



# De los investigadores a la comunidad

---

## 10 AÑOS DE INVESTIGACIÓN



# De los investigadores a la comunidad

---

**10 AÑOS DE INVESTIGACIÓN**





# De los investigadores a la comunidad

---

**10 AÑOS DE INVESTIGACIÓN**

**ISBN 978-9962-706-84-7**

© Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.  
Todos los derechos reservados.

Se autoriza el empleo de las citas y la reproducción total o parcial de la información presentada, con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

Diseño gráfico e impresión:  
Editora Novo Art, S.A.  
[www.editoranovoart.com](http://www.editoranovoart.com)

Editora:  
Ileana Gólcher

Corrección ortotipográfica y de sintaxis:  
José Ángel Garrido Pérez

Foto de cubierta delantera:  
*Piel de ajo oxalato de calcio*, Rogelio Moreno G.

Concepto gráfico, diagramación y cubiertas:  
Pedro Antonio Argudo

Edición de textos y estilo:  
Montserrat de Adames

Primera edición, 2019  
1,500 ejemplares

Impreso en Colombia por Panamericana Formas e Impresos, S.A.,  
quien solo actúa como impresor, para Editora Novo Art, S.A., en Panamá.

**Descripción de ilustraciones:**

Página 16. *Refracción*. Daniel Moreno. Concurso Fotociencia.

Página 22. Fotografía tomada en el laboratorio del doctor Richard  
Cooke en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

Página 74. Fotografía tomada en el laboratorio de la doctora Gladys  
Cossio, en el Hospital del Niño de Panamá.

Página 114. *Placa Petri en investigación*. Luis Armstrong. Concurso  
Fotociencia.

Página 238. *Ninfas bicolor en el suelo del bosque*. James Coronado.  
Concurso Fotociencia.

Página 247. *Cruziohyla calcarifer*. Melquiades Castillo. Concurso  
Fotociencia.



**Víctor Sánchez Urrutia**

*Secretario nacional encargado  
Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*



**Milena Gómez**

*Secretaria adjunta  
Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*



**Milagro Mainieri**

*Directora  
Dirección de Investigación Científica y Desarrollo*

## Participantes del proyecto

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación  
Dirección de Investigación Científica y Desarrollo

Milagro Mainieri  
Directora

Francisco García  
Subdirector

Natacha Gómez  
Jefa de Investigación y Desarrollo

Robinson Zapata Pino  
Jefe del Departamento de  
Información Científica y Tecnológica

Iriela Aguilar  
Coordinadora de proyectos

Ricardo Márquez  
Coordinador de planes y programas



# Índice

Presentación .....	15
Introducción .....	17

## Arqueología, antropología y paleontología

<b>Álvaro Brizuela</b>	
Arte rupestre: riqueza arqueológica de Chiriquí .....	25
<b>Richard Cooke</b>	
Los abrigos de cerro Tigre: campamentos de pescadores de la época precolombina .....	28
Diversidad cultural y biológica del archipiélago de Las Perlas en el periodo precolombino .....	31
<b>Ilean Isaza, Alicia Ibáñez y Benjamín Name</b>	
Yacimientos arqueológicos en Parque Nacional Coiba .....	34
<b>Carlos Jaramillo</b>	
La colección de plantas del neotrópico más grande del mundo .....	36
Paleomagnetismo en el Istmo .....	38
<b>Julia Mayo</b>	
Campañas de excavación del proyecto arqueológico El Caño .....	39
Proyecto arqueológico de Coclé: «Las Tumbas Doradas» .....	40
Proyecto arqueológico El Caño: el gran hallazgo .....	42
<b>Aaron O'Dea</b>	
Paleontología del istmo de Panamá: de Veraguas a Guna Yala .....	44
<b>Christian Strassnig</b>	
Turismo, arqueología y desarrollo sostenible en el histórico Camino Real .....	46

## Biodiversidad y ecología

<b>George Angehr</b>	
Nuevas especies de aves en isla Coiba .....	51
<b>Ivania Cerón Souza</b>	
Diversidad genética y ecofisiología del complejo híbrido del mangle rojo .....	53

<b>Aydeé Cornejo</b>	
Parque Nacional Campana: aspectos bioecológicos de la entomofauna acuática .....	55
<b>Ana Luisa García y Luis Cubilla</b>	
Condiciones ambientales y sanitarias de las aguas del Parque Nacional Coiba: manejo de áreas de uso público .....	57
<b>Eric Flores</b>	
Vegetación y capa orgánica en los procesos ecohidrológicos de los bosques montanos tropicales .....	59
<b>Héctor M. Guzmán</b>	
Telemetría: herramienta tecnológica para entender la migración de las ballenas .....	61
<b>Omar López</b>	
Flora exótica de Panamá: distribución, abundancia y consecuencias ecológicas .....	63
Bosques de <i>Prioria copaifera</i> (cativo) en el Pacífico panameño .....	65
<b>Mónica Martínez Mauri</b>	
La avifauna del sector occidental de Guna Yala .....	67
<b>Ángel Vega</b>	
Estudios biológico-pesqueros en el Parque Nacional Coiba y su zona de influencia .....	69
<b>William Wcislo</b>	
El estudio de la evolución del comportamiento social en animales .....	71
Manejo de enfermedades y comunicación en las hormigas cultivadoras de hongos .....	73

## Biomedicina y ciencias de la salud

<b>Juan Arbiza</b>	
Principales virus respiratorios y entéricos, mediante abordajes moleculares y bioinformáticos .....	77
<b>Blas Armién</b>	
Tras la huella del hantavirus en Soná, Veraguas .....	79
<b>Griselda Arteaga</b>	
Mutaciones en drogas antirretrovirales en poblaciones minoritarias del VIH-1 .....	81
<b>Lorenzo Cáceres</b>	
La malaria en la comarca indígena de Madungandí: una estrategia de abordaje intercultural .....	83
<b>José Calzada</b>	
Diversidad genética de <i>Plasmodium falciparum</i> .....	85
Análisis de la expresión <i>in vitro</i> del gen de la calmodulina de tripanosomátidos .....	87
<b>Gladys Cossio</b>	
Variantes moleculares de la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, en pacientes del Hospital del Niño: 1998-2005 ..	89

<b>Marcelino Gutiérrez</b>	
Potencial biomédico contra el cáncer y enfermedades infecciosas .....	91
<b>José R. Loaiza</b>	
La malaria: genética y demografía de los mosquitos vectores .....	93
Factores que determinan las características del vector de transmisión de la malaria .....	95
Impacto social y trascendencia para el futuro .....	96
<b>Jorge Motta</b>	
Sistema de vigilancia y control del dengue en zonas de alto riesgo .....	98
Indicadores para analizar la mortalidad por enfermedades circulatorias .....	99
<b>Juan Pascale</b>	
El diagnóstico y evaluación del tratamiento de la esclerosis múltiple (EM) .....	100
Investigaciones sobre VIH podrían reducir el impacto de la enfermedad .....	102
Panamá seleccionada para liderar estudio de hepatitis B .....	104
<b>Azael Saldaña</b>	
La enfermedad de Chagas en Panamá .....	106
Incidencia de cambios ambientales y deforestación en enfermedades parasitarias .....	108
<b>Carmenza Spadafora</b>	
Identifican proteína para el desarrollo de una vacuna contra la malaria .....	110
<b>Anayansi Valderrama</b>	
Ecoepidemiología de las principales arbovirosis en Panamá .....	112
Estudio de las poblaciones de flebótomos transmisores de leishmaniasis en Panamá .....	113

## Biotechnología

<b>Adolfo Borges e Hilda Acosta</b>	
El mortal veneno de los escorpiones .....	117
<b>Catherina Caballero-George</b>	
Los fondos marinos: fuente de salud humana .....	119
Los hongos de ambientes marinos y la cura de la hipertensión arterial .....	121
La flora marina y su potencial curativo .....	122
<b>Luis Cubilla</b>	
Búsqueda de moléculas activas en hongos tropicales .....	123
<b>Viviana Morales (†)</b>	
Tintes naturales para proteger el medio ambiente y cuidar de la salud humana .....	125
<b>Argentina Ying</b>	
Primera patente de conocimiento, producto de investigación en la República de Panamá .....	127

## Ciencias agropecuarias y acuicultura

<b>Ariadna Batista</b>	
Microalgas: una alternativa alimenticia para el desarrollo sustentable de la acuicultura .....	131
<b>Lilia Chérigo</b>	
Herbicidas naturales a partir de las malezas de los cultivos de café en Chiriquí .....	133
<b>Román Gordón</b>	
Técnicas para perfeccionar el cultivo del maíz en zonas desfavorecidas .....	135
<b>Arnulfo Gutiérrez</b>	
La calidad en los cultivos de papa y camote en Tierras Altas .....	137
<b>Jefferson Hall</b>	
Sitios de almacenamiento de carbono .....	139
<b>Marcelino Jaén</b>	
Garrapatas en ganado panameño se resisten a control químico .....	141
<b>Manuel Jiménez</b>	
Redescubriendo la papa de aire y sus múltiples beneficios .....	143
<b>Emigdio Rodríguez</b>	
Bioproductos para mejora de la producción del poroto .....	145
Biofortificación del frijol con micronutrientes .....	147
<b>Carlos Vergara-Chen</b>	
Variabilidad genética y fisiológica de los pepinos de mar en el Pacífico .....	148
<b>Bruno Zachrisson</b>	
Control biológico para disminuir el uso de insecticidas en la producción de arroz .....	150
Nueva especie de Collembola con nombre de científico panameño .....	151

## Ciencias básicas

<b>Hilda Acosta</b>	
Evaluación sobre la capacidad neutralizante de antivenenos de serpientes .....	155
<b>Alberto Caballero</b>	
Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero de Santa María .....	158
<b>Eduardo Camacho</b>	
Caracterización de la sismicidad del extremo este del cinturón deformado del norte de Panamá .....	160
Estudio de sismos históricos en el Caribe de Panamá .....	162

<b>Magaly Chial</b>	
Un micromundo con posibilidades gigantes .....	163
<b>Juan Jaén</b>	
Empresas panameñas se benefician de investigación sobre taninos .....	165
Comportamiento de aceros patinables en ambientes tropicales .....	167
Material catódico para las baterías de iones de litio .....	169
<b>Alexis Mojica</b>	
Evaluación de zonas de alto rendimiento agrícola .....	171
<b>Ana Santana</b>	
En la búsqueda de aceites y aromas de la flora en Panamá .....	173

## Ciencias sociales

<b>Etilvia Arjona (†)</b>	
La globalización del sistema universitario de Panamá: naturaleza, causas, consecuencias y futuras implicaciones .....	177
<b>Xerardo Pereiro</b>	
Turismo guna: la biodiversidad biológica y la diversidad cultural .....	179

## Ingenierías, logística, transporte, tecnologías de información y comunicación

<b>Humberto Álvarez</b>	
Plataforma logística para el sector agrícola panameño .....	183
<b>Anselmo Araolasa</b>	
Patrón nacional de potencia eléctrica de alta exactitud .....	185
<b>Nelson Barranco</b>	
Método para producir agua potable: proyecto contra la pobreza .....	187
<b>Aránzazu Berbey-Álvarez</b>	
Inteligencia artificial en el metro de Panamá .....	189
<b>Rony Caballero</b>	
Un robot: nuevo inspector submarino bajo las aguas del canal de Panamá .....	191
<b>Eleicer Ching Prado</b>	
Panameños desarrollan nanoestructuras con potencial uso tecnológico .....	193
<b>Joaquín Chung</b>	
Redes inalámbricas Mesh resolverían problemas de cobertura en áreas apartadas del país .....	195

<b>Vicelda Domínguez</b>	
Implementación de un sistema de gestión de cuencas .....	197
Tratamiento biológico con capacidad de depurar hidrocarburos .....	199
<b>José Fábrega</b>	
Flujo de carbono a través del bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá .....	201
Efecto de la lluvia en la calidad de agua que abastece las potabilizadoras .....	203
Efecto de las lluvias sobre las aguas subterráneas en la cuenca del Canal .....	204
<b>Carlos Gordón</b>	
Servicio de Información Espacial de la Ciudad de Panamá (Servimap) .....	205
<b>Jaime Johnson</b>	
Organizar a la comunidad ante los desastres naturales .....	206
<b>Leopoldo Manso</b>	
Secadores solares agroindustriales .....	208
<b>Lilia Muñoz</b>	
Web aplicada a las pequeñas y medianas empresas en Chiriquí .....	210
<b>María Lourdes Peralta</b>	
Gestión de infraestructuras críticas en centros urbanos y áreas en desarrollo .....	212
<b>David Vega</b>	
Descubriendo el ciclo hidrológico de la cuenca del Canal .....	215
<b>Lista de proyectos</b> .....	217
<b>Artículos científicos publicados</b> .....	239



# Presentación

Con especial satisfacción, compartimos con la sociedad panameña y la comunidad científica mundial, los resultados de 10 años de investigación científica, con una muestra de investigaciones que han recibido apoyos económicos por parte de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) en distintas áreas del conocimiento. Este compendio nos permite hacer un balance de los avances en la ejecución de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología, e Innovación y su impacto para el diseño e implementación de políticas públicas basadas en evidencia científica, que permiten mejorar las condiciones de vida de la población y la inclusión social con igualdad de género, fomentar la creación de las capacidades para nuestros recursos humanos, potenciar los talentos innovadores y maximizar el alcance de las investigaciones.

En esta publicación de resultados de 93 investigaciones desarrolladas por equipos interdisciplinarios de diferentes instituciones, podemos constatar que han generado nuevos conocimientos, la promoción de nuevos investigadores, la divulgación integral del conocimiento, la construcción coordinada y sólida de alianzas entre instituciones e investigadores.

Se trata de un libro interesante, escrito con un lenguaje sencillo, pero con el rigor científico que garantiza identificar los esfuerzos realizados por cada uno de los equipos de investigación, en distintos temas relevantes para el país.

En todos los proyectos se han integrado investigadores principales, coinvestigadores, personal especializado, estudiantes, pasantes que han contado con el apoyo de instituciones, universidades, centros de investigación y las comunidades.

La terminación de cada proyecto de investigación demuestra que contamos con capacidades para generar conocimiento científico que atienda los distintos y complejos problemas de la población. Se evidencia la necesidad de seguir fortaleciendo el recurso humano en áreas científicas y tecnológicas que están abiertas para identificar y gestionar oportunidades para avanzar en su carrera científica. Estos proyectos tienen el potencial de contribuir a la creación de nuevas líneas de investigación y esperamos que fortalezcan los centros de investigación y pensamiento, que propician el debate, la reflexión y la toma de decisiones oportunas basadas en evidencias científicas.

La obra contiene la explicación general de los proyectos que han sido desarrollados en distintas regiones del país por 69 investigadores e investigadoras, agrupados en ocho áreas temáticas: arqueología, antropología y paleontología; biodiversidad y ecología; biomedicina y ciencias de la salud; biotecnología; ciencias agropecuarias y acuicultura; ciencias básicas; tecnología de información y comunicación; ingenierías, logística, transporte, y ciencias sociales.

Esperamos que la publicación contribuya de manera significativa a la comprensión de los distintos temas abordados y que sean un aporte desde la ciencia, la tecnología y la innovación, para el desarrollo humano sostenible, la eliminación de las desigualdades y la ejecución de políticas públicas de bienestar para toda la población.

Víctor Sánchez Urrutia

*Secretario encargado*

*Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*



# Introducción

Históricamente, los fondos para investigación se han otorgado a través de convocatorias públicas para el financiamiento de proyectos, dotación de infraestructura y equipamiento científico e inserción de programas de doctorado de investigación, con la finalidad de fortalecer y consolidar las capacidades nacionales para realizar investigación científica y desarrollo tecnológico. Desde el año 2004 hasta la fecha, se han lanzado 83 convocatorias públicas que han terminado exitosamente con el apoyo financiero a 567 proyectos de investigadores de la comunidad científica nacional.

En las convocatorias han participado investigadores e instituciones que presentan sus propuestas para concursar por los fondos de investigación en todas las áreas de las ciencias y buscan generar conocimiento por curiosidad, realizar investigación aplicada y para el desarrollo de nuevas tecnologías.

La selección de los proyectos es una tarea compleja, ya que se consideran los méritos científicos y excelencia de cada investigación, conforme a la solución de los problemas a corto, medio y largo plazo, para abarcar las prioridades definidas por el Plan Estratégico Nacional de Ciencia y Tecnología (Pencyt), el Plan del Gobierno Nacional y otros planes y agendas nacionales, con la visión de que estas iniciativas también contribuyan al desarrollo sostenible e inclusivo de la sociedad panameña.

Todos los proyectos financiados dentro de su difusión tienen contemplada la divulgación de los resultados a los diferentes sectores científico, académico y social, para informar de los hallazgos, descubrimientos y reforzamiento de sus investigaciones; de igual forma, cada una de estas investigaciones realiza aportes en las diferentes áreas de la ciencia, y algunas logran dar respuesta en forma de posibles soluciones a problemas de salud, tecnología, agricultura, mientras que otras brindan respuestas a interrogantes generadas por muchos años. La Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) también propicia espacios de interacción e intercambio entre la comunidad científica, comunidad académica y sociedad en general, a través de diversas actividades como talleres, conferencias, foros y eventos de presentación de los resultados de los proyectos de investigación financiados.

Reconocemos que a pesar del apoyo financiero, existen múltiples aspectos que inciden en el desarrollo de los proyectos y se traducen en dificultades que confrontan los investigadores durante el proceso de realizar investigación y en el uso de los recursos asignados: eventos climáticos impredecibles, procesos administrativos lentos, falta de recurso humano capacitado o de estudiantes interesados en participar en la investigación. Sin embargo, los investigadores han logrado desarrollar cada proyecto de investigación y nos han demostrado que tenemos un valioso equipo de investigadores que, con entusiasmo y compromiso de país, contribuyen en el avance de la ciencia y la tecnología.

En esta oportunidad compartimos una primera muestra de los resultados de 93 proyectos realizados en diez años de financiamiento de investigación, relatados a través de los testimonios de 69 investigadores que han sido beneficiados en nuestras convocatorias. Los resultados de estos estudios son alentadores para la comunidad científica, la academia, centros de investigación, las instituciones y sobre todo para la población en general, porque contribuyen a la

comprensión de problemas nacionales y a explorar otras respuestas desde el quehacer de la ciencia, la tecnología y la innovación y, a partir de ella, avanzar en nuevos descubrimientos, herramientas metodológicas, diagnósticos, análisis e intervenciones en la toma de decisiones en las políticas públicas.

Para facilitar la comprensión de estas investigaciones, han sido agrupadas en ocho áreas de la ciencia, a saber: 11 proyectos desarrollados en el área de arqueología, antropología y paleontología; 12 proyectos desarrollados en el área de biodiversidad y ecología; 21 proyectos desarrollados en las áreas de biomedicina y ciencias de la salud; 7 proyectos desarrollados en el área de biotecnología; 12 proyectos desarrollados en las áreas de ciencias agropecuarias y acuicultura; 10 proyectos desarrollados en el área de ciencias básicas; 2 proyectos desarrollados en el área de ciencias sociales y 18 proyectos desarrollados en las áreas de ingenierías, logística, transporte y tecnologías de la información y comunicación.

En las áreas de *arqueología, antropología y paleontología*, se presentan los resultados de investigaciones con múltiples aportes sobre la formación del istmo de Panamá hace 35 millones de años en el hemisferio sur y cómo ha emigrado al hemisferio norte, así como hallazgos de exploraciones que registraron que el polen y las semillas que conquistaron estas tierras provenían de Sudamérica; lo cual, al pasar miles de años, fue formando el bosque tropical húmedo. También se presentan relatos sobre las excavaciones realizadas en la cueva de Vampiros que demuestran la ocupación paleoindia; el hallazgo de pilas de conchas marinas que señalan un basurero de los concheros indígenas, en una isla del archipiélago de las Perlas, que data de entre 400 años d. C. y la Conquista, en el año 1515, y la presencia del arte rupestre en el territorio nacional que nos cuentan la historia de la vida de nuestros antepasados.

Otros proyectos se encuentran vinculados con la búsqueda y el rescate de la memoria histórica antropológica de los sitios arqueológicos a lo largo del Camino Real; el descubrimiento de un cementerio de personas de alto estatus y sus riquezas en El Caño, que representa un viaje retrospectivo a nuestras raíces indígenas. El hallazgo de fósiles y sitios nuevos enriquecen los vacíos de información que existían y contribuyen a preservar nuestra historia.

Algunos de estos proyectos plantean desarrollos turísticos sostenibles que permiten entrar en contacto directo con nuestra historia en los sitios arqueológicos y así poder tomar conciencia de nuestra herencia y patrimonio cultural; del efecto a largo plazo, y hoy día ya de forma irreversible, que tienen nuestras actividades sobre el ambiente. Ello nos debe ayudar a reflexionar sobre futuras acciones depredadoras y la necesidad de conservar ecosistemas y especies.

En las áreas de *biodiversidad y ecología*, se han recopilado los resultados de investigaciones sobre la variedad de organismos vivos y el medio natural en el que se relacionan entre ellos, lo cual genera la diversidad biológica de nuestro país y los complejos ecológicos de los que forma parte. Se presentan estudios sobre los cantos y significado cultural de una especie distinta de aves; historias de las aves en la comarca Guna Yala, que favorece el desarrollo del ecoturismo y sostenibilidad de los recursos naturales; el conocimiento científico obtenido de los insectos que viven en los cursos de los ríos, debajo de las piedras y la vegetación que los rodea, que nos permite conocer lo que está pasando donde viven. También aprendemos de la evolución del comportamiento social en animales como las hormigas, que poseen un sistema de salud pública para controlar los hongos y bacterias que atacan sus cultivos. Hallamos un estudio sobre el pargo que logra el establecimiento de una veda de pesca dentro de un área protegida, para salvaguardar su supervivencia, y cómo un estudio sobre las ballenas provocó adecuar planes de políticas ambientales.

Dentro de esta área, también se incluyen estudios sobre especies nativas de árboles maderables que presentan una oportunidad para la innovación tecnológica que permita una mayor resistencia a insectos y hongos. Además, hallazgos sobre el grado de peligrosidad que las especies de plantas invasoras podrían representar para el manejo y protección de nuestros ecosistemas; lo mismo que se describe cómo una característica peculiar del mangle rojo, que ocurre de forma natural, permite que estas especies resistan a los sistemas costeros que son altos en salinidad. También se exponen estudios que ayudan a entender que al cambiar el uso del suelo, se impacta el ciclo natural que toma el agua en los ecosistemas y la necesidad de realizar actividades de producción sostenibles que puedan favorecer el desarrollo de la comunidad.

En otra sección se presentan investigaciones en las áreas de *biomedicina y ciencias de la salud*, cuyos datos obtenidos servirán para identificar, de manera casi infalible, si es una bacteria o un virus lo causante de una infección, o incluso qué virus. También se ofrece información para implementar técnicas a bajo costo para la detección de mutaciones puntuales que confieren resistencia al virus del VIH y nuevos análisis que ya son parte del monitoreo de pacientes que están a disposición de los servicios de salud y en las clínicas del país; así como estudios realizados en las provincias de Los Santos, Coclé y Veraguas para caracterizar la ecología y el cuadro clínico identificando los factores de riesgo para determinar la prevalencia de infección en poblaciones humanas de virus transmitidos por roedores.

También se contemplan estudios sobre conjuntos de virus transmitidos principalmente por mosquitos, que producen enfermedades tanto a humanos como en animales. Se presentan evidencias de que los conceptos de salud y enfermedad están determinados por interacciones sociales, económicas, políticas, culturales, además de los estilos de vida familiar e individual de las comunidades, en sus relaciones con la naturaleza y el territorio social. Por otra parte, se ha identificado la proteína que el parásito de la malaria utiliza para entrar e infectar los glóbulos rojos, lo cual podría permitir el futuro desarrollo de una vacuna multivalente que impida su invasión; se ha estudiado sobre la efectividad del tratamiento que se estaba suministrando en ese momento para esta especie en Panamá, y sobre el medicamento para combatir este parásito y proteger a la población.

Otros estudios presentan evidencia científica para determinar cómo el cambio climático, la deforestación y otras modificaciones producidas por el hombre, influyen en los ciclos de transmisión de la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis. Ello brinda luces a parte de la respuesta inmune de los pacientes Chagas y el gen que podría constituirse en una alternativa más práctica para la caracterización de las especies de *Leishmania* aquí en Panamá. Se detectaron los transmisores de leishmaniasis, su relación con fenómenos ambientales que podrían estar relacionados con el aumento o con la disminución de los casos, y hasta doce especies de mosquito capaces de transmitir la malaria, pero aún es necesario realizar

estudios taxonómicos en otras especies del género y que también transmiten malaria en Panamá.

Otros proyectos con otras líneas de investigación dentro de esta misma área de estudio han demostrado que la diversidad marina de Panamá tiene un valor intrínseco en cuanto a que los organismos marinos poseen productos con potencial medicinal; otros están enfocados en el diagnóstico de esclerosis múltiple en los pacientes con un primer brote, ya que distintos estudios sugieren que el daño que se ha producido antes de la medicación ya no se recupera; otros aportan hallazgos sobre un subtipo del virus de hepatitis B que es predominante en la población gnäbe. Igualmente, se presenta una investigación realizada con la finalidad de detectar a tiempo anomalías genéticas, en los primeros días de nacimiento del bebé, con cuyo resultado se aprobó la ley que crea el Programa Nacional de Tamizaje Neonatal en Panamá.

En el área de *biotecnología*, se presentan proyectos para utilizar sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos; proyectos que generan conocimiento del problema tanto en ofidismo como en escorpionismo, para conocer las especies, venenos, toxicidad y antidotos. Hay proyectos que profundizan en cuanto a las propiedades curativas de las sustancias naturales, investigan el potencial medicinal de la naturaleza presente en los fondos marinos (como los hongos marinos estudiados que producen sustancias con actividad antihipertensiva). También se expone el potencial existente en los bosques, como los hongos colectados o aislados de plantas panameñas que podrían utilizarse para generar nuevos antibióticos, y el trabajo investigativo sobre plantas que generan tintes que no solo se ha desarrollado en el ámbito científico-académico, sino que se ha extendido al ámbito comercial. Como resultado de una de las investigaciones, se presenta el hallazgo sobre las infecciones por gusanos parásitos en reses, que se transformó en una potencial vacuna cuyo conocimiento ha permitido visibilizar la creación de patentes producto de la investigación científica.

Continuando con el orden de las áreas establecidas, se presentan investigaciones de las áreas de *ciencias agropecuarias y acuicultura*. Respecto de las actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas



vegetales y animales, en esta sección se muestran estudios que contribuyen a la seguridad alimentaria mediante una acuicultura sostenible a través de la producción de alimentos que no compitan con la captura de peces para consumo humano. Se exhibe información generada sobre las poblaciones de los pepinos de mar, su diversidad genética, la conectividad de sus poblaciones en las costas del Pacífico de Panamá, y sobre cómo estos animales son capaces de responder a los cambios ambientales y contribuyen a la gestión y conservación de los recursos pesqueros; incluso puede ser útil para decidir si la veda pesquera debe continuarse, o bien cambiar la normativa para establecer un manejo diferente del recurso.

Con relación a la investigación orientada tanto al cultivo del campo como a la crianza de animales y a las actividades relacionadas con la agricultura y la ganadería, se presentan estudios cuyos resultados introducen el cultivo de papa y camote biofortificados al país, incluyendo fincas de pequeños productores de agricultura familiar que han promovido el cultivo como una opción de mercado y a la vez contribuyen a mejorar la dieta de los consumidores. Igualmente, aparece el reconocimiento de la papa de aire como un tubérculo de grandes propiedades alimenticias y medicinales; la biofortificación de los cereales en general, del frijol en particular, y el cultivo de maíz de alta calidad proteica para luchar contra los déficits nutricionales de los panameños, especialmente los más desfavorecidos.

En otro aspecto de las actividades relacionadas con la agricultura, se cuenta con el primer registro de las malezas presentes en el cultivo de café en Chiriquí, lo que permitirá un control apropiado de malezas que mejore el rendimiento y la calidad de café producido en el país. También se hicieron importantes hallazgos para la mejora de la producción del poroto como un producto antiplagas de origen natural y se descubrió otro producto similar para disminuir el uso de insecticidas en la producción de arroz y para el mejoramiento de los recursos para que los productores disminuyan la aplicación innecesaria de insecticidas. De igual forma, se implementó un modelo para determinar la calidad de suelos arroceros en el Istmo utilizando artrópodos medidores de la degradación del suelo, y se estudiaron las plantaciones de especies nativas como sitios de almacenamiento de carbono.

Con relación con las actividades de la ganadería, se muestra un estudio cuyo objetivo principal es sensibilizar al productor sobre los riesgos que ocasiona el abuso de los químicos en ganado bovino, lo que significa que vacas en producción de leche están sometidas a la presión de baño y, por ende, a la contaminación de la leche.

En el área de *ciencias básicas*, se presentan investigaciones con el fin de obtener e incrementar el conocimiento en relación a la naturaleza o la realidad. Es así como se exponen estudios en temas muy diversos, tales como la investigación sobre las serpientes, los venenos de mayor relevancia, la eficacia que tenían los antivenenos y el componente clínico-epidemiológico, promocional y preventivo del envenenamiento por serpientes y escorpiones; la vulnerabilidad del acuífero de Santa María para incrementar el conocimiento de la geología de la zona; estudios de sismos con capacidad de generar *tsunamis*, cuyos resultados contribuyeron para mejorar el código sísmico panameño para diseñar estructuras más resistentes en caso de un sismo y mejorar el reglamento estructural panameño. Igualmente, se muestra el estudio de materiales novedosos que tienen ciertas propiedades que los hacen más atractivos para aplicaciones de mayor demanda; por ejemplo, para baterías en carros híbridos o carros eléctricos y un sinnúmero de aplicaciones de ese estilo. Aparecen también: una investigación sobre un posible producto anticorrosivo a través de la cáscara de la nuez del marañón; la naturaleza y la composición de los aceros patinables con la forma o velocidad con que se corroían en los parámetros ambientales y de contaminación; un dispositivo para una rápida evaluación de las zonas de alto rendimiento agrícola; el estudio de la flora panameña para ser utilizada como fuente de aceites esenciales para usos medicinales; el estudio de las comunidades bacterianas en el lago de Las Cumbres, por la utilización de este por parte de los nuevos pobladores para descarga de desechos de varios tipos, sobre todo aguas servidas, que lo convirtieron de un lago perfectamente utilizable en un espacio de aguas altamente contaminadas y perjudiciales para el ser humano.

El área de *ciencias sociales*, la cual estudia el comportamiento del ser humano y su desenvolvimiento en grupos, presenta un estudio de las universidades privadas que operan en el país y el impacto del incremento que ofrecen los estudios superiores en Panamá, y otro estudio



sobre el nuevo desafío y los problemas que presenta el turismo para la cultura guna.

Finalmente, se presenta una sección que agrupa los estudios de las áreas de *ingeniería, logística, transporte y tecnología de información y comunicación* con una variedad de investigaciones a través de las cuales se aplica un modelo formal matemático que representa tanto el comportamiento de la cadena de suministro agrícola, como una herramienta de análisis y toma de decisiones que apoya el desarrollo de políticas de transporte, optimizando el uso de diferentes medios terrestres. Por otra parte, se ha podido lograr una mejora de la equidad en las mediciones eléctricas lo mismo que la utilización de un sistema de electrólisis para la generación de cloro, que, dosificado en pequeñas cantidades, permite la producción de agua para el consumo humano. Hay también un estudio de inteligencia artificial para analizar los aspectos de cómo las estimaciones de los tiempos de paradas y el flujo de pasajeros se podrían obtener como resultado de las simulaciones mecánicas y eléctricas realizadas a la línea 1 del metro de Panamá, y se logró el desarrollo de un modelo de secador solar con el que se logra obtener la primera patente industrial para la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

En esta línea de investigaciones, se diseñó un vehículo submarino de bajo costo para la inspección en las tuberías de presión de represas y las tuberías de agua que alimentan las esclusas del canal de Panamá, susceptible además de poder ser usado en el futuro de igual manera en el sistema nacional de alcantarillado de Panamá; se desarrollaron películas delgadas y fibras de materiales óxidos metálicos para aplicaciones tecnológicas; se indagó en busca de posibles soluciones a las limitaciones que existen en áreas de escasos recursos para acceder a tecnología por sus costos y los problemas para llevar cableado a estos lugares; se logró utilizar bioindicadores para el monitoreo de plaguicidas en la cuenca y para el análisis socioeconómico-sanitario y ambiental de la cuenca del río David. También se han realizado otros proyectos en el uso de bacterias como tratamiento biológico para limpiar aguas contaminadas; otros para estimar el contenido de carbono en diferentes zonas de vida, lo mismo que uno sobre un sistema de monitoreo en puntos de toma de agua, que sea activado solo como resultado de un evento de lluvia. Se realizó un estudio de las aguas subterráneas

como parte fundamental del ciclo del agua; se logró desarrollar un sistema de información espacial que contribuyó a la planificación urbana en Panamá, y un estudio para lograr una mejor comprensión de los fenómenos que ocurren dentro del bosque tropical húmedo.

A través de otros estudios, específicamente en el área de *tecnologías de información y comunicación*, se han logrado determinar sitios estratégicos para la ubicación de un refugio y el establecimiento de un sistema de comunicación que funcionará como atalayas mediante megáfonos y sirenas para comunidades que mantienen una gran vulnerabilidad frente a los problemas de fenómenos ambientales. Se desarrolló un modelo que permite evaluar la accesibilidad y la usabilidad en sitios web de empresas PyME de la provincia de Chiriquí, y un proyecto que analiza y considera el sistema de transporte para buscar y conocer qué pasa con los sistemas de drenaje pluvial y de agua potable, de forma que se tomen decisiones y se realicen inversiones informadas.

Para la Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Senacyt, es gratificante compartir estos avances y poder ofrecer una literatura desde las distintas miradas de los investigadores e investigadoras de las diferentes ramas de las ciencias, a través de investigaciones que contienen enfoques multidisciplinarios y de respeto a los derechos humanos, que logran contextualizar la realidad del país y crear conocimientos para enfrentar con eficacia y eficiencia los problemas.

Se ha logrado publicar un primer libro de investigaciones que contiene una muestra de 93 de ellas, para hacer llegar tanto a la comunidad científica, comunidad política y comunidad en general los esfuerzos realizados por 69 de nuestros investigadores para encontrar respuestas a interrogantes de la realidad nacional y la posible aplicación de los resultados en el contexto nacional.

Este libro ha sido posible gracias a la colaboración de los investigadores e investigadoras que han compartido sus testimonios en esta muestra de proyectos financiados por la Senacyt a lo largo de estos años. Los nombres de estos valiosos hombres y mujeres que se dedican a la ciencia, aparecen en un listado como anexo de esta publicación.



# Arqueología, antropología y paleontología







# Álvaro Brizuela

## Arte rupestre: riqueza arqueológica de Chiriquí

El arte rupestre es el legado cultural de nuestros antiguos originarios, a través del cual nos cuentan la historia de sus vidas impresa en rocas y cavernas prehistóricas que datan de la aparición de los primeros homínidos que precedieron al *homo sapiens* en nuestro planeta.

En Panamá, el arqueólogo y profesor de la Escuela de Antropología de la Universidad de Panamá, Álvaro Brizuela, interesado en el patrimonio histórico cultural panameño, elaboró el proyecto *Documentación* de arte rupestre en Chiriquí, que, en sus propias palabras, constituye un «atlas arqueológico de la provincia de Chiriquí, para documentar lugares o distritos donde hubiera la presencia del arte rupestre».

Brizuela relata que al inicio de la investigación no existían mayores estudios sobre el tema, y que a través de otros trabajos que efectuaba, se encontraba con petroglifos, lo que motivó su interés por conocer sobre la herencia que nos legaron los primeros pobladores del istmo de Panamá.

La pintura rupestre constituye una de las manifestaciones artísticas más valiosas que permanecen desde tiempos remotos, y en las que la evidencia científica ha encontrado testimonios que datan de la última formación de glaciares en la corteza terrestre, hace unos 40,000 años.

Se destacan los hallazgos encontrados en España y Francia, que corresponden a la transición entre los periodos Paleolítico (piedra antigua) y Neolítico (edad moderna de la piedra), entre los que podemos apreciar las Cuevas de Altamira en Santilla del Mar, España.

En Panamá, en la provincia de Chiriquí, se contaba con un registro de elementos arqueológicos, trabajo realizado por el Programa Nacional de Administración de Tierras (Pronat) de la



Autoridad Nacional para de Administración de Tierras (Anati). El reto para los investigadores fue descubrir si existían huellas de esta parte de la historia en otros sitios de la provincia.

El recurso patrimonial constituido por las manifestaciones rupestres, realizadas por los antiguos habitantes de este territorio, es un tópico escasamente estudiado por los especialistas de la disciplina arqueológica en Panamá. De esta manera, surge el proyecto de arte rupestre, el cual se inició con un plan piloto en el área de Volcán y posteriormente en la región fronteriza de la República de Panamá con Costa Rica.

Durante la realización del proyecto de petroglifos en Panamá, se mantuvo presente el potencial con que cuenta el país en materia de recursos arqueológicos patrimoniales, en particular con sitios de petroglifos.

La primera labor técnica fue descubrir el grado de conocimiento de la comunidad sobre el arte rupestre, para lo que se aplicaron encuestas en las escuelas primarias oficiales de los distritos en referencia, mediante interrogantes fundamentales, tales como: ¿Conoces el arte rupestre?, ¿qué es el arte rupestre?, ¿existe en tu comunidad?, ¿cómo llegamos a él?

Es así como la propia población del área se empodera del proyecto y contribuye con los especialistas a indicar en qué lugares se encontraba esta riqueza prehistórica; colaboración que resultó vital, porque incluso permitió identificar la ubicación precisa de muchas otras reliquias no conocidas hasta entonces.



La segunda actividad se relaciona con el procedimiento de documentación efectuado en cada una de las rocas. Este consistió en acceder a los sitios reportados y realizar las labores de identificación mediante un modo no agresivo hacia los diseños o a las rocas que los contienen.

El proceso de identificación y confirmación de la autenticidad de cada petroglifo se realizaba con la rigurosidad científica que el hallazgo significa. Se comenzaba limpiando con escobillas para extraer la tierra o la hierba que por lo general los cubre; se tomaban fotografías desde diferentes ángulos y

se copiaban los dibujos a escala natural (con un plástico por encima y un piloto indeleble para transformarlos a escala, uno a uno); y por último, se tomaba la referencia por el GPS para determinar los puntos exactos donde se ubican geográficamente. De esta manera se creó un mapa, y todas las piedras registradas con arte rupestre están ubicadas por coordenadas geográficas, fotografías y dibujos. Con esta metodología de exploración no fue necesario realizar excavaciones, convirtiéndose la comunidad en la principal protagonista de estos hallazgos históricos. De manera complementaria, se agregó a este recurso la verificación de los reportes de estudios arqueológicos o de impacto ambiental, realizados por el equipo técnico, para documentar sus hallazgos. De igual forma, se pudo confirmar que, efectivamente, la comunidad sabía identificar el arte rupestre y conocía dónde estaban ubicadas las piezas objeto de estudio.

**La investigación confirmó la existencia del arte rupestre en territorio panameño y en qué localidades se encuentra. Los resultados obtenidos permitieron esbozar una interrogante fundamental, relacionada con la antigüedad aproximada de estos vestigios.**







Por lo general, tiende a suponerse la idea de que estas manifestaciones son muy antiguas. Sin embargo, un porcentaje significativo de los sitios trabajados resultó estar conformado por elementos rupestres asociados directamente a tiestos y algunos instrumentos líticos fragmentados (en ningún caso se percibió relación con contextos funerarios).

Con este trabajo, Panamá cuenta con importante información científica validada sobre el arte rupestre en la provincia de Chiriquí, que permite identificar que los recursos arqueológicos nacionales son más grandes de lo que estimamos. Documentación aprovechable para el Instituto Nacional de Cultura (Inac), que permite conocer dónde está nuestra riqueza rupestre y cómo cuidar este patrimonio petroglifo; de manera complementaria, intercambiar documentación interinstitucional con el Programa Nacional de Tierras (Pronat), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) y otras entidades.

