesía de Ferdinand Salazar.

Además, efectuaron los planos de las tres principales cuevas de Venado: Gabinarraca, Menonitas e Higuera, de las cuales generaron modelos 3D con diversos programas computacionales.

De este trabajo, lo que más resalta el geólogo es la "carpintería" para elaborar los planos. "Para cada uno de estos se tomaron los datos recopilados por muchas personas durante su tiempo libre. Los planos incluyeron 400 estaciones topográficas y en cada una se midió, dibujó, se hizo un esquema de la cueva y se trató de representar lo que se observaba. Es un trabajo de hormiga que se logró gracias a la colaboración de la Universidad con espeleólogos, principalmente con miembros del grupo espeleológico Anthros", relata.

Origen geológico

Las cuevas desarrolladas en rocas carbonatadas o calizas son las más abundantes en nuestro planeta. A las rocas se les llama así debido a la presencia de rocas sedimentarias compuestas principalmente por minerales de carbonato de calcio.

Estas formaciones kársticas (término alemán derivado de Karst, el nombre de la región italoeslovena de Carso) se han originado como consecuencia de

procesos de disolución de las rocas por el efecto del agua.

"Al inicio, la roca se va disolviendo solo algunos milímetros; luego, el proceso es más rápido. Durante los primeros 5 000 años, las fracturas crecen no más de 5 mm, pero los próximos 5 000 años el conducto o fractura que se forma en ella puede llegar a alcanzar hasta 3 m de diámetro, porque el agua puede fluir más rápido por las fracturas", detalla Ulloa.

Este proceso geológico de formación kárstica es el que dio origen a las grutas de Venado, una zona muy lluviosa, factor que influye en la disolución de las rocas carbonatadas.

Tales cuevas presentan la particularidad de estar cubiertas por depósitos volcánicos. Eso genera mucho aporte de sedimentos al sistema de cuevas, lo cual se ve reflejado en la morfología de algunos pasajes.

Uno de los atractivos de Venado es la belleza escénica de las cavidades y la cantidad de elementos que estas resguardan. Por ejemplo, en Gabinarraca se pueden observar cataratas, ríos y formaciones de color muy blanco, resalta Ulloa.

Otro punto de interés para los científicos, espeleólogos y turistas son los espeleotemas o formaciones minerales que se depositan en las grutas. Entre

ellos, sobresalen las estalactitas, las estalagmitas, los agregados cristalinos en las paredes y las cavidades de yeso.

La aventura que significa estar dentro de una bóveda subterránea representa para muchas personas una razón para visitar estos lugares. El silencio, la oscuridad y caminar o arrastrarse por pasadizos estrechos le agregan adrenalina a la experiencia.

La investigación en cuevas requiere un trabajo de campo muy especializado y que conlleva también una serie de riesgos, desde escaladas verticales para explorar pasajes superiores o descender varios metros de distancia en medio de la oscuridad, hasta terminar empapados de agua y cubiertos de lodo.

Cada vez más, la espeleología se ha ido convirtiendo en un área en la que intervienen distintas disciplinas. A algunos investigadores les interesa la parte biológica de las cavernas para conocer qué tipo de vida puede haber en estos sitios con baja energía y poca luz. Por eso, se han empezado a hacer estudios sobre microorganismos que viven en estos ambientes y que podrían ser una fuente de alimento o de transformación energética.

"Para mí hay mucha fascinación dentro de una cueva, hay muchas cosas que se pueden estudiar", concluye Ulloa. ■

Cuevas más visitadas

De acuerdo con los datos disponibles, unos 14 500 turistas visitan al año los dos sistemas de cuevas más importantes del país: el Parque Nacional Barra Honda, en Guanacaste, y Venado, en San Carlos de Alajuela.

Del total de visitantes, alrededor de un 50 % son nacionales y la otra mitad son extranjeros.

En el 2019, Barra Honda recibió cerca de 8 000 turistas, mientras que Venado tuvo 6 500 visitantes.

En la zona sur del país existen más de 300 cuevas, la mayoría en la Fila Costeña, pero estas cavernas han sido poco estudiadas y de ellas no se tienen datos.

Fuente: Dr. Andrés Ulloa, investigador de la UCR.