**El reto hacia el futuro es definir nuevas áreas y líneas de investigación en temas de patrimonio cultural arqueológico, encaminadas a discernir sobre la antigüedad de este legado cultural y el significado de sus diversos estilos. Existen figuras más geométricas y dibujos figurativos con rayas,**

**círculos o espirales, algunos de los cuales tienen cercanía o vecindad a otro tipo de recursos materiales de las aldeas primitivas; o metates (morteros de piedra tallada de forma rectangular) que son otro tipo de recursos arqueológicos. De igual forma, se puede aprovechar el potencial turístico, generando rutas para el conocimiento del arte rupestre de Panamá, como existe en otros países.**

La investigación *Documentación de arte rupestre en Chiriquí* fue posible gracias a los niños y los habitantes de las comunidades estudiadas, quienes se constituyeron en la piedra angular de este trabajo, al facilitar el camino para encontrar las piedras rupestres; de igual forma, resultó fundamental el apoyo brindado por el personal técnico formado por egresados de la Universidad de Panamá, estudiantes de la Universidad Autónoma de Chiriquí (Unachi) y de la Universidad Veracruzana de México.

La riqueza de este trabajo científico radica en enseñarnos sobre esa característica gráfica que parte de la esencia misma del ser humano, donde desde tiempos muy antiguos, el hombre y la mujer elaboraron un método de representaciones artísticas para comunicarse y contarnos la historia de sus vidas y las expresiones del alma.

# Richard Cooke

## Los abrigos de cerro Tigre: campamentos de pescadores de la época precolombina

Cerro Tigre se localiza cerca de la orilla norte del río Santa María, divisorio entre las provincias de Coclé y Herrera, y a dos kilómetros de la desembocadura actual. Estos abrigos fueron descubiertos en el año 1982 por el estudiante panameño Elías López, quien ayudaba en el Proyecto Santa María dirigido por Anthony Ranere y Richard Cooke, en compañía del arqueólogo colombiano Carlos Rodríguez.

Es ese mismo año se excavaron dos sondeos de 1 x 2 metros (cada uno) y se recogieron lascas de adelgazamiento de tipo bifacial, asociadas con fecha radiocarbónica de 6,600 años antes de Cristo (a. C.); para esa época, la fecha de  $^{14}\text{C}$  más antigua registrada en yacimientos panameños. Sin embargo, no se alcanzó el fondo de la cala y en el año 2002 el arqueólogo Georges Pearson retornó con el fin de hacer una excavación más amplia, continuándola hasta el año 2006 con fondos de la Fundación Heinz y del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales de Panamá (Stri, por sus siglas en inglés).

La importancia de Vampiros<sup>1</sup> está ligada a los cambios del nivel de los océanos ocurridos después de la última época del hielo, cuando el clima mundial se estaba calentando 18,000 años atrás. Los océanos ascendentes poco a poco inundaban la plataforma continental de Panamá de tal manera que 13,500 años atrás, u 11,500 años antes de Cristo, cerro Tigre distaba 30 kilómetros de la playa activa de la bahía de Parita. Cerro Tigre habría estado, en este momento, en una planicie más árida que en la actualidad.

<sup>1</sup> Se habla de Vampiros para referirse a la cueva de los Vampiros.



La primera ocupación de Vampiros se remonta a la última fecha, y los primeros ocupantes eran cazadores y recolectores «paleoindios», cuyos artefactos más emblemáticos eran delgadas puntas de lanza de calcedonia trabajadas con mucha destreza en ambas caras. A estas puntas se les conoce como «acanaladas», debido a que los artesanos en piedra desprendían una lasca vertical y semirrectangular en ambas caras de la base con el fin de facilitar el amarre de la punta hasta del proyectil.

**Las excavaciones realizadas en la cueva de los Vampiros entre los años 2002 y 2006, demostraron que la ocupación paleoindia fue tenue y al parecer el entorno del periodo glacial tardío no era atractivo para las bandas de cazadores móviles, a causa de la extrema aridez de esta zona costera.**

Pero el abrigo siguió siendo visitado hasta aproximadamente 7,700 años a. C., cuando el acervo lítico incluía instrumentos de piedra parecidos a los de los paleoindios anteriores, aunque las puntas acanaladas ya habían sido desplazadas por otras variedades de puntas.

Las excavaciones de Georges Pearson constataron que al comienzo de la era holocénica posglacial, a partir de aproximadamente 8000 a. C., hubo un hiato prolongado en la ocupación

del abrigo, cuando el océano Pacífico ascendente sobrepasó el cerro, aislándolo dentro de zonas intermareales poco atractivas para los asentamientos humanos. Este hiato duró cerca de 5,000 años. Posteriormente, cuando la agricultura extensiva se apoderó de las cuencas media y alta de los ríos del Pacífico de las provincias de Veraguas y Coclé –aumentando la carga de sedimentos fluviales– el delta del río Santa María comenzó a expandirse rápidamente hacia el océano, mediante el proceso geomorfológico conocido como «progradación».

En los sedimentos de las épocas paleoindia y arcaica tardía (9500-7700 a. C.) no se recogieron restos óseos de animales, excepto taxa tal vez intrusivos, como sapos y murciélagos. Sin embargo, cuando volvió la gente a cerro Tigre por el 2800 a. C., inicialmente para enterrar a sus muertos y posteriormente para pescar, salar y secar pescado, comenzaron a depositarse cantidades prodigiosas de restos faunísticos y de conchas marinas. La gran mayoría de los restos de vertebrados pertenecían a peces marinos. Además, el nivel de conservación de estos era excelente para un yacimiento del trópico húmedo.

En el año 2006, la Senacyt otorgó una subvención de tipo I+D (investigación y desarrollo) a Richard Cooke con el fin de identificar una parte de la copiosa muestra faunística proveniente de los abrigos Vampiros, para poder inferir la diversidad taxonómica, así como las preferencias ecológicas de las especies capturadas. Cabe añadir, que Georges Pearson se había percatado de que, en una parte cercana a cerro Tigre, existía otro abrigo igualmente profundo (Vampiros-2) en el que se excavó un sondeo de 1 x 2 metros, pero sin alcanzar el fondo de la cala. Al igual que Vampiros-1, la estratigrafía de la zona de Vampiros-2 que pudo ser excavada, consistió en múltiples capas heterogéneas con fogones, pisos, huellas de poste y concentraciones de huesos de peces. Muchos de estos estaban quemados y hasta calcinados. En el fondo del sondeo de Vampiros-1 se localizó un hoyo rodeado de pequeños orificios llenos de sedimentos oscuros. Se infiere que se trata del tipo de hoyos reportados en las crónicas de la

Conquista, que servían para preservar el pescado, según lo que Gonzalo Fernández de Oviedo observó en el Darién.

Durante la temporada 2004-06, Diana Carvajal, entonces estudiante de doctorado en la Universidad de Calgary, Canadá, acompañó a Georges Pearson a excavar «columnas» de sedimentos tomando las paredes expuestas como guía. Cada columna tenía dimensiones de 50 cm<sup>2</sup>. Se tomaron dos columnas de la pared trasera de Vampiros-1 y una de Vampiros-2. En Vampiros-1, las columnas muestrearon todas las unidades estratigráficas definidas por Pearson (1-5), pero tan solo se encontraron buenas cantidades de restos faunísticos en las unidades estratigráficas 1 y 2.

La secuencia estratigráfica en Vampiros-2 demostró que las unidades estratigráficas 1 y 2 en esta cala alcanzaron un espesor muy superior. Se acumularon 4 metros de sedimentos culturales en tan solo 300 años radiocarbono: una tasa acumulativa cuatro veces mayor que en Vampiros-1. Entre 100 a. C. y 50 d. C., la acumulación aceleró, demostrando que este periodo de 150 años fue el más apropiado para los que secaban y salaban pescado en hábitats costeros. La explicación más verosímil para las diferencias del espesor de los depósitos culturales en los dos abrigos es que durante los tres o cuatro meses de máxima velocidad de los vientos alisios, caen nubarrones de sedimentos sobre cerro Tigre. El abrigo Vampiros-2 se encuentra a sotavento durante este periodo, por lo que es probable que las faenas de preparar el pescado seco y salado habrían sido bastante más cómodas en este abrigo que en Vampiros-1, localizado a barlovento.

El análisis de los restos de arqueofauna en los abrigos Vampiros, correspondió a Diana Carvajal y a Alexandra Lara. Sus consultores eran Máximo Jiménez y Richard Cooke. Para dicha tarea se usó la colección de esqueletos de vertebrados resguardado en el Laboratorio de Arqueología del Stri.

Debido a la localización de cerro Tigre y al enfoque de las actividades realizadas allí a partir de 200 d. C., los restos faunísticos más abundantes eran los de peces. La enorme cantidad de elementos óseos requería un submuestreo, y por ello se seleccionaron 36 muestras de Vampiros-1 y 12 de Vampiros-2. Para los análisis tafonómicos y taxonómicos, Carvajal recurrió a mallas de 1/8 de pulgada (3.2 milímetros). Para estimar el aporte de cada taxa a las actividades de consumo, se agregaron muestras recogidas sobre mallas de 1/16 pulgada (1.6 milímetros) y una cuarta parte del resto de la muestra recogida sobre malla de 0.625 milímetros.

Se procedió a calcular ciertos parámetros: 1) número de especímenes diagnósticos; 2) número mínimo de individuos





por taxa (familia, género y especie); 3) masa corporal por individuo; 4) biomasa por taxa; 5) diversidad taxonómica; 6) equidad; 7) distribución por tallas y pesos; y 8) distribución de partes anatómicas. Se realizó un análisis tafonómico con el fin de identificar y cuantificar evidencia de los daños físicos a los huesos (quemaduras, chamuscadas y cortes perpetrados por humanos cuando faenaban los pescados). Carvajal identificó daños físicos causados por el faenamiento en las espinas dorsales, cleitron, urohial, cuadrado y premaxilla de bagres marinos, carángidos, corvinas, cocochas y tamboriles. Ella encontró múltiples cortes transversales en los supracleitra de tamboriles y confirmó así su preparación intencional, a lo mejor como alimento humano.

En las unidades de excavación 1 y 2 se identificaron 40 familias de peces, 77 géneros y más de cien especies. En las unidades 2a y 2b, las que corresponden a los años 200 a. C. hasta 100 d. C., las diez especies más frecuentes son: *Selene peruviana*, *Guentheridia formosa*, *Ariopsis seemanni*, *Polydactylus opercularis*, *Ilisha furthii*, *Orthopristis chalcus*, *Opisthonema libertate*, *Ophioscion typicus*, *Caranx caninus* y por último *Chloroscomus orqueta*. Todas estas especies alcanzan tallas y pesos muy modestos (ca 500 g) excepto el jurel y el tamboril. Esta distribución apunta hacia la pesca realizada en proximidad a los abrigos de cerro Tigre. El aporte de especies dulceacuícolas es nulo en los estratos 2a y 2b y esporádica en la unidad estratigráfica 1, la que se acumuló después de 100 d. C.

Se detectaron cambios diacrónicos; sin embargo, en lo que respecta a especies que frecuentan aguas superficiales, o en grandes cardúmenes como las cojinúas y sierras (*Scomberomorus sierra*), o en pequeños grupos como los peces aguja (*Tylosurus* spp.), las barracudas (*Sphyrna ensis*) y los borrigueros (*Albula esuncula* y *A. nemoptera*). Estas especies son más frecuentes en la unidad estratigráfica 2b, la que comenzó a acumularse a partir de 200 años a. C. Por el contrario, la proporcionalidad de algunas especies que se adaptan a las condiciones turbias de los estuarios medios, como el congo prieto (*Ariopsis seemanni*), los congos del género *Cathorops*, la cominata (*Notarius kessleri*), el machete (*Ilisha furthii*), la cococha (*Ophioscion typicus*) y la corvina boquiamarilla (*Cynoscion albus*) aumentan en la parte superior de los desechos de los saladores y desecadores (unidad estratigráfica 2a).

La distribución vertical de los moluscos marinos obedece a un patrón parecido: la conchuela (*Argopecten ventricosa*), la que esquiva aguas turbias, alcanza su pico en las partes más profundas de la unidad 2b; en tanto que las especies que

frecuentan la zona intermareal en sustratos fangosos, como el caracol marino (*Polinices otis*) y almejas como *Larkinia grandis*, *Pitar paytensis*, *Prothaca* spp., *Tellina laceridens* y *Dosinia dunkeri* aumentan a través del tiempo. El caracol *Thais kiosquiformis* se adhiere con frecuencia a las raíces de mangle, en tanto que el caracol *Natica unifascata* sale a caminar sobre la superficie de los lodazales cuando la marea está baja.

**Se supone que las personas que preparaban pescado en el entorno de cerro Tigre pasaban bastante tiempo allí. Se supone que los moluscos depositados dentro de los dos abrigos rocosos eran consumidos por las personas en residencia mientras hacían sus faenas. También se infiere que los restos de reptiles, aves y mamíferos presentes en las unidades estratigráficas 2a y 2b representan el sustento de los desecadores.**

Las taxas reportadas son tortugas marinas, incluyendo la tortuga blanca (*Chelonia agassizi*) y la tortuga loro (*Lepidochelys olivacea*), la jicotea (*Trachemys scripta*) (no es marina pero frecuente aguas salobres), la iguana negra (*Ctenosaura* sp.) y verde (*Iguana iguana*), unas cuantas aves incluyendo garzas y paserinos (*Sturnella*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), zarigüeya (*Didelphis marsupialis*), mapache (*Procyon lotor*), zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y venado de cola blanca (*Odocoileus virginians*). Esta lista apunta a la cacería oportunista en hábitats contiguos a cerro Tigre.

Las fechas radiocarbónicas más recientes en las unidades estratigráficas 2a y 2b son 1970 BP en Vampiros-1 y 1950 BP en Vampiros-2 (20-1 a. C., sin calibrar). Estas fechas se consideran las terminales para el periodo del uso intensivo de los dos abrigos para preparar pescado de manera intensiva. Este episodio en la compleja e informativa historia de los abrigos de cerro Tigre coincidió con óptimas condiciones geomorfológicas para estos trabajos, cuando el mar estaba muy cerca y antes de que el río Santa María echara muchos sedimentos. Los campamentos en los abrigos continuaron hasta 1170 BP en Vampiros-2 y 1190 BP en Vampiros-1 (760-780 d. C., sin calibrar). Para estas fechas la costa había avanzado un kilómetro hacia la bahía de Parita y la gente, deseosa de aprovechar los recursos del litoral marino, fue a vivir a pequeños asentamientos localizados en forma lineal cerca de la costa activa y cuya ocupación comenzó para las mismas fechas.

## Diversidad cultural y biológica del archipiélago de Las Perlas en el periodo precolombino

Richard Cooke, pensó en el archipiélago de Las Perlas, que no se investigaba arqueológicamente desde el año 1927. La metodología de investigación consistió en elaborar un diseño con prospección arqueológica, buscar y explorar sitios que probablemente fueron habitados y levantar un inventario preliminar de interpretación de los recursos con sondeos exploratorios. Cabe señalar que los resultados eran claves para enriquecer y, a la vez, monitorear los proyectos de turismo en Las Perlas, los que recién comenzaban a desarrollarse. Luego de las gestiones financieras, se obtuvieron los recursos necesarios para emprender el proyecto. Trasladarse al archipiélago de Las Perlas no resultaba tarea fácil, debido a que son las islas más distantes de la ciudad de Panamá. En aquella época, dependiendo de la capacidad del bote, se llegaba en un mínimo de dos horas; y si se empleaba cayuco, el viaje resultaba más complejo: cuatro a cinco horas en alta mar y con una gran cantidad de material que demandaba mucha precaución para garantizar su óptimo estado. Richard Cooke, junto a Juan Guillermo Martín, un arqueólogo muy competente que estaba trabajando en Panamá La Vieja, lograron localizar sitios precolombinos en diez islas, de las cuales algunas habían sido señaladas como destinos de gran potencial para los proyectos turísticos. Esto presentó un gran dilema: encontrar sitios arqueológicos de importancia para la ciencia y a la vez convencer a los inversionistas para que no los destruyeran.

**Tal como indica Cooke, en Las Perlas... «Comenzamos a trabajar y encontramos algunas áreas donde había pilas de conchas marinas. Ahí donde las hay, eso señala un basurero y se pueden hacer excavaciones y encontrar cosas más variadas y más interesantes, inclusive muchos huesos de peces y animales». Al principio, en cada sitio que se investigaba, los concheros indígenas mostraban fechas recientes entre 400 años d. C. y la Conquista, en el año 1515.**

En la isla Pedro González, un sondeo realizado a un metro de profundidad, puso en evidencia –entre muchas conchas– tuestos que incluían cerámica pintada y modelada, característica

del estilo llamado «Cubita» por los arqueólogos, la que arrojó fechas de radiocarbono en este conchero entre los 650 y 800 años d. C., lo que demostró contactos por mar con el área cultural de Gran Coclé (Coclé, Azuero y Veraguas).

Al hacer un sondeo en otra parte de la isla, cerca de la playa Don Bernardo (muy visitada por turistas), fue grande la sorpresa de Martín y Cooke cuando, a un metro de profundidad, se localizó una capa compactada de conchas marinas. De repente aparecieron en los cedazos empleados para muestrear bien los materiales, algunos huesos completos de venado; pero estos eran mucho más pequeños que los huesos correspondientes de otros venados istmeños. Resultaron pertenecer a una especie que tenía una quinta parte del tamaño del venado coliblanco, la especie más abundante en los yacimientos de las antiguas sabanas antropogénicas de las provincias centrales. «Este hallazgo aumentó nuestro interés», afirmó Cooke.

Una continuidad del proyecto les permitió a Cooke y a Martín trabajar en otras islas y estudiar no solo la parte cultural. La zooarqueología, (zooarqueología –el estudio de las especies de animales de las islas– aportó importantes hallazgos a la zoo-geografía histórica, así como al desarrollo teórico de la biología isleña. La presencia y ausencia de especies en el archipiélago de Las Perlas, a través de la historia, aporta información puntual sobre la relación existente entre las actividades humanas, la fauna y la flora, su conservación y manejo, el que dista mucho de un conservatismo: el venado enano se extinguió. Las islas de Las Perlas son conocidas como «islas de plataforma» puesto que solo estaban unidas a tierra firme durante los periodos cálidos del ciclo glacial. En el presente ciclo, las islas de Las Perlas se aislaron de tierra firme a partir de 9,000 años atrás.

La isla Pedro González cubre actualmente 14 kilómetros cuadrados, un tamaño que puso límites a la biodiversidad debido a la escasez de recursos, presentando distintos retos a las comunidades humanas que la habitan. «Se ha demostrado que la llegada de grupos de seres humanos a las islas oceánicas –como Hawái y Nueva Zelanda– causó impactos contundentes en la flora y fauna nativas, conduciendo a la extinción de muchas especies endémicas: el ave dodo de la isla Mauricio es un ejemplo conocido. Este estudio subraya el hecho de que la

colonización humana repercute también en la biodiversidad de las islas de plataforma, como Pedro González, conduciendo a las extinciones de tipo local o regional. El transporte intencional de especies por los isleños precolombinos –como los perros– es otro factor que incide históricamente en la biodiversidad», afirma R. Cooke.

Los yacimientos arqueológicos que contienen una valiosa información en este archipiélago nutren la curiosidad por saber sobre la diversidad cultural, que es amplia en el tiempo y en el espacio. A la fecha, el sitio más antiguo en Pedro González –playa Don Bernardo– se remonta a 6,000 años atrás, y los primeros ocupantes llegaron por mar, si bien no se sabe de dónde. En vista de que la isla más grande del archipiélago –isla del Rey– aportó poca información durante los recorridos de este proyecto, debido al espesor de la vegetación, es posible que aquí se encuentren sitios precolombinos más antiguos que los de Pedro González.

Resulta un factor favorable que los dueños de proyectos de turismo, tales como el Grupo Eleta, S.A., posteriormente Pearl Island Inc., se sumaran al proyecto de investigación aportando financiamiento para las distintas fases de las excavaciones, las que fueron inspeccionadas por personal de la Dirección Nacional de Patrimonio Histórico, conforme las leyes de la nación.

En cuanto a los yacimientos más recientes en la isla Pedro González, una estudiante costarricense, Yajaira Núñez, hizo una excavación en un área donde ya se había comenzado un proyecto turístico grande: punta Zancadilla, que contaba con calles

y casas. «Hicimos una excavación de rescate ahí, y fue interesante porque, en cuanto a la diversidad cultural, encontramos, por primera vez en el archipiélago, artefactos de oro y cerámica pintada fechados entre 200 y 500 años d. C.», reveló Cooke.

**Las cuentas de oro halladas en punta Zancadilla son los artefactos de metal más antiguos datados por radiocarbono en Panamá y parecen representar el momento en el que la metalurgia suramericana se introdujo al Istmo.**

Al devolver nuestra mirada hacia la biodiversidad, cabe recalcar que el venado enano mencionado atrás, el que ya no está en isla Pedro González debido a su extinción, pertenece a la misma estirpe que un venado enano del género *Mazama* que aún existe en la vecina isla San José, 8 kilómetros distante. Esta afiliación fue determinada por el bioquímico inglés, Mike Buckley, con base en la técnica de huellas de colágeno.

Hoy día, solo hay nueve especies de mamíferos en el archipiélago, de los cuales algunos solo se encuentran en una o dos islas, como el primo hermano del venado enano (en San José) (*Mazama* sp.), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) (también en San José), la rata marinera (*Diplomys labilis*) y el conejo muleto (*Sylvilagus brasiliensis*) en isla del Rey. El mamífero de mayor distribución en la actualidad es el ñeque (*Dasyprocta* sp.). Se han registrado 25 especies de culebras y otros reptiles, además de cuatro tortugas marinas. Al contrario, se han registrado más de 160 especies de aves, de las cuales unas 50 son residentes.

Es ilustrativo enumerar los táxones de animales halladas en la isla Pedro González que no se han registrado en el archipiélago en la actualidad: las tortugas llamadas galápagos por los interioranos (*Kinosternon* spp.), una codorniz o perdiz de monte (*Colinus cristatus*), el conejo pintado (*Cuniculus paca*), el mono cariblanco (*Cebus* sp.) y, posiblemente, el capibara o conejo poncho (*Hydrochoerus* sp.). Lo más sorprendente a nuestro juicio es la pobre representatividad de las aves en comparación con la situación actual: el ave más frecuentemente capturada en playa Don Bernardo para comer era el cormorán (*Phalacrocorax olivaceus*). A la tortugueta, *Kinosternon scorpioides*, la guardaban en cautiverio: se halló un hueso periférico del caparazón en el que se había taladrado un agujero con el fin de que no se escapara.



Los peces eran, con creces, el principal alimento de origen animal. Eran dos las principales estrategias de pesca: 1) cerca de la orilla, alrededor de los arrecifes y en los fondos suaves entre estos, donde se pescaba mayormente cabrillas (*Epinephelus labriformis*), peces loro (*Scarus* spp.) y doncellas (*Abudefduf* spp.); y 2) en las corrientes de agua clara, no necesariamente tan lejos de la playa, donde la pesca se concentraba en los bonitos (*Euthynnus lineatus*) y las cojinúas (*Caranx caballus*).

**Lo más sorprendente fue el hallazgo de bastantes restos óseos de dos especies de delfín –el delfín común (*Delphis delphis*) y el delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*)–, cuyos restos muestran abundantes cortes hechos con lascas de piedra, así como quemaduras. Esto demuestra que los residentes de playa Don Bernardo consumían carne de delfín, aunque no se pudo demostrar con objetividad que los delfines eran cazados en el agua o ultimados en la orilla, tal vez espantados por los tiburones tigre (*Galeocerdo cuvier*) y toro (*Carcharhinus leucas*), los que entraban a la bahía con de fin de comerse los delfines.**

En lo que respecta a la cultura material, es importante recordar que la primera ocupación –entre 6,200 y 5,600 años atrás– es anterior a la invención de la alfarería, por lo que a este sitio se le dice «precerámico». Para estas fechas, sin embargo, ya se cultivaban varias plantas domésticas en el trópico americano, incluyendo el maíz, la yuca, los ñames americanos –como el ñampí– y los zapallos. La cultura material consiste exclusivamente en artefactos de piedra y sobresale una «industria» de ágata translúcida. Las herramientas para las faenas cotidianas se hacían mayormente de este material muy duro. Tres artefactos de uso no doméstico se hallaron: dos dientes perforados de tiburón tigre (3.5 metros de largo) y de tiburón toro (2.5 metros de largo). Son los adornos personales más antiguos reportados a la fecha en Panamá. El tercer artefacto precerámico es una pequeña placa de arenisca grabada con un instrumento puntiagudo. El diseño consiste en líneas entrelazadas sin un orden reconocible, perlas y una lámina de arenisca.

Abandonado el sitio en playa Don Bernardo unos 5,600 años atrás por razones aún desconocidas, se dio un largo hiato en la ocupación hasta aproximadamente 2,300 años atrás, fecha para la cual la alfarería estaba en uso en todo Panamá. La vajilla evolucionó comenzando con estilos decorativos típicos del periodo 300 a 200 d. C., pasando por una vajilla hallada anteriormente en Taboga y Taboguilla, prosiguiendo a otra pintada y de decoración plástica como aquella reportada por Yajaira Núñez en punta Zancadilla (200-500 d. C.). Algunos tiestos llevan diseños característicos de la vajilla policroma Conte que data de 750 a 850 d. C. Sin embargo, entre la última fecha y el 1000 d. C., la cerámica isleña cambió rápidamente dando lugar a estilos muy diferentes, los que continuaron hasta la conquista española y se han asociado con una confederación denominada «cueva». Exactamente por qué ocurrió este cambio por los años 850 a 1000 d. C., ha sido muy discutido. El consenso actual entre los arqueólogos aduce que la homogeneidad a lo largo de la bahía de Panamá de la vajilla Cubitá estaba vinculada al comercio de las conchas marinas usadas para confeccionar adornos y pertenecientes a los géneros *Spondylus* (ostiones espinosos) y a la especie *Pinctada mazatlanica*, la concha del nácar y de las perlas.

En resumen este proyecto llevado a cabo entre los años 2006 y 2010, y financiado por la Senacyt, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, la National Geographic y el Grupo Eleta, S.A., permitió un enfoque interdisciplinario que aportó múltiples datos puntuales sobre la diversidad cultural y biológica del archipiélago de Las Perlas, un clásico ejemplo de un grupo de «islas de plataforma» unidas a tierra firme únicamente durante los periodos más cálidos de los ciclos glaciales. Pese a algunas confrontaciones esporádicas, el equipo de investigadores y estudiantes de varios países logró cumplir con la meta establecida en el año 2005, de poner en valor la diversidad cultural y biológica, con el fin de ofrecer información fascinante sobre la ecología e historia profunda del archipiélago.

En el año 2015, el Grupo Eleta, S.A. –ahora denominado Pearl Island Inc.– tuvo a bien financiar un rescate en playa Don Bernardo –donde un grupo de personas opuestas a la conservación amenazaba con destruir el sitio arqueológico– al darse cuenta de su verdadero valor científico y educativo, preservándolo para la posteridad, así como brindando la oportunidad a través de excavaciones bastante más extensas que en la campaña anterior, de analizar minuciosamente los múltiples y complejos datos culturales y biológicos.



# Ilean Isaza, Alicia Ibáñez y Benjamín Name

## Yacimientos arqueológicos en Parque Nacional Coiba

Arqueología, botánica y edafología se unen para predecir y probar *in situ*, la ubicación de yacimientos arqueológicos con base en la situación peculiar del bosque y condición de sus suelos, utilizando tipos de vegetación específicos en un escenario único: el Parque Nacional Coiba.

Cuando la investigadora Ilean Isaza inició la exploración arqueológica de la isla en el año 2007, estaba segura de que estudiando la vegetación del área podría hacer importantes hallazgos. Fue así que se iniciaron los proyectos *Impacto de poblaciones humanas precolombinas en la vegetación del Parque Nacional Coiba* y *Ocupación precolombina de las islas del Parque Nacional Coiba*.

Isaza, investigadora principal del proyecto, señala que la composición de las especies vegetales del Parque Nacional Coiba da testimonio de la vida de las sociedades nativas americanas de hace 2,000 años.

**«El tomar conciencia del efecto a largo plazo, y hoy día ya de forma irreversible, que tienen nuestras actividades sobre el ambiente, nos debe ayudar a reflexionar sobre futuras acciones depredadoras y la necesidad de conservar ecosistemas y especies», asegura.**

A la investigadora y arqueóloga la acompañó en este estudio, la botánica Alicia Ibáñez, quien, desde el año 1997, tenía



experiencia en trabajar en la isla; en ese entonces laboraba para el Instituto Smithsonian, y el ingeniero Benjamín Name, quien en ese entonces trabajaba en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (Idiap).

«Los resultados sugieren que sociedades no industriales tuvieron un impacto considerable en los bosques tropicales húmedos», comentó Isaza; quien llegó a esta conclusión junto a la botánica Ibáñez y al ingeniero Name.

«Todavía es posible observar las consecuencias de sus actividades. Los isleños estaban relacionados con las sociedades de tierra firme con estructuras de liderazgo, dedicados a una economía de intercambio de productos locales (por ejemplo: pescado salado, conchas, perlas, lozas de cerámica, instrumentos de piedra, algodón, orfebrería, etc.), la pesca, la caza y la agricultura, sobre todo del maíz. Dentro del 80% del bosque no impactado por las actividades del penal o las exploraciones madereras, presentaban tipos de vegetación secundaria, generalmente helechos o lianas, que según nuestra hipótesis de trabajo podrían haber sido impactadas por antiguos pobladores», explicó Isaza.

Ibáñez, por su parte, explicó que las áreas escogidas se determinaron a través de imágenes satelitales: «Elegimos unas áreas que tenían algún tipo de anomalía en la vegetación, porque en una imagen de satélite de un bosque primario se ve todo uniforme, del mismo color; pero en Coiba había ciertas

áreas que presentaban un color diferente y que no habían sido intervenidas por el penal».

«Seleccionamos cuatro áreas diferentes de Coiba donde veíamos este tipo de perturbaciones en la imagen satelital, y yo también, en mis recorridos de Coiba, había visto anomalías en la vegetación», subrayó.

De acuerdo a la científica, el 80% de los bosques de Coiba no han sido perturbados por los humanos, por lo menos durante 500 años; pero antes no era así. Se cortaron muchos árboles, y probablemente la isla estaba bastante deforestada. El bosque se habría regenerado de forma natural una vez desaparecieron estas poblaciones. Sin embargo, se observa que hay zonas de Coiba donde no hay bosque, sino tipos de vegetación secundaria que impiden la completa regeneración del bosque.

El estudio, también sirvió de fundamento para el plan de manejo del Parque Nacional Coiba, que fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en el año 2005.

Entre los artefactos que se encontraron durante las excavaciones, se identifican fragmentos de lozas de cerámica, muestras de carbón vegetal adheridos a estas piezas e instrumentos de piedra; sin embargo, la arqueóloga panameña resalta que: «Aún es prematuro determinar si algunos de los artefactos que vemos en Coiba y sus islas vecinas fueron elaborados en las islas con materias primas locales o introducidos desde las zonas continentales, desde las cuales seguramente llegaron los pobladores precolombinos de Coiba».

Para ella, todas las piezas son relevantes, ninguna pieza es menos importante que la otra: «Todas tienen su importancia, son únicas, y su contexto arqueológico nos permite reconstruir la historia profunda de Coiba».





# Carlos Jaramillo

## La colección de plantas del neotrópico más grande del mundo

Con el objetivo de reconstruir la historia de la vegetación desde la formación de Panamá, el científico Carlos Jaramillo desarrolló el proyecto *Palinología de Panamá*, que se fundamentó en el estudio de polen fósil, con el que se registró el surgimiento y origen de las plantas en el Istmo.

Resulta importante reconocer el valor del polen en este tipo de investigaciones por su resistencia. Se puede encontrar polen de 300 millones de años, que ha quedado como registro de la vida vegetal en todas partes del planeta. Dentro de sus características destaca también su capacidad de dispersión por el viento y por encontrarse en todas partes. Aunque es imperceptible para los seres humanos, siempre está presente en el ambiente.

La metodología de este trabajo centró sus esfuerzos en la toma de muestras de rocas de distintos sectores geográficos del país, de donde se extrajo el polen para luego examinarlo a través del microscopio y definir así qué tipo de vegetación existía y su antigüedad. En la investigación se destaca la incorporación al equipo científico de las estudiantes de la Universidad de Panamá, Adhara De la Barrera y Atria De la Barrera.



Hace 22 millones de años, Panamá era un océano muy profundo. El territorio del Istmo, en Panamá central, emergió hace 20 millones de años. Los hallazgos de esta exploración registraron que en este periodo el polen y las semillas que conquistaron estas tierras provenían de Sudamérica; lo cual, al pasar miles de años, fue formando el bosque tropical húmedo con numerosa biomasa y nutrida densidad, que constituyó la diversa vegetación que posee el país en la actualidad.





El Instituto Smithsonian, cuenta en Panamá con la colección de polen del neotrópico más grande del mundo, con más de 30 mil especies, de las cuales, 25,000 han sido donadas por el científico Alan Graham, quién duró 40 años recolectándolas, además de las 5,000 que poseía y que estaban debidamente clasificadas.



La inversión estimada de este trabajo de colección es de 5 millones de balboas y empezó a digitalizarse hace tres años para que, a través de la modernidad de las comunicaciones y el internet, pueda ser apreciada en todo el mundo.

Esta investigación fue el inicio de otros estudios adicionales de palinología –disciplina de la botánica dedicada al estudio del polen y las esporas– y paleobotánica; entre ellos, los de variados grupos fósiles de frutos, semillas y árboles que se encontraron en el canal de Panamá. Aún hay rocas por examinar en distintos puntos del país, pero la investigación sirvió como base para otros estudios que se han ido realizando en los últimos diez años.

Las plantas, a pesar de que no se mueven, migran muy rápido, y a través del polen cruzaron el océano para poblar el territorio virgen que hoy es Panamá. Para toda actividad geológica, el polen sedimentado es de gran utilidad. Su registro es una herramienta ventajosa para entender las variaciones de las comunidades vegetales a lo largo del tiempo, y cómo ellas responden a cambios del gen, incluso cuando se realizan perforaciones; el estudio del polen en las rocas resulta de gran utilidad y es altamente eficiente en la búsqueda de carbón, petróleo y gas.





## Paleomagnetismo en el Istmo

La ampliación del canal de Panamá justificó la realización del primer estudio de paleomagnetismo en el Istmo, con la finalidad de conocer y documentar cómo el territorio panameño se ha desplazado a lo largo de los tiempos y cuál ha sido su impacto.

El geólogo Carlos Jaramillo, quién forma parte del equipo científico del Instituto Smithsonian, dirigió este proyecto de paleomagnetismo, cuya técnica se comenzó a utilizar a nivel mundial hace alrededor de 30 años, con el propósito de estudiar el campo magnético retenido en las rocas, además de conocer el campo geomagnético del pasado; es decir, permite analizar las huellas que quedan grabadas en las rocas a través de largos procesos físicos y químicos. Estas rocas permiten determinar la dirección del campo magnético terrestre y observar el movimiento de las placas tectónicas de la tierra.

Para realizar este estudio, un equipo de investigación conformado por seis especialistas locales, recogió muestras de rocas en diferentes sectores del país. La intención fue determinar hacia dónde estaba rotando la estructura terrestre, y con el magnetómetro de la Universidad de Florida (instrumento que sirve para medir la fuerza y la dirección de un campo magnético) se pudo calcular el magnetismo de las muestras, concentrándose la mayor parte de las actividades en la aplicación de las técnicas de geología en el trabajo de campo y la recolección de muestras.

Como señala el científico Jaramillo, Panamá –que forma parte de la placa del Caribe– se ha estado moviendo hacia el norte y al oriente. Esto se descubrió porque el paleomagnetismo permite ubicar una porción de roca y saber si se ha movido a lo largo de la latitud. Al medir el magnetismo de la roca, se puede conocer en qué posición geográfica se encontraba antes esa misma piedra.

El principal hallazgo de este estudio es conocer la historia geológica del territorio de Panamá, que en principio se movió desde el sur hacia el norte. El país está dividido en dos bloques: Panamá este está rotando en el sentido de las manecillas del reloj, mientras que Panamá oeste rota en sentido invertido, lo cual lleva a los especialistas a la conclusión de que eventualmente el territorio panameño va a fraccionarse en dos partes y, con esa ruptura de la superficie terrestre, se dividirá lo que actualmente

es el país, en dos mitades conectándose nuevamente el Caribe con el Atlántico para unirse en un solo océano, a lo largo de un periodo de cinco millones de años.

**Entre los múltiples aportes de esta investigación se conoció que el istmo de Panamá se formó hace 35 millones de años en el hemisferio sur y ha emigrado al hemisferio norte. Su latitud actualmente es de 10° del hemisferio norte, pero probablemente estaba a 10° en la latitud sur. Panamá está formada por volcanes extintos; el paisaje de hermosas montañas que se observa a lo largo de la carretera Panamericana, realmente es un arco de volcanes muertos que data de entre unos 10 y 40 millones de años.**

Los volcanes se forman en una línea recta, similar a los que están en Nicaragua, Chile, México y Japón. Sin embargo, en Panamá aparece doblado en forma de arco. Gracias a esta investigación, ahora se sabe que el arco se produjo cuando Panamá colisionó con Sudamérica y el extremo sur del Istmo se pegó y se hizo parte de la cordillera occidental de Colombia, lo cual ocurrió hace 11 millones de años y aún continúa en choque continuo.

Entre los mayores beneficios generados por esta investigación, destaca la adquisición de conocimientos científicos validados sobre los movimientos del istmo panameño. Esta información permitirá tomar mejores decisiones, fundamentalmente cuando se evalúe la explotación de recursos minerales y todo lo relacionado con la ubicación de la formación de estos recursos de acuerdo a la migración de la superficie y contra que áreas está colisionando Panamá, sumado a datos sobre el tipo de recursos minales existentes en función de la dirección, velocidad, movimiento y choque del bloque geológico.

Otra de las contribuciones de este proyecto está relacionada con la exploración de hidrocarburos, que arroja información sobre dónde pueden existir depósitos de petróleo y entender mejor la tectónica del país; es decir, cómo se está moviendo Panamá y sus desplazamientos sobre el manto terrestre, si hay fallas geológicas activas, inactivas o bien en proceso de reactivación.

# Julia Mayo

## Campañas de excavación del proyecto arqueológico El Caño

En el año 1926, El Caño fue excavado por primera vez por el coleccionista Hyatt Verril, quien buscaba piezas para el Museo del Indio Americano. Al finalizar la década del 50, el sitio fue excavado por Gerald Doyle, quien encontró un entierro cerca de uno de los alineamientos monolitos. En el año 1973 se «redescubre el sitio», cuando el ingenio azucarero La Estrella preparaba el terreno para la siembra de caña de azúcar.

En el año 1988, el arqueólogo panameño Carlos Fitzgerald excavó en los montículos identificados como M3 y M4. El doctor Fitzgerald llegó a la conclusión de que el sitio El Caño es parte de un sitio multicomponente y multifuncional, y que tanto el Sitio Conte como El Caño eran probablemente dos aspectos de un mismo centro ceremonial regional.

A una distancia de 2.5 kilómetros de El Caño, Sitio Conte era el yacimiento arqueológico precolombino más conocido del país, excavado en los años 30 por el Peabody Museum de la Universidad de Harvard, y en el año 1940 por la Universidad de Pensilvania. Antes de esta investigación, se consideraba que el cementerio especial de Sitio Conte era un elemento excepcional en la región y que El Caño era un templo, un centro ceremonial o parte de un conjunto ceremonial sin evidencias arqueológicas claras sobre su función exacta.

Julia Mayo coordinó el proyecto arqueológico de Coclé (2005-2007) y dirige el proyecto arqueológico El Caño desde el año 2008 a la actualidad.

Los proyectos, entrelazados entre sí, consisten, en términos generales, en estudiar la sociedad representada en los sitios de Sitio Conte y El Caño: los coclé.



Los proyectos en referencia se encuentran vinculados con la búsqueda de nuestros antepasados y el rescate de la memoria histórica antropológica, a través del estudio de cementerios, asentamientos y memoriales, que van más allá de los recuerdos que nunca más las generaciones presentes podrán soñar, ni imaginarse.

A la arqueóloga le interesó la cultura de Panamá motivada por publicaciones de la Universidad de Harvard referentes a Sitio Conte: la primera publicación, la cual data del año 1937, es la memoria de las excavaciones de este lugar: «En ellas se describe muy bien cómo eran las tumbas, quiénes eran enterrados en ellas, cómo se vestía a los muertos, cómo se les trataba, etc.». Poco después, en el año 1940 fue publicado un segundo tomo que es un magnífico estudio de las cerámicas de este lugar.

Empezó así a interesarse por las sociedades no estatales, pero altamente jerarquizadas de la zona, y por conocer mejor su estructura social y política.

## Proyecto arqueológico de Coclé: «Las Tumbas Doradas»

La necrópolis El Caño se encuentra ubicada en la provincia de Coclé y el viaje allí por vía terrestre demora dos horas desde la ciudad capital. Es el descubrimiento arqueológico más sobresaliente realizado en el Istmo en los últimos años. Su riqueza material y cultural marca el comienzo de una serie de importantes descubrimientos realizados por la arqueóloga panameña Julia Mayo.

La primera fase del proyecto consistió en una prospección arqueológica; es decir, un reconocimiento a pie y registro de los sitios arqueológicos de los valles de los ríos Grande y Coclé del Sur. Uno de los sitios visitados fue Sitio Conte, una necrópolis similar a El Caño localizada 2.5 kilómetros río abajo. Las dos necrópolis presentan alineamientos de columnas y tumbas.

Años de arduo trabajo han hecho posible otros hallazgos importantes: explotaciones mineras precolombinas, asentamientos fortificados relacionados con ellas y rocas con grabados rupestres.

Junto a Carlos Mayo, coinvestigador del proyecto, se confeccionó un plano de El Caño, incluyendo los montículos y molinitos del parque arqueológico.

Luego de cuatro años (2005-2009) de intensa búsqueda, los hermanos Mayo hallaron una de las tumbas más grandes de este lugar, la T2. Este descubrimiento representó un gran triunfo para la doctora Julia Mayo y su equipo de trabajo, y un significativo paso, sin precedentes, para la arqueología panameña.

Para avanzar con la investigación, se logró que la Universidad de París suministrara –en calidad de préstamo– un magnetómetro de vapor de cesio, para realizar un sondeo del subsuelo con el objetivo de encontrar otras estructuras enterradas. El trabajo fue realizado por el geofísico Alexis Mojica. Es importante destacar que tanto el mapa topográfico que realizó Carlos Mayo, como el trabajo que realizó Alexis Mojica, mostraron un área de relleno circular de 5,000 m<sup>2</sup>.

Así se establece un área de excavación en el interior del espacio circular y se excavaron 100 m<sup>2</sup> hasta una profundidad de medio metro, en donde fueron halladas dos capas de rellenos con las que fue cubierto el cementerio, con la clara intención de ocultarlo y protegerlo.

**Al excavar a mayor profundidad, se encontraron los restos carbonizados de las estructuras de maderas que cubrían en su momento algunas de estas tumbas. Finalmente, por debajo fueron hallados los entierros. Todos son entierros múltiples con entre 8 y 28 cuerpos. Son las tumbas de personas de alto estatus, enterradas con acompañantes.**

Las tumbas son excavadas muy despacio, utilizando pequeñas herramientas de madera, palaustres y brochas; avanzando con precaución y registrando al tiempo cada osamenta y artefacto. Esto da como resultado un plano final que muestra la ubicación de cada elemento.

Resulta relevante resaltar el aporte de este descubrimiento, pues fija el interés plasmado por una investigación basada en hallazgos anteriores, que propicia el seguimiento, la visión, el querer ampliar el conocimiento por las raíces de nuestros antepasados, su organización social y política y sus formas de gobierno. Estos hallazgos representan un legado que deberá servir para inspirar a nuevos arqueólogos e investigadores de otras ciencias, a proseguir y aportar nuevos esfuerzos y descubrimientos para un mejor conocimiento de nuestro pasado.

El descubrimiento de un cementerio de personas de alto estatus social en El Caño, traería consigo una serie de interrogantes de investigación que requerían de una atención profunda, pieza a pieza (hueso a hueso), lo que permitiría responder con propiedad los orígenes, causas de muerte y los tratamientos funerarios; por ello, era de vital importancia un proyecto que en una tercera etapa lograra obtener tal información.

Durante el proceso de excavación, se realizaron inventarios. A cada artefacto o muestra se le dio un número de registro, siguiendo una secuencia alfanumérica, y todo lo recogido fue guardado con una etiqueta en la que consta el número de registro, el lugar en que apareció la pieza, la fecha y una breve descripción.

Según explica la doctora Mayo, en todas las excavaciones ha estado presente siempre un inspector de la Dirección Nacional de Patrimonio Histórico, cuya labor principal consistió en levantar un contrainventario y velar por la transparencia del proceso de excavación.





La riqueza de El Caño representa un viaje retrospectivo a nuestras raíces indígenas; la importancia de este lugar no debemos buscarla en los objetos, en el oro, el cobre o las piedras preciosas, sino en la información que nos brinda de la historia y viejas culturas de nuestro país.

La doctora Mayo afirma que: «El análisis de los materiales no solo nos da información sobre la naturaleza del intercambio, sino también nos permite llegar a determinar con qué técnicas y tecnología fueron fabricados. Estamos haciendo análisis de los huesos de humanos para ver las patologías, posibles causas de muerte y tratamiento funerario de los cuerpos; se están analizando resinas y maderas para conocer cómo fue manejado el bosque, cuál fue el uso que se le dio a las diferentes especies y cómo fueron aprovechadas; se están analizando las resinas. Estas eran usadas para amortajar a los muertos, en los sahumerios, como adhesivos, para elaborar bonitos adornos. Con toda esta información estamos rescatando a un pueblo del olvido, del pasado más profundo, para traerlo al presente».

El hallazgo de El Caño, liderado por la doctora Mayo, ha demostrado que este lugar es igualmente un centro ceremonial, pero independiente de Sitio Conte y que, pese a su cercanía y su similitud de patrón funerario, son dos cementerios separados, pero que funcionaron de manera simultánea.

De acuerdo a la arqueóloga, la existencia de estos dos cementerios de élite cambia nuestra perspectiva sobre la extensión y complejidad de la jefatura a la cual representan. «Este descubrimiento implica tener una segunda oportunidad para excavar, con un equipo de investigadores liderados por dos científicos panameños. El Caño es una pequeña caja de sorpresas y el rincón del país con mayor concentración de datos sobre jefaturas de la región», enfatizó la doctora Mayo.

De El Caño se enviaron al exterior solo muestras de carbón para análisis radiométricos, muestras de carbón para identificar las especies de árboles usados para construir las tumbas, y muestras de resina para conocer las especies utilizadas para elaborar artefactos y para embalsamar a los muertos. No se han enviado piezas (artefactos) al exterior. Este hecho marca una fuerte diferencia con el manejo que se le dio al hallazgo de Sitio Conte, cuya mayoría de materiales culturales fueron llevados a otros museos y no retornaron.

Para hacer públicas estas magníficas piezas de El Caño, se habilitó una plataforma en internet con todas las fotos, las tumbas y objetos, para el que desee consultar y compartir datos con otros científicos. Se trata de un repositorio de datos de acceso público al que se puede acceder desde la siguiente dirección web: [www.oda-fec.org/nata](http://www.oda-fec.org/nata).

Cabe señalar que hasta la fecha se continúa trabajando en la identificación y proceso de registro de cada objeto o partes de esta extraordinaria investigación.

El 12 de abril del año 2019, la doctora Mayo y su equipo presentaron, en el Museo de El Caño, previamente rehabilitado por la Fundación El Caño, los artefactos hallados en las tumbas, en una excelente exposición, la cual permanecerá en este lugar de manera permanente.



## Proyecto arqueológico El Caño: el gran hallazgo

Después de las prospecciones de los valles de los ríos Grande y Coclé del Sur, la doctora Mayo decidió concentrar su esfuerzo en estudiar El Caño, un asentamiento que tradicionalmente era interpretado como el centro ceremonial del cementerio de Sitio Conte.

Ella enviaría, entonces a la Senacyt y a la National Geographic Magazine una propuesta para conseguir fondos y excavar en El Caño, con la promesa de encontrar grandes tumbas, similares a las halladas unos 80 años atrás en el cementerio de Sitio Conte. Y así fue como, un año después de iniciadas las excavaciones, se halló la primera gran tumba, la T2: las tumbas de un jefe guerrero enterrado con 26 individuos más, quienes fueron sacrificados para acompañarlo. Desde entonces, han sido excavadas seis grandes tumbas más, todas ellas de personas importantes enterradas con acompañantes.

**Las tumbas no solo contienen entierros, sino también miles de ofrendas a los muertos. Algunas de estas ofrendas se colocaban en las tumbas durante el entierro, pero otras eran llevadas a ellas mucho tiempo después, cuando los familiares y demás allegados de los difuntos visitaban sus tumbas. Por esta razón, cuando los arqueólogos abren estas tumbas se encuentran miles de ofrendas depositadas en ellas durante años. Las primeras ofrendas recogidas durante la excavación son las últimas depositadas.**

Eso fue precisamente lo que pasó en el año 2009, momento en que se descubrieron los restos de un niño vestido con pectoral y brazaletes de oro. El niño fue la última de las ofrendas al jefe guerrero enterrado en la tumba T2. No fueron reportadas ofrendas similares en las tumbas de Sitio Conte, y no sabemos si es porque no se hacían ofrendas después de pasado el entierro o porque los excavadores que trabajaron en este otro sitio no les dieron importancia y no las registraron. Otra diferencia importante de las tumbas de El Caño con respecto a las de Sitio Conte es que en el cementerio de Sitio Conte las personas de alto estatus eran enterradas junto a personas de bajo estatus,

y en El Caño no es así. El cementerio de El Caño tiene un sector destinado al entierro de personas importantes y otro destinado a las personas más humildes. ¿Qué es lo que esto indica? Esto pone en evidencia que el orden social en Sitio Conte y El Caño no era el mismo, y que, por lo tanto, son dos grupos diferentes.

**La forma como está organizado el cementerio de El Caño indica que la sociedad enterrada en este lugar era una sociedad estratificada, segregacionista y que la sociedad de Sitio Conte era una jerarquizada, menos compleja en términos de estructura social.**

«Sabíamos que teníamos algo grande entre manos y que en El Caño había grandes tumbas porque, tras documentarnos sobre cuáles eran las prácticas mortuorias en la región, vimos que existían muchas similitudes entre los sitios de El Caño y Sitio Conte, este último un cementerio muy conocido por sus grandes tumbas y entierros múltiples», afirma Julia Mayo.

Mayo explica que estas tumbas no eran simples fosas excavadas en el suelo, sino que los cuerpos eran colocados en cámaras mortuorias construidas en madera, y estaban cubiertas cada una de ellas por un gran rancho o bohío. El material usado, tanto para hacer la cámara funeraria como el bohío, fue la madera de manglar, que es una madera suave y muy resistente a las plagas. Sobre las cámaras mortuorias, las cuales estaban cerradas en su parte superior con una tapa de madera, se colocaban centenares de ofrendas. Con el tiempo esta tapa colapsaba sobre los cuerpos.





El cementerio encontrado en El Caño fue utilizado durante aproximadamente 300 años y pertenece a la tradición arqueológica Gran Coclé.

Los resultados del segundo proyecto de investigación fueron publicados en una edición de *National Geographic Magazine*, en el año 2012. El reportaje consiste en un relato del descubrimiento de las tumbas T1 y T2.

En la *Revista de Antropología Americana* se publicó un dossier completo sobre los resultados de las prospecciones del primer proyecto, y la antropóloga Mayo explica el sentido de las minas, sitios fortificados, las cerámicas más antiguas, los sitios con grabados y los clasificados. También se hicieron análisis de polen para interpretar los sitios con corrales de piedra y los montículos de El Caño.

También, producto de la investigación, se ha creado una plataforma en internet, un repositorio de datos donde se guardan los materiales, fotografías de las tumbas, de los entierros y los materiales afines.

Los objetivos de la plataforma son: 1) brindar la información a expertos interesados en los hallazgos, y 2) compartir los datos con estudiantes y público en general.

Ante el hallazgo de las tumbas, Mayo creó la Fundación El Caño, en el año 2011, como plataforma para el manejo de recursos económicos e intelectuales.

Esta iniciativa facilitó la creación del Centro de Investigaciones Arqueológicas del Istmo, el cual se encuentra en la Ciudad del Saber, edificio 231. La fundación ha firmado convenios con el Instituto Nacional de Cultura (Inac), la Senacyt y la Ciudad del Saber, entre otras instituciones. La Universidad Complutense de Madrid brindó la asesoría para la configuración y creación del *software* usado en el repositorio de datos de la fundación.

Como parte de su compromiso con el proyecto arqueológico El Caño, la Senacyt invirtió en estructuras de seguridad en el Parque Arqueológico El Caño: valla de seguridad perimetral, iluminación de la valla, cubierta para la excavación y una caja de seguridad para las piezas de oro.

Existen muchos beneficios y beneficiarios de este proyecto. Además del aporte para la arqueología, pues revela muchos datos relativos a los antiguos pobladores del Istmo, el proyecto reporta beneficio educativo, dado que contempla la difusión del conocimiento generado y se preocupa por hacerlo llegar a educadores y estudiantes. También conlleva beneficios turísticos, porque el parque arqueológico se encuentra en una de las provincias con mayor expectativa de desarrollo turístico del país y las excavaciones arqueológicas son algo que interesa mucho a todos, tanto nacionales como extranjeros, dado que el pasado siempre ha llamado la atención, ha despertado la curiosidad e imaginación del ser humano.



# Aaron O'Dea

## Paleontología del istmo de Panamá: de Veraguas a Guna Yala

Nuevos sitios y hallazgos de fósiles revelan información sobre la formación del istmo de Panamá. Desde el año 2007, varios viajes de científicos a las costas del Caribe revelan nuevos sitios de materiales fósiles. El equipo de investigadores encontró la cabeza de un delfín fosilizado que data de hace siete millones de años, lo que representa un importante hallazgo científico localizado en la Costa Abajo de Colón. Estos descubrimientos ayudan a entender la evolución del Istmo. La ciencia ha seleccionado a Panamá como referencia global para sus investigaciones.

En el nivel de educación básica general, en las clases de Estudios Sociales o Geografía, los niños en Panamá descubren que el Istmo tiene forma de una «S» acostada. ¿Cómo surge esta particular forma? Al respecto, el investigador Aaron O'Dea, del Instituto Smithsonian, en el proyecto *Formación del istmo de Panamá*, tiene importantes respuestas para estas interrogantes.



Señala el científico O'Dea que la idea del proyecto iniciado en el año 2007, era entender mejor cómo se formó el istmo de Panamá como puente biológico y barrera de los océanos. Asegura que hace 10 millones de años el istmo de Panamá, como puente completo, no existía.

Panamá está formada por microplacas que originalmente le daban una forma larga y plana. El Pacífico y América del Sur chocaron con el Caribe, y comprimieron al Istmo, lo que hizo que se doblara y tomara la forma de serpiente o «S» acostada. En el principio, esto ocurrió debajo del mar. Poco a poco, con los movimientos y las erupciones volcánicas, se formó un puente entre el sur y el norte de América hace aproximadamente tres millones de años. Antes de producirse el choque de las placas, el Istmo tenía una forma recta y alargada.

Antes de estas expediciones, solo se había investigado la costa de las provincias de Bocas del Toro y de Colón, pero no el golfo de los Mosquitos ni de la comarca Guna Yala. Se pudo diseñar un mapa geológico desde Colombia hasta Costa Rica.

Este recorrido se inicia en el año 2007 con un viaje que se realizó en el golfo de Mosquitos y después con un viaje de un mes desde Colón hasta toda la comarca Guna Yala, para descubrir las rocas y fósiles de la región que antes eran desconocidos. Se descubrieron muchos sitios nuevos de fósiles en la costa del Caribe que permiten asegurar el patrimonio y la historia del istmo de Panamá.

El equipo de investigadores incursionó más allá de las carreteras pavimentadas. El trabajo de campo los hizo adentrarse en el golfo de los Mosquitos, que está ubicado entre Veraguas y Bocas del Toro. Allí también el hallazgo de fósiles y sitios nuevos fue un descubrimiento que enriqueció los vacíos de información que existían, para así preservar nuestra historia.

«Gracias al registro de fósiles, hemos podido recolectar evidencias que nos llevan al pasado, no solo para añadirlas a la historia, sino para profundizar en otra línea de investigación y llenar vacíos de información que datan de 65 millones de años, para saber cómo surgió la tierra donde estamos. La ciencia es un territorio muy largo», asegura el científico.

Los resultados de la investigación han sido divulgados a través de un libro sobre la formación del istmo de Panamá y en diversas revistas científicas del mundo. «Me encuentro trabajando en un segundo libro sobre los 'efectos ecológicos en la formación del istmo de Panamá', en un formato para niños. Se incorporará al currículo, a través del Ministerio de Educación,



para incluir a jóvenes panameños que participarán en proyectos en conjunto con las universidades de Texas y Londres, lo que multiplicará los esfuerzos de estos investigadores», nos indica el doctor O'Dea.

El encuentro con las comunidades en Bocas del Toro, en el Biomuseo –ubicado en la ciudad de Panamá– y en las universidades, son los escenarios donde la ciencia se une a la cotidianidad de la gente, para despertar el sentido de pertenencia y la curiosidad por saber que hay más allá de una «S» acostada.





# Christian Strassnig

## Turismo, arqueología y desarrollo sostenible en el histórico Camino Real

Los orígenes de la investigación se ubican cuando, en el marco de un foro internacional en la Ciudad del Saber, en 2003<sup>2</sup>, se forma un grupo de estudio dedicado a analizar todo el patrimonio de la antigua Zona del Canal, que en la época había regresado a la jurisdicción panameña. El análisis incluía, además de identificar los recursos naturales y culturales, cómo aprovecharlos de manera sostenible.

El estudio incluía los parques nacionales, la arquitectura de la antigua Zona del Canal, el ferrocarril y el canal de Panamá. Había un especial interés en la biodiversidad y los caminos coloniales. Se disponía de información sobre el Camino de Cruces, su recorrido e importancia, para lo que se utilizaron diferentes fuentes de información, incluyendo mapas de los años 40.

Los caminos del Istmo fueron fundamentales en el proceso de conquista y colonización del Perú. Más de diez años después de la ruta del Camino Real, fue construido el Camino de Cruces, una ruta más larga que tenía tramos navegables peligrosos, pero que al ser plana favorecía más el tránsito de bienes voluminosos. Por la dilatada ruta se tardaba un día a pie de Panamá La Vieja al poblado de Cruces, seis días navegando por el río Chagres hasta el fuerte San Lorenzo, y otros más bordeando la costa atlántica hasta Portobelo.

Del Camino Real, a pesar de tener mayor longitud e importancia que el antes mencionado, se carecía de información casi en su totalidad. No fue difícil llegar a la conclusión que el tema menos conocido sería el más interesante para investigar.



Fue de esa forma que se iniciaron los estudios sobre el Camino Real: «la Ruta del Tesoro»<sup>3</sup>.

La primera visita fue al distrito de Nombre de Dios, acompañados de la directora y personal de Patrimonio Histórico del Instituto Nacional de Cultura (Inac) y del Patronato de Panamá Viejo, ya que estaba incluido como parte de la propuesta. La desembocadura del lago Alajuela marcó el inicio del Camino Real; «una idea loca», como la catalogaron algunos, al tratar de ubicar un camino perdido en la selva.

El lago Alajuela es el principal proveedor de agua para el funcionamiento del canal de Panamá; en varias épocas del año, existen partes bastante secas que proporcionan 3 o 4 sectores muy claros y visibles.

Es así como desde junio del año 2008, Christian Strassnig lidera un proyecto para identificar el trazo del camino, elaborar un plan de interpretación y de desarrollo turístico sostenible y establecer un proyecto piloto para su desarrollo sostenible. La propuesta incluyó la construcción de senderos interpretativos y espacios temáticos que generen movimiento turístico y otorguen a los actuales residentes una alternativa de desarrollo.

Comenta el investigador que el primer día recorrieron unos 25 kilómetros: «Ese mismo día se revisaron las diferentes secciones y encontramos unos 2.5 kilómetros del Camino Real, y de inmediato lo marcamos con GPS. Ese era el objetivo principal:

<sup>2</sup> Fórum: Design and Planning of Heritage Tourism for a Sustainable Development of Central America and the Caribbean, Ciudad del Saber, Panamá, 2003-2004.

<sup>3</sup> Christian Strassnig. *The Treasure Trail: A heritage tourism experience*, 2005.

encontrar un camino de cuya ubicación real se tenía muy poco conocimiento, hallarlo en el campo y mapearlo; porque solo conociendo su ubicación física, se puede aprovechar para el desarrollo sostenible y conservación».

Este camino fue establecido para llenar la necesidad de realizar una conexión con el mar Caribe y se creó a la par con la ciudad de Panamá, en el año 1519. Más bien la existencia de la ruta del Camino Real definió la ubicación de la ciudad de Panamá que viceversa. Desde ahí, Panamá fue el punto de partida para toda la exploración del área de la costa del Pacífico de las Américas.

El problema es que un camino que está en uso desde el año 1519 hasta finales del siglo XVIII-XIX, al dejarlo de usar, la selva en unos pocos años coloca un velo sobre la historia. Con machete en mano, avanzaron dentro de esta selva en un terreno rocoso, abrupto y escarpado. «Algunas veces se nos presentaba la paja canalera; la paja corta como cuchillo, crece muy densa y es caliente como pequeño infierno», nos comenta el doctor Strassnig.

Participaban, en promedio, de tres a cinco personas por expedición de campo: un antropólogo, un arqueólogo del Inac, guías locales –entre los que se destaca Molinar Toribio de la comunidad de Quebrada Ancha– que apoyaron con su conocimiento del área, y el investigador principal.

En ocasiones, el Patronato de Panamá Viejo apoyaba con un arqueólogo, y el explorador Luis Puleio aportaba sus conocimientos de sobrevivencia en la selva.

La misión del equipo investigador era encontrar y confirmar la existencia del Camino Real, su estado de conservación y además proponer un plan de turismo para integrar el camino a un desarrollo turístico sostenible que incluyera a los lugareños, una proyección de beneficios económicos, y de forma complementaria diseñar varios senderos que se pudieran recorrer, centros de visitantes, exhibiciones para conocer las culturas de las poblaciones que encontramos en esta ruta y hacer una interpretación veraz y cercana a la realidad de la época.

Sin embargo, dentro de esos mismos parques nacionales se han establecido muchas poblaciones de comunidades campesinas. Existen dentro del área protegida por donde atraviesa el Camino Real, bosques primarios, bosques intervenidos, zonas de potreros y áreas de cultivo.







Los pobladores viven de la agricultura, que impacta directamente a la cobertura natural del bosque, debido a que lo transforman en potreros y otras áreas que usa el hombre para su sobrevivencia, y este es el ángulo donde se enfoca la propuesta de ecoturismo para el Camino Real que permitirá el uso sostenible de las áreas con bosques.

**«El potencial del Camino Real es igual al que tienen en la actualidad el Camino de Santiago o el Camino del Inca. En este último, se maneja una cifra de 300 senderistas diarios, aproximadamente. En el caso de este camino, unos 200 visitantes diarios pudiesen generar ingresos por ecoturismo, altamente favorables para la población», nos indica el investigador.**

Durante el proyecto se realizó la primera prospección sistemática de sitios arqueológicos a lo largo del Camino Real. El resultado fue la delimitación del Camino Real (georreferenciado con GPS y marcado en un mapa), lo cual contribuyó al anteproyecto de ley número 22 de 14 de julio del año 2009, que propuso su declaración como monumento histórico nacional, pero que fue archivado en el año 2011. Además, este proyecto de investigación apoyado por la Senacyt, creó las bases científicas para la propuesta actual de la República de Panamá para incluir el Camino

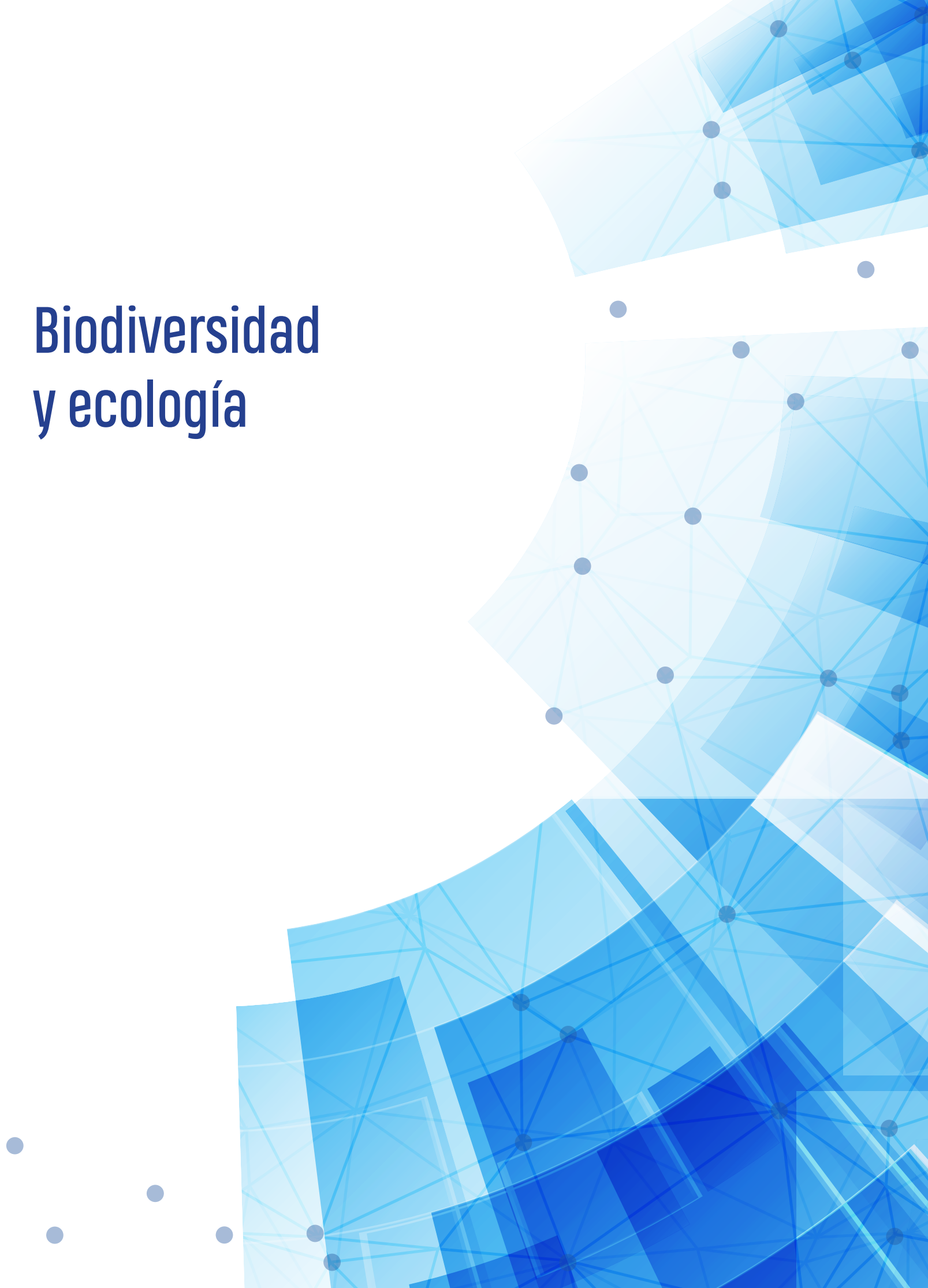
Real en conjunto con el Camino de Cruces, el sitio de Panamá La Vieja y el Casco Antiguo, en la lista de patrimonio mundial de la Unesco. La declaratoria elevará considerablemente la conservación del camino y el atractivo tanto del Camino Real como de Panamá en su calidad de destino turístico. El *Plan de desarrollo turístico sostenible y el concepto de la interpretación temática*, realizado en la etapa II, provee la base para la futura conservación y el aprovechamiento turístico del Camino Real.

Por la realización de la investigación ya hay beneficiados del proyecto, como las personas del área que colaboraron en él y los guías de las comunidades locales, que ya ofrecen su conocimiento adquirido para llevar turistas al Camino Real. Fueron particularmente las comunidades de La Tranquilla, Quebrada Ancha y Santa Librada, las que más se beneficiaron y colaboran en el proyecto.

Durante el estudio, el investigador creó la empresa denominada Cultour, dedicada al turismo cultural, la cual colabora con las comunidades al capacitarlos y promover turísticamente la ruta. Hasta el momento, más de 1,100 turistas ya recorrieron la ruta del Camino Real.

«Queremos unir la investigación base con el concepto de desarrollo. Primero la investigación, que es lo que crea las bases, la sustancia. El segundo paso es el trabajo con las comunidades para capacitarlas y contribuir al desarrollo sostenible de esta zona a través de las personas, utilizando el turismo cultural comunitario», expresó el investigador.

# Biodiversidad y ecología





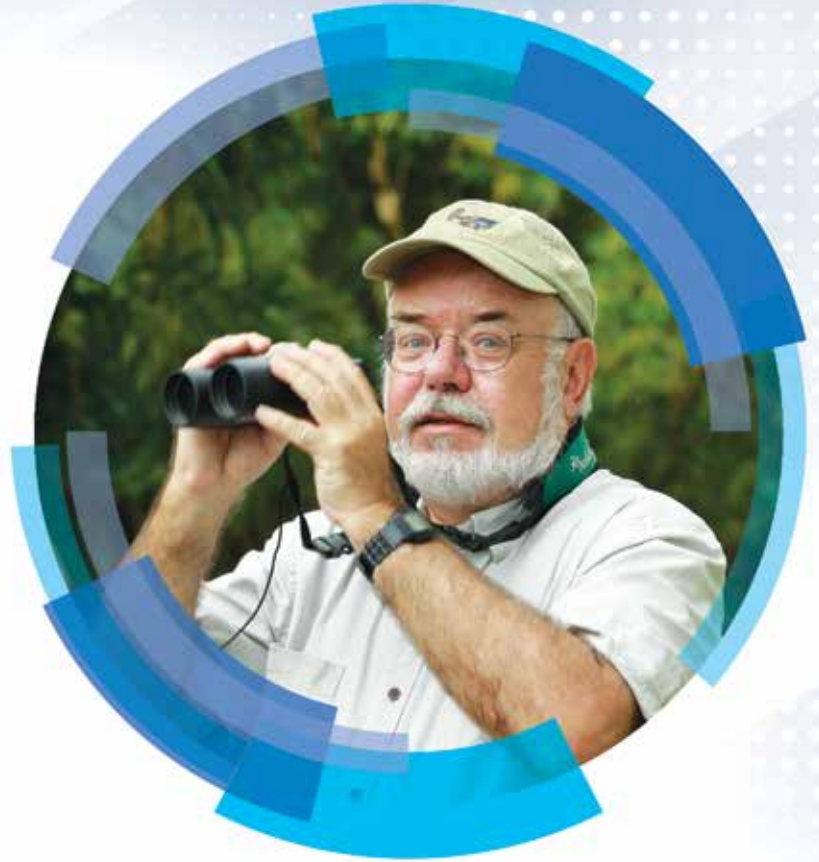


# George Angehr

## Nuevas especies de aves en isla Coiba

El canal de Panamá, reconocido mundialmente por ser una de las maravillas de la ingeniería moderna, también es referente en la comunidad científica para la realización de estudios, dada la gran diversidad de flora y fauna que se reúne en este paraíso tropical.

La atractiva abundancia de aves que habitan este país, así como las que transitan de paso por el efecto migratorio a causa de los cambios estacionales, es sin duda un fascinante mundo para explorar por ornitólogos que buscan despejar sus inquietudes científicas.



Motivados por conocer algunas especies de aves dentro de la isla, la investigadora Christina Blewett, en colaboración con el científico George Angehr, del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, emprenden el estudio: *Población, reproducción e investigación taxonómica de tres especies de aves amenazadas en isla Coiba*.

El campo de estudio comprendía a las especies de aves «cola de espina» de Coiba (viven solo en las islas Coiba y Ranchería), paloma de Coiba (habita en las islas Coiba, Ranchería, Jicarón y Cébacó, y en la península de Azuero) y campanero tricarunculado (en isla Coiba y tierras altas de Chiriquí, Costa Rica, Nicaragua, y Honduras). No hay registro de estudios de las primeras dos especies y es sumamente importante la investigación, dado que su rango de distribución es restringido. No existen estudios de campanero tricarunculado en Panamá.

Por un periodo de un año, la investigadora Blewett y la asistente Isis Ochoa, con el apoyo del guardabosques de la isla, procedieron a efectuar transectos en el bosque, lo que permitió elaborar la data sobre los tipos de alimentación, comportamiento y abundancia de especies, con el fin de darle forma al primer estudio sobre estas aves en Coiba.

El ave «cola de espina» originalmente fue descrita como subespecie de otra especie que vive en la Amazonía, que es una vasta región de la parte central y septentrional de América del Sur que comprende la selva tropical de la cuenca del Amazonas.



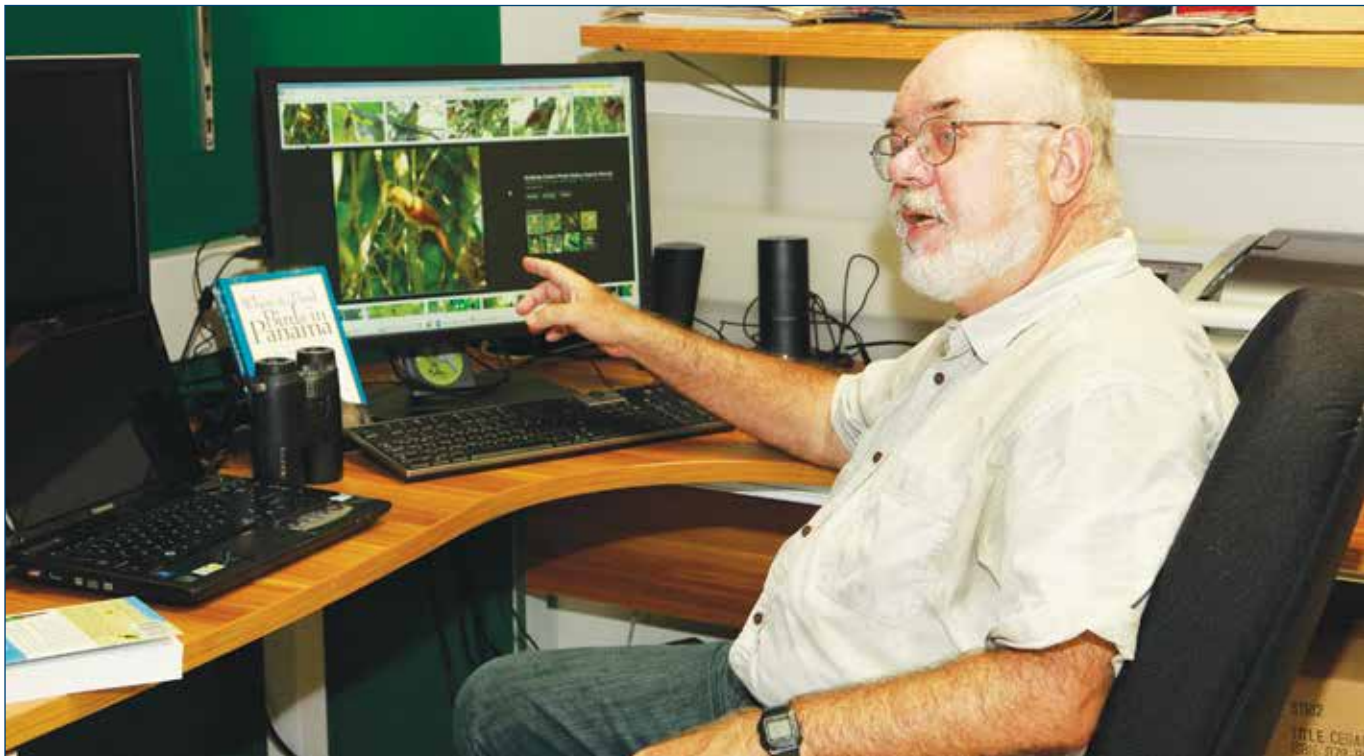
«Con mucho entusiasmo se puede reportar que el proyecto rindió sus frutos al descubrir que, al continuar con estudios más profundos sobre los cantos, conductas y cómo construyen sus nidos las aves 'cola de espina', se llegó a la conclusión de que es una especie distinta; por ello se solicitó ante la American Ornithological Union separarla de la especie que habita en la Amazonía por ser una especie particular», destacó Angehr.

Agrega que igual condición se registró con el ave «paloma de Coiba», que fue descrita originalmente como subespecie de la paloma cabeciceniza de Centroamérica. Al efectuar todos los análisis de sus características, se detectó que no eran de la misma especie, por ende el hallazgo permitió identificar una nueva especie de ave que solo habita en la isla de Coiba e islas cercanas y en el área de Azuero.

«En cambio, con el ave 'campanero', luego de diversos estudios de campo rigurosos, se constató que esa especie fue reproduciéndose en la isla y se mantuvo como ave migratoria, debido a que existían dudas sobre si migraba entre las tierras altas de Chiriquí y la isla», indicó el científico.



Definitivamente, el ecosistema del Istmo siempre despierta el interés de investigadores nacionales y extranjeros ávidos de hacer ciencia y brindar aportes que ayuden a mantener el equilibrio de la vida, tal como es el caso de esta investigación que resultó en la identificación de unas nuevas y exclusivas especies.



# Ivania Cerón Souza

## Diversidad genética y ecofisiología del complejo híbrido del mangle rojo

En medio de un vertiginoso desarrollo urbanístico, de plazas comerciales y un incremento en el campo de las telecomunicaciones que sitúan a Panamá entre las ciudades con más rápido crecimiento y progreso de la región, también la lupa de renombrados investigadores fijó su mirada hacia Panamá para indagar sobre la hibridación de una especie que muy pocos contemplan y que constituye parte fundamental de nuestro ecosistema.

Nos referimos a las dos especies de mangle rojo: *Rhizophora mangle* y *Rhizophora racemosa*. Ambas se encuentran en la costa pacífica. Desde las primeras descripciones de los manglares de América, se tuvo la sospecha de que estas dos especies hibridaban, porque muchas veces se veían individuos con características intermedias entre las dos especies de mangle rojo. A estos intermedios se les dio el nombre de *R. harrisonii*. Sin embargo, siempre se tuvo la duda de si se trataba de un híbrido o era una tercera especie del género *Rhizophora*. Para contestar esta pregunta, la doctora Cerón, durante su doctorado, utilizó diferentes marcadores moleculares y encontró que los individuos intermedios que se clasifican como *R. harrisonii*, son híbridos y retrocruces entre las dos especies parentales: *R. mangle* y *R. racemosa*. Sin embargo, la pregunta que surgió luego de determinar que efectivamente se trataba de híbridos, fue identificar por qué las especies parentales siguen manteniendo su identidad genética a pesar de que no hay barreras para reproducirse entre ellas. Para contestar esta pregunta, la doctora Cerón lideró un equipo conformado por venezolanos y españoles para trabajar en zonas híbridas de Panamá (Pacífico) y Venezuela (Atlántico).



En el Pacífico trabajaron en la desembocadura del río Guabitas, en el distrito de Antón, provincia de Coclé. Allí midieron la fenología (proceso para establecer cuando hay frutos, flores de cada una de las especies y las diferencias del suelo y la salinidad). También analizan la fisiología y miden los isótopos de las hojas.

**El resultado del estudio en Panamá sugiere que las dos especies parentales tienen diferencias en la tolerancia a la salinidad, donde *R. mangle* parece ser más tolerante a la salinidad que *R. racemosa*. Sin embargo, se necesitan más estudios controlados que prueben esta hipótesis.**

A partir de este estudio, surgen muchas aristas que reafirman, una vez más, la necesidad de preservar nuestros ecosistemas, en especial los manglares, pues son una pieza importante tanto para la ecología como para la economía. La doctora Cerón advierte que este conjunto de especies en Panamá y en Centroamérica se encuentra bajo amenaza, y este tipo de estudios confirma que son la base para la diversidad de especies como peces y crustáceos en las costas, que constituyen laboratorios naturales.





Cerón reitera que es importante la conservación del mangle rojo, ya que su característica peculiar, la hibridación, que ocurre de forma natural, permite que estas especies sigan intercambiando variación genética adaptativa, resistiendo a los sistemas costeros que son altos en salinidad.

La Biología, como disciplina, busca preservar la vida de todos los ecosistemas y compartir sus resultados en esta época sin fronteras para la información. Los resultados del proyecto sobre la hibridación de los manglares, liderado por la doctora Cerón, se publicaron en la revista *Plant Ecology*. Fueron dos años de investigación en el Istmo.

Panamá, una vez más, es considerada punto focal para el desarrollo de relevantes investigaciones científicas, por la gran diversidad de su ecosistema. Ello contribuye a descubrimientos sin precedentes que dan aportes significativos para la preservación de todas las especies.





## Aydeé Cornejo

### Parque Nacional Campana: aspectos bioecológicos de la entomofauna acuática

En Panamá, a pesar de ser un país rico en agua dulce, el conocimiento de la entomofauna acuática es apenas incipiente, ya que gran parte de los estudios reportados se limitan a levantamiento de inventarios de la macrofauna a un nivel taxonómico general y sin profundizar en aspectos ecológicos.

Motivada por la necesidad de obtener información nacional y específica sobre esta temática, la doctora Aydeé Cornejo realizó un trabajo tendiente a preparar recurso humano y a profundizar en aspectos ecológicos de la fauna acuática en función del proyecto: *Aspectos bioecológicos de la entomofauna acuática en los ríos del Parque Nacional Campana*.

El objetivo principal era conocer un poco más acerca de la ecología y biología de los insectos acuáticos, que son organismos

que pueden ser utilizados como bioindicadores para la calidad del agua. Ellos son el principal componente de las comunidades de macroinvertebrados de aguas dulces, que son organismos que se pueden observar a simple vista (diámetro de 5 milímetros de longitud); y fueron seleccionados para este estudio, debido a su amplia distribución, sedentarismo, sensibilidad a perturbaciones ambientales y largos ciclos de vida en el agua.





Los insectos que viven en los cursos de los ríos, debajo de las piedras y la vegetación que los rodea, son indicadores de cómo es la calidad del agua, porque permiten conocer, dependiendo de su presencia o ausencia, qué pasó o está pasando allí donde el agua fluye.

Los ecosistemas no solo ayudan a preservar y mejorar la calidad del agua, también sirven como indicadores y agentes para la conservación de ríos y quebradas, en las que desempeñan un papel fundamental los macroinvertebrados (animales invertebrados), habitantes de los recursos hídricos de aguas dulces, denominados ecosistemas lénticos, o de aguas tranquilas; y lóticos, o de aguas rápidas.

Como resultados directos y positivos de este trabajo, se capacitaron tres estudiantes de licenciatura de la carrera de Biología de la Universidad de Panamá, un estudiante de licenciatura de



la carrera de Química de la Universidad de Panamá y se realizó una tesis de maestría en el Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá. Se generaron tres artículos científicos que logran aportar al conocimiento aspectos biológicos de la entomofauna acuática, así como su valor con indicadores de la calidad del agua.



# Ana Luisa García y Luis Cubilla

## Condiciones ambientales y sanitarias de las aguas del Parque Nacional Coiba: manejo de áreas de uso público

Los investigadores Luis Cubilla, de la Universidad de Panamá; Ana Luisa García, del Ministerio de Ambiente; Diana Araúz, del Centro Internacional de Investigación y Desarrollo Científico Experimental; Félix Rodríguez, del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; Hendrick Fuentes y Diana Pérez, de la Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá; y Manuel Zárate, de Planeta Panamá Consultores, S.A., trabajaron en la evaluación y monitoreo de las condiciones ambientales y sanitarias del Parque Nacional Coiba (PNC).

La investigación denominada *Evaluación y monitoreo de las condiciones ambientales y sanitarias de las aguas del Parque Nacional Coiba en el manejo de áreas de uso público*, respondió a la necesidad de conocer la relación que debe existir entre el estudio del medio ambiente y la planificación del desarrollo, con el fin de propiciar un desarrollo sostenido de un patrimonio natural, como lo es el Parque Nacional Coiba y sus zonas de influencia.

El equipo de investigación estableció una línea base ambiental a través de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas, y la calidad de los sedimentos marinos en zonas puntuales del área de influencia del PNC. En este contexto, se estudiaron cuatro componentes: la caracterización oceanográfica de los ambientes costeros del PNC y de la zona de influencia, la calidad de los sedimentos marinos de bahía Damas y las zonas de influencia, el estudio hidroquímico del río



Catival, y fueron establecidos preliminarmente los indicadores microbiológicos de contaminación de las aguas en las zonas de influencias de bahía Honda y punta Pajarón.

Por consiguiente, se cuenta con la caracterización oceanográfica de la isla Coiba; datos de línea base de la calidad del agua del río Catival, en relación con la presencia de contaminantes como metales pesados y plaguicidas; el nivel de los nutrientes y los parámetros físicos. A nivel académico, se produjeron dos tesis de licenciatura y una de maestría, y fue publicado un artículo científico sobre el «Nivel de contaminación y distribución espacial de metales pesados en sedimentos superficiales de bahía Damas, isla Coiba».

**Los resultados del estudio advierten sobre la vulnerabilidad del ecosistema marino y el impacto de las actividades antropogénicas. Los visitantes y usuarios del área protegida pueden transformar la calidad de las aguas superficiales, en muchos casos de manera involuntaria, por el desconocimiento de los impactos que genera su actividad.**

Por otro lado, fue establecido que las aguas del río Catival eran óptimas y de buena calidad. A través del estudio se pudo comprobar que hay zonas, dentro del área de influencia del

PNC, particularmente bahía Honda, en donde las actividades de producción sostenibles pueden favorecer el desarrollo de la comunidad e impactarían de manera positiva la economía de las comunidades aledañas. Se sugiere que sean actividades que, desde la perspectiva ambiental y manejo, pueden bajar la presión sobre los recursos pesqueros.

La calidad de las aguas superficiales está relacionada con la calidad de los sedimentos marinos. Los sedimentos marinos pueden modificarse de acuerdo con el impacto de las diversas actividades que se desarrollen en la zona.

Los resultados del estudio *Evaluación y monitoreo de las condiciones ambientales y sanitarias del Parque Nacional Coiba*, constituyen una línea de referencia o una base que permitió conocer el estado ambiental de algunas áreas del PNC y sus áreas de influencia.

Los resultados son claves para determinar la capacidad de carga que puede soportar el ecosistema antes de iniciar alguna actividad de desarrollo, por ejemplo, turística, manteniendo además un programa de monitoreo continuo para poder tomar decisiones con bases científicas a lo largo del tiempo sobre el desarrollo de estas actividades de acuerdo con los cambios ocasionados al ecosistema.



Por último, consideramos que la generación de conocimiento ambiental que se ha desarrollado y creado bajo este proyecto, es una fortaleza para el desarrollo de las capacidades nacionales y para la toma de decisiones en el manejo de los recursos marino-costeros del Estado.





## Eric Flores

### Vegetación y capa orgánica en los procesos ecohidrológicos de los bosques montanos tropicales

Panamá, considerado uno de los países de Centroamérica con una exuberante y diversa vegetación del trópico, conserva además bosques que son los pulmones de las ciudades y hospederos de una rica biodiversidad aún por conocer. Pero la agricultura de subsistencia y los asentamientos humanos no planificados ponen en peligro su existencia y, por ende, la conservación de uno de los recursos naturales no renovables: el agua.

La cuenca alta del río Santa María, que se ubica en el distrito de Santa Fe, provincia de Veraguas, y que alberga parte del Parque Nacional Santa Fe, considerada una zona importante para la producción hídrica, se convirtió en el sitio ideal para que investigadores panameños iniciaran la ejecución del proyecto *La importancia de la vegetación de la capa orgánica en el proceso hidrológico de los bosques montanos en Panamá*.

Eric Flores, investigador asociado al Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (Cathalac), actualmente asociado a Indicasat-AIP, e investigador del Sistema Nacional de Investigación de la Senacyt, junto a la doctora Luitgard Schwendenmann, de la Universidad de Göttingen en Alemania (actualmente en la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda), estudiaron la dinámica del proceso hídrico y cómo diferentes coberturas del suelo pueden afectar el uso del agua en esta área.

**Nos explica el investigador que: «Por primera vez se logra demostrar los tipos de uso del agua por diferentes coberturas boscosas en esta cuenca.**



**En el parque nacional existe una zona alta, donde la existencia de cobertura boscosa –tanto primaria como secundaria– permite el almacenaje del agua en el perfil del suelo, y al cambiarse el uso del suelo, se impacta el ciclo natural que toma el agua en estos ecosistemas montañosos.**

Según Flores, en las áreas de las coberturas de pasto se hacía un uso ineficiente del agua, que absorbe el agua de las capas superficiales; es decir, se infiltraba en los primeros 30 cm de suelo, las cubiertas de pasto lo absorbían y automáticamente la transpiraban; esto significa que no permitía que se percolara el agua y se incorporara al acuífero de la cuenca.

Esta información es de suma importancia para los tomadores de decisiones, indica el investigador, al permitir a quien administra un área protegida o una cuenca, conocer y entender las dinámicas de la cobertura de los suelos, lo cual nos lleva a estrenar nuevas tecnologías que conserven el agua, el suelo y técnicas para evitar la erosión.

Durante el estudio se instalaron, de forma artesanal, tanques con embudos grandes en las diferentes coberturas boscosas: primario, secundario, pastizal y en los terrenos de cultivos; se midió el agua que caía; luego, con sensores de humedad, se analizó el agua que se infiltraba y, finalmente, usando la metodología de los isótopos estables, se pudo detectar hacia dónde iba el agua.





Durante el proyecto se estudió la partición de la lluvia que atravesaba el dosel y discurría por el tronco hacia el suelo; luego la planta la usaba y transpiraba, lo cual permitió estimar los distintos porcentajes que cada componente del estrato boscoso aporta a la partición de la lluvia y la eficiencia en su transporte.

**Destacó Flores que otro de los hallazgos durante la investigación es que en la mayoría de los predios se utilizan muy pocos fertilizantes por factor económico, y la agricultura subsiste gracias a un sistema de rotación, favorecido por suelos aptos y la todavía abundante lluvia.**

Se determinaron cantidades notables de nutrientes en la lluvia, lo que probablemente se deba a que, durante la estación seca, los vientos de norte del Caribe traen muchos minerales, al tiempo que los campesinos tumban y queman los rastrojos. Al ser una agricultura de roza y quema, esos minerales se elevan como partículas pequeñas, suben a las nubes y vuelven a caer en forma de lluvia o rocío, incluso el denominado bajareque, propio de Tierras Altas con una considerable cantidad de minerales. No obstante, es necesaria la introducción de otras alternativas como la agricultura orgánica, la agroforestería y la restauración de bosques para garantizar el flujo de agua en la cuenca, en cantidad y calidad.

Ese proceso –agrega Flores– permite que discurra el agua al suelo, aunado a una cantidad de minerales que logra mantener ese ciclo productivo, lo cual da como resultado una agricultura de subsistencia con muy poco o nulo uso de fertilizantes. Todo esto es posible conocerlo gracias a los aportes de la ciencia.

Se espera que los estudios continúen expandiéndose a otras cuencas prioritarias en Panamá; por ejemplo, a la cuenca del río Chico de Coclé, y darle continuidad al monitoreo de datos bioclimáticos, ya que hay una carencia de información en esta materia en la cuenca alta del río Santa María.



# Héctor M. Guzmán

## Telemetría: herramienta tecnológica para entender la migración de las ballenas

Para iniciar este estudio fue necesario contar con la autorización del Ministerio del Ambiente y del Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Este proyecto buscaba promover iniciativas gubernamentales hacia la integración, en la conservación de hábitat que utiliza la ballena jorobada en su ciclo migratorio.

El cambio de estación es el motor de la migración de las ballenas jorobadas que habitan en el Pacífico sur. Durante el verano se alimentan en el oeste de la península antártica y en el sur de Chile; luego migran a aguas tropicales desde el norte de Perú hasta el centro de Costa Rica, en la temporada de reproducción durante el invierno austral. No obstante, Panamá recibe la visita de dos hemisferios: ballenas que vienen migrando desde Chile y una segunda población proveniente de Alaska.

Para aumentar el conocimiento sobre las rutas migratorias de estos cetáceos a su paso por los hábitats de Panamá, se instalaron 23 transmisores satelitales a las ballenas jorobadas del archipiélago de Las Perlas. Con la telemetría satelital, las coordenadas e información son transmitidas del transmisor instalado en la ballena (debajo de la aleta dorsal de la especie) a la red de satélites Argos y hacia las computadoras. Esta innovación facilitó obtener datos más precisos, y en tiempo real, sobre el comportamiento y movimientos locales y regionales de las ballenas.

**La telemetría satelital arrojó hallazgos importantes: determinó que las ballenas jorobadas hembras se mantienen en constante movimiento, por**



**lo que no suelen permanecer en un mismo lugar como se creía. Durante tres o cuatro meses, las ballenas se mueven, además de dentro de todo el golfo de Panamá, a Coiba, al golfo de Chiriquí, al área de Azuero, a isla Iguana y al norte de Chame, entre otros sitios. Se demostró que el área de cría se extiende entre Colombia, Costa Rica y Panamá.**

Pudimos observar que, en las zonas de reproducción, es frecuente la conformación de grupos constituidos por la madre y su cría, a veces asociados a uno o más adultos machos que esperan la oportunidad de aparearse con la hembra lactante. En algunos casos, estos grupos «competitivos» pueden conformarse por más de 20 individuos adultos.

Los patrones de uso de la zona costera varían mucho en la región, con preferencia por los sistemas insulares. Aunque las ballenas jorobadas se caracterizan por la alta movilidad de los individuos, las hembras y sus crías tienden a preferir aguas someras o cercanas a la costa, tanto para su reproducción como para la cría. Panamá, por su conjunto insular, crea ambientes protegidos y de aguas calmadas donde las ballenas pueden entrar a tener sus crías.

Esta investigación logró aportar datos sobre la migración hacia el estrecho de Magallanes o la Antártida; la madre con sus crías, que representan un 25% de la población de su especie,

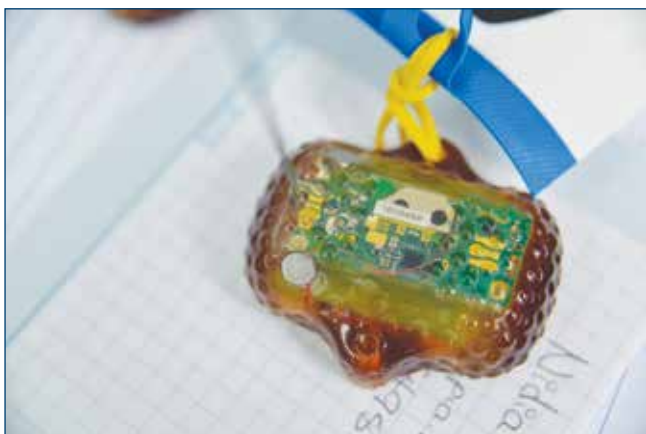




toman la ruta costera –que es la más larga– para sentirse más seguras y evitar, aparentemente, a los predadores; es necesario recordar que los ballenatos no tienen suficiente energía, dado que la velocidad de las ballenas durante la migración –de 65 y 160 kilómetros por día– registra un 30% de disminución en el caso de madres con crías.

Durante esta investigación, se pudo realizar el registro del tiempo de migración, de unos 50 días en el caso de los adultos sin crías y de hasta 70 días en el caso de las madres con ballenatos. En las rutas migratorias de las ballenas jorobadas en el archipiélago de Las Perlas, se identificaron aproximadamente 250 individuos distintos en varios años de análisis.

El proyecto inicial tuvo una duración de dos años en Panamá y permitió transferir un cúmulo de conocimientos a otros países: Chile, Perú, Costa Rica y México, lo cual permitió generar nuevos donantes para comprar otros transmisores y extender los estudios a estos países. A la fecha, se han realizado cuatro publicaciones científicas y se han marcado más de 110 ballenas.



Este estudio provocó adecuar planes de políticas ambientales. El 1 de diciembre del año 2014, la República de Panamá implementó un nuevo sistema de ordenamiento marítimo, caracterizado por un dispositivo de separación de tráfico denominado Separation Scheme (TSS, por sus siglas en inglés), aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI).



Esto se logró al trabajar en conjunto con la Autoridad Marítima de Panamá y un capitán de la Autoridad del canal de Panamá.

«Con este dispositivo de separación de tráfico y/o autopista virtual, logramos ordenar el sentido de circulación de las embarcaciones que salen o se dirigen hacia el canal de Panamá y sus puertos, reduciendo los riesgos de posibles colisiones en la migración de las ballenas jorobadas. Este estudio, basado en ciencia pura, desencadenó una estrategia pública e internacional para la conservación de la especie animal», indicó el investigador.

El atractivo natural, económico y científico de esta especie la convierte en un símbolo para la valoración general o más amplia de la biodiversidad marina del país, por lo que su conservación conlleva beneficios culturales, de ampliación y apropiación de procesos más integrales de conservación.



# Omar López

## Flora exótica de Panamá: distribución, abundancia y consecuencias ecológicas

En Panamá, basta con salir de las zonas urbanas y más habitadas para poder apreciar y disfrutar la fuerza y frondosidad con que crece la vegetación. Esto gracias, en gran parte, a nuestras cálidas y estables temperaturas durante todo el año, y por supuesto también a la larga temporada de lluvias que permite a la tierra «hidratarse» y enriquecerse con el arrastre de sedimentos ricos para asegurar el buen crecimiento de las plantas. Además de su gran diversidad biológica, los ecosistemas del país son variados y permiten disfrutar de una gran variedad de frutas como el guineo, el mango, la piña, el marañón, la guanábana, el mamón chino, la guinda, el tamarindo y el coco, entre otras tantas.

Sin embargo, si profundizamos e investigamos un poco más, tras ese primer vistazo de la rica naturaleza de nuestro país, nos asalta con una gran sorpresa: muchas de las especies de plantas en nuestro alrededor, que consumimos, no son propias de nuestro territorio. A estas especies se les conoce ecológicamente como especies exóticas o introducidas.

Por ejemplo, sabemos que entre los productos «panameños de toda la vida», los cocos llegaron por mar y sin la intervención del hombre, y que se adaptaron perfectamente a las costas del Nuevo Mundo. De igual manera, tanto los guineos como los mangos y el tamarindo no son autóctonos, aunque tienen tanto tiempo de ser parte de nuestros patios que los consideramos como propios.

La gran movilidad transoceánica acorta, hoy día, las distancias geográficas. Esto ha contribuido a que muchas especies de plantas y animales hayan podido cruzar de un continente a otro con mucha facilidad. El resultado es un incremento exponencial en el número de especies exóticas que rápidamente



colonizan nuevos hábitats y pueden convertirse en una amenaza para la biodiversidad y estabilidad de los ecosistemas.

**A estas especies exóticas, con mayor potencial de impactar los ecosistemas, se les denomina especies invasoras. Es por esto que es imperante investigar, de manera científica, cuáles especies de plantas que se encuentran en el país son exóticas, así como también evaluar el grado de peligrosidad que estas podrían representar para el manejo y protección de nuestros ecosistemas.**

El conocer más sobre las especies exóticas y cómo podrían alterar los ecosistemas autóctonos fue el punto de partida que inquietó al investigador panameño Omar López Alfano, ahora secretario técnico del Sistema Nacional de Investigación de la Senacyt, para desarrollar el proyecto: *La flora exótica de Panamá: distribución, abundancia y consecuencias ecológicas de especies introducidas (2007-2008)*.

Esta investigación tuvo como objetivo principal inventariar, catalogar y determinar cuantitativamente el estado de la flora exótica y, sobre todo, conocer su potencial invasor en el territorio nacional, como punto de partida en el diseño de una estrategia para enfrentar los peligros ecológicos provocados por las plantas exóticas.



Para lograr ese fin, se realizó un inventario con cerca de tres mil visitas u observaciones en diversas localidades del territorio nacional (excluidas las áreas comarcales), y se comprobó que muchas especies de plantas exóticas están ampliamente naturalizadas o establecidas a lo largo y ancho del país y representadas en las distintas zonas de vida del territorio. Un caso particular es la especie popularmente conocida como paja blanca (*Saccharum spontaneum*), introducida aparentemente para el control de erosión en la cuenca del canal de Panamá. La paja blanca es una especie que impide el desarrollo normal de la sucesión ecológica de especies nativas pioneras y aumenta la frecuencia e intensidad de fuegos forestales, lo que constituye una amenaza para la recuperación de los bosques en la cuenca del Canal. Otras especies problemáticas incluyen al higuerrillo (*Ricinus communis*), el camarón bronce (*Flemingia strobilifera*) y el kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*).

La recopilación y análisis de los datos de esta investigación generó varios productos. Se publicó el libro titulado: *Algunas plantas exóticas introducidas en Panamá: orígenes, usos y ecología*, cuyo contenido recoge información de unas 40 especies, algunas ornamentales y otras invasivas. Se presentan imágenes y datos descriptivos de su ecología, origen geográfico, cómo se cultivan y posibles riesgos para la salud o el ecosistema (tóxicos o invasivos). Se confeccionó, además, un portal virtual de captura de datos para su registro por los estudiantes encargados del muestro en las distintas provincias del país. También se publicó el artículo científico «Introduced alien plant species in the neotropics: the Panama case», en la revista científica *The Open Ecology Journal*, el cual propone que, en Panamá, el número de especies de plantas exóticas se explica por la densidad poblacional y está potencialmente vinculado a la perturbación de los bosques nativos. Si bien pocas especies parecen ser invasoras

en Panamá, el rápido cambio en el uso de la tierra podría promover el éxito de las especies exóticas con graves consecuencias para la economía y la biodiversidad de los países tropicales.

Además, los resultados del estudio se divulgaron mediante charlas impartidas en el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, en el Museo de la Biodiversidad, la Universidad de Panamá, la Universidad Autónoma de Chiriquí y en los congresos nacionales de ciencia y tecnología.

La base de datos, levantada con los resultados, ha sido compartida con el Ministerio de Ambiente (MiAmbiente). Se coordinaron esfuerzos con la Unidad de Acceso al Recurso Genético (Unargen), del Ministerio de Ambiente, para fortalecer el manejo y control de la flora exótica mediante charlas al personal técnico. Adicionalmente, la información recopilada en el proyecto permitió generar una lista priorizada de especies potencialmente problemáticas, para sugerir medidas para su prevención y/o manejo.

**Al inicio de esta investigación, se tenía una lista de 362 especies exóticas. Pero en el año 2008, cuando concluyó, se determinó un aproximado de más de 800 especies de plantas introducidas de otras partes del mundo.**

A pesar de este esfuerzo, es evidente que el país cuenta con un subregistro de especies exóticas, por lo que se recomienda continuar con esfuerzos de monitoreo de la flora exótica.

Según el proyecto: «Es importante considerar una política pública para el monitoreo, manejo y control de especies exóticas, que eleve el conocimiento general sobre especies exóticas y sus posibles consecuencias ecológicas», confirma el doctor Omar López Alfano.





## Bosques de *Prioria copaífera* (cativo) en el Pacífico panameño

Este proyecto tuvo su génesis en el año 1998, cuando a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (Inrenare) y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, se identificó el cativo, un árbol nativo cuya materia prima es utilizada para la elaboración del *playwood* nacional, como una prioridad forestal, dada su ocurrencia en grandes extensiones conformadas por rodales puros e inundables de las riveras de los ríos Chucunaque, Sambú, Tuira, Marea y Balsas, en la provincia de Darién.

En aquella época, se propuso elevar un estudio de la ecología de los cativales, como comúnmente se conoce a los bosques dominados por esta especie en la provincia de Darién, con miras al manejo sostenible del cativo y de la tagua (*Phytelphas*, especie importante en la fabricación de artesanías), que también se encuentra distribuida a lo largo de las tierras bajas del Pacífico de Panamá. Los fondos de este proyecto fueron aportados por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), y ascendieron a 1.2 millones de balboas.

El doctor López Alfano retomó este proyecto, dándole así continuidad a una iniciativa nacional para llevar a cabo un nuevo muestreo, visitando las parcelas en las que anteriormente se había trabajado, para estimar el crecimiento tras más de diez años transcurridos. Además, se propuso integrar una red de parcelas de estudio del cativo mediante la incorporación de las parcelas existentes en isla Coiba por la doctora Alicia Ibáñez, y la instalación de nuevas parcelas en el río San Pablo, en la provincia de Veraguas.

En primera instancia, el objetivo de volver a inventariar las parcelas de cativo en Darién y Coiba era tratar de conocer mejor la ecología del cativo, su crecimiento y mortalidad durante un lapso significativo, para lograr manejar el recurso de una manera más sostenible y aportar sobre el manejo silvicultural idóneo para los cativales. Sin embargo, dado que el interés por esta especie como materia prima en la elaboración del *playwood* nacional ha disminuido en los últimos años, el objetivo del proyecto también busca la evaluación de la regeneración de los bosques inundables dominados por *Prioria copaífera* y su potencial como sumideros de carbono, de cara a estrategias mundiales sobre reducción de CO<sub>2</sub> atmosférico en el marco del cambio climático.

El doctor López Alfano afirma que sus investigaciones en el área de ecosistemas inundables buscan «ampliar el conocimiento sobre el papel que juegan los bosques tropicales, en particular los bosques inundables como los cativales, en el almacenaje de carbono».



En la actualidad, los resultados preliminares proveen información valiosa para el sector forestal, sobre todo si se contempla como estrategia para la regeneración de bosques naturales de cativo. A la fecha, los resultados de esta investigación han sido presentados en un taller latinoamericano sobre estimaciones de almacenaje de carbono utilizando ecuaciones alométricas en Turrialba, Costa Rica. Además, se han presentado los resultados en los congresos nacionales de ciencia que organiza la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (Apanac). A nivel de publicaciones científicas, se cuenta con dos borradores de artículos: uno sobre el crecimiento y mortalidad y el otro sobre la composición florística de los cativales. La experiencia del grupo de investigación ha servido para que este





sea considerado en el fortalecimiento de capacidades por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en un estudio de bosques inundables en río Caña, en la comarca Ngäbe-Buglé.

Hacia el futuro, los resultados obtenidos benefician a Panamá al contar con información específica de una especie que es de un gran interés económico y gran potencial forestal. Lastimosamente, el sector forestal se ha debilitado poco a poco, pues básicamente no se han aplicado las herramientas de manejo apropiadas para los bosques naturales y su sostenibilidad. La perspectiva del sistema forestal, desde el punto de vista del investigador López Alfano, ha sido la extracción; mientras que, por otra parte, la ley forestal impulsó la reforestación con especies exóticas. Si bien es cierto que esta reforestación se ha orientado básicamente a la explotación de la teca, según el investigador, se necesita fortalecer el conocimiento de las especies nativas, o propias de

Panamá, que se pueden manejar forestalmente. El cativo debería ser una de esas especies nativas prioritarias.

**Muchas especies nativas, como lo son el cedro espino, el espavé o el cedro amargo, son las predilectas de los ebanistas locales, porque tienen buena durabilidad y son rentables. Si bien el cativo no tiene una gran durabilidad, presenta una oportunidad para la innovación tecnológica (uso de resinas) que permita una mayor resistencia a insectos y hongos.**

De ahí que hay que investigar más y buscar la manera de poder manejarlas, para que estos recursos puedan brindar un retorno económico al país, pero de forma sostenible.



# Mònica Martínez Mauri

## La avifauna del sector occidental de Guna Yala

Las aves que viven en los bosques de la comarca Guna Yala y el modo en que el pueblo guna clasifica el mundo que los rodea, eran campos poco explorados por la etnografía panameña y la biología tropical. Para poner fin a este desconocimiento, el presente proyecto se propuso documentar la avifauna del sector occidental de esta área y el conocimiento ornitológico de sus habitantes, relacionándolo con su visión, los medios de subsistencia tradicionales y el manejo de los recursos naturales como una guía científica, cultural y de conservación de las aves.

Uno de los principales resultados de este proyecto fue la publicación de *Una guía ornitológica y cultural de las aves de Gunayala / An ornithological and culture guide to the birds of Gunayala* (2014), financiada por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Senacyt) y elaborada por Mònica Martínez Mauri, antropóloga e investigadora de la Universidad de Barcelona (UB), en conjunto con George Angehr,



del Instituto Smithsonian, Daniel Buitrago Rosas, Euclides Campos, Igua Jiménez, el Grupo Wagibler y pobladores de la comarca Guna Yala.

La antropóloga, junto al equipo del proyecto, después de seis años de investigación científica, presenta en un texto inédito los resultados de la investigación sobre las aves del sector occidental de Guna Yala, para favorecer el desarrollo del ecoturismo, manejar de forma sostenible los recursos naturales y promover el conocimiento científico.



El libro incluye una lista de más de 380 especies –identificadas a partir de observación con binoculares y cantos grabados en iPod durante varias giras–, con nombres científicos y populares escritos en lengua indígena *dulegaya*, así como también en español e inglés. Incluye, además, cinco ilustraciones especialmente diseñadas por la reconocida ilustradora española, Cristina Zafra.

El proyecto se inició en su primera fase, en el año 2010, bajo la coordinación de la doctora Martínez Mauri, y fue administrado por la Asociación Gardi Sugdub.

Yadixa Del Valle, coordinadora del Grupo Wagibler, licenciada en turismo y promoción y estudiante de Antropología en la Universidad de Panamá, aseguró que: «Este libro traerá muchos beneficios para la comarca Guna Yala a nivel cultural, porque muchas de las personas de nuestro pueblo que nos dieron información, ya fallecieron, y ahora nosotros hemos plasmado su legado por escrito para futuras generaciones». Agrega que: «También estamos buscando nuevas alternativas para el turismo sostenible, como la observación de aves y la conservación del medio ambiente».

### La guía compila diversas historias en las que las aves son protagonistas, así como rituales en los que están presentes.

En general, los gunas suelen prestar mucha atención a las aves. Quienes todavía hoy se dedican a la agricultura y a la caza, conocen sus hábitos, cantos y lugares de anidamiento. De las aves identificadas por los ornitólogos, algunos habitantes del sector de Gardí llegan a reconocer un total de 250. Aunque no poseen nombres específicos para cada una de ellas, estas especies corresponden a 156 denominaciones.

«Para los gunas, los pájaros son mensajeros de alegrías e infortunios. De generación en generación, las aves han estado ligadas a los rituales, mitología y vida de este pueblo», explicó Mónica Martínez.

En el mundo de los indígenas gunas, hay algunas aves que son más relevantes en el plano cultural que otras. La guacamaya, por ejemplo, es una de ellas, ya que no se puede tocar ni tomar como alimento. El tono rojo en su plumaje indica que tiene la sangre muy fuerte para el organismo humano, aseguran los gunas.

La segunda edición ampliada fue publicada en el año 2016 y fue presentada en un nuevo formato de tapa dura, y se colocó dentro de una hermosa mola. De esa manera se promovió una mayor implicación de toda la comunidad en el proyecto, ya que fueron las mujeres gunas quienes diseñaron los estuches del libro.

Además de la dimensión científica, el proyecto contempló la formación de un grupo de jóvenes interesados en la co investigación en etnoornitología. De esta manera se creó el grupo Wagibler, en la comunidad de Gardi Sugdub; un colectivo de 10 jóvenes que fueron entrenados durante dos años más, gracias a un segundo proyecto destinado al fortalecimiento de los conocimientos y habilidades en observación de aves.





# Ángel Vega

## Estudios biológico-pesqueros en el Parque Nacional Coiba y su zona de influencia

Después que se trabajó en el plan de manejo del Parque Nacional Coiba en el año 2006-2007, tras el proceso de investigación de campo con una duración de un año, se realizó la caracterización de la biología y de la pesquería que se desarrolla en el área protegida. Producto de esos estudios, surgieron interrogantes que al final se convirtieron en preguntas de investigación.

Durante el desarrollo de los estudios biológicos y pesqueros para la elaboración del plan de manejo del Parque Nacional Coiba, se desarrolló un trabajo de campo cuya duración fue de un año. Este fue el primer ejercicio exitoso que condujo a generar la primera base de datos sobre pesquerías para el Parque Nacional Coiba y su zona de influencia. Por ejemplo, se generó conocimiento de línea base sobre las especies impactadas por la actividad pesquera, las embarcaciones que desarrollaban la pesca en el área, las artes y mecanismos de pesca y su impacto sobre las especies objetivo, así como la ecología de las principales especies: pargos, chernas, meros y dorados.

Así mismo, también se generó un sinnúmero de interrogantes para profundizar en el conocimiento biológico y pesquero del área protegida. Estas interrogantes surgieron tanto producto de la propia investigación, como de las narrativas de los pescadores asociadas con su experiencia en la actividad pesquera, así como de solicitudes del grupo de pescadores para la evaluación de artes de pesca, para ser incorporados a su actividad en el Parque Nacional Coiba.

El primer proyecto incluyó la evaluación de los serránidos (meros y chernas), las artes de pesca asociadas a esta actividad,

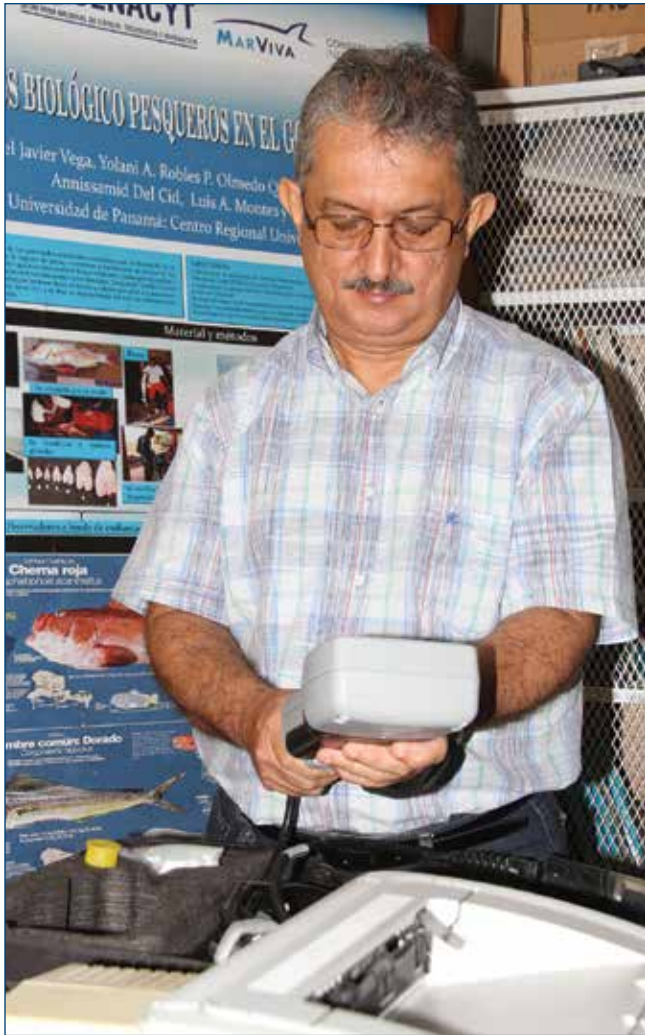


así como el impacto de dichas artes sobre las especies objetivo y la pesca incidental, sobre todo de tiburones y tortugas. Producto de este esfuerzo se generó información sobre tallas, momentos reproductivos, sitios y profundidad de captura, y se recomendó la no inclusión del palangre de fondo, que es utilizado en la pesca de la cherna roja, dentro de las artes permitidas en el Parque Nacional Coiba, sobre todo por su impacto sobre la propia especie objetivo, así como sobre tiburones y tortugas.

Otro de los recursos evaluados fue el pargo, el cual aporta el 60% de las capturas en el área y cuyo destino es la exportación. El proyecto de pargo surge de aportes recogidos durante la discusión del plan de manejo, donde los pescadores argumentaban que los pargos «no picaban» durante la temporada seca, porque estaban llenos de medusas y no comían la carnada, además de que se aproximaban a la superficie y dejaban una mancha blancuzca. Esto nos condujo a pensar que en realidad lo que podía estar sucediendo tenía que ver con procesos reproductivos, muy extendidos en el Caribe e Indo-Pacífico, conocidos como agregaciones reproductivas.

Entre los principales resultados de este estudio se encuentra la descripción, por primera vez para el Pacífico oriental tropical, de las agregaciones de desove de pargos seda y mancha (*Lutjanus peru* y *L. guttatus*), que ocurren en los meses de enero, febrero, marzo y abril en el Parque Nacional Coiba, en

sitios específicos caracterizados por ser montículos submarinos en los cuales emergen de masas de aguas frías y con las cuales emergen los pargos a profundidades muy someras, de 10 a 20 metros de profundidad.



Han sido observadas concentraciones de hasta 800 individuos, para reproducirse en grupos de aproximadamente 60 individuos de manera simultánea. Este hallazgo reforzó la recomendación del establecimiento de una veda de pesca en dichos meses dentro del área protegida, para proteger estos procesos vitales para la supervivencia del pargo.

Estos proyectos han repercutido de forma positiva desde diferentes perspectivas:

- En las comunidades pesqueras, ha tenido un impacto directo. El profesor Vega y su equipo de trabajo, contratan y emplean a personal de la zona, en este caso pescadores; subvencionando la faena diaria de acuerdo con la cantidad que corresponda por llevar a los investigadores, en el pago de alimentos durante las jornadas de trabajo, y compra de carnada y combustible. Adicional al apoyo al pescador involucrado en los muestreos, se aporta en la contratación de alquileres de espacios para alojamiento en las viviendas de la gente de la comunidad.
- En la formación de recurso humano, capacitación de estudiantes a nivel de grado y posgrado en temas pesqueros. Los estudiantes participaban en muestreos de desembarque y a bordo de embarcaciones pesqueras, con lo cual adquirían la experiencia necesaria para desarrollar las capacidades requeridas para este tipo de muestreos.
- En la comunicación de resultados. Toda la información generada se socializaba con los pescadores en talleres comunitarios, lo cual contribuyó a que entendieran los aspectos biológicos asociados a las especies que explotan y las razones de las medidas de manejo, las cuales eran explicadas y aprobadas por los pescadores, en primera instancia.
- En el apoyo al establecimiento de políticas públicas. Toda la información biológico-pesquera levantada durante el desarrollo de estos proyectos ha sido utilizada para la toma de decisiones relacionadas con los planes de manejo de otras áreas protegidas y para políticas de aprovechamiento pesquero en área no protegidas, como es el caso de la primera zona de manejo comunitario en la ensenada de Pixvae, zona de influencia del Parque Nacional Coiba.

Sin lugar a dudas, ha sido uno de los procesos de investigación donde se ha generado y compartido experiencia y conocimiento entre la comunidad científica (estudiantes, investigadores), los tomadores de decisiones y los pescadores; se ha sentado la base de lo que hoy día es la mejor plataforma de información pesquera de Panamá y se encuentra en desarrollo el Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad (Cimbio) en el Parque Nacional Coiba, en el Centro Regional Universitario de Veraguas de la Universidad de Panamá, con el apoyo de la Senacyt, a través de convocatorias públicas.

# William Wcislo

## El estudio de la evolución del comportamiento social en animales

Desde el inicio de las civilizaciones, son diversos los estudios que se han realizado para establecer cómo vivía en sociedad la humanidad en distintas partes del mundo; pero tratar de identificar qué define la jerarquía en una determinada especie se concretó mediante una investigación de un grupo de especialistas panameños ávidos de dar aportes significativos a la ciencia.

Utilizando la hipótesis del italiano Machiavelli –la cual sugiere que las dinámicas sociales están relacionadas con el control del poder– en los primates y en los seres humanos, uno de los factores que influye en los grupos sociales es el tamaño del cerebro. En el caso de los humanos, tenemos un cerebro gigantesco y se requiere este para poder procesar toda la información que le permita entender, dentro de la sociedad, quién tiene el poder, quién está relacionado con quién, las alianzas y las relaciones sexuales entre sí.

Es así como surge el proyecto: *Desde individuos hacia sociedades: integración de la ecología, comportamiento y neurobiología para el estudio de la evaluación del comportamiento social en animales, específicamente las abejas*, a cargo del investigador William Wcislo en compañía de Adam Smith, becario posdoctoral de la Universidad de Washington, con la asistencia de cuatro estudiantes de la Universidad de Panamá.

De acuerdo al investigador Wcislo, el proyecto tenía como propósito explicar cuáles son los factores que pueden contribuir para entender: ¿Por qué algunos animales tienen cerebros grandes y otros más pequeños?, ¿cuál es la relación de la complejidad de su conducta y el tamaño del cerebro que se necesita para sostener este comportamiento?



Uno de los interesantes hallazgos del equipo investigador determinó que las abejas hembras adultas tienen opción de vivir solas, ya que pueden establecer su casa, nido, coleccionar comida, polen, néctar, reproducirse y defender su casa, o pueden vivir en grupos sociales pequeños: una mamá, una de sus hijas o dos, a veces tres, pero típicamente en los grupos sociales hay dos. Una abeja está encargada de reproducir, poner los huevos en las celdas y la otra hembra o hembras hacen todos los trabajos.

Además, se logró identificar que estos dos estilos de vida tienen acceso a la misma comida; lo único que cambia es la vida social de las abejas –agregó Wcislo– y se comparó el tamaño del cerebro de las hembras que viven en sociedades, las reproductivas y las estériles –o sea las reinas y las obreras– con las hembras que viven solas.

El estudio nos llevó a constatar que la *Corpora pedunculata* (parte del cerebro de los insectos que funciona como el córtex de los humanos) tiene un mayor tamaño en las abejas hembras dominantes en los grupos sociales, que la de las subordinadas y la de las hembras que viven solas; mientras que el tamaño del cerebro de las abejas que viven solas y las subordinadas, es igual.



Nos explicó el científico que el córtex es el sitio del aprendizaje cuando se cambian las memorias de corto a largo plazo, y sirve para integrar información de los receptores sensoriales distintos. Básicamente, este es el centro en un sentido.

Durante la ejecución del proyecto, de los estudiantes que participaron, uno recibió un doctorado de la Universidad de Cambridge y dos más están en Alemania: uno becado con una maestría y otro estudia en un programa de posgrado. Por ende, el proyecto se convirtió en una oportunidad para enseñar a los científicos jóvenes.

«La alianza existente entre la Senacyt y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales constituye un punto de encuentro, donde convergen jóvenes sedientos de aprender cómo se hace ciencia y que realmente los científicos no son tan locos», señaló Wcislo.

En este orden de ideas, el científico nos relató que la transferencia de conocimientos se logró a través de tres o cuatro publicaciones en revistas especializadas internacionales y se dictó un taller a alrededor de 25 estudiantes, para compartir los hallazgos de la investigación.

Añadió que este descubrimiento dio pie para iniciar otras investigaciones, pero esta vez con arrieras nocturnas, para determinar los cambios en la estructura de los ojos y el sistema



nervioso para capturar una cantidad de luz suficiente para ver, pues han evolucionado a un sistema visual parecido a los lentes nocturnos que usa el ejército y queremos averiguar los mecanismos que usan para procesar esa información en el cerebro y entender quién es el dominante, quién tiene el poder en contexto de la sociabilidad.



## Manejo de enfermedades y comunicación en las hormigas cultivadoras de hongos

¿Se imagina una enorme comunidad de insectos conformada por arrieras, donde un nido maduro puede tener alrededor de 3 a 4 millones de hormigas, casi la población de la República de Panamá? No es una hipótesis o una película de ficción, es una realidad. ¡Increíble, pero cierto!

Y parte de este estudio lo efectuó un equipo conformado por William Wcislo, subdirector de Investigación del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales; el profesor Luis Cubilla, de la Universidad de Panamá, un becario posdoctoral y estudiantes con pasantías a partir del proyecto *Manejo de enfermedades y comunicación en las hormigas cultivadoras de hongos*, con el fin de entender la evolución de la sociabilidad y establecer las ventajas y desventajas de vivir en sociedades complejas.

Es así como este grupo de investigadores logra identificar que las arrieras tienen, como ventaja primaria, que pueden defender su sociedad, procesar y obtener recursos más rápido; pero en contraposición está la transmisión de enfermedades, dado que hay una mayor tasa de contacto entre los individuos enfermos con los sanos.

**«Uno de los grandes descubrimientos en esta investigación –explica el científico Wcislo– es que las hormigas poseen un sistema de salud pública para controlar los hongos, en especial escovopsis y bacterias que atacan sus cultivos, y las arrieras cortan hojas para cultivar un hongo que es la única comida de las larvas (los bebés de las hormigas)».**

Añadió Wcislo que las hormigas han establecido un sistema para proteger sus hongos cultivados; de lo contrario, el hongo parasitario escovopsis podría afectar tanto sus cultivos como a su especie y a sus bebés.

Por ello, este estudio identificó la dinámica existente entre las infecciones con escovopsis con este hongo parasitario y el cultivo de las hormigas, que es la fuente alimenticia de ellas.

Otro aspecto destacado de la investigación es que hay una afectación económica, de alrededor de mil millones de balboas anuales, producida por las arrieras desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina, como consecuencia en sistemas agrícolas

y agroforestales. Ante esto, se tiene la idea de que se puede usar el conocimiento de la salud pública y las interacciones entre el cultivo y los patógenos para controlarlas, dado que actualmente el único método utilizado son químicos tóxicos, como Hormitox.

El uso de los químicos para erradicar las arrieras, eventualmente pasa por el suelo, de allí a las quebradas y luego a los lagos. Es sumamente tóxico, y la idea es encontrar un mecanismo sin daños ambientales, a través de un aporte científico, agregó Wcislo.

Las investigaciones continúan con otro científico panameño, Hermógenes Fernández, quien pertenece a Indicasat, estudiando las arrieras y otras hormigas que cultivan hongos que, según Wcislo, están enfocadas en entender aspectos de la evolución del sistema de salud pública en proyectos colaborativos, en los que también participan otras universidades de Estados Unidos y de países europeos.

«Además, se cumplió otro de los objetivos intrínsecos: la transferencia de conocimientos de estos valiosos descubrimientos a los jóvenes científicos panameños», puntualizó el investigador.







# Biomedicina y ciencias de la salud





# Juan Arbiza

## Diversidad de los principales virus respiratorios y entéricos, mediante abordajes moleculares y bioinformáticos

Es un proyecto de gran impacto en la salud pública, tanto para la prevención y tratamiento de enfermedades víricas que pueden tener consecuencias muy serias, como por el esfuerzo de selección y formación de un pequeño grupo de investigadores y científicos de Panamá.

El encargado de desarrollar la investigación fue el doctor Juan Arbiza, profesor titular de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República del Uruguay y cuya relación con Panamá en general, y con el Instituto Gorgas en particular, se estableció antes de iniciarse este proyecto, por diferentes colaboraciones científicas entre ambas instituciones y como evaluador de proyectos de investigación y desarrollo (I+D).

Así empezó su interés por preparar un proyecto ambicioso en el área de la virología, para presentar a las convocatorias de la Senacyt, ya que conocía la infraestructura y calidad de investigación del Instituto Gorgas. Pero el factor que definitivamente le inclinó a decidirse, fue el interés que vio en los estudiantes de posgrado, de conocer e investigar sobre los virus. Hasta la fecha, no se habían realizado en Panamá estudios de esta naturaleza con estos virus, por lo que al completarlo serían pioneros en estudios virológicos de este tipo, cuestión importante para el prestigio profesional en el mundo científico.

Agrega el investigador que las técnicas empleadas para diferenciar los virus (análisis molecular y bioinformático), eran tan avanzadas científicamente que los resultados que se obtuvieran podían ser de vital trascendencia en cuanto a apoyar a la medicina en el diagnóstico y los tratamientos de muchas enfermedades, cuyo diagnóstico primario acertado resulta vital.



De esta manera, el doctor Juan Arbiza justificó el proyecto de investigación que fue financiado por la Senacyt para el año 2011: *Estudio sobre la diversidad de virus respiratorios y entéricos en Panamá, mediante abordajes moleculares y bioinformáticos*.

En primer lugar, una de las motivaciones que influyeron en la puesta en marcha del proyecto era el propio hecho de convertirse los autores, si lo concluían con éxito, en los primeros científicos en realizar un estudio en profundidad, en Panamá, acerca de los virus que afectan a los aparatos respiratorio y digestivo del cuerpo humano y causan múltiples enfermedades, tanto dentro de nuestro país como en muchos otros.

Otro objetivo fue capacitar y especializar en virología a jóvenes y científicos locales. De ahí que la propuesta del profesor Arbiza incluyera el uso de dos técnicas de última generación para conseguir el nivel de conocimiento deseado, como eran la bioinformática, que se conocía en Panamá, aunque su uso no estaba muy avanzado por falta de algunos equipamientos; y sobre todo la molecular, cuya utilidad era máxima a la hora de poder caracterizar cada virus analizado, reconocerlo y, en consecuencia, ayudar a la medicina a efectuar un diagnóstico correcto inmediato. Por tanto, para alcanzar los objetivos fundamentales, el equipo debía ser capaz, al final del periodo establecido en la convocatoria, de emplear ambas técnicas relatadas, y poder usar los datos obtenidos acerca de cada virus para aplicarlos



a la realidad y efectuar diagnósticos certeros que confirmen, por ejemplo, si se está ante una infección vírica o bacteriana, para así tratar al enfermo con la medicina necesaria con efectividad y eficiencia. Se trataba de conocer todo lo posible acerca de los virus, saber diferenciar entre ellos, la forma en que se transmiten, reproducen o mutan, o su nivel de peligro, entre otros, para poder combatir sus efectos adversos sobre la salud. Igualmente, esos resultados son de impacto a la hora del diseño de nuevas vacunas y su potencial uso en Panamá, al conocer los virus que circulan.

El proyecto se completó en algo menos del tiempo previsto –un año– y esta situación le permitió a Arbiza acudir, junto con algunos de los colaboradores, a uno de los congresos más importantes de virología, que se celebró en Sao Paulo, a presentar los resultados, donde fue un completo éxito, ya que logró cumplir con los objetivos tanto académicos y de formación como los referidos a la investigación pura y al uso de los datos obtenidos para avances reales que mejoren, de alguna manera, la vida de los ciudadanos.

Por otra parte, y como demostración del impacto beneficioso de la investigación, Arbiza destacó el apoyo al diagnóstico. Con los datos obtenidos y los conocimientos adquiridos sobre virus, los científicos locales estarán preparados, por ejemplo, para identificar de manera casi infalible si es una bacteria o un virus la causa de una infección, o incluso qué virus es, ya que el análisis molecular permite llegar al detalle de diferenciar entre cepas o mutaciones de un mismo virus.

Las ventajas médicas de este avance son evidentes: entre otras, realizar diagnósticos rápidos, proporcionar tratamientos adecuados desde el principio o evitar medicar, en caso de dudas, con antibióticos, como se hacía hasta ahora, lo que generaba que esas bacterias se volvieran inmunes a largo plazo.

Estos logros fueron posibles como resultado de la infraestructura en el Instituto Gorgas, con personal, equipamiento y capacitación que se encargara de llevarlo a cabo. Arbiza mostró su complacencia al lograr responder con certeza, desde el Instituto Gorgas, a una petición, ya sea del Hospital del Niño o del sitio más alejado de la provincia de Darién, para la identificación de una muestra, gracias a que existen protocolos para ello, junto a los recursos humanos y equipamientos imprescindibles.



# Blas Armién

## Tras la huella del hantavirus en Soná, Veraguas

Este proyecto se llevó a cabo desde el año 2006 al 2009, por medio del doctor Blas Armién, jefe del Departamento de Investigación de Enfermedades Emergentes y Zoonóticas del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud. La doctora Heydy Núñez se incorporó a la investigación, en condición de colaboradora, en el año 2008.

Para el año 2005, la mayoría de los casos se habían notificado en la provincia de Los Santos, luego Coclé, Herrera y Veraguas, con una letalidad acumulada que variaba entre el 17 y 20%. La provincia de Veraguas, para ese entonces, había reportado menos de 10 casos y no se había registrado ninguna defunción a causa del síndrome pulmonar por hantavirus, situación que llamaba la atención en cuanto al comportamiento de la enfermedad y la caracterización de su ecología.

La provincia de Veraguas, en particular el distrito de Soná, es una región productora importante de arroz. Lo que se requería era identificar los potenciales reservorios de los hantavirus



e iniciar un estudio de febriles por las características agroecológicas que en alguna medida podrían no ser similares a las de la provincia de Los Santos. Con esta idea se participó en la convocatoria de Investigación y Desarrollo, pues disponíamos de fondos para realizar estos estudios en la provincia de Los Santos y Coclé, mas no así para Veraguas.

El objetivo general del proyecto fue la descripción de la epidemiología, fortalecimiento del sistema de vigilancia del hantavirus y la descentralización diagnóstica en Soná, Veraguas. Los objetivos específicos eran: 1) determinar la incidencia de síndromes febriles causados por hantavirus en una comunidad con alta endemicidad; 2) definir el área en donde puede ser endémica y los riesgos relativos para humanos; 3) determinar la prevalencia de infección y de subtipos virales en subpoblaciones de roedores; 4) establecer la dinámica temporal de la infección por hantavirus en la población de vectores; 5) fortalecer la vigilancia pasiva y activa de febriles en poblaciones humanas en zonas endémicas; y 6) realizar la transferencia de tecnología que permitiera descentralizar la capacidad diagnóstica.

Entre agosto del año 2006 hasta diciembre del año 2008 se incluyeron 35 pacientes que cumplieron la definición de caso de febriles –por ejemplo: en fase prodrómica– debida a una posible infección por hantavirus. En el año 2006, cuatro fueron positivos y uno de ellos fue un caso no fatal de SCPH. En el año 2007, hubo tres casos de SCPH de los cuales uno fue



fatal. Fue la primera defunción registrada en la provincia de Veraguas. Se identificaron 25 casos en el año 2008 y de estos 17 fueron positivos por RT-PCR; 6 han sido definidos como SCPH, 3 están siendo evaluados y 8 padecieron un cuadro febril sin complicaciones con SCPH. La prevalencia de infección osciló entre 14.8 y 28.3%. Identificamos 12 especies de roedores en el sur de Veraguas. El *Oligoryzomys fulvescens* fue capturado en Borracheros, El Balso, Zancudo, El Tigre Los Amarillos, La Zumbona y punta San Lorenzo.



En el Hospital Rural de Tonosí, en la provincia de Los Santos, del Ministerio de Salud, y en el Hospital Ezequiel Abadía, de Soná, de la Caja de Seguro Social, en Veraguas, se descentralizó la prueba serológica mediante el uso de tiras para hacer *inmunoblot*, producidas en el Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, previa capacitación del personal de laboratorio de ambas instituciones.

**La implementación de este proyecto cumplió el objetivo de caracterizar la ecología, identificar los factores de riesgo, caracterizar el cuadro clínico y determinar la prevalencia de infección en poblaciones humanas.**

También se capacitó e informó a las comunidades del problema, básicamente porque algunos pacientes estaban muy molestos al no comprender la presencia de la enfermedad, y lo más importante es que se logró capacitar al personal del equipo de salud (medicina, epidemiología, enfermería, laboratorio,

promoción y de vectores) y descentralizar las pruebas serológicas inicialmente con *inmunoblot*, entre los años 2006-2009, y desde el año 2011, con la prueba Elisa.

La prueba detección de anticuerpos IgM, mediante el uso de Elisa, se descentralizó en el año 2011 en 6 hospitales importantes de las cuatro regiones donde es endémica la enfermedad; es decir, en Los Santos (Hospital Rural de Tonosí y Hospital Joaquín Pablo Franco Sayas), Herrera (Hospital Gustavo Nelson Collado), Coclé (Hospital Rafael Estévez) y Veraguas (Hospital Ezequiel Abadía).

**Actualmente, la prueba se realiza en el Hospital Joaquín Pablo Franco Sayas, de Las Tablas. Dicho hospital se ha convertido en el centro de referencia diagnóstica para las provincias centrales; se creó una red y lo importante es que, si alguna región no tiene la capacidad para realizar el diagnóstico, las regiones se comunican entre sí y se apoyan.**

La experiencia sirvió para demostrar que Soná tiene características diferentes a las de Los Santos, porque la cobertura vegetal es mayor; pero hay una gran explotación de la agricultura mecanizada de arroz que pone la población en riesgo, sobre todo a la de pobreza extrema, a pesar de que exista gran desarrollo en términos económicos y la explotación de la tierra para monocultivo, como el arroz.

La información fue presentada en el XI y XII Congreso de Ciencia y Tecnología de la Asociación Panameña para el Avance de las Ciencias.





# Griselda Arteaga

## Mutaciones en drogas antirretrovirales en poblaciones minoritarias del VIH-1

Uno de los mayores retos de la ciencia es la lucha contra los agentes infectocontagiosos que afectan a los individuos en su calidad y expectativa de vida. Con el uso de las drogas antirretrovirales contra el virus de inmunodeficiencia humana (HIV), las personas que viven con el virus pueden tener una calidad de vida similar a un individuo no infectado por este virus. Sin embargo, la falta de adherencia al tratamiento provoca falla terapéutica, debido a que el virus adquiere mutaciones que lo hace resistente a esta droga.

Para establecer si un paciente puede recibir cierto tipo de drogas antirretrovirales, es necesario conocer la secuencia del material genómico del virus de los genes blancos de las drogas. Métodos utilizados tradicionalmente detectan estas mutaciones cuando la cantidad del virus mutado es mayor al 20% de la población viral circulante en sangre del individuo. Sin embargo, pueden existir, dentro de la misma persona, poblaciones mutadas que no llegan a este porcentaje y que no pueden ser estimadas a la hora de recibir el tratamiento.

En Panamá, reconocidos investigadores se abocaron a poner a prueba sus hipótesis con el fin de detectar el 20% de las mutaciones del virus del VIH en personas que lo tienen y que, al efectuarles las pruebas tradicionales de resistencia, no son reveladas por metodologías usadas en los laboratorios.

El equipo conformado por la tecnóloga médica Griselda Arteaga, docente de la Universidad de Panamá desde hace 15 años, con maestría en Ciencias Biomédicas, especializada en Inmunología y con un doctorado de la Universidad de Buenos Aires, dirige el proyecto denominado: *Detección de mutaciones que confieren resistencia a drogas antirretrovirales en poblaciones minoritarias de VIH-1 en plasma y ADN de proviral*.



En el año 2007, en el Instituto Gorgas se inicia la implementación de la técnica de secuenciamiento a partir de una muestra de plasma de un paciente. Explica la científica que se extrae el RNA viral, se pasa a ADN y a partir de allí se pueden amplificar los principales genes que son blancos del tratamiento antirretroviral, e identificar si el gen está en su forma salvaje o si tiene algunas modificaciones. Agrega que como el virus se va replicando, no tiene enzimas de corrección y puede mutarse. Si las mutaciones se efectúan en genes a los cuales van dirigidas las drogas, pueden ocasionar cambios que provoquen que el tratamiento deje de funcionar.

De esta forma, mueren los virus que no han mutado y, en cambio, los que experimentaron la mutación sobreviven y se van convirtiendo en la población mayoritaria del virus circulante en la persona, resaltó la docente, quien además indica que en esa transición hay un porcentaje que no se puede detectar con técnicas tradicionales. Por ello, había que identificar un mecanismo que aumentara la sensibilidad para detectar qué otras mutaciones se generaban de las que no se perciben por el método de secuenciamiento.

Junto a la magíster Claudia González, del Instituto Gorgas, graduada de la maestría en Biotecnología de la Universidad de Panamá, y con la asesoría de los doctores Alexander Martínez y Juan Miguel Pascale, se logra obtener una prueba que en ocho horas puede obtener el resultado de las mutaciones minoritarias (específicas) en los pacientes con VIH, a un costo accesible.



En el Instituto Conmemorativo Gorgas, lugar donde se realizaron los estudios, se detectó que existen cuatro mutaciones más frecuentes en Panamá, M184V, K103M, 215Y y M41L; por lo que estas mutaciones fueron escogidas para ser estandarizadas en nuestro estudio. El estudio se realizó en colaboración con el Hospital Santo Tomás, en la Clínica de Infectología.

Se puede decir que: «Nuestro interés primario es que se implementen técnicas a bajo costo para la detección de mutaciones puntuales que confieren resistencia al virus del VIH, para que estén a disposición de los servicios de salud y clínicas re-  
trovirales del país», indica el galeno.

La estudiante de tesis de posgrado, hoy magíster Claudia González, representó a Panamá en el Congreso Internacional de HIV 2016, en Sudáfrica, donde compartió los resultados del estudio. Este congreso se desarrolla cada cuatro años.



# Lorenzo Cáceres

## La malaria en la comarca indígena de Madungandí: aporte para mejorar la estrategia de abordaje intercultural

El estudio aporta un abordaje intercultural en la lucha contra la malaria en la comarca de Madungandí. La elaboración de una guía metodológica con enfoque intercultural en la población indígena guna, puede llegar a contribuir a la disminución o control de la malaria y a su eliminación en estas regiones apartadas del país. El propósito de esta guía es dar un paso inicial hacia el abordaje intercultural de la malaria en la población indígena guna, específicamente en la comarca de Madungandí, considerando la comprensión de los estilos de vida, fortalezas, recursos y características socioculturales de las comunidades como una herramienta importante para vigilar, prevenir y controlar la enfermedad, una de las más antiguas que existen y que aún no se termina de erradicar.

El documento fue elaborado por los investigadores Lorenzo Cáceres, Margarita Griffith, José Calzada, José Rovira y Rolando Torres, y contó con el aval de los grupos comarcales, el Comité de Bioética del Instituto Conmemorativo Gorgas, el Ministerio de Salud y el Congreso General de Madungandí. En las zonas comarcales, en los últimos años, se ha producido aproximadamente más del 85% del total de los casos registrados en el país, donde solamente habita el 12% de la población total de Panamá. Este curioso dato llevó a emprender una investigación denominada *Estudio del comportamiento de la malaria en la comarca indígena de Madungandí: aporte para una mejor estrategia de abordaje intercultural de la malaria en poblaciones indígenas (2011-2013)*, con el objetivo de desarrollar una guía de manejo con enfoque intercultural de la salud.



El interés para identificar los conocimientos, actitudes y prácticas que favorecen o desfavorecen la transmisión de la malaria en la población indígena guna de Madungandí, lo llevó a él y a su equipo de científicos a recorrer las comunidades de Akua Yala, Ikantí y Pintupu, con mayores casos registrados en esa comarca, donde aplicaron encuestas a los jefes de familia, de una muestra del 40% de las viviendas en esas tres comunidades. En este ejercicio, participaron encuestadores gunas e integrantes del equipo de investigación con la ayuda de un intérprete.

La malaria es causada por un parásito que se transmite a los humanos a través de la picadura del mosquito anófeles. Junto con el sida y la tuberculosis, es uno de los tres retos más importantes de salud pública que están socavando el desarrollo de los países más pobres del mundo; y a pesar de todos los esfuerzos de investigación realizados durante décadas, aún no se encuentra una vacuna eficaz.

En el trabajo de investigación, se emplearon indicadores entomológicos para determinar la bionomía y comportamiento de los mosquitos vectores e identificar la especie transmisora. En la parte cultural, se contrató a una antropóloga para desarrollar la guía de abordaje intercultural, realizar un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas sobre las políticas de salud en poblaciones indígenas; aplicar una encuesta



de conocimiento, actitudes y prácticas sobre la malaria y realizar un estudio sobre las representaciones sociales de la malaria en la población guna de Madungandí.

Entre los resultados de este estudio, se encontró que los conceptos de salud y enfermedad están determinados por interacciones sociales, económicas, políticas y culturales (que consideran la parte espiritual, mágica, cósmica y la naturaleza), que inciden en los estilos de vida familiar e individual de las comunidades y en sus relaciones con la naturaleza y el territorio social. En las poblaciones indígenas, la prevención y el control de la malaria se dificultan, debido a los problemas que enfrentan los sistemas de salud por las diferencias culturales, las barreras de la lengua y la falta de una metodología de intervención adaptada a sus particularidades culturales.

El rango de edad de los encuestados fluctuaba entre los 20 y 70 años. Todos indicaron pertenecer a la etnia guna y hablar su lengua; 64% eran del sexo masculino y el 30% eran analfabetas. La mitad de los encuestados (51%) manifestó haber enfermado de malaria, por lo menos una vez, en los últimos ocho años; y 89% reconoció la enfermedad como un problema de salud. El 63% manifestó que el médico tradicional o *inadule* curaba la malaria, y 78% practicaba la fuma de la pipa y la quema del cacao para prevenirla.

La obtención de evidencia científica a nivel entomológico y cultural facilitará mejorar, fortalecer y orientar las políticas, programas y planes nacionales para el control y eliminación de la malaria en Panamá. El siguiente paso es poder aplicar la herramienta en las diferentes etnias, evaluarla y mejorarla.

Para el doctor en entomología, Lorenzo Cáceres, Panamá se encuentra en un buen momento para la promoción de la salud y las autoridades comarcales están dispuestas a colaborar. El Ministerio de Salud debe darles continuidad a los planes de prevención de la malaria, una enfermedad que se trasmite durante todo el año y ocurre en forma de brotes, asociada al movimiento migratorio, el clima, la ecología y a patrones socioculturales.



# José Calzada

## Diversidad genética de *Plasmodium falciparum*

El doctor José Calzada, investigador sénior del Instituto Gorgas, realizó el proyecto *Análisis de la biodiversidad genética en aislados de campo de parásitos de Plasmodium que circulan en diferentes regiones endémicas de Panamá*, agente causal de la malaria. Este proyecto empezó entre el año 2007-2008. La malaria es una de las enfermedades parasitarias más frecuentes y de importancia en el mundo. En América Latina es frecuente, y Panamá es un país endémico para la malaria. Desafortunadamente, en nuestro país la malaria se concentra en las poblaciones más vulnerables, siendo las regiones comarcales donde habita la población guna y ngäbe, de las más afectadas.

El primer objetivo de la investigación fue conocer por métodos moleculares qué especies estaban infectando a las poblaciones, porque hay varias que afectan al hombre. En Panamá, las más frecuentes son *P. vivax* y *P. falciparum*. El segundo, que es el más importante, era definir cuáles variantes genéticas de ambas especies están afectando a las personas en Panamá. Es decir, cuál es la identidad del parásito que está circulando; si es diferente del que circula en Colombia o si es igual o similar al que circula, por ejemplo, en Nicaragua. De esta forma se podría establecer, en otros aspectos, cuál es el patrón de propagación de estos parásitos en el continente o inferir el origen de nuevos brotes de malaria en el país. ¿Por qué fue eso importante para la investigación? Porque algunos genotipos o variantes genéticas están más asociados con resistencia a medicamentos, algunos son más agresivos, otros son más prevalentes en determinadas regiones.



Panamá fue siempre un país modelo para el control de la malaria, debido a las campañas de saneamiento que permitieron la construcción del Canal. Sin embargo, a partir del año 2004 hubo un aumento significativo en los casos de malaria y no se sabía exactamente qué era lo que había ocurrido, si había cambiado el parásito que circulaba y presentaba una mayor resistencia a los medicamentos que se estaban usando o si había un descuido en las medidas de control de prevención. El hecho es que sí ocurrieron muchos más casos de los usuales y se registraron varias muertes, algo que no ocurría desde hacía 30 o 40 años. Era algo alarmante lo que acontecía, y siendo parte este proyecto, se pudo descubrir que el parásito de *falciparum* que estaba circulando durante la epidemia en Panamá, presentaba mutaciones que le conferían resistencia total o parcial a los medicamentos que se suministraban en ese momento a las personas. Basados en este hallazgo, se decidió cambiar las políticas nacionales de medicamentos para el tratamiento de la malaria y se reemplazó por uno al que el parásito sí fuera susceptible.

Para llevar a cabo el estudio, el Departamento de Control y Vectores del Ministerio de Salud realizó la búsqueda de pacientes activos: se visitaban las áreas endémicas en busca de



aquellas personas con síntomas compatibles con esta enfermedad. Se les tomaba una muestra de sangre por punción digital y se realizaba el diagnóstico tradicional por microscopía. Las muestras positivas eran analizadas por un conjunto de métodos moleculares en los laboratorios del Instituto Conmemorativo Gorgas, para determinar su genotipo.

Con esta información, se establecía y comparaban las cepas que estaban circulando en las distintas regiones del país, y en el caso de *falciparum*, se determinaba cuál era su patrón de resistencia a los medicamentos.



Resulta importante, para la investigación, determinar si estos parásitos de *falciparum*, según el genotipo encontrado, como los de la región de Guna Yala, eran más parecidos al que circulaba en Colombia en la zona atlántica o en la zona pacífica, y de esta forma tener idea de cómo se ha propagado ese genotipo resistente al medicamento; o si son importados de otras latitudes endémicas a este parásito –como Haití, África o China– ya sea por algún inmigrante irregular o porque los controles de salud en el país son vulnerables.

De esta investigación se benefician tanto la salud pública del país como los futuros profesionales, los cuales han tomado la información para realizar tesis de grado e incorporar nuevos conocimientos. De igual forma, los resultados se han divulgado



a la comunidad científica a través de publicaciones en revistas y en congresos científicos para beneficio de la opinión pública.

En conclusión, los marcadores moleculares empleados para estudiar las dos especies, dan muestra de que los parásitos que circulan en Panamá no son tan diversos como los que circulan en Asia y en la región africana; algunos genotipos están básicamente focalizados en una región, lo que permite inferir su procedencia. Esta metodología ha ayudado también a reconocer los casos importados de pacientes extranjeros que ingresan a través de nuestras fronteras, o que vienen de otras latitudes portando genotipos de *Plasmodium* no propios de la región y quizás más agresivos y resistentes a los medicamentos.

**De esta forma se descubre que el tratamiento para el *Plasmodium falciparum* que se estaba suministrando en ese momento ya no era tan efectivo para el tratamiento de esta especie en Panamá, y que la investigación logra un cambio en las políticas de medicamentos para combatir este parásito y proteger a la población.**





## Análisis de la expresión *in vitro* del gen de la calmodulina de tripanosomátidos

El proyecto es dirigido por el doctor José Calzada, y la colaboración internacional, cuenta con investigadores del Instituto Oswaldo Cruz, del Fiocruz, Brasil (2009 al 2012).

De acuerdo con el doctor Calzada, el Instituto Gorgas participó de un proyecto regional, financiado por la Agencia Internacional de Energía Atómica, para monitorear enfermedades transmitidas por vectores tipo malaria, Chagas y dengue. En ese proyecto colaboraron varios investigadores en medicina tropical de la región. Uno de ellos era precisamente un investigador del Instituto Fiocruz. Al terminar ese proyecto, se quiso dar continuidad a la colaboración que tenían. Y así surgió la idea que dio origen a este proyecto.

Se trata de un proyecto de ciencias básicas que por lo general son más costosos, requieren más planificación, equipamiento y capacitación especializada del personal, que no tenían en ese momento. Gracias a este proyecto, se llevaron a cabo varias pasantías, donde se capacitaron tanto personas que iban del Instituto Gorgas al Fiocruz, como personas que venían del Fiocruz a Panamá. El proyecto fue pionero en los estudios de tripanosomátidos en Panamá.

La enfermedad de Chagas y la leishmaniasis, causadas por los tripanosomátidos *Trypanosoma cruzi* y *Leishmania* spp., respectivamente, son frecuentes y endémicas en Panamá y Brasil. El Instituto Fiocruz es una autoridad mundial en estudios de estas enfermedades, tanto en investigaciones de ciencia básica como aplicadas, y en el desarrollo de tecnologías para estos estudios.

«Y sentimos que era una muy buena oportunidad para nosotros, en el Instituto Gorgas, de abrir una línea de investigación diferente y aumentar y mejorar las que hacíamos aquí en la institución», afirma el doctor Calzada.

El proyecto surgió de la siguiente forma: en el Fiocruz ya estaban trabajando un poco con este tema. El gen de la calmodulina es esencial para ambos parásitos; es decir, que es imprescindible para su viabilidad. En estudios de su genoma se encontró que en la región no traducida 3' (3' UTR) del gen de la calmodulina, había mutaciones que podrían producir algún efecto en el parásito. Estas regiones de gen son elementos importantes para su regulación. El proceso requería analizar qué representaban esas mutaciones y qué efectos tenían en la viabilidad o en la epidemiología del parásito.



Instituto Fiocruz, Río de Janeiro, Brasil.



Lo primero que se realizó fue identificar, en el caso de *Leishmania*, si esas mutaciones eran específicas de determinadas especies. Hay más de 20 especies de *Leishmania* que afectan al hombre, cada una con diferentes epidemiologías. Es importante conocer qué especie está infectando al paciente, porque así también se puede dar el tratamiento más apropiado, o se puede saber un poco cómo la persona va a responder o cuál es el pronóstico de la enfermedad. La taxonomía de *Leishmania* es complicada y ha habido muchas dificultades para ubicar y clasificar con precisión a algunas especies.

Se requería identificar si este gen podía utilizarse como un marcador molecular para clasificar a las distintas especies de *Leishmania*. No es el único marcador molecular que existe, todos con ventajas y desventajas. Este gen podría constituirse en una alternativa más práctica para la caracterización de las especies de *Leishmania*.

Por tratarse de un proyecto de ciencia básica, no se pueden apreciar de inmediato los beneficios. Pero, ¿cómo se logra aplicar esta metodología para clasificar las *Leishmanias*? Los resultados permitieron establecer que existían mutaciones puntuales que eran especies específicas; es decir, que la evaluación de esta región del gen podía utilizarse como marcador molecular para el diagnóstico y la caracterización de esta enfermedad. De hecho, es una de las herramientas que se utilizan

en el Departamento de Parasitología del Instituto Gorgas para diagnosticar y clasificar la leishmaniasis. Cada vez que acude a la institución un paciente con leishmaniasis y se requiere saber realmente qué especie es la que está produciendo la infección, se le practica una batería de pruebas moleculares, entre ellas, analizar el gen de la calmodulina.

Otro aporte de este estudio es la parte relacionada con la regulación de la expresión génica y cómo las mutaciones afectaban el nivel de expresión. Para ello se trabajó de manera amplia con el *Trypanosoma cruzi*, que era uno de los parásitos que estaban contemplados en el proyecto. Se sabe que la expresión de proteínas está regulada genéticamente, y en los parásitos como los tripanosomátidos no está muy claro qué parte del gen regula esta expresión. La expresión de proteínas por parte del parásito es importante, tanto para establecer la infección como para la severidad de la enfermedad. Entonces, en la región no traducida de este gen, se observaron varias mutaciones que podrían estar implicadas en regular la expresión. Si se puede saber qué tan importantes son esas mutaciones para regular la expresión de esta proteína, sería posible utilizarlas como diana de tratamientos, fármacos dirigidos para realmente atacar el parásito.



Y las conclusiones principales son que hay aplicaciones casi inmediatas; por ejemplo: «Nos dimos cuenta de que muchas de esas mutaciones presentes en esa región eran específicas de determinadas especies del parásito y que podían ser utilizadas para clasificarlo y caracterizarlo».



# Gladys Cossio

## Variantes moleculares de la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, en pacientes del Hospital del Niño: 1998-2005

La afectación y muerte de niños y niñas bajo condiciones características de la deficiencia del gen que codifica la enzima G-6-P-D (glucosa 6 fosfato deshidrogenasa), motivó a la pediatra y genetista panameña, Gladys Cossio, a realizar una investigación para comprobar su hipótesis sobre las *Variantes moleculares de la enzima de glucosa 6 fosfato deshidrogenasa en población pediátrica panameña*.

«Estas proteínas se producen en el organismo por la presencia de un gen que, cuando está dañado, provoca una deficiencia importante en la producción de la sustancia G6PD, la cual protege del estrés oxidativo sobre el organismo, debido a la acción de sustancias oxidantes que entren en contacto con el cuerpo. Sucede que la persona deficiente puede vivir bien, a menos que se ponga en contacto con algunos oxidantes, tales como alcanfor, naftaleno, acetaminofén en grandes dosis en el bebé, vitamina C (grandes dosis), antimaláricos, y alimentos como el berro, habas o achiote», explicó la genetista Cossio.

Cuando este gen funciona adecuadamente, produce la sustancia que el organismo procesa y convierte los oxidantes en agua y oxígeno; pero cuando no tenemos suficiente antioxidante, los convierte en radicales libres y empiezan a destruir la membrana de los eritrocitos, en decir, los glóbulos rojos, puntualizó la investigadora.

Para desarrollar esta investigación genética se extrajeron muestras de sangre, con las que se obtuvo el ADN, y luego las pruebas se enviaron a México para su estudio bajo la supervisión



del doctor Rubén Lisker, profesor de Genética de Poblaciones en la Universidad Nacional de México (UNAM) y reconocido experto latinoamericano en la materia, quien en su momento fue maestro de la doctora Gladys Cossio y motivador para la realización de este tipo de estudios.

Se utilizaron reactivos con la intención de determinar si existía o no la alteración que da origen a esta proteína. Se utilizaron reactivos para diferentes mutaciones, ya que de esta deficiencia se registran alteraciones por regiones geográficas. Algunas se originan en África, otras en China, Europa y el Mediterráneo, siendo diferente la ubicación de las mutaciones en el gen que produce la enfermedad que causa las crisis.

Es importante señalar que los reactivos son las mismas sustancias que hay en el organismo y se usan para determinar si existe o no una variante o una alteración en el gen que da una proteína. La investigación identificó que, en los casos objeto de estudio, todas las muestras correspondían a la deficiencia del G6PD, y evidenció la existencia de la variante africana, mediterránea y china.

Los síntomas de esta deficiencia genética se enmarcan en crisis de anemia aguda e hiperbilirrubinemia, que conduce a la ictericia en los recién nacidos (el niño se pone amarillo). Cuando esa bilirrubina, además de en la piel y la parte blanca de ojos –las escleras– se pega en el cerebro, el bebé corre el riesgo de morir.



En Panamá, la sustancia que mayormente activa las crisis en los recién nacidos es el alcanfor o naftaleno; de ahí hay que evitar colocar este químico cerca de los niños, porque solo olerlo provoca la alteración y la destrucción de los glóbulos rojos. Indica la doctora Cossio que, en Italia, por ejemplo, las habas son uno de los activadores de crisis más frecuentes, pues «la gente consume un buen plato de habas y cae en crisis».

La deficiencia G6PD es una realidad en Panamá. La investigación *Variantes moleculares de la enzima de glucosa 6 fosfato deshidrogenasa en población pediátrica panameña*, lo comprobó; con lo que se alcanzó su objetivo principal.

Con este trabajo se abrieron las líneas de investigación para otros estudios, entre ellos una investigación sobre estrés oxidativo para revisar si tiene similitud con la anemia falciforme.

Para la genetista Gladys Cossio: «Los beneficiarios de esta investigación son los neonatos, la familia, el país. Las instituciones como el Hospital del Niño, todos los hospitales, sobre todo los que ofrecen atención pediátrica, porque eso fue lo me impulsó a luchar por el tamizaje, esa fue la punta de lanza».

«Cuando se produjo el tercer debate en la Asamblea Nacional, el 15 de diciembre del año 2006, los padres me autorizaron a usar las fotos de sus hijos muertos y otros vivos para que luchara por la ley del tamizaje. Yo decía: 'Esto no se puede permitir, yo no puedo estar sentada en un escritorio de un consultorio y que me llegue un niño con buen peso, con buena talla, con un buen seguimiento del embarazo, impregnado por bilirrubina, al contacto con el alcanfor'. O que me dijeran -cuando vine de Uruguay, del Congreso Latinoamericano-: 'En la morgue hay uno suyo, un niño que tenía una bolsita roja con una bolita de alcanfor, que no duró ni 12 horas aquí; llegó convulsionando y murió. Hizo falla renal...'. Entonces para mí es muy triste, porque era un niño en buenas condiciones, no debió morir por algo que tú puedes evitar», indicó la doctora.

**A todas luces, el mayor triunfo de esta investigación fue el respaldo a la formulación y aprobación de la Ley 4 de 8 de enero de 2007, que crea el Programa Nacional de Tamizaje Neonatal en Panamá y dicta otras disposiciones; entre ellas, el servicio gratuito que ofrece el Ministerio de Salud para la realización de este examen, con la finalidad de detectar a tiempo anomalías genéticas en los primeros días de nacimiento del bebé.**



Esta investigación tuvo una muestra total de 100 pacientes. Al final se obtuvo información de 75 casos. En el proceso de búsqueda de los pacientes, algunos cambiaron de direcciones y números de teléfono; en otros casos, se recurrió al Registro Civil, donde se encontró información sobre las defunciones de más pacientes de lo que esperaba la doctora Cossio.

Es importante destacar que la doctora Gladys Cossio, además de ser la primera en realizar este tamizaje en América Latina, sigue dedicando su vida a estas investigaciones, brinda asesoría a los padres de forma grupal, ya que cada mes son treinta, cuarenta, cincuenta y más niños y niñas diagnosticados con esta deficiencia.

Además, como catedrática de maestría y posgrado, instruye a sus estudiantes y «a todo el que pueda», y enseña sobre estas investigaciones y sus hallazgos.

Este proyecto, pionero en Panamá, reafirma la importancia de realizar y confirmar el tamizaje en los neonatos, para evitar muertes dolorosas y prematuras por falta de información; por lo tanto, se espera que sirva de motivación a otros médicos panameños, en función de la conservación de la vida y la disminución de la mortalidad infantil.

Los estudios pilotos sirven para sustentar la realidad de salud de un país y, por ende, para la formulación de leyes en procura de la buena salud pública.

La doctora Cossio continúa recopilando información y promueve en sus estudiantes de Genética y Pediatría el desarrollo de otras investigaciones, para obtener una muestra mayor con todas las mutaciones que puedan encontrarse en el país.

Actualmente, ha incluido otro tipo de mutaciones que no se habían incorporado antes, para lo cual ha considerado utilizar una muestra de 66,000 pacientes, población estadísticamente significativa.

Entre otras publicaciones de tenor científico, este proyecto fue publicado por la Sociedad Latinoamericana de Tamizaje Neonatal, y fue presentado en un congreso en Costa Rica en el año 2008; así como en el Congreso Nacional de Pediatría, donde fue sustentado un estudio preliminar de incidencia de G6PD en Panamá.

# Marcelino Gutiérrez

## Potencial biomédico contra cáncer y enfermedades infecciosas

El doctor Marcelino Gutiérrez Guevara, investigador permanente de Indicasat y coordinador del Centro de Biodiversidad y Descubrimiento de Drogas, inició en el año 2008 un proyecto llamado *Explorando la biodiversidad marina de Panamá en búsqueda de compuestos nuevos con potencial biomédico contra cáncer y enfermedades infecciosas*.

El objetivo era explorar la biodiversidad marina de Panamá, que estaba y continúa inexplorada, en términos de descubrimiento de nuevas drogas o compuestos medicinales, explica el investigador.

**Indicó que se ha demostrado que la diversidad marina de Panamá tiene un valor intrínseco en cuanto a que los organismos marinos poseen productos con potencial medicinal.**

Este primer proyecto se hizo en colaboración con el doctor Bill Gerwick, de la Universidad de California en San Diego, y el doctor Jaime Martínez Urtaza, un español que, en aquel momento, estaba en Santiago de Compostela y ahora labora en la Universidad de Bath, del Reino Unido. Él ayudó en la sección microbiológica.

Un colaborador importante de su laboratorio o de todos sus proyectos relacionados con el mar, es el doctor Héctor Guzmán, del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Él es un científico permanente, biólogo marino con amplia experiencia en ecología, un experto en corales y especies altamente migratorias, incluyendo ballenas, manatíes, tiburones, aves marinas y tortugas. El doctor Guzmán ha sido un aliado clave en



términos de realizar las colectas, de visitar sitios distantes como el Parque Nacional Coiba, como el banco Hannibal y realizar colectas de los invertebrados que se estudian. El Smithsonian ha sido una institución aliada de Indicasat.

Señala que siempre se incluyen en los proyectos fondos para personal técnico, y una limitante es la dificultad de encontrar personal técnico calificado. «Nosotros tenemos que incorporar a un estudiante que esté graduándose y entrenarlo, para que después haga la función del técnico. Se le paga, si se le contrata como técnico, y nosotros tenemos que formarlo para que después de un tiempo este estudiante se nos vaya y quedemos en el mismo dilema, conseguir otro y entrenarlo; creo que eso ha sido una limitante», afirma.





Agregó que otra limitante es la demora en el desembolso de los fondos y a veces los organismos internacionales no lo saben. «Hay que aprovechar las oportunidades en tiempo y a veces la demora en los fondos atrasa los proyectos», indica.

También señaló que aquí no había infraestructura. «Esta es una línea de investigación nueva, que básicamente mi laboratorio desarrolló en Panamá. Creo que este es el único laboratorio en Panamá que estudia productos naturales marinos de corales o de bacterias marinas», dice el doctor Gutiérrez.

Al principio fue difícil, porque no tenían la infraestructura. Y a través de estos proyectos, se creó la infraestructura base. Obviamente, toda la infraestructura que tiene Indicasat es bastante, y nosotros establecimos dos laboratorios que no existían, uno de química y otro de microbiología, enfocados en productos naturales.

Con respecto al proyecto de Grupos Internacionales Cooperativos de la Biodiversidad (ICBG), que era financiado por el Instituto Nacional de la Salud de Estados Unidos, y en el que participaron la Universidad de Panamá y el Instituto Smithsonian, indicó que en realidad era un proyecto iniciado por unos norteamericanos: «Ellos buscaron los colaboradores panameños, por eso acabó aquí en Panamá». Se hacía una parte aquí en Panamá y otra en Estados Unidos: «Era una colaboración muy fuerte, muy buena».



Relata el investigador que se realizaron colectas de organismos marinos y de microorganismos: «Creo que uno de los resultados es que en realidad los proyectos se complementan más. El segundo proyecto es la creación de una base de una colección de bacterias».

Señaló que si hubiera más personal técnico y más fondos, habrían podido lograr nuevos resultados y aislar más compuestos con propiedades farmacológicas. Terminó agregando: «Nosotros llegamos hasta un punto, que eran los objetivos planteados en el proyecto originalmente; pero ahí nos dimos cuenta de que había mucho más que hacer con esos organismos, en los trabajos que iniciamos. Pero en cierta forma, al acabarse el proyecto, no se le dio continuidad a eso, porque obviamente teníamos fondos de otros proyectos con otros objetivos y tenían que enfocarse en los proyectos que son financiados, pero si tuvieran, por ejemplo, más dinero o más estudiantes y técnicos, podría dársele más continuidad a estas investigaciones».





# José R. Loaiza

## La malaria: genética y demografía de los mosquitos vectores

En el año 2008, se llevó a cabo el primero de los 3 proyectos de investigación centrados en la genética poblacional de los mosquitos transmisores de los parásitos causantes de la malaria en Panamá, llamado: *Genética poblacional e historia demográfica del vector de malaria humana Anopheles punctimacula en Panamá, a través de secuencias de DNA*.

Estudios mundiales anteriores indicaban que muchas de las especies de los mosquitos del género *Anopheles* no podían ser distinguidas morfológicamente, a pesar de haber unidades evolutivas independientes entre ellas. Evidencias conductuales y morfológicas apoyaban la hipótesis de que el *Anopheles punctimacula* era un complejo de especies crípticas presente en el país, pero no se sabía cuántas especies biológicas existían dentro de este taxón, ni tampoco había estudios previos sobre el tema aquí en Panamá, por lo que desde la Senacyt se decidió financiar el proyecto con objeto de generar un conocimiento acerca del mosquito que ayudara a prevenir epidemias de malaria.



Uno de los proyectos se desarrolló entre los años 2008 y 2010 para conocer los patrones de flujo genético entre las poblaciones de este mosquito, y su relación con las transmisiones de patógenos al ser humano. De igual forma, se esperaba determinar si las especies se comportaban de la misma manera en todo el país, o si tenían divergencias conductuales o epidemiológicas en distintas áreas geográficas.

El estudio buscaba formas eficaces de control mediante la identificación de los factores de riesgo, y para ello se colectaron mosquitos del género *Anopheles* de más de 20 localidades de Panamá, Colombia y Costa Rica. Se separaron aquellos identificados como *Anopheles punctimacula*, basados en caracteres morfológicos, y a estos se les extrajo ADN para, mediante técnicas de identificación genética, poder determinar la unidad o diversidad de especies existente. También se utilizaron modelos predictivos de nicho ecológico para determinar la relación entre los casos de malaria del país y la distribución de dicho mosquito.

Con este estudio se demostró que el mosquito *Anopheles punctimacula* es un complejo de especies crípticas formado por dos linajes moleculares distintos en vías de especiación alopátrica, que además se distribuyen desigualmente en regiones geográficas distintas de Panamá (*Anopheles punctimacula sensu*



*stricto* y *Anopheles punctimacula* B). Los miembros de estos linajes moleculares pudieran tener diferencias en su capacidad vectorial para transmitir la malaria en áreas endémicas; sin embargo, esto deberá determinarse en estudios posteriores.



Se confeccionaron mapas geográficos de cada especie, se identificaron las zonas endémicas de malaria: provincia de Bocas del Toro, comarca Ngäbe-Buglé, comarca Guna Yala y Darién. En el mapeo también se hizo una predicción del nicho ecológico, tomando en cuentas las diversas condiciones climáticas y los hábitats propicios para ambos linajes de *Anopheles punctimacula*.

Por último, un dato desconocido hasta la fecha: con el proyecto se detectaron hasta doce especies de mosquitos capaces de transmitir la malaria, a pesar de lo cual –o más bien por ello– para el doctor Loaiza es necesario realizar estudios taxonómicos en otras especies del género *Anopheles* similares ecológicamente a *Anopheles punctimacula*, que también transmiten malaria en Panamá, y continuar con la investigación de este tipo, ya que podría ayudar a optimizar las estrategias de control de las enfermedades que transmiten.



## Factores que determinan las características del vector de transmisión de la malaria

En un nuevo trabajo de investigación dirigido por el doctor José R. Loaiza, junto a varios especialistas internacionales, se profundizó en el conocimiento de la diversidad genética del vector primario de malaria en Centroamérica, el mosquito *Anopheles albimanus*, para poder determinar las principales características en cuanto a la estructura de la población y su historial demográfico. Se buscaba, por tanto, determinar si esta especie se comportaba de la misma manera en todo el país o si esas diferencias genéticas habían provocado divergencias entre las distintas áreas geográficas.

De esta manera, y con base en los datos que se obtengan, se podría determinar cómo han afectado determinadas circunstancias geográficas (cadenas montañosas, deforestación, escasez de agua o inundaciones, y eventos climáticos históricos, etc.) al posible aislamiento o desplazamiento de las especies. Este es otro paso más que podría ayudar a optimizar las estrategias de control de las enfermedades que transmiten los mosquitos *Anopheles* en el país.

Se comenzó con la tarea de colecta de mosquitos del género *Anopheles* en más de 20 localidades de Panamá, Colombia y Costa Rica, siendo separados aquellos identificados como *Anopheles albimanus*, en función de los caracteres morfológicos. Posteriormente, se extrajo el ADN de estos mosquitos para

así poder obtener, mediante análisis molecular con secuencias parciales del gen citocromo oxidasa subunidad 1, los árboles filogenéticos.

**El fin era averiguar los factores causantes de posibles divergencias genéticas, así como estimar los patrones espaciales y las tasas de intercambio genético poblacional. Adicionalmente, se utilizaron modelos predictivos de nicho ecológico para determinar la relación entre los casos de malaria del país y la distribución de *Anopheles albimanus*.**

La ausencia de un laboratorio de nivel de bioseguridad dos (BSL-2 o insectario) en el Indicasat, imprescindible para trabajar con insectos susceptibles de transmitir enfermedades, impidió la cría de los mosquitos miembros de las poblaciones divergentes, y no permitió la realización de experimentos de entrecruzamiento sexual; pero las bases para realizarlos más adelante, si se dispone de fondos para adquirir ese tipo de instalaciones, están puestas.





## Impacto social y trascendencia para el futuro

Con este estudio se confirmó que el mosquito *Anopheles albimanus* es una especie constante y única, pero con flujo genético restringido entre las poblaciones localizadas en la región atlántica y del Pacífico de Costa Rica y Panamá y, por lo tanto, muestra elevada divergencia genética poblacional. Esto es debido a una combinación de factores; entre ellos, figuran las barreras geográficas (cordillera Central de Panamá), los cambios climáticos del Pleistoceno tardío y las adaptaciones a distintos tipos de clima en distintas regiones de Centroamérica.

Este estudio colaboró de forma importante a impulsar la transmisión y divulgación de conocimiento académico, como prueban varios artículos científicos publicados en revistas internacionales de impacto, y a ayudar a los cinco estudiantes que se graduaron colaborando en el desarrollo de la investigación, provenientes de la Universidad de Panamá y las universidades estadounidenses de El Paso, Texas (UTEP) y de Albany, Nueva York.

En el año 2010, el grupo de investigación, dirigido por el doctor José R. Loaiza, descubre por primera vez en Darién, al mosquito *Anopheles darlingi*, que es el principal vector de malaria en América del Sur.

En esa provincia, la deforestación se ha incrementado durante los últimos años y a los investigadores les preocupaban las consecuencias de ese proceso sobre la conducta del mencionado mosquito con relación a los distintos grados de alteración del bosque en esta región del país, ya que se conocían estudios realizados en Centroamérica que indicaban que la deforestación o alteración de los hábitats boscosos podría afectar el tamaño poblacional o los desplazamientos y comportamientos de algunas especies de mosquitos. Por ejemplo, existían casos demostrados en Brasil que indicaban que la tasa de picaduras de *Anopheles darlingi* era considerablemente mayor en sitios de bosque deforestado en comparación a sitios con escasa alteración.

Así, pues, y para investigar más acerca de cómo afectan al *Anopheles* los cambios en su entorno, y más en concreto, para profundizar en el conocimiento sobre la presencia y peligrosidad del *Anopheles darlingi* en el Darién, se elaboró por parte de un equipo encabezado por el doctor Loaiza, junto a otros investigadores como Jan E. Conn, Oris I. Sanjur y Marilyn Scott, el proyecto: *Bionomía y demografía del vector de malaria, Anopheles darlingi, en Panamá*.

En esta investigación, el protagonista era el mosquito *Anopheles darlingi*. El objetivo era conocer su ecología, su hábitat y comportamiento, y a la vez averiguar si esta especie había venido de Colombia por medio de los cambios locales del paisaje, movimientos de personas y/u otros, como se creía.



Igualmente, y dado que los fondos necesarios para estudiar de forma global en toda la zona del Darién la presencia del mosquito habrían sido inalcanzables, se optó por cruzar los datos obtenidos por el estudio con los del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud de Panamá, para tratar de determinar la posible asociación entre epidemias de malaria y las distintas regiones geográficas endémicas, incluidas las comarcas indígenas.

En 30 años de estudio, la especie *Anopheles* no había sido reportada por el Ministerio de Salud de Panamá, y se creía que los ejemplares presentes en Darién se habían introducido desde territorio colombiano. Pero, para sorpresa, se descubrió que el mosquito siempre había pertenecido a la región este de Panamá, y que se caracterizaba, entre otras cosas, por picar a la media noche: «Es nocturno y le gustan los lugares muy oscuros cercanos al río Jaqué», detalla el investigador.

A manera de anécdota, el doctor Loaiza sostiene que, luego de varias noches, le había sido imposible recolectar ningún ejemplar de la especie. A pesar de ello, sus estudios de referencia en la Amazonia de Brasil le daban motivos suficientes para suponer que esta especie sí se encontraría en nuestro país. Un día, decidieron cambiar la estrategia de búsqueda y extendieron la jornada de trabajo hasta la media noche, lo que dio como resultado que, por primera vez, se lograra identificar la especie *Anopheles darlingi* en la localidad de Biroquera, cerca de Jaqué, provincia de Darién.

En los estudios se determinó que este mosquito solo habita en la selva, ya que le gustan los bosques cerrados, muy característicos del chocó panameño, y prefiere áreas sombreadas en las curvaturas de los ríos, donde se acumula mucha hojarasca en aguas de curso lento. De hecho, los principales sitios de cría del mosquito *Anopheles darlingi* en la región este de Panamá, son las cuencas de los ríos Pavarando y Jaqué. Sin embargo, no nos podemos confiar, ya que, aunque por motivos de presupuesto no se pudo determinar con exactitud la influencia de la deforestación sobre el comportamiento y ubicación del *Anopheles darlingi*, es evidente que la desaparición de su entorno habitual afectará de forma imprevisible a sus poblaciones; una probable y nada deseada consecuencia de su traslado a otras zonas. Por otro lado, y como dato positivo, aunque se encontraron algunos ejemplares de mosquito *Anopheles albimanus* infectados en el área de Bocas del Toro, no se encontró *Anopheles darlingi* infectado en el Darién.

En primer lugar, se confirmó la presencia de *Anopheles darlingi*, el vector más eficiente de la malaria humana en América, en la región este de Panamá. En países del sur –como Brasil, Venezuela y Perú– este insecto es conocido como el responsable de un gran número de casos de malaria, y que se reproduce, sobre todo, en lugares donde el agua se mantiene calmada.



La investigación permitió, así mismo, identificar los sitios calientes o *hotspots* de la malaria en Panamá. En concreto, se determinó que las comarcas indígenas son las áreas endémicas y epidémicas de malaria en el país; y como tales, sirven de reservorio o colchón de la enfermedad. Lógicamente, este descubrimiento es clave para que las autoridades puedan establecer las políticas sanitarias de prevención que sean necesarias.

Además, la presencia de *Anopheles darlingi* en Darién confirma que esta región presenta una extrema importancia epidemiológica, por lo que conservar sus bosques es tan importante para la salud pública de Darién, y en general de nuestro país, como lo sería el uso de medidas de prevención o sanitarias. Así que esa protección de las zonas boscosas debe ser prioridad para el Gobierno.

En otro orden de cosas, y como resultado beneficioso común a todos los proyectos de colaboración entre científicos nacionales y extranjeros, expertos y jóvenes, o de diferentes especialidades, ha favorecido una importantísima transmisión de conocimientos, técnicas y formación de primer nivel, con la importancia que eso tiene para nuestros profesionales de la ciencia, y los que lo están por serlo aún. De hecho, entre todos los estudios del grupo de investigación del doctor Loaiza sobre los mosquitos vectores de malaria en Panamá, se han publicado más de diez artículos científicos en revistas internacionales y se graduaron más de ocho estudiantes de las universidades locales e internacionales.

Los resultados de las investigaciones y el potencial de esta información generan valor directo y agregado para resolver nuestros propios problemas de salud pública.

# Jorge Motta

## Sistema de vigilancia y control del dengue en zonas de alto riesgo

El propósito de este proyecto, denominado: *Mejoramiento del sistema de vigilancia de dengue en Panamá, mediante la genotipificación de los subtipos circulantes, en áreas de alto riesgo*, era establecer un sistema dirigido a la identificación y genotipificación del virus dengue de forma rápida, para alertar oportunamente a los sistemas de vigilancia y control del dengue.

Los resultados generados por esta nueva metodología, darían a los epidemiólogos y al sistema de salud pública nacional, información de gran relevancia para la toma de decisiones en el control de la enfermedad causada por el virus del dengue y también sería de gran utilidad para la prevención de casos de dengue hemorrágico y el síndrome del *shock* por dengue.

Se esperaba levantar un «perfil genotípico» (librería genotípica) de las cepas de dengue que han circulado en Panamá desde 1994 al presente, lo que permitiría detectar nuevos genotipos de



dengue en el territorio nacional y también establecer predicciones en áreas de mayor riesgo, donde podría ocurrir una epidemia de dengue hemorrágico. Este proyecto buscaba además dejar los cimientos para futuros estudios de evolución y epidemiología molecular del dengue en nuestro país.

El estudio tuvo como principal objetivo el optimizar los sistemas de vigilancia del dengue, mediante la implementación de un novedoso sistema de genotipificación que permitiría de forma rápida y eficaz el monitoreo de los genotipos en áreas de mayor prevalencia, lo que produciría el fortalecimiento de alertas de prevención y probablemente de un mejor control del dengue hemorrágico.

El trabajo desarrollado pretendió, en primer lugar, levantar un perfil genotípico de las cepas del virus dengue, lo que permitirá monitorear genotipos de reciente introducción, su desplazamiento y dispersión, así como su asociación a casos de dengue hemorrágico en otras áreas o países.

En segundo lugar, el estudio propuso establecer un sistema de alerta que permitiera detectar un nuevo genotipo, lo que tendría un impacto significativo al proveer a epidemiólogos nacionales y de países vecinos, información rápida y precisa para el control y vigilancia de esta enfermedad. Con esta estrategia se esperaba poder disminuir el riesgo de una epidemia de dengue hemorrágico, como las que han sido documentadas en otros países (Cuba, Venezuela, Tailandia, etc.).





## Indicadores para analizar la mortalidad por enfermedades circulatorias

El proyecto se enmarcó en desarrollar un sistema de información geográfico para la visualización y el análisis de los patrones y distribución geográfica de la mortalidad por enfermedades circulatorias, con el fin de vincular dichos patrones y distribución, con las condiciones socioeconómicas, demográficas y ambientales de la población en la República de Panamá, y se denominó: *Desarrollo de un sistema de indicadores para el análisis de la mortalidad por enfermedades circulatorias en Panamá, años 2001-2008*.

El uso de sistemas de información geográfica en Panamá para el análisis epidemiológico, tiene su antecedente más reciente con el desarrollo del proyecto *Diseño y desarrollo de un sistema de información geográfico en salud*, que fue llevado a cabo por el Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud y el Ministerio de Salud. Con este proyecto se logró desarrollar las capacidades técnicas y humanas para la utilización de tecnologías de información geográfica.

Dentro de las actividades de investigación y divulgación del sector salud, los ejemplos más relevantes han sido la elaboración del *Atlas Nacional de Salud 2008*; el *Estudio de factores de riesgo para la incidencia de cáncer en el corregimiento de La Represa, distrito de La Chorrera, provincia de Panamá, años 2001-2005*; y la elaboración de los mapas de resultados de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (Enscavi).

Con la metodología empleada, se logró identificar y agrupar las causas de muerte por enfermedades circulatorias (CIE/10- I00- I99; Q20- Q28), por enfermedades renales (CIE/10- N17- N19) y diabetes Mellitus (CIE/10: E10- E14). Se generaron tasas específicas; tasas ajustadas de mortalidad por edad y sexo, según la metodología establecida por OPS (documento *Estadísticas de salud de las Américas*, edición 2006); estimados de años potencialmente perdidos, de productividad perdida, de conglomerados (modelo de Poisson); y se generaron modelos de ciclos y componentes estacionales de mortalidad y de sus factores de riesgo. También se construyó un portal *webmapping* con los datos obtenidos a nivel de distrito y provincia para los períodos 2001-2011.

Entre los aportes que logro esta investigación se destacan:

- Se encontró que la enfermedad isquémica del corazón representó el 10.2% del total de las muertes durante el período estudiado, lo que significa que aproximadamente en esa década,

uno de cada diez panameños había muerto por causa de esta enfermedad. Esta cifra es menor a la reportada para los países del continente, la cual es aproximadamente de 13.6%.

- La tasa ajustada de mortalidad en los hombres (44.4 por 100,000) fue mayor que la tasa de las mujeres (41.4 por 100,000); llama la atención, porque esta diferencia entre estas tasas es menor a la reportada por muchos otros países de América.
- La enfermedad cerebrovascular (ECV) representó el 10.1% del total de muertes durante el período estudiado. Se encontró que la tasa ajustada de mortalidad era mayor en las mujeres que en los hombres. Este hallazgo difiere con lo reportado por muchos países del continente, donde el promedio de mortalidad producida por ECV se habían estimado en 7.0% y las tasas reportadas generalmente eran más altas en los hombres que en las mujeres.
- El sistema desarrollado añade una herramienta más al proceso de análisis de datos de mortalidad por enfermedades circulatorias en Panamá.
- El estudio contó con la participación de profesionales de distintas áreas (médicos cardiólogos, epidemiólogos, geógrafos, especialistas en el diseño de interfaces web y estudiantes), que trabajaron como equipo en el diseño de la interface y en la identificación de indicadores.
- Este trabajo multidisciplinario generó un alto nivel de exposición y divulgación del proyecto y, a través de los actores involucrados, se pudo motivar a otros actores no involucrados inicialmente a apropiarse de la herramienta y utilizarla en el Minsa, en educación, en investigación y por ciudadanos interesados.

# Juan Pascale

## El diagnóstico y evaluación del tratamiento de la esclerosis múltiple (EM)

La esclerosis múltiple es un padecimiento inmunológico y multifactorial de clara predisposición genética y con un componente ambiental todavía no identificado. Afecta a la mielina –el material que rodea y protege las células nerviosas– y se manifiesta de forma diversa: con visión borrosa o doble alteración del habla, pérdida de sensibilidad en las extremidades o pérdida de equilibrio; síntomas comunes a otras patologías, lo que a veces retrasa el diagnóstico. En personas jóvenes, es la primera causa de discapacidad.

Es una enfermedad del sistema nervioso central, altamente invalidante, cuyos primeros síntomas pasan con frecuencia inadvertidos. Nuevos estudios han confirmado que la detección precoz de los primeros síntomas es esencial, pues cuanto antes se apliquen los tratamientos disponibles, mejor es su evolución. Pero, ¿cómo identificarla en sus etapas iniciales?

Además de la resonancia magnética y los potenciales evocados, hay pruebas de laboratorio que miden la presencia de marcadores en el líquido cefalorraquídeo y en el suero. Realmente esta metodología no se estaba llevando a cabo en Panamá ni en Centroamérica. El análisis de la presencia de bandas oligoclonales en el líquido cefalorraquídeo se ha revelado como una de las mejores herramientas para detectar esta enfermedad. El diagnóstico y tratamiento precoz son esenciales para evitar la pérdida progresiva del tejido nervioso.

El médico Juan Miguel Pascale, director del Instituto Gorgas e investigador del Sistema Nacional de Investigación de la Senacyt, quien lidera el proyecto, señala que se desarrollaron y probaron diferentes metodologías, hasta que se implementó



una, que ahora incluso ya es comercial, para afinar el diagnóstico de laboratorio de esclerosis múltiple. Y que, además, se buscaron otros marcadores asociados al progreso de la enfermedad.

«Esa era la idea, poder ayudar al clínico para confirmar el diagnóstico de esclerosis múltiple y dar la idea de ciertos marcadores que estaban presentes», indicó el galeno.

Los estudios se hicieron en pacientes sospechosos de esclerosis múltiple. Se buscaba la presencia de bandas oligoclonales en líquido cefalorraquídeo y en suero. Con base en eso, se cataloga al paciente en cuatro patrones y, sobre todo, los pacientes que tienen patrón tres, que son característicos de personas con la enfermedad. El aporte de este proyecto fue afinar el diagnóstico de laboratorio de la esclerosis múltiple; tanto así, que antes había que mandar las pruebas a los Estados Unidos, que resultaban costosas y demoradas. A pesar de que en los países centroamericanos ya conocen el proceso, todavía Honduras manda sus muestras a Panamá para que se hagan bandas oligoclonales.

El líquido cefalorraquídeo es el que protege y amortigua el cerebro y la médula espinal. En un análisis de detección de bandas oligoclonales, se busca si existen anticuerpos. Las bandas de anticuerpos de gran tamaño indican la presencia de una infección u otra enfermedad. Si en la sangre no hay otras bandas similares, esto puede ser un indicador de esclerosis múltiple.



«Lo que hicimos fue desarrollar la metodología en el país y mejorarla, porque hicimos ciertas mejoras en el proceso. Nadie más lo ha hecho en el país. La idea era hacerlo y después que la Caja de Seguro Social y el Hospital Santo Tomas lo siguiera. La técnica es complicada, requiere cierta experticia y la interpretación no es fácil», explica el doctor.

«Lo bueno es que cada vez hay nuevos y más eficientes medicamentos contra la esclerosis, que son costosos, pero el Seguro Social los tiene. Es una condición que, si uno no la trata y no se cuida, progresa y genera discapacidad. Entonces, laboralmente es una carga para el país», opina.

Estos hallazgos pueden ayudar a resolver la actual controversia científica sobre los criterios que permitan comprobar el diagnóstico de esclerosis múltiple en los pacientes con un primer brote, ya que distintos estudios sugieren que el daño que se ha producido antes de la medicación no se recupera.



Actualmente, los investigadores continúan trabajando en varias áreas, además de la EM, VIH, hepatitis B y el cáncer. Si bien es cierto que las enfermedades infecciosas son importantes, muchas de ellas tienen cada vez mejores tratamientos y algunas vacunas, como la hepatitis B y el VIH.





## Investigaciones sobre VIH podrían reducir el impacto de la enfermedad

Juan Miguel Pascale asegura que en el país no se sabía exactamente cuál era la prevalencia del VIH de las trabajadoras sexuales, de los hombres que tienen sexo con hombres y de los adolescentes en edad escolar, considerados hoy grupos de alto riesgo. «El programa de VIH probablemente tiene las cifras generales, pero no las tenían catalogadas por grupos de riesgo. La idea de aplicar estos proyectos era llenar esas brechas de información que no se tenía en el país», indicó.

Mediante la investigación, se hizo una evaluación de trabajadoras comerciales del sexo, de las que están registradas y que van a los centros de salud; y aquellas que trabajan de manera clandestina, en la calle, o que ofrecen sus servicios a través de periódicos, internet y otros medios. Sobre este tipo de sexoservidoras, no hay control.

«Nosotros las buscamos con grupos de ONG y con voluntarios. Llegamos a esta gente, les hicimos exámenes y nos encontramos que había una alta prevalencia, que era por lo menos tres o cuatro veces la que se observaba en la población general, era un grupo de riesgo importante y esa gente está laborando con el sexo», nos dijo Pascale.

**Ese resultado alertó a las autoridades de salud del Programa de VIH, que, en un intento de mantener el control de estas trabajadoras sexuales y la propagación de enfermedades de transmisión sexual, creó las «Clínicas Amigables», que permiten que estas personas, que no se sentían muy cómodas visitando los centros de salud, pudieran ir a atenderse en horas no laborales.**

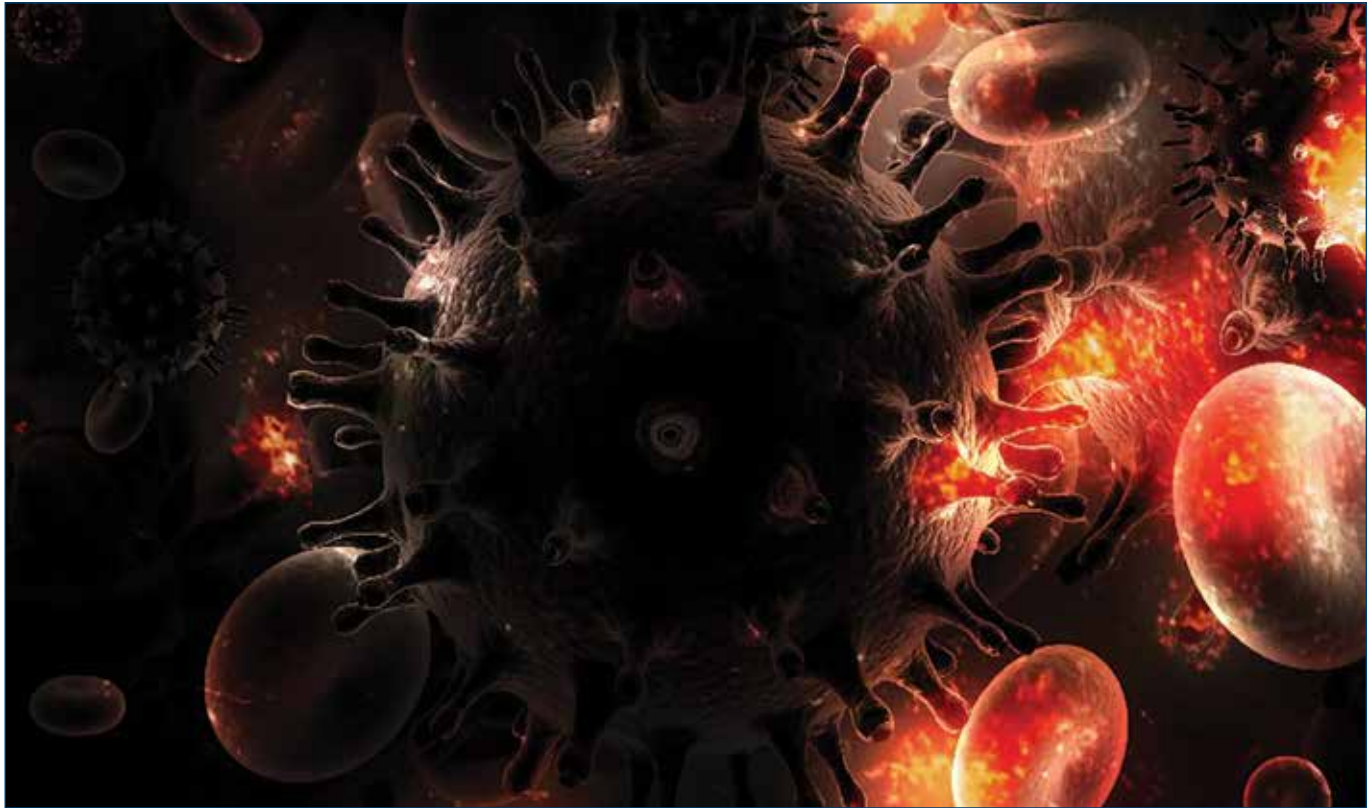
Son ocho Clínicas Amigables que existen y están distribuidas por todo el país: en Azuero, Changuinola, Colón, Santiago, Veranillo, isla Colón, Calidonia y Santa Ana.

El doctor Pascale explicó que para el seguimiento de una persona con VIH, es imprescindible conocer tres parámetros que están muy relacionados al progreso de la enfermedad. Estos son: la capacidad de respuesta del sistema inmune del individuo, la cuantificación de la cantidad de virus circulante y la efectividad del tratamiento con medicamentos antirretrovirales.

Los investigadores estudiaron, además, la prevalencia de VIH en hombres que tienen sexo con hombres, que está alrededor de 6 a 10% en Chiriquí; 20 a 25% en Panamá; y 29 a 32% en Colón. Uno de cada tres hombres que tiene sexo con hombres en Colón, es positivo por VIH. Fueron datos que surgieron y que hicieron que Panamá tomara a estos grupos como de alto riesgo y se concentrara más en la prevención y concienciación sobre el problema.



Recientemente, han analizado las enfermedades de transmisión sexual en adolescentes y han encontrado que el 27% de los que están en las escuelas, están teniendo vida sexual activa,



tienen alguna infección de transmisión sexual y es más común en chicas que en chicos.

Otro estudio ha permitido conocer la epidemiología y el virus que está circulando, que tiene relación con los distintos tipos y subtipos de la enfermedad, que varían mucho y se recombinan unos con los otros, razón por la que resulta tan difícil hacer una vacuna que contrarreste el padecimiento.

Otra investigación reciente fue sobre la resistencia del virus VIH que está circulando en Panamá, cuán sensible es a los medicamentos y su resistencia a estos. Se encontraron niveles intermedios de resistencia y que cada vez está creciendo más hacia uno de los medicamentos de la terapia inicial que se está usando; es decir, que el virus tiene una mutación que le confiere resistencia a ese medicamento.

Sin embargo, para el investigador, probablemente pueda ser que en un 15% de las personas, el medicamento no sirva. Apenas sabemos que la persona tiene la infección, le hacemos la prueba de CD4, de carga viral y, además, le hacemos un genotipaje para saber si el virus es sensible o resistente al tratamiento.

«Antes no se podía hacer este tipo de análisis, ahora ya es parte del monitoreo de nuestros pacientes. Además de buscar los factores de resistencia del virus, también queríamos buscar los factores genéticos de la población panameña, hay gente en la cual la infección avanza más rápido que en otra. Hay personas que son más susceptibles y otros son más resistentes a la progresión del virus, y no es por el tipo de virus, sino por factores genéticos», nos indica.

Actualmente, se concentran en nuevas pesquisas, también sobre VIH, en poblaciones indígenas panameñas, cuya prevalencia se mantiene alta.

Cuando existe una persona que está infectada por el VIH, puede iniciársele el tratamiento temprano; y si se le trata, las posibilidades de que infecte a otro son muy bajas. Pero si esa persona no sabe que está infectada, sigue contagiando a otras, porque se siente bien. «Hay que detectar y hacer diagnóstico; hay que hacer prevención y promover que la gente se haga la prueba», concluye el galeno.

## Panamá seleccionada para liderar estudio de hepatitis B

Debido a los avances positivos en investigaciones sobre la hepatitis B (VHB), científicos panameños fueron seleccionados para realizar estudios sobre la prevalencia de la enfermedad en pacientes VIH positivos de toda Mesoamérica, que ayudará a analizar el nivel de efectividad de la vacuna existente.

**A través del Centro Nacional de Investigación de Enfermedades Infecciosas de México, se seleccionó a Panamá para evaluar las hepatitis B y C, la tipificación molecular del virus, si están asociados o no a grupos étnicos específicos y si tienen mutaciones que les confieran resistencia en la región mesoamericana.**

La región incluye Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, así como a nueve estados de México: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Producto del trabajo que se ha estado realizando sobre el tema de la hepatitis B, se pudo conseguir apoyo externo para realizar este estudio y liderarlo en toda Mesoamérica, subrayó Juan Miguel Pascale.

Para el doctor Pascale, los estudios del VHB en el país, que se iniciaron en el año 2011, se han enfocado en la hepatitis B, porque la A es bastante frecuente, pero no es tan severa desde el punto de vista clínico y sus consecuencias. La hepatitis B puede llegar a ser mortal, puede causar cáncer de hígado y cirrosis hepática, igual que la hepatitis C. Pero con relación a esta última, ya se tenían indicios de que su incidencia no era muy alta en el país. Buscaron grupos diferentes entre las personas y bancos de sangre, y observaron que la prevalencia del virus era baja, de un 3% o menos, en la población general panameña.

Los resultados han arrojado también que VHB y VIH van de la mano. Muchas personas tienen doble infección, porque la forma de transmisión es la misma: sexual. Ambas se propagan por medio del semen, de la sangre o de otros líquidos corporales. Por lo tanto, los principales factores de riesgo de infección son los mismos: relaciones sexuales sin protección (sin condón) y uso de drogas inyectables.

La fase crónica de la infección por hepatitis B evoluciona a cirrosis –enfermedad del hígado en etapa terminal– y a cáncer de hígado con más rapidez en las personas con la infección simultánea, que en quienes tienen solo la primera. Sin embargo, la enfermedad crónica por el VHB no parece hacer que el VIH evolucione más rápidamente en las personas con infección simultánea por ambos virus.

Por lo tanto, el tratamiento de la hepatitis está íntimamente relacionado con el tratamiento de la infección por el VIH, pues las dos enfermedades requieren un amplio conocimiento de la inmunología, la virología, la genética y el conocimiento de las actuales normas terapéuticas, que suelen cambiar rápidamente con las actualizaciones modernas.

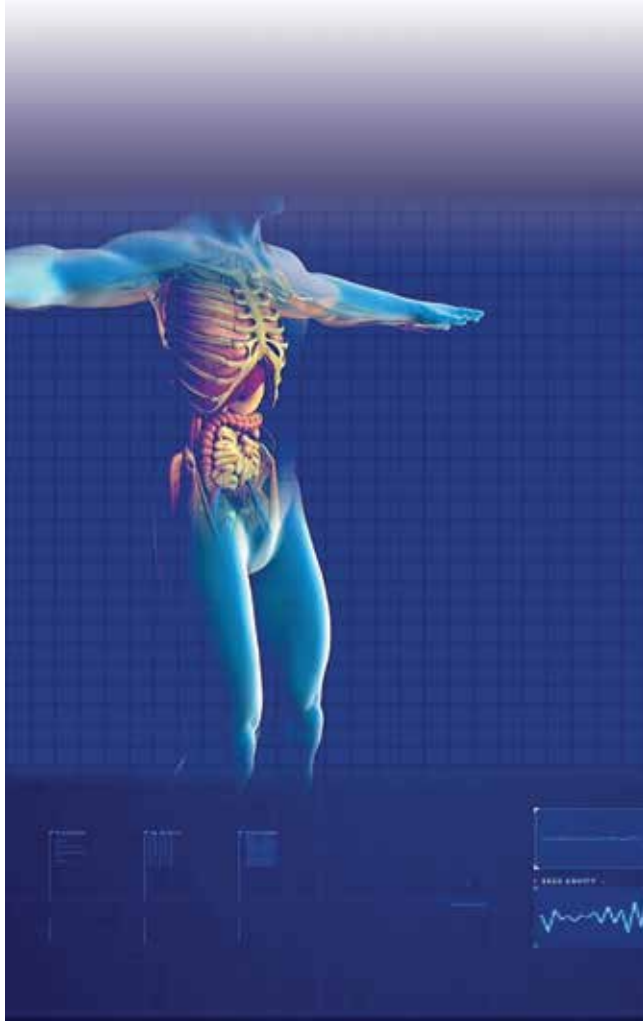
En el año 2004, surgió la necesidad de que grupos de riesgo, por ejemplo, trabajadoras comerciales del sexo y hombres que tienen sexo con hombres, que no habían estado infectados, se vacunaran para que no adquirieran la doble infección. Ésta fue una recomendación del estudio, que además de vacunar a los recién nacidos, se promoviera la vacunación en grupos de riesgo, además del personal de salud.

El galeno detalló que, mediante los análisis, han encontrado que la más alta prevalencia de hepatitis B está en la población chino-panameña con un 13%, comparada con un 3% o menos en la población general. Entre homosexuales es de 3.7%.

**Entre los hallazgos encontrados en los subtipos de virus de hepatitis B que circulan en Panamá, se destaca un subtipo del virus de hepatitis B que es predominante en la población ngäbe, y otro que se encuentra más que todo en hombres que tienen sexo con hombres. Uno está más concentrado en Panamá y el otro en el área de la comarca Ngäbe-Buglé.**

Por último, el estudio determinó que existe muy baja resistencia al medicamento; es decir, que el virus es sensible a los medicamentos que se utilizan contra la hepatitis B en Panamá, a diferencia del VIH, que está aumentando el nivel de resistencia.





A juicio del especialista, el problema de que aparezca la resistencia es muchas veces por la falta de adherencia al tratamiento. «Al que no toma el medicamento no le pasa nada, no genera resistencia; el que lo toma en forma consecutiva, es consecuente y lo hace al pie de la letra, tampoco tiene problemas,

porque tiene al virus suprimido; el problema es aquel paciente que lo agarra, lo deja por un tiempo y vuelve a tomarlo», afirma el médico.

La hepatitis B es una enfermedad infecciosa del hígado, causada por un virus que se caracteriza por necrosis hepatocelular e inflamación. Puede causar un proceso agudo o un proceso crónico, que puede acabar en cirrosis (pérdida de la «arquitectura» hepática por cicatrización y surgimiento de nódulos de regeneración) del hígado, cáncer de hígado, insuficiencia hepática, fatiga, fiebre, ictericia e incluso la muerte.

Las investigaciones no solo generaron la oportunidad de que Panamá encabezara un estudio internacional sobre hepatitis B, sino también la transferencia de conocimientos a estudiantes y profesionales, con la consecuente elaboración de tres trabajos a nivel de doctorado y dos de maestría.

*Si no hay investigación, no hay desarrollo. Los países realmente más desarrollados son los que más invierten en investigación.*



# Azael Saldaña

## La enfermedad de Chagas en Panamá

La evaluación de la presencia de anticuerpos contra receptores beta-adrenérgicos en pacientes con la enfermedad de Chagas se desarrolló en el país gracias a la iniciativa del doctor Azael Saldaña, investigador del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, junto a científicos panameños que participaron en el proyecto: los doctores Roberto Blandón y Edgar Avilés, cardiólogos del Hospital Santo Tomás, dos estudiantes –ahora médicos especialistas– que realizaban una pasantía en el Indicasat, el doctor Salomón Zebede y el doctor Juan Garisto.

La enfermedad de Chagas ha impactado a la humanidad desde la antigüedad. Su origen es de tipo parasitario tropical, causada por el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*. Se considera endémica de América; es decir, que afecta habitualmente este continente con mayor prevalencia en las regiones rurales más pobres de América Latina. Se estima que cada año mueren unas 10,000 personas por esta enfermedad, considerada generalmente crónica.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) la identifica como una de las 13 enfermedades tropicales más desatendidas del mundo; y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) la considera como una enfermedad de la pobreza. Constituye un problema de relevancia social y económica en muchos países de América Latina, por las grandes pérdidas económicas, incapacidad laboral y muerte repentina de personas aparentemente asintomáticas.

Esta enfermedad tiene como su principal órgano blanco: el corazón. En la etapa aguda, se caracteriza por fiebre, trastornos inespecíficos de los ganglios linfáticos, aumento del tamaño de hígado y bazo; en ocasiones, inflamación del miocardio o inflamación del encéfalo y las meninges, con pronóstico grave. En la etapa crónica, a la cual llegan entre el 30 y el 40% de todos



los pacientes chagásicos, suele haber cardiomiopatía difusa grave o dilatación patológica del esófago y colon; esta última condición no se ha reportado aun en Panamá.

En los pacientes chagásicos aparecen anticuerpos contra receptores beta-adrenérgicos que se pueden detectar, al igual que en otras enfermedades relacionadas con daños cardíacos. Es así que surge el interés por determinar qué tan frecuentes eran estos anticuerpos en pacientes de Panamá, debido a que se han asociado a marcadores de pronósticos o de evaluación sobre la evolución de la enfermedad en estos pacientes.

Explicó el director de esta investigación que: «La enfermedad de Chagas adopta diferentes manifestaciones clínicas a través de las áreas endémicas en Latinoamérica y siempre se había dicho que aquí en Panamá la enfermedad parecía ser más benigna, con patologías aparentemente menos severas. En Suramérica, por ejemplo, hay mucha gente que muere de Chagas, por cardiopatías chagásicas muy complicadas».

«Tratar de ver si realmente nuestros pacientes chagásicos presentan una respuesta inmune humoral diferente a los pacientes chagásicos de otras regiones, y si esta herramienta de la detección de anticuerpos beta-adrenérgicos presentaba algún tipo de utilidad en los estudios, sobre todo relacionada con la patología de la enfermedad de Chagas reportada aquí en Panamá», fue uno de los objetivos que dio origen a esta investigación, puntualizó el doctor Saldaña.

La primera parte de este proyecto científico implicó una evaluación clínica a cada paciente, las cuales fueron desarrolladas por los médicos cardiólogos del Hospital Santo Tomás, conjuntamente con los estudiantes de Medicina.

Luego de cumplir con esta primera parte de la evaluación, se realizó el proceso para determinar las personas que sufrían la enfermedad. Los diagnósticos se obtuvieron por la metodología de detección de anticuerpos «convencionales» por serología. La muestra arrojó 25 personas sanas, 50 pacientes con otro tipo de anomalía cardíaca y un total de 53 pacientes chagásicos. Finalmente, se utilizaron pruebas de Elisa comercial para determinar la prevalencia de anticuerpos contra receptores beta-adrenérgicos en pacientes con serología positiva.

En la opinión del doctor Azael Saldaña: «El resultado más importantes es que, efectivamente, la gran mayoría de pacientes chagásicos aquí en Panamá presentan estos anticuerpos contra receptores beta-adrenérgicos y que por ende pueden ser utilizados para el estudio de la patología. Sin embargo, descubrimos que muchos de estos pacientes con cardiopatías de otro origen también presentan los anticuerpos (beta-adrenérgicos). Y, por ende, hacían falta más estudios para poder definir si realmente la detección, cuantificación y caracterización de estos anticuerpos podría asociarse a alguna patología o pronóstico clínico de pacientes panameños con la enfermedad de Chagas».

«En este caso la patogénesis –el origen de la patología de la enfermedad de Chagas– siempre ha sido un gran tema de investigación. Hay una corriente que indica que la patología es causada por el parásito y la respuesta inmune, pero hay otros grupos de científicos que están a favor que un punto importante, que es la formación de autoanticuerpos. Estudios como este, dirigidos hacia la definición de esta respuesta autoinmune en pacientes chagásicos, son relevantes para lograr entender este tipo de patología. Nosotros logramos, en aquella ocasión, brindar luces sobre la respuesta inmune de los pacientes chagásicos aquí en Panamá; un pequeño avance en un largo camino de desconocimiento», acotó el director del proyecto.

Como se observa, la información recabada es altamente valiosa, sobre todo porque se determinaron las frecuencias de estos anticuerpos, comparadas con las reportadas por otros países. Es importante señalar que en función de la clasificación para daño cardíaco en Chagas –que son básicamente cuatro categorías de menor a mayor–, en ninguna de ellas se pudo realmente correlacionar la presencia de anticuerpos contra receptores beta adrenérgicos.

Los beneficiarios directos del estudio son los enfermos con Chagas que, mediante una metodología aplicada, podrán tener un criterio de evaluación de cómo va a evolucionar su enfermedad y así tendrán el manejo clínico adecuado que se les debe proporcionar. Por otro lado, se benefician también los estudiantes que participaron en la investigación y, finalmente, los resultados aportados y su divulgación son aprovechados en la comunidad científica.

Esta investigación también contó con aportes de personal técnico y económico del Hospital Santo Tomás y del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, que permitieron disponer de las pruebas para los exámenes de laboratorio y los kits que contenían básicamente dos grupos de antígenos, los péptidos beta-adrenérgicos y colinérgicos y los muscarínicos, con los cuales se detectan los anticuerpos que se presentan como respuesta a un daño del tejido cardíaco.

El principal obstáculo que afrontó la investigación consistió en la obtención de un número significativo de pacientes para la colecta de las muestras, ya que, si bien es cierto Panamá no está exento de Chagas, la cantidad de personas tratadas es mucho menor de la que se observa en Centroamérica o Suramérica.

El doctor Saldaña recomienda la continuación de estas investigaciones, en la cual se dividan los péptidos antigénicos que se utilizan en la evaluación inmunológica, para poder definir realmente cuáles están siendo reconocidos y su frecuencia y niveles en los pacientes chagásicos, lo cual podría dar luces sobre estos anticuerpos y la presencia de alguna determinada condición patológica.

Los resultados del estudio se presentaron en el Congreso Científico de la Universidad de Panamá y se han publicado en la revista *Biomédica* de Colombia y en la *Revista Española de Cardiología*.



## Incidencia de cambios ambientales y deforestación en enfermedades parasitarias

*Impacto de la deforestación y otros cambios ambientales en la ecología de las enfermedades de Chagas y leishmaniasis en la ribera del canal de Panamá* es el trabajo de investigación que desarrolló el doctor Azael Saldaña en el año 2013, motivado por las repercusiones del cambio climático y su consecuente daño ecológico, así como su influencia en la transformación de los patrones de transmisión de determinadas infecciones parasitarias.

Este proyecto contempló dos enfermedades parasitarias de alto impacto: la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis tegumentaria. En la República de Panamá se detectan anualmente cerca de 100 a 200 casos de Chagas y entre dos mil a tres mil casos de leishmaniasis tegumentaria. Ambas enfermedades son llamadas zoonóticas, porque provienen de los animales y son transmitidas al ser humano en condiciones naturales.

El objetivo fue determinar cómo el cambio climático, la deforestación y otras modificaciones producidas por el hombre, influyen en los ciclos de transmisión de la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis en áreas muy específicas del país; en este caso, se trabajó exclusivamente en la ribera oeste del canal de Panamá.

La metodología de campo implicó la ubicación de dos áreas ecológicas cercanas a las comunidades, donde se hicieron colectas en parches de bosques y se evaluaban los diversos parámetros que contempla este proyecto. No solo se analizó la presencia de reservorios y de vectores, sino también la composición de plantas existentes en cada sector. Una vez que se logró coleccionar vectores y reservorios, tanto en la temporada seca

como en la temporada lluviosa y en un periodo de dos años, se evaluó la infección de cada uno de estos reservorios y vectores para *Trypanosoma cruzi* o *Leishmania* spp., tarea que no se había realizado antes desde esta perspectiva.

El ambiente natural donde estas enfermedades se desarrollan es boscoso: allí viven los insectos vectores que están infectados y, al destruirse su medioambiente, el equilibrio que guardan estos parásitos se rompe.

El investigador Azael Saldaña puntualizó que: «Este proyecto está generando mucho impacto actualmente, porque se demuestra cómo en las áreas donde hay deforestación, hay cambios en los patrones de densidad y diversidad de los vectores y reservorios. En áreas deforestadas, por ejemplo, en el caso de la leishmaniasis, hay más especies de vectores capaces de transmitir la infección al ser humano, y eso está ligado a la deforestación; igual pasa a la prevalencia de ciertos animales reservorios, animales con infección. Por ejemplo, hay muchas más zarigüeyas en áreas deforestadas que en áreas no deforestadas. Las tasas de infección en estos mamíferos también han aumentado. Este tipo de proyecto confirma esas observaciones y nos indica no solo la presencia de los animales, sino si están o no están infectados con los parásitos que nos interesan a nosotros».

Otro de los propósitos de este trabajo fue capturar animales reservorios como los perezosos, y se encontró que estos animales están infectados no solamente con el parásito de la leishmaniasis y la enfermedad de Chagas, sino que están infectados con otros tripanosomátidos; algunos considerados no patógenos para el humano y, otros, desconocidos.

En este tipo de investigaciones se encuentran resultados que generan más preguntas a las que hay que responder; por lo tanto, continúan nuevas líneas de investigación y la evaluación





del material recogido, con el que se ha podido terminar de caracterizar las infecciones con tripanosomátidos –grupo de parásitos protozoarios de importancia médica y veterinaria que incluyen a *Leishmania* spp. y *Trypanosoma* spp.– en perezosos.

Igualmente, fueron capturadas ratas espinosas que abundan en algunas áreas de estudio y se encontró que estaban infectadas mayormente con una especie de tripanosoma no reportada para Panamá: el *Trypanosoma Rengifo*; que es un parásito específico de estos roedores. Las tasas de infección encontradas fueron muy altas. Si bien no se conoce con certeza el ciclo natural de este hemoflagelado, las cercanías de estos reservorios infectados a comunidades humanas deben ser consideradas, así como los factores que promueven la transmisión de este hemoparásito.

Esta investigación, y las que se deriven a partir de esta experiencia, definirán los factores de riesgo y áreas endémicas en donde estas enfermedades sean más fáciles de transmitirse; por ello, los principales beneficiarios son las comunidades que contarán con información para tomar las medidas necesarias que den paso a la interrupción en la transmisión de la enfermedad de Chagas y leishmaniasis, entre otras zoonosis. También se benefician directamente los estudiantes de las universidades, especialmente los de la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá, que cuenta con un centro de investigación de enfermedades parasitarias que se nutre con los resultados de este tipo de trabajos.

**La principal conclusión de esta propuesta de investigación es que la deforestación influye definitivamente en la prevalencia de estas infecciones parasitarias en un área definida.**

Se necesita continuar desarrollando más estudios en las áreas donde la enfermedad es endémica, y en otras también vulnerables a ser intervenidas. Estos cambios ambientales pueden modificar parcialmente la epidemiología de estas enfermedades y, con ello, la dinámica de transmisión y efectos en la salud de las poblaciones expuestas a estos parásitos.

*Impacto de la deforestación y otros cambios ambientales en la ecología de las enfermedades de Chagas y leishmaniasis en la ribera del canal de Panamá*, contó con un importante equipo multidisciplinario de colaboradores, conformado por biólogos, tecnólogos y veterinarios, entre otros profesionales. La reconocida científica Nicole Gottdenker, investigadora de la Universidad de Georgia en Estados Unidos, y el biólogo costarricense Luis Chávez de la Universidad de Nagasaki, especialista en modelos matemáticos, colaboraron notablemente en la interpretación y análisis de los datos, junto a estudiantes de la Universidad de Panamá y de la Universidad Latina.

Este estudio fue ambicioso y requiere de estrategias para utilizar los recursos de la forma más eficiente posible; entre ellas, bajar los costos con la compra de los reactivos y equipos en los Estados Unidos. Se contó además con el apoyo del Instituto Gorgas. Las colectas eran muy difíciles de obtener, requirieron de una inversión de muchas horas de trabajo en el campo, la mayoría bajo condiciones difíciles.

Este ha sido uno de los proyectos pioneros que más información científica ha generado y que por sus resultados seguirá requiriendo mayor diseminación para los científicos de todo el mundo. Los resultados se han divulgado masivamente ante la comunidad de las ciencias: en los congresos de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (Apanac), en varios artículos publicados y en exposiciones internacionales de los congresos de parasitología, como el Centroamericano de Parasitología, el Congreso de la Federación Latinoamericana de Parasitología y el Congreso de Protozoología.





# Carmenza Spadafora

## Identifican proteína para el desarrollo de una vacuna contra la malaria

Dos de los principales investigadores del Indicasat-AIP, Carmenza Spadafora (coordinadora del Centro de Biología Celular y Molecular de las Enfermedades) y José Stoute (miembro del Instituto de Investigación Walter Reed del Ejército de los Estados Unidos y del Penn State College of Medicine), han identificado la proteína que el parásito de la malaria utiliza como receptor, con el fin de entrar e infectar los glóbulos rojos, lo cual podría permitir el futuro desarrollo de una vacuna multivalente que impida su invasión. Se trata del receptor CR1, que es la proteína identificada como esa puerta de entrada.



Este importante estudio ha permitido conocer la identidad de esta proteína receptora, que se estuvo buscando por más de dos décadas. Esta identificación daría paso a encontrar la proteína del *Plasmodium falciparum* que se acopla al CR1, con lo que se podría comenzar a trabajar en una vacuna que bloquee todas las vías conocidas de entradas al glóbulo rojo.

Con este aporte, se logró un importante avance para el logro de una total protección, porque con la identificación de la proteína receptora se puede avanzar hacia el bloqueo de la malaria.

Este trabajo investigativo cobra relevancia toda vez que la malaria, según cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), pone en riesgo a cerca de 3,200 millones de personas, casi la mitad de la población mundial, quienes están expuestas a contraerla. Entre las enfermedades parasitarias, el paludismo o malaria es la enfermedad más importante, si tenemos en cuenta el número de individuos que la contraen anualmente y su enorme impacto socioeconómico. Es una enfermedad potencialmente mortal, causada por parásitos del género *Plasmodium*, que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos (hembras) infectados del género *Anopheles*.





La doctora Spadafora señala en su investigación que el mecanismo mediante el cual el parásito *Plasmodium falciparum* invade los glóbulos rojos o eritrocitos, una vez que entra al torrente sanguíneo tras la picadura del mosquito *Anopheles*, es complejo y no completamente conocido. De acuerdo con sus resultados, el CR1 es una proteína conocida por su función como barrera protectora del sistema inmunitario, que también compartía algunas de las características que se habían descrito para un desconocido receptor «X» que los parasitólogos estudiaban en la malaria. Estas coincidencias fueron la base para que los investigadores Stoute y Spadafora pensaran que ambas proteínas podían ser la misma.

Las glicoforinas del eritrocito han sido identificadas previamente como la principal vía de entrada del parásito al glóbulo rojo. Sin embargo, entre las probables razones por las cuales el *Plasmodium* utiliza la proteína CR1 para invadir glóbulos rojos intactos, se destacan las siguientes: 1) el parásito encuentra una variante de eritrocitos que carece de las glicoforinas como receptores; 2) el sistema inmunitario de la persona genera una respuesta de ataque contra las proteínas involucradas en el mecanismo dominante (glicoforinas) como consecuencia de

un ataque previo; y 3) que la persona haya sido vacunada contra la infección parasitaria que utiliza las glicoforinas como puerta de entrada a las células, por lo que no podría utilizar esa vía. Sin embargo, vacunas que solo bloqueen este último mecanismo de glicoforinas, podrían causar una proliferación de parásitos que dependerían únicamente de CR1 para llevar a cabo la infección. Los resultados presentados por estos científicos llenan un vacío informativo sobre los mecanismos de invasión del parásito.

Como parte del proyecto, se incorporó a una estudiante de doctorado para buscar otro receptor remanente. Todavía queda otra puerta desconocida. «Ahora estamos retomando el tema de nuevos receptores y tenemos resultados prometedores. Se me ofreció la beca de reinserción de personal capacitado en el extranjero, que provee de un capital inicial con el que se pueden comprar reactivos para empezar un nuevo proyecto», nos manifestó la estudiante.

La malaria es una enfermedad que mata aproximadamente medio millón de personas al año y no existe una vacuna, hasta el momento, que proteja más allá del 35% de los vacunados. Con este descubrimiento, la creación de una vacuna multivalente está más cercana.

# Anayansi Valderrama

## Ecoepidemiología de las principales arbovirosis en Panamá

Las arbovirosis son un conjunto de virus transmitidos todos por artrópodos, principalmente por mosquitos, que producen enfermedades tanto a humanos como a animales. Suelen ser endémicas y principalmente circulan en las zonas selváticas de las regiones tropicales.

En Panamá, los investigadores del Laboratorio Conmemorativo Gorgas realizaron estudios enfocados en la búsqueda de arbovirus y su impacto en la salud pública, con los que se llegó a reportar hasta 40 virus que circulan en nuestro país. Con la finalidad de continuar estos estudios realizados por el doctor Pedro Galindo, se diseñó este proyecto que tenía como fin reportar la presencia de virus ya descritos en el país o descubrir virus nuevos para la ciencia.

**Sin embargo, el interés principal del proyecto era estandarizar metodologías modernas utilizando herramientas moleculares y contrastándolas con las tradicionales para su implementación en temas de vigilancia entomológica.**

A pesar de tener al inicio, dentro de la investigación, el ensayo y el error de manera constante, se continuó buscando incesantemente y con mucha ambición nuevos descubrimientos quizás pasados por alto, pero que en su momento dieron como resultado una serie de conocimientos recolectados, llamados protocolos de laboratorios –un conjunto



de normas, reglas y pautas que sirven para guiar a un patrón determinado–, lo que fue de ayuda para otros investigadores, quienes posteriormente aportan nuevos datos que enriquecen el tema de la epidemiología de las encefalitis en Panamá.

El conocimiento se hace más amplio, se intercambia con otros investigadores y se estrechan los enlaces de aprendizaje. Entre los años 2012 y 2013, se activa una nueva revisión para determinar qué tanto se ha avanzado, con datos que indicaban que no existía información nueva, pero sí una que verificaba que no existía nada infeccioso en las pruebas y muestras elaboradas.

Cabe señalar que de igual forma se creó un método nuevo para el manejo de insumos, que originó una norma nueva de manejo para las aves tratadas. La suma del conocimiento da frutos compartidos para un buen manejo de muestras, que esporádicamente se colectaban según los pulsos y los conocimientos de los ornitólogos que estaban colaborando. En aquel momento, cada cuatro días, estos se dedicaban al muestreo, luego suspendían y volvían el mes siguiente, y así sucesivamente.

«Lo que se esperaba no se logró, pero sí ganamos experiencia en tecnología. Esa línea está bien reforzada; podemos decir que hasta con un 90% de independencia con respecto a los laboratorios que realizan cotidianamente este estudio», nos explica su autora, Anayansi Valderrama, investigadora.



## Estudio de las poblaciones de flebótomos transmisores de leishmaniasis en Panamá

El objetivo principal era documentar todo lo referente a los vectores de leishmaniasis en toda la República de Panamá; específicamente, en las áreas donde había mayores casos, y poder relacionar toda esta composición de especies y abundancia con el entorno donde fueron colectadas (lugares boscosos fragmentados por intervención antropogénica o áreas rurales).



Desde el año 1983, la información que se tenía de los vectores de leishmaniasis no era constante, no había un estudio sistematizado que incluyera todas las áreas de incidencia a la vez, en varias épocas del año y durante varios años consecutivos. «Se hacían para caracterizar la ecoepidemiología, más que todo; y nosotros no quisimos hacer eso, sino sistematizar toda esta información y ubicarla en el tiempo y espacio», concluye Valderrama.

Los indicios preliminares sirvieron para declarar la leishmaniasis cutánea como una enfermedad que era prácticamente rural. Se obtuvieron varios logros, entre los cuales se cuenta el identificar, en cada localidad, la especie predominante en el momento de la colecta (verano o invierno), lo que posiblemente estaría relacionado en ese momento con la transmisión de leishmaniasis cutánea. También se estableció, cuáles eran las especies abundantes en los diferentes tipos de ambientes.

Con este proyecto, se actualizó la información de la ecología de los vectores de leishmaniasis y su relación con fenómenos ambientales, que podrían estar relacionados con el aumento o con la disminución de los casos; ya sea porque son abundantes en ciertas épocas o los mismos fenómenos naturales son los que merman las poblaciones en un momento dado.

La doctora Anayansi Valderrama indica que los resultados se han publicado en varios artículos científicos que han contribuido a entender un poco las zonas de transmisión y cuyos pacientes acuden a la Clínica de Medicina Tropical del Instituto Conmemorativo Gorgas.

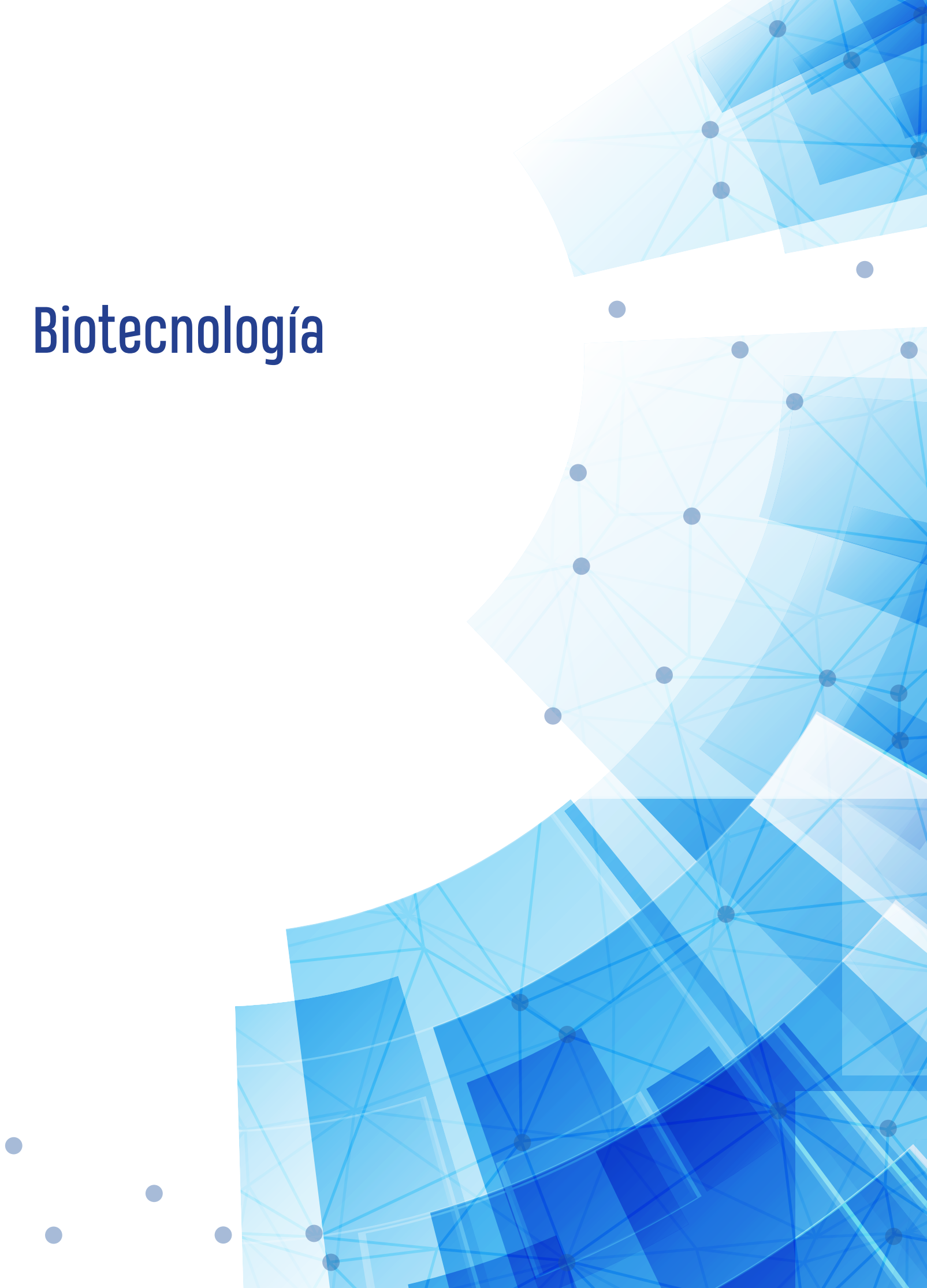
Sostuvo que la investigación ha ayudado a entender un poco si realmente las personas adquieren esta enfermedad caminando por los bosques, o por estar dentro de ellos en ciertos horarios, o simplemente porque ya está establecida en el entorno donde viven. De esta información depende el control vectorial que se le aplique a las zonas afectadas. A raíz de ese proyecto, surgió la necesidad de estudiar en detalle, y en esta ocasión utilizando herramientas moleculares, la ecoepidemiología para cada región de transmisión, de la cual se tenía información para algunas zonas y otras no.







# Biotechnología







# Adolfo Borges e Hildaura Acosta

## El mortal veneno de los escorpiones

«Panamá es el segundo país de mayor incidencia de picaduras de escorpión en América Latina, seguido de México; por lo tanto, también es un importante problema de salud pública», nos indica la doctora Acosta; qué preocupada por la cercana muerte de tres niños por picaduras de escorpión, tomó la iniciativa de realizar un estudio dirigido a conocer sobre los tipos de escorpiones existentes en Panamá y los antídotos necesarios para preservar la vida de quienes han sufrido este tipo de picaduras fatales.

A raíz de estos fallecimientos ocurridos en un periodo corto –uno en el área metropolitana y dos en la provincia de Coclé–, la Dirección General de Salud del Ministerio de Salud solicitó la intervención del Centro de Investigación e Información de Medicamentos y Tóxicos (Ciimet), de la Universidad de Panamá. Inmediatamente, se conformó una comisión interinstitucional para estudiar el problema del escorpionismo en el país. Cabe señalar que se utilizó la información recabada de los estudios precedentes sobre el ofidismo con toda la red de colaboradores de los hospitales, lo cual fue de gran impacto para esta investigación.

Así nació el primer proyecto de escorpionismo entre los años 2008-2011 y luego el proyecto de colaboración en el año 2010, donde participaron los doctores Rafael Otero, Adolfo Borges y la doctora Hildaura Acosta.

La metodología con que se manejó la investigación fue muy similar a la de casos de ofidismo. Para ese entonces se contaba con un equipo formado por expertos en el estudio de serpientes y escorpiones; de igual forma, la red de hospitales estaba preparada, por lo que fue más práctico iniciar desde la



estructura, debido a que se contaba con una buena parte del trabajo que avanzaba en el proceso.

En el año 2008, los componentes que se manejaron fueron muy similares al caso del estudio de serpientes. Se obtuvieron los ejemplares de escorpiones, se les extrajo el veneno y se procedió a estudiar las toxinas a nivel bioquímico, molecular, inmunológico y toxicológico. De esta manera, se estableció toda la estructura científicamente útil para esta investigación.

Igualmente, se realizó la misma operación con los antídotos que hay en Latinoamérica contra escorpiones, para estudiar su eficacia y reactividad. El estudio se realizó en los laboratorios del Ciimet, con metodología tanto *in vitro* como *in vivo*. Afortunadamente, este proceso fue mucho más rápido, porque se facilitó el trabajo y en el mismo año se pudo desarrollar –de forma paralela– el estudio en los hospitales, para evaluar a los pacientes picados por escorpiones.

Los antivenenos de escorpiones se producen en México, Venezuela, Brasil y en Argentina. El antiveneno de México no reconoce las toxinas de los venenos de escorpiones de Panamá. Hay posibilidades que el de Brasil muestre alguna eficiencia, pero aún está en proceso de prueba; al igual que los de Argentina, que tampoco se han podido valorar. El antídoto de Venezuela es el que se está utilizando actualmente en Panamá y funciona eficientemente para la mayoría de los venenos de los escorpiones de importancia en salud pública en nuestro país.

Se han encontrado cuatro ejemplares de *Tityus* relevantes para la salud pública, llamados *Tityus pachyurus*, *Tityus cerroazul*, *Tityus festae* y *Tityus asthenes*. Estos, fundamentalmente, se encuentran áreas boscosas. Mientras el *Centruroides granosus* es el que está en el área urbana y más frecuentemente emponzoña a niños y adultos.

De los estudios desarrollados, el hallazgo más importante es que el veneno más tóxico que hay está en el ejemplar denominado *Tityus cerroazul*, que es exclusivo de Panamá en Cerro Azul. Sin embargo, el *Tityus pachyurus* es el que ha causado más muertes a lo largo de los años.

Es importante identificar el tipo de escorpión cuando hay una picadura, para brindar el tratamiento oportuno y requerido, lo cual ha sido parte de los hallazgos experimentales. Toda la información generada, demuestra que el antídoto utilizado actualmente es muy útil y tiene buena respuesta cuando el escorpión implicado es *Tityus pachyurus*; pero cuando se trata de casos producidos por *Tityus cerroazul*, se necesita usar más cantidad para combatir el veneno.

El país necesita generar sus propios antídotos por la naturaleza y tipos de escorpiones que existen, para contribuir al suministro exacto del medicamento que se ha de utilizar por los equipos clínicos y colocar la cantidad ideal en las instalaciones de salud, de forma que los posean.

Lo positivo de todo este proceso es que Panamá cuenta con una red de profesionales de la salud y de investigadores para ofidismo y escorpionismo, estructurada a través de esta iniciativa investigativa, que permite la colaboración mutua –a nivel nacional– de especialistas en esta área, en función de evitar defunciones por picaduras de escorpiones. Además, existe una guía nacional aprobada para el manejo integral del paciente tratado por este tipo de arácnidos.

Debido a estos proyectos, se cuenta con el conocimiento del problema tanto en ofidismo como en escorpionismo; se conocen las especies, venenos, toxicidad, antídotos y la casuística del problema. Los aportes de estas investigaciones –únicas y relevantes en el país– son sumamente valiosos, porque detallan y precisan la constitución del veneno, de sus habilidades de aplicación terapéutica y otras opciones de diseño de nuevos antídotos; lo que trae de la mano un tercer proyecto de infraestructura, que se encuentra actualmente en proceso investigativo.

«Panamá ha dado un salto muy grande en el desarrollo del conocimiento de ofidismo y escorpionismo. Es el único país centroamericano que cuenta con la estructura más sólida, desde el punto de vista clínico, junto con el experimental. Muchos países tienen fuerza de un lado o de otro, pero Panamá ha podido lograr, dentro de la región centroamericana, ese vínculo más completo de desarrollo clínico, epidemiológico y normativo, pero también experimental y universitario de conocimiento. Esa es una gran fortaleza para el país y hay que seguirla manteniendo», indicó el doctor Borges.





# Catherina Caballero-George

## Los fondos marinos: fuente de salud humana

Aún en estos tiempos de enormes avances en la ciencia farmacológica, la principal fuente de medicamentos sigue siendo la naturaleza, pues aquellas medicinas originadas por síntesis química no superan un tercio del total. De hecho, recientes estudios confirmaron que más del 40% de las estructuras moleculares de productos naturales que se estudian, son aún desconocidas, con lo que no se pueden replicar de forma sintética en laboratorio. De todo esto se deduce que existe aún un margen muy importante de mejora y profundización en cuanto a las propiedades curativas de las sustancias naturales.



A su vez, es un hecho que un país como Panamá, con una elevada biodiversidad terrestre y marina, así como con un largo historial de uso de plantas naturales en la medicina tradicional, posee el potencial adecuado para proveer novedosos agentes medicinales de origen natural con propiedades aún desconocidas.

Y es en gran parte por ello por lo que, desde hace varios años, existe el Grupo de Investigaciones Farmacéuticas, formado por varios científicos de diversas especialidades, tanto panameños como internacionales, y cuya meta es aplicar el conocimiento generado por sus investigaciones en materia de aplicaciones medicinales de los productos naturales, para desarrollar innovaciones que se pongan al servicio de la sociedad. Este grupo trabajó desde el Indicasat-AIP, y ha desarrollado numerosas investigaciones, como este proyecto, dirigido desde Panamá por la doctora Catherina Caballero-George: *Cribado bioguiado de productos naturales de origen marino en células vivas: estudio de sus interacciones con receptores acoplados a la proteína G, que regulan la presión arterial utilizando la espectroscopia de correlación de fluorescencia.*





El objetivo fundamental del proyecto era encontrar, en el medio subacuático, sustancias novedosas que tuvieran propiedades antihipertensivas, para algún día poder desarrollarlas como medicamentos para tratar la hipertensión en los seres humanos.

La primera etapa consistió en la búsqueda de sustancias de origen marino (esponjas u hongos asociados a esponjas), entre las que se recogieron unos 200 hongos que posteriormente pasaron a ser estudiados en los laboratorios del Grupo de Investigaciones Farmacéuticas en el Indicasat-AIP.



Los resultados mostraron que el hongo con un mayor potencial antihipertensivo pertenecía al género *Fusicladium*; y aunque hasta la fecha está pendiente determinar su especie, según los científicos internacionales, todo apunta a que podría tratarse de una especie propia de los mares del Caribe panameño, lo cual le daría un carácter exclusivo para poder conseguir otros financiamientos para continuar la investigación. Además, posterior a esta etapa (2015) se observó que los extractos de hongos de los géneros *Fusarium* y *Phoma* también previnieron más del 50% de la activación de receptores ( $AT_1$ ); es decir, que bloquearon efectivamente algunos de los más importantes blancos farmacológicos para los medicamentos antihipertensivos.

Este tipo de hongo, al poderse cultivar en el laboratorio, en condiciones controladas, se convierte en una fuente sostenible del principio activo por desarrollar.

Los resultados alentadores de este estudio sugieren etapas consecutivas para el desarrollo de un nuevo producto terapéutico: cultivo a gran escala del microorganismo, diseño y selección de la forma farmacéutica óptima y estudios farmacocinéticos en animales de laboratorio, para seleccionar la mejor vía de administración. Estas etapas son requeridas previamente a la tan costosa etapa de estudios clínicos, que usualmente es desarrollada y financiada por la industria farmacéutica.

## Los hongos de ambientes marinos y la cura de la hipertensión arterial

En el año 2009, se inició la segunda fase del proyecto dirigido por la doctora Caballero-George junto al resto de miembros del Grupo de Investigaciones Farmacéuticas del Indicasat-AIP, con el principal objetivo de investigar el potencial medicinal de la naturaleza presente en los fondos marinos.

Con los resultados de la fase anterior de investigación ya completados, la doctora Caballero-George propone una segunda etapa de investigación, consistente en crear un amplio y exhaustivo inventario de hongos y esponjas ampliando la muestra de la primera fase, tanto en número como en diversidad geográfica y estacional. El proyecto se llevó a cabo de nuevo dentro del Grupo de Investigaciones Farmacológicas. Lo volvió a impulsar la doctora Caballero-George por su alto interés para profundizar en el conocimiento de las aplicaciones medicinales de organismos presentes en nuestro hábitat marino. Su nombre: *Inventario y estudio filogenético de hongos asociados a esponjas marinas de las áreas protegidas de la República de Panamá*.

Su objetivo primordial fue coleccionar, identificar y analizar los hongos que habitan en el tejido de esponjas marinas de las aguas panameñas, y realizar en la tercera fase un amplio y profundo estudio de dichos hongos, del cual salieran resultados concluyentes acerca de su potencial para ser usados terapéuticamente.

Así, el primer año del proyecto se dedicó a bucear –en algunos casos hasta más de 50 pies de profundidad– y recoger esponjas marinas y hongos en áreas protegidas tan variadas como el archipiélago de Las Perlas, las islas de Otoque y Boná, las islas Frailes y Monjas, algunos puntos en el golfo de Chiriquí y las islas Coiba y Bastimentos.

En el trabajo de campo se recolectaron aproximadamente 700 esponjas; una vez en el laboratorio, se procedió a separar los hongos de las esponjas, para luego realizar el cultivo artificial del organismo en el laboratorio de donde se extrajo el ADN, que sería el dato complementario que determinaría con mayor precisión la especie de cada muestra. Justo lo que se buscaba en esta investigación.

Este segundo proyecto tardó más de dos años: uno fue para la colecta de las esponjas y el otro para el análisis de los datos recolectados.

En primer lugar, debe destacarse el hecho de que se cumplió con creces con el objetivo principal del proyecto, ya que la investigación permitió elaborar el primer inventario de este tipo de hongos en el país, y a la fecha de su publicación resultó ser el registro con más especímenes de ese tipo.

**Además, entre los datos más relevantes, se determinó que el 36% de los hongos estudiados produce sustancias con actividad antihipertensiva, con el avance significativo y ahorro de tiempo de cara a la investigación farmacológica posterior.**



Igualmente, cabe mencionar que se identificó un gran número de especies únicas, genéticamente muy poco similares a las descritas en las bases de datos a nivel mundial (solo un 7% de los hongos identificados en este estudio resultaron similares a hongos conocidos hasta el momento de la publicación), dato que refuerza la gran importancia de estos organismos por su biodiversidad e incluso presencia de especies exclusivas de las áreas marinas protegidas de Panamá.

Los resultados del inventario de hongos y esponjas quedaron a disposición de: Autoridad Nacional del Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente), Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP), Senacyt, Indicasat-AIP y STRI.

## La flora marina y su potencial curativo

No se entendería la importancia y significado de este proyecto, analizándolo de forma aislada, ya que en realidad supone completar la tercera fase (y última, por ahora) de esa gran apuesta por la investigación acerca de los fondos marinos y su potencial curativo que la doctora George-Caballero, junto a los colegas científicos del Grupo de Investigaciones Farmacológicas de Indicasat-AIP y Senacyt, como impulsor económico, inició allá por el año 2006 con la primera de las tareas: el cribado y estudio del efecto de organismos marinos sobre reconocidas dianas farmacológicas para los medicamentos antihipertensivos.

Posteriormente, y tras confirmarse los resultados preliminares de dicho estudio en el sentido de que varias de las muestras analizadas efectivamente tenían el potencial de bajar la presión arterial, se procedió a efectuar el trabajo de laboratorio necesario para la efectiva clasificación en cuanto a familia, género y especies, de dichos «habitantes» del fondo marino de nuestras costas.

Se profundizó en tratar de conocer, con los medios más avanzados posibles, las capacidades curativas de dichos productos, ya catalogados, dando pasos firmes hacia un uso farmacológico real. Así surge este tercer proyecto presentado por la doctora Caballero-George que se llamó: *Actividad farmacológica de productos naturales marinos: estudio de sus efectos sobre la dinámica de unión y movilidad bidimensional, en el receptor de endotelina ETA*.

Este proyecto se encaminó a desarrollar un método sensible de microscopía, que permitiera observar en tiempo real el mecanismo de acción de productos naturales sobre las estructuras celulares que regulan la presión arterial, y pretendía acceder a los mejores medios existentes en el momento, allá donde estuvieran disponibles.

Para ello, los científicos panameños firmaron acuerdos de colaboración con las universidades de Bonn (Alemania) y California Irvine (Estados Unidos) para poder usar los equipos que ellos tenían para analizar las muestras ya recogidas en Panamá. Gracias a esos acuerdos, se pudo estudiar con profundidad cómo se comportaban las sustancias receptoras en las células, y salvar las carencias tecnológicas en ese apartado de la ciencia que existían en nuestro país. Obviamente, no era tan cómodo ni sencillo trabajar a distancia, ya que no siempre podrían viajar

todos o en la misma fecha, pero se dieron por buenas las dificultades o pequeñas incomodidades en aras del bien común: el avance en la investigación.

En primer lugar, los resultados de las investigaciones efectuadas con los ultramodernos microscopios de Alemania y Estados Unidos, así como las posteriores pruebas de laboratorio efectuadas en Indicasat-AIP, arrojaron la confirmación de la actividad antihipertensiva de químicos extraídos de hongos que viven dentro de las esponjas marinas, con lo que se llegó a un nivel de avance en el conocimiento sobre el comportamiento de los receptores en las células: movimiento, patrones de desplazamiento, trayectoria y otros.

**Esta investigación permitió caracterizar el mecanismo de acción de las sustancias antihipertensivas presentes en el hongo del género *Fusicladium*. Experimentos realizados con equipos ópticos y microscópicos sofisticados, demostraron que el mecanismo de acción es similar al de un medicamento antihipertensivo.**

Y puesto que la búsqueda de moléculas bioactivas en la naturaleza se mantiene como la estrategia más importante para encontrar nuevos agentes medicinales, es fácil deducir el futuro prometedor que tienen estas investigaciones, teniendo en cuenta que la hipertensión es una de las mayores cargas económicas de los países en vías de desarrollo, por lo que se necesita encontrar fuentes de tratamiento menos costosas que las de síntesis química.

Los proyectos facilitan la transmisión de conocimiento a nivel académico, y aparte del intercambio con las universidades extranjeras, podemos mencionar por ejemplo a la estudiante de doctorado Nadir Planes, quien le dio seguimiento al proyecto como parte de su tesis doctoral. De hecho, una de las principales satisfacciones de la doctora Caballero-George es que pudo afiliar a alrededor de 18 estudiantes a los tres proyectos, muchos de los cuales han sido becados para estudiar en el extranjero e incluso algunos ocupan altos cargos en el engranaje gubernamental.



# Luis Cubilla

## Búsqueda de moléculas activas en hongos tropicales

Las moléculas activas que son producidas por hongos colectados en bosques o aislados de plantas panameñas, podrían utilizarse para generar nuevos antibióticos; un área que ha sido parcialmente descuidada por la industria farmacéutica debido a los altos costos que conlleva.

Se trata de una investigación coordinada por Luis Cubilla, profesor en el Departamento de Orgánica de la Universidad Panamá, que tiene como finalidad fortalecer el inventario biológico de los hongos tropicales existentes en Panamá y ampliar el conocimiento de la diversidad química producida por estos y su potencial como posibles fármacos o agroquímicos.

El estudio incluye tanto la colecta de hongos como el aislamiento de hongos endófitos para su posterior cultivo, obtención de extractos y fracciones de estos últimos. Adicionalmente, se determina la actividad biológica de los extractos, se aíslan y caracterizan los compuestos responsables de dicha actividad.



Este proyecto permitió ampliar y profundizar el conocimiento de la diversidad de hongos tropicales, su sistemática y ecología, así como la diversidad química producida por los mismos y su posible aplicación en diversos campos de la biomedicina.

Para el desarrollo e implementación de este trabajo, el doctor Cubilla, junto a sus colaboradores, inició el entrenamiento de un número plural de estudiantes y profesionales, tanto en la clasificación de hongos como en la preparación de extractos, técnicas de separación y caracterización de sustancias orgánicas.



Durante el muestreo se buscaron hongos en suelo, madera, plantas vivas, insectos u otros sustratos; y se documentó la forma y el color de los cuerpos fructíferos a través de fotos digitales. De cada hongo se recolectaron cuerpos fructíferos en diferentes estados de desarrollo, colocándolos en papel de aluminio, bolsas *Ziploc*, bolsas de papel o en cajas plásticas pequeñas. Además, se registraron los datos de los diferentes sitios (GPS, altitud, hábitat) para cada colecta, se asignó un número de colecta a cada muestra y se guardaron a 4 °C dentro de bolsas plásticas hasta su procesamiento. También se aislaron hongos endófitos de dos especies de plantas del género *Hyptis*. Cepas de estos hongos han sido preservadas como parte de la colección de hongos endófitos de Panamá.

La comunidad científica nacional e internacional podrá beneficiarse de este estudio, ya que se ampliará el conocimiento acerca de los hongos existentes en Panamá y los metabolitos secundarios que algunos de ellos producen, lo mismo que de moléculas líderes que pudiesen derivar en medicamentos u otra aplicación de interés público; también la industria farmacéutica o agrícola, dado que los resultados les permitirán conocer estructuras químicas que podrán viabilizar o no, y hallar una aplicación en estos ámbitos.



Los resultados de esta investigación relacionados con la ecología y distribución de los hongos, así como sus posibles usos, facilitarán el desarrollo de programas a nivel nacional o regional, que contribuyan a su conservación y motiven el desarrollo de inventarios biológicos, así como la creación de la infraestructura necesaria para conservar ejemplares de las especies colectadas e identificadas.

La formación de recurso humano es una parte medular del proyecto y ha beneficiado al menos a ocho estudiantes tanto de pregrado como de posgrado, mediante su participación en el desarrollo del proyecto y por ser coautores de las publicaciones científicas que surjan.





# Viviana Morales (+)

## Tintes naturales para proteger el medio ambiente y cuidar de la salud humana

Los tintes naturales extraídos de las plantas han comenzado a adquirir protagonismo nuevamente, debido a los serios problemas generados por el efecto de los tintes sintéticos en el medio ambiente y la salud humana. El aumento de la demanda del tinte natural en la industria de tintorería, así como en la de alimentos, cosméticos y medicinas, entre otras, ha motivado la realización de estudios actualizados.

Nuestro país no escapa a esa realidad y es por lo que Viviana Morales, profesora e investigadora del Centro de Investigación de Productos Naturales y Tecnología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (Unachi), con un grupo de profesores de Química y estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, desarrollaron el proyecto: *Desarrollo de las técnicas para el manejo sostenible y almacenamiento de extractos tintóreos y especies promisorias en la provincia de Chiriquí*.

Los tintes naturales siempre han sido utilizados por otras poblaciones, inclusive las etnias del país. Sin embargo, el uso no se da con frecuencia, no se tienen todas las plantas de las que se extraen, se pierde mucho tiempo extrayéndolas y no se conoce cómo almacenarlas.

Se consideran como plantas tintóreas todas aquellas especies que contienen en uno o en sus diferentes órganos (raíz, tallo, ramas, hojas, flores, frutos y semillas), altas concentraciones de principios colorantes como alcoholes fenólicos, taninos, flavonoides y antraquinonas.

Actualmente, se están utilizando distintas plantas para realizar el teñido de fibras. Las partes de la planta que se utilizan son generalmente hojas, corteza, flores, frutos, cáscaras del fruto, semillas y raíces. El hecho de que se utilicen plantas no significa



que se afecte el equilibrio ecológico, pues la mayor parte de la materia prima para tinción son desechos de las plantas. Por ejemplo, del aguacate se utiliza la pepita; del coco, la cáscara.

**«Los tintes se preparan con productos asequibles y de bajo impacto ambiental –como agua, etanol y potasa–, dando como resultado una gran variedad de colores, obtenidos de la cáscara o de la hoja de la planta», señaló Morales.**

La docente destacó que los colores procedentes de las cáscaras de árboles generalmente son marrones oscuros, mientras que los de las hojas pueden ser colores claros o colores primarios, como amarillo, rojo y azul. Estos últimos pueden ser conservados por hasta quince meses sin perder sus propiedades.

El proyecto inició en el año 2010; sin embargo, sus antecedentes provienen del año 2002, por intervención de sus colegas como la profesora Vielka de Guevara y el profesor Bolívar Pittí. Iniciaron las investigaciones con tintes en el área ngäbe, en coordinación con el grupo alemán GTZ, y desde ahí incurrieron en el manejo de los tintes. Sin embargo, faltaba información acerca de cómo se almacenan, cómo se analizan y qué componentes tienen.



La primera tarea fue adquirir la materia prima, que son las plantas, por selección de las especies de la provincia chiricana. Lo segundo fue el equipo para cuantificar e identificar a las especies y los metabolitos que están presentes. Además de equipos, como los espectrofotómetros, se requirió una centrífuga refrigerada aislada, para extraer compuestos. El equipo también obtuvo potenciómetros, neveras para almacenar, un colorímetro para determinar la concentración de colores en sólidos y una serie de cristalería necesaria para el manejo de los reactivos y la extracción.



De acuerdo con Viviana Morales, este trabajo investigativo no solo se ha desarrollado en el ámbito científico-académico, sino que se ha extendido al ámbito comercial, a través de demostraciones de extracción y usos, en sitios como el Mercado de Artesanías: «Trabajamos con los artesanos, para que ellos los utilicen e indiquen sus preferencias acerca de cómo los aplican en tela, en papel y en textiles; y de manera adicional, qué otros usos pueden aplicarse».

Se realizaron presentaciones en los colegios y centros comerciales. «Hemos hecho excursiones a museos, con grupos desde niños hasta adultos, y también en ferias, como la Feria de San José de David. La idea es que la gente que los utilice nos diga su experiencia y comparta con nosotros en qué otras cosas los pueden utilizar», indica la doctora Morales.

La investigación tiene múltiples beneficios, sobre todo para la salud. Todas las plantas que generan tintes, sobre todo las que tienen flavonoides antioxidantes, se utilizan para la medicina. Una de las características para determinar que una planta es medicinal, son sus colores, por lo que se puede afirmar que la mayor parte de ellas son adecuadas para teñir. «Yo puedo decir que es rentable extraerla, purificarla, vender el producto

o comercializarla; a diferencia de otras plantas que tienen producto antioxidante, pero en muy poca cantidad», es una de las conclusiones a las que llega la coordinadora del estudio.

El uso de los tintes para alimentos procesados era una de las metas; ya se han hecho algunas pruebas y se han expuesto en foros públicos. Entonces, la ventaja es también que la gente decida pagar un poco más por la calidad y el contenido y no por el color precisamente; porque existe una limitante con los tintes naturales, y es que el almacenamiento no es tan a largo plazo como el de los tintes artificiales.

Algunos tonos de colorantes se han probado en alimentos, para pastelería y la decoración para confites. La idea es que las escuelas de cocina e institutos especializados en alimentación incorporen y prueben los tintes.

**La actividad de extraer tintes data de una cultura ancestral, de nuestros aborígenes. Lo aprendimos con nuestros ngäbes; ellos extraen sus tintes para colorear sus fibras y hacer artesanías, hamacas, sombreros y otros productos que venden. Es su cultura ancestral el hacer extracciones para contar con tintes naturales, metodología que hemos traído a la universidad.**

Los tintes extraídos son utilizados por artesanos de la provincia de Chiriquí para pintar tallados de madera, papel y textiles. Se están empezando a cultivar las especies comprobadas como tintóreas en los patios de las casas de algunos de los participantes del proyecto.



# Argentina Ying

## Primera patente de conocimiento, producto de investigación en la República de Panamá

A la hora de explicar cómo y por qué se gesta este proyecto, podríamos usar el ejemplo de los dos pequeños ríos de montaña, aún muy cerca de sus nacimientos, y por ello con pequeño caudal, pero que tras unirse unos kilómetros más abajo forman un nuevo río, con caudal y fuerza más grandes que la suma de ambos por separado.

En el caso que nos ocupa, el proyecto se llevó a cabo en el año 2011, con un equipo de investigadores panameños dirigidos por la entomóloga Argentina Ying, de la Universidad de Panamá, junto a científicos de la Universidad de Granada, España, que coordinaba Antonio Osuna.

Hace diez años, era bastante infrecuente que se investigara sobre vacunas para enfermedades que no fueran transmitidas por bacterias o virus. La entomóloga Ying estuvo motivada por un estudio de la Facultad de Economía, que indicaba aproximadamente en 13 millones de balboas las pérdidas ocasionadas anualmente a los ganaderos por infecciones en los tejidos de las reses. Además, una gran mayoría de esas infecciones eran generadas por los tórsalos, un tipo de gusano (larva de mosca) cuya presencia y efectos negativos se habían incrementado desde que se implementara otro proyecto que se había concluido sobre el otro parásito más frecuente: el gusano barrenador.

Sin embargo –y aquí se explica lo del segundo «río»–, hay otro factor sin el cual no habría salido nada adelante: nos referimos al encuentro que se produjo entre la investigadora Argentina Ying y el doctor Manuel Cendoya, en una reunión científica que este último organizaba en la Ciudad del Saber para ayudar a impulsar la investigación en Panamá.



Allí, Cendoya se interesó vivamente por las ideas de la entomóloga y ayudó a presentarlo todo de nuevo, convencido de la validez de su proyecto de investigación y de que le darían fondos con toda probabilidad.

Para implementar el proyecto que se había presentado: *Estudio de colaboración entre la Universidad de Panamá y el Instituto de Biotecnología de la Universidad de Granada para la formulación de una vacuna experimental contra Dermatobia hominis (Diptera: Cuterebridae) en Panamá*, en primera instancia lo más importante era conseguir disminuir al máximo las grandes pérdidas que provocaban, en los ganaderos, las infecciones por gusanos parásitos en sus reses. Igualmente, se pretendía aclarar con datos de la investigación si, como sospechaban ya la mayoría de los granjeros, estaba directamente relacionado el aumento de ejemplares de gusano-tórsalo con la disminución radical del gusano-barrenador, tras la consecución y puesta en marcha de un proyecto de investigación que se había completado anteriormente sobre este último.

Adicionalmente, el objetivo más ambicioso era conseguir los datos y descubrimientos necesarios para que se creara una nueva vacuna.

Se comenzó recorriendo los lugares donde estaba el ganado para comprobar su estado, recogiendo muestras en caso de detectar presencia de los tórsalos y otros. Tras ello, todo se llevaba al laboratorio a analizar. Tras hacer varias comprobaciones





de seguridad distintas, se confirmó que se había encontrado una proteína presente en el gusano, que constituía un blanco o diana contra la cual el sistema inmune del ganado tendría una respuesta protectora.



Este hallazgo se transformó en una potencial vacuna (pendiente de desarrollo) y el conocimiento fue patentado entre las dos universidades que realizaron el proyecto: la Universidad de Panamá y la Universidad de Granada, España.

La profesora Ying señaló que la vacuna está en fase experimental. Hay que continuar probándola en más animales para comprobar su efectividad, proceso que requiere mucha investigación relacionada con las dosis, refuerzos y otras variables que inciden en su efectividad.

Sin embargo, los resultados hasta ahora son muy esperanzadores:

- Las infecciones bajan hasta 86% en aquellos semovientes tratados con la vacuna, aunque sea provisional.
- Los animales con la vacuna experimental desarrollada en la Universidad de Panamá registraron menos padecimiento de la enfermedad.

**El mayor legado de esta experiencia, de acuerdo al grupo de investigación, fue visibilizar la creación de patentes de conocimiento producto de la investigación, en un país en el cual solo se valoraba la generación de conocimientos a través de la publicación en revistas indexadas.**



# Ciencias agropecuarias y acuicultura





# Ariadna Batista

## Microalgas: una alternativa alimenticia para el desarrollo sustentable de la acuicultura

Muchas especies de la fauna silvestre y marina, a lo largo de las últimas décadas, han desaparecido; otras están en peligro de extinción producto de la caza indiscriminada, la sobrepesca, la sobrepoblación mundial y la deforestación desenfrenada en distintas partes del planeta. Ante esta problemática, la ciencia y los investigadores son piezas claves para reducir estos impactos.

En Panamá, específicamente en la provincia de Chiriquí, la docente investigadora Ariadna Batista Ceballos, junto a sus estudiantes e investigadores colaboradores, coordina el grupo Microalgas, del Centro de Investigaciones de Productos Naturales y Biotecnología (Cipnabiot) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, donde emprenden una línea de investigación denominada «cultivos biotecnológicos de microalgas», de la cual se desarrollan diversos proyectos, con el fin de utilizar estas especies como alimento directo para en la industria de acuicultura de camarones y peces.

De acuerdo a la investigadora Batista, a través de los resultados de este proyecto se podrán percibir beneficios económicos directos, dado que las empresas dedicadas a la acuicultura podrían tener como alternativa alimenticia las microalgas a bajo costo, lo cual tendría un impacto favorable también a nivel ecológico, para la preservación de las especies.

**«Con este tipo de proyectos se contribuye a la seguridad alimentaria, mediante una acuicultura sostenible a través de la producción de alimentos**



**que no compitan con la captura de peces; se podría diversificar los organismos por cultivar, que pueden ser peces, camarones y crustáceos de alto valor nutricional para consumo humano», agregó la investigadora.**

Se busca generar alimento con ayuda de la biotecnología de microalgas y el empleo de fotobiorreactores (FBR), los cuales puedan ser ricos en contenido proteico con aporte de aminoácidos esenciales, lípidos saludables requeridos de manera específica, según el estadio y organismo, para sustituir la harina de pescado, que es costosa.

Actualmente el equipo de investigadores está en la búsqueda de identificar los perfiles de los ácidos grasos de la parte lipídica, con el fin de conocer el valor nutricional y así determinar el tipo de microalgas que serían de gran valía como alimento. Se busca, hacia el futuro, generar biomasa para contribuir a formular dietas para fauna acuática y terrestre.

Uno de los grandes retos a largo plazo, según la investigadora, es continuar los estudios, debido a la gran diversidad de microalgas que existen en Panamá, con el objetivo de detectar lípidos esenciales como lo son los ácidos grasos DHA (ácido docosahexaenoico, C22:6  $\omega$ -3) y el EPA (ácido eicosapentaenoico, C20:5  $\omega$ -3), ya que son de gran valor durante los primeros



estadios de los organismos marinos. El proyecto se ha basado en microalgas que presenta la literatura científica, por lo que fueron elegidas dos microalgas certificadas del extranjero y dos nativas.

Destacó la química que uno de los mayores retos, durante la investigación, ha sido lograr la instalación del cromatógrafo GC/FID. Este equipo permite descifrar el perfil de ácidos grasos que constituye la biomasa.

Acotó la docente que actualmente hay un auge de estudios de microalgas en la región. En Panamá, otros colegas han realizado investigaciones en este campo: el profesor Leopoldo Manso, quien estuvo trabajando en Cienfuegos, Cuba, para desarrollar microalgas ricas en carotenoides de gran importancia en la industria alimentaria; también el ingeniero Martín Cabello, quien es colaborador del Cipnabiot, ha emprendido investigaciones en la producción de biomasa microalgal a nivel de FBR en campo abierto, para la generación de biofertilizantes y otros productos.



Asimismo, en Cartago, Costa Rica, hay una estación para producir microalgas para diferentes aplicaciones; por ende, cada uno está tratando de potenciar lo que tiene en su región, estudiando estos microorganismos y determinando qué componentes pueden ser aprovechados. También en el Centro de Investigaciones Marinas (Cimar), de la UCR, trabajan con algunas microalgas, resaltó la docente.

La investigación de cultivos biotecnológicos de microalgas se produjo en colaboración inicial con la profesora Vielka de Guevara (Cipnabiot), el doctor Bernd Luckas, de la Universidad de Jena, Alemania; la empresa Farallón Aquaculture-Panamá. Estudiantes e investigadores del Cipnabiot, en el año 2011, llevaron a cabo una capacitación a cargo de la doctora Berta Olivia Redondo Vega, del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor), La Paz, Baja California, con el fin de potenciar las investigaciones en microalgas en el Cipnabiot.

Se agradece a los estudiantes del grupo de microalgas, en especial al licenciado Isaac Lisondro, quien ha dado mucho de su tiempo en pro del levantamiento de los estudios de cultivo biotecnológico de microalgas; también a los licenciados Kyriam Cianca, Diana Sánchez y Miguel Vega, y a Diana Staff y Eduardo Sáenz. Son jóvenes dentro del Cipnabiot que levantan sublíneas dentro de los estudios biotecnológicos de microalgas (fitorremediación, biocombustibles, alimento). También el magíster Luis Montero levanta la línea de estudios con floraciones algales nocivas, para el estudio de biotoxinas marinas en colaboración con el doctor José Bustillos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, en México.

# Lilia Chérigo

## Herbicidas naturales a partir de las malezas de los cultivos de café en Chiriquí

Para diseñar un programa eficiente en el control de malezas se requiere conocer con exactitud las especies que afectan al cultivo de interés. Teniendo esta premisa en consideración, la doctora Lilia Chérigo, el doctor Sergio Martínez y el licenciado Jorge Lezcano, realizaron una investigación cuyos objetivos fueron identificar la diversidad y abundancia de las malezas que afectan al cultivo de café y explorar la actividad fitotóxica de algunas de ellas, en el área cafetera de Santa Clara, Chiriquí.

Los investigadores seleccionaron el cultivo de café porque cuenta con un gran prestigio nacional e internacional; sin embargo, la producción de café presenta un comportamiento irregular año con año, debido fundamentalmente a una serie de problemas relacionados a los cambios climáticos en las zonas de producción, a la aparición de malezas resistentes a los herbicidas comerciales y a la broca del café, entre otras plagas. La agricultura desempeña un papel crucial en la economía de un país. No solo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo y desarrollo a una población. Por ello el interés de este grupo de científicos en desarrollar una línea de investigación enfocada en resolver parte de los problemas que enfrentan los agricultores en Panamá día a día.

Los cafetales pueden verse altamente afectados por las malezas, las cuales generan competencia por los recursos limitantes del suelo (agua y nutrientes), además de que pueden servir de reservorio de plagas y/o enfermedades que transmiten al café, e interfieren en labores como la fertilización y cosecha.

La interferencia de las malezas hacia la planta del café se observa especialmente durante los dos primeros años de edad



del cafeto. En ese tiempo, las malezas proliferan con mucho vigor debido a la existencia de grandes cantidades de semillas en el suelo, muchas veces dejadas por el mismo barbecho, y a la poca presencia aún de sombrío. Ambos factores pueden reducir el desarrollo del café y disminuir considerablemente el rendimiento de los cafetos cosechados. La disminución del rendimiento de las cosechas por efectos de malezas en cafetales son variables, pero pueden alcanzar valores cercanos al 40% en plantaciones establecidas sin ningún tipo de control. Por tal razón, las malezas requieren un adecuado control para disminuir los daños al cultivo y las pérdidas económicas asociadas.

En Panamá, el método principal de control de malezas es a través del empleo de herbicidas y en muchos de los casos se ha extendido el uso indiscriminado de estos productos tóxicos, debido a que los agricultores suelen verlos como un remedio efectivo. Sin embargo, estas sustancias pueden causar una serie de perjuicios o daños a la salud pública y al medio ambiente, particularmente cuando se emplean al margen de las buenas prácticas agrícolas y alejadas del enfoque integral del manejo de plagas.

Como se mencionó, el primer paso para el control eficiente de malezas es el conocimiento de las diferentes especies y su dinámica dentro de los cultivos. Como resultado de este estudio, se generó uno de los primeros registros de malezas y su abundancia en algunos de los cultivos de café del área de Santa Clara, Chiriquí. De manera adicional, también se evaluó



la actividad fitotóxica o efecto alelopático de todas las malezas colectadas, aproximadamente 42 especies, y se detectó que seis de ellas poseen una alta fitotoxicidad *in vitro*. La detección del potencial fitotóxico en las malezas es de gran relevancia, ya que si se logra detectar malezas con efecto fitotóxico selectivo, estas pueden servir como cultivos de cobertura. Un cultivo de cobertura compite con las otras malezas durante el periodo de cultivo, impidiendo la germinación de sus semillas y evitando que completen su ciclo de vida y reproducción. Por otro lado, las malezas con potencial fitotóxico producen y liberan sustancias fitotóxicas, las cuales pueden inhibir el crecimiento de otras malezas que causen daño a los cultivos de importancia comercial, por lo cual también podrían servir como herbicidas de origen natural en otros cultivos.

Esta investigación generó resultados alentadores *in vitro*, los cuales tienen que evaluarse en sistemas *in vivo*, incluyendo los cultivos de café. La validación del efecto *in vivo* de un potencial herbicida natural será de beneficio para el sector agrícola, el cual podría contar con una alternativa de menor coste, efectiva, benéfica para el ambiente y con la seguridad de combatir las principales malezas que afectan a los cultivos de café en Panamá. También beneficiaría el medio ambiente panameño, pues normalmente los herbicidas que se usan de manera tradicional son compuestos que tienen un periodo de degradación muy largo y poco a poco

penetran el suelo hasta llegar a los acuíferos, con lo que ocasionan daños al ecosistema. Por ello, la obtención de alternativas potencialmente biodegradables traerá como consecuencia el uso de una menor cantidad de sustancias que contaminen.

**Dentro de los aportes significativos de esta investigación, podemos mencionar que se cuenta con el primer registro de las malezas presentes en el cultivo de café en Chiriquí, lo que permitirá un control apropiado de malezas, y mejorará el rendimiento y la calidad de café producido en el país.**

Se puso de manifiesto que las malezas que se encuentran en los cultivos de café en Santa Clara no son las más comunes a nivel mundial. Como era de suponer, compartimos más especies en común con países centroamericanos, o cercanos como Colombia.

Se debe destacar que los cultivos de café en la provincia de Chiriquí cuentan con tres de las especies de malezas más agresivas para el cafeto, una de ellas *Emilia sonchifolia*, la cual es de las más abundantes en nuestros cultivos. Finalmente, el desarrollo de este proyecto permitió la capacitación de varios estudiantes de licenciatura en Química, los cuales contaron con una línea de investigación diferente y novedosa para realizar su trabajo de graduación en el desarrollo de actividades de investigación, desarrollo y educación.





# Román Gordón

## Técnicas para perfeccionar el cultivo del maíz en zonas desfavorecidas

Los primeros maíces de alta calidad proteica o QPM (por sus siglas en inglés: *quality protein maize*) surgieron a partir de un trabajo que se realizó en los Estados Unidos en los años 60; y aunque resultaban excelentes para el ser humano, tenían alguna desventaja, como ser muy susceptibles a plagas, ya que resultaban también muy atractivos para los insectos, por su grano de textura suave y buen sabor. En la década de los 90, dos investigadores mexicanos comenzaron a trabajar para encontrar el modo de eliminar o reducir dichas debilidades del producto, pero manteniendo la alta calidad nutricional y organoléptica que tenían esos tipos de maíz. A raíz de su labor, se consiguió generar lo que ahora se conoce como maíz QPM modificado; todo esto con tecnología natural y selecciones de campo, pero sin utilizar otras herramientas como la manipulación genética.



En Panamá, el Instituto de Investigación Agropecuaria (Idiap) pertenece a una red de investigación del más alto nivel de toda América, y que ya participaba en el gran proyecto Agrosalud, dedicado precisamente a la mejora de los cultivos para alimentar a la población. De hecho, cuando se realizaron las primeras convocatorias para desarrollar proyectos contra la pobreza hace algunos años, ya se estaban llevando a cabo unas selecciones previas de materiales que se adaptaran a las condiciones de Panamá. Con este antecedente, un grupo de investigadores, dirigido por el profesor de la Universidad de Panamá e investigador del Idiap, Román Gordón, formuló un proyecto para evaluar una serie de productos que se cultivarían en zonas de pobreza extrema o con altos índices de desnutrición, dado que el principio de los cultivos biofortificados es mejorar la ingesta de las personas sin cambiar los hábitos de consumo. Es en ese tipo de entornos sociales donde más útil puede resultar su uso; de hecho, tanto el arroz, como el maíz o el frijol son alimentos básicos que utilizan la mayoría de los productores o las personas que viven en esas áreas, que muchas veces coinciden con que son de difícil acceso, con lo que el transporte de alimentos es muy complicado y caro. Con este grupo de cultivos mejorados desde el punto de vista de calidad alimenticia, lo que se buscaba era conseguir no solo «llenar» a la gente, sino nutrirla.



De esta manera, en el año 2006 fue presentado el primero de los proyectos de mejora, en este caso del maíz, por el equipo del profesor Gordón; y se aprobó con el título: *Desarrollo y manejo integral del cultivo de maíz de alta calidad proteica (QPM) para zonas de pobreza extrema y altos índices de desnutrición en Panamá.*

El proyecto forma parte de una línea de investigación mucho más amplia en el área de la bioagricultura; ya que a los estudios equivalentes realizados sobre el arroz y los frijoles, les han seguido posteriormente otros que han profundizado la investigación basándose en los datos obtenidos antes, e incluso mejorando los resultados. Esto es lo lógico y, por supuesto, lo deseable. Sin embargo, este proyecto, cuya finalidad era conseguir optimizar tanto el rendimiento de los cultivos de cereales que componen la alimentación básica para los agricultores, como el nutriente y la calidad para los habitantes, representaba la posibilidad de un avance en la erradicación de las bolsas de pobreza en Panamá.

De esta manera, para conseguir ese objetivo era necesario probar en distintos terrenos de la república cómo se comportaban diversas variedades de QPM, qué rendimiento daban, qué características tenían los productos, etcétera. Para evitar suspicacias en los agricultores de cada sitio elegido, y también para tratar de que la propia logística de la investigación fuera más sencilla, se trabajó con productores y granjas locales de varias zonas de Panamá (Macaracas, La Chorrera, Capira y la comarca Ngäbe-Buglé, entre otras); de acuerdo a Román Gordón fue un acierto, pues se les logró integrar en cierta manera en el proyecto, puesto que veían de primera mano los posibles beneficios para la población en general e incluso para ellos mismos. Para esto se recibió la colaboración del Patronato Nacional de Nutrición, a través de su red de granjas sostenibles.



Este proceso es lento y necesita de investigaciones posteriores para complementar sus resultados. Se podría decir que es como un eslabón dentro de la investigación, ya que ha consistido en seleccionar unos tipos de productos que se creen idóneos y tener la paciencia de seguir su crecimiento, cultivo y cosecha; y posteriormente analizar para obtener conclusiones sobre sus características que nos indiquen el camino por dónde seguir investigando.

**Puede parecer un proyecto poco vistoso de cara a la sociedad «no científica», pero el objetivo final no se logra en dos años, por lo que la función del proyecto es apoyar una etapa crítica para, a partir de ahí, y más adelante, entonces lograr los objetivos generales, cuya trascendencia (alimentar mejor a los habitantes de zonas poco desarrolladas del país) es muy clara.**



# Arnulfo Gutiérrez

## La calidad en los cultivos de papa y camote en Tierras Altas

La ciencia al servicio de los productores nacionales para combatir la pobreza, la desnutrición, pero sobre todo para mejorar la competitividad de los productores agrícolas, es el propósito del estudio que coordinó el investigador agrícola Arnulfo Gutiérrez, del Idiap, en la estación experimental de Cerro Punta.

El proyecto se inició hace diez años con la búsqueda de materiales genéticos para tener la materia prima para el desarrollo de la industria de la papa en Panamá, ya que es un segmento del mercado muy importante al cual los productores panameños no tienen acceso.

Una de las razones por las cuales los productores panameños no tienen acceso a este mercado tan grande –como el mercado de papa fresca– es que no existen los materiales genéticos con las características que permitan su industrialización. En Panamá, es importante brindar a los productores varias opciones que puedan ser utilizadas en el segmento del mercado industrial y agroindustrial.

Para buscar una solución a la producción de papas y la demanda de los productores, se trata de introducir el cultivo de papa y camote a otras regiones. No solo que se cultive papa en la región de Chiriquí –Cerro Punta y Boquete–, sino en otras áreas del país donde las temperaturas son moderadas, por lo menos en las noches, lo que permite el cultivo de la papa.

En este sentido, explica el especialista Gutiérrez, que en el Centro Internacional de la Papa, en Perú, se ha trabajado en la búsqueda de materiales o variedades que se adapten a climas un poco más cálidos. El trabajo científico y las investigaciones nos indican que sí es posible cultivar papa en esas áreas. Esto beneficiaría a la comunidad, porque es posible que los campesinos del área de la comarca cultiven papas en sus parcelas



y que también puedan cultivar el camote biofortificado. El camote contiene una calidad nutricional con alto contenido de betacaroteno, precursor de la vitamina A que, como sabemos, es deficitaria en todas las regiones de pobreza del país. Se han iniciado los sistemas productivos en las huertas de los hogares de comunidades, para que las personas mejoren su dieta alimentaria y, por supuesto, que puedan vender los excedentes, dado que es un cultivo que tiene demanda porque está en el supermercado; sin embargo, no existe producción nacional.

El cultivo de camote es conocido desde hace mucho tiempo; sin embargo, por alguna razón, el cultivo fue desapareciendo. Recuerda Gutiérrez: «El camote que se consumía en aquellos tiempos de mis abuelos era de pulpa blanca por dentro». El camote biofortificado tiene la característica de que la pulpa interna es de color naranja, y mientras más intenso es, mejor la calidad nutricional y más alto el contenido de betacaroteno.

**Los investigadores han llevado este camote biofortificado a todo el país, incluso al Darién, e informan que hay productores colaboradores en Coclé, Veraguas, Herrera, Los Santos y en Chiriquí; que en fincas de pequeños productores de agricultura familiar han promovido el cultivo, que tiene opción de mercado y ayuda a mejorar la dieta de los consumidores.**





La calidad de los tubérculos se está verificando debidamente en los laboratorios certificados, no solo en Panamá, sino también en el Centro de Investigaciones Internacionales, aseguró Gutiérrez.

Otro proyecto que se ha desarrollado con mucho éxito es la introducción de cultivos tropicalizados. Normalmente son de clima frío, pero tenían interés de traerlos a Panamá, como las zanahorias y la soya. Sin embargo, con la zanahoria, lastimosamente, no se obtuvieron los resultados esperados, porque no se adapta a los climas muy calientes en la costa del Pacífico.



Sin embargo, con el cultivo de soya, que es uno de los componentes principales de la dieta nutricional para la producción animal en Panamá y en el mundo entero, sí se registraron resultados muy satisfactorios, ya que se identificaron variedades de soya provenientes de Brasil y Vietnam, con muy buena adaptabilidad a los sistemas productivos agrícolas de la costa del área caliente de Panamá.

Este proyecto se inició en Darién, llegó hasta Chiriquí y atravesó todo el país: Los Santos, Herrera y Coclé, entre otras regiones; y con un alto potencial de rendimiento que brinda la oportunidad a pequeños productores de sembrar este cultivo que tiene alta demanda y alto contenido de proteína para la alimentación animal, que puede reemplazar importaciones (se hacen grandes importaciones de soya para alimentar pollos y cerdos, y para dietas alimenticias en la producción de leche).

Es importante destacar que el Idiap tiene una clientela importante dentro de los productores y, con el apoyo de la Senacyt, brinda el financiamiento de estos proyectos. Se ha podido llegar a una gran cantidad de productores para hacer posible el desarrollo de la investigación, que se realiza, en gran parte, en sus fincas. El objetivo es: «Que sean nuestros acompañantes en estos trabajos, para que vayan apropiándose y conociendo estas tecnologías; porque es para ellos al final. Ellos pueden hacer las adecuaciones en los sistemas productivos de sus fincas y cambiar de alguna manera su nivel de vida para mejorarla con cultivos nuevos y rentables», puntualiza Gutiérrez.

# Jefferson Hall

## Sitios de almacenamiento de carbono

Este proyecto comienza a gestarse hace aproximadamente una década, poco después de entrar en vigor las medidas anticontaminación que se habían aprobado en Kioto en el año 1997, pero que demoraron unos años en implementarse. Esos acuerdos marcaron probablemente el periodo donde la preocupación de la humanidad por el cambio climático alcanzó su clímax, y representaron un enorme avance, a pesar de la falta de colaboración de algunas grandes naciones. La concienciación de los ciudadanos se dio en casi todo el planeta, y la gran mayoría de los países y sus gobiernos trataron de fomentar, en la medida de lo posible, la investigación científica sobre el problema, o como mínimo la adopción de medidas que ayudaran a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO<sub>2</sub> o los fluorados. Estas medidas procuran evitar los perversos efectos del calentamiento sobre los ecosistemas, como la desertificación en algunas zonas, inundaciones y subidas de los niveles de los mares y océanos, o deshielos masivos en los polos.

De esta forma, uno de esos escenarios desde los cuales luchar contra el calentamiento mundial ha sido el tratar de disminuir la contaminación por dióxido de carbono, campo muy amplio en el que la ciencia ha avanzado mucho. Además de la propia reducción de emisiones en sí, hay otra forma de enfrentar el problema, que consiste en desarrollar sistemas que retengan ese CO<sub>2</sub> del medio ambiente.

Panamá, en tal sentido, participa en las acciones mundiales con proyectos y planes gubernamentales. Desde aquella época, se pretendía plantar una enorme cantidad de árboles en Panamá con objeto de generar grandes campos naturales de absorción del dióxido de carbono, aprovechando la capacidad natural que los árboles tienen de almacenarlo.



En atención a la implementación de un plan de gobierno al respecto, el impulsor del proyecto, doctor Hall, científico investigador del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, se preguntó si era posible calcular con cierta exactitud cuánto carbono podía almacenar cada árbol, y no solo en su biomasa, la parte digamos «visible», sino en aquellas que se hallan bajo la tierra, en el subsuelo, ya que hasta entonces ningún cálculo lo reflejaba; únicamente se conocía la parte externa. El doctor dirigía un proyecto de reforestación con especies nativas llamado Proyecto de Reforestación con Especies Nativas (Prorena), centrado en defender con argumentos científicos la conveniencia de no utilizar especies ajenas en las reforestaciones, así que la ecuación funcionó enseguida. En el año 2007 el reto estaba claro y surgió, por parte del doctor Jefferson Scott Hall, un significativo proyecto: *Evaluando el potencial de las plantaciones de especies nativas como sitios de almacenamiento de carbono*.

De manera complementaria, al estudiar y analizar cuánto carbono era capaz de absorber un árbol, especialmente en sus raíces, y sacándolo por tanto del medio ambiente, los investigadores pronto tuvieron claro que era necesario investigar también sobre hidrología para intentar entender los mecanismos mediante los cuales obtenía y retenía agua en sus raíces un árbol, ya que si se lograba saber el cómo y el porqué de ese



efecto esponja sobre el agua, con toda probabilidad se podría confirmar la tesis de que el efecto sobre el carbono era similar, como se intuía.

El poder controlar ambos procesos, o al menos guiarlos y valerse de ellos, podría proporcionar efectos multiplicadores al plan de plantación masiva de árboles propios de Panamá en nuestro país; con aplicaciones, por ejemplo, en comunidades con problemas de falta de agua, tanto de depósito de carbono como de generadores de reservorios naturales. De hecho, esta parte de la investigación derivó directamente de otro proyecto de investigación llamado Proyecto Agua Salud, que se estaba llevando a cabo también en el Instituto Smithsonian por parte del profesor Hall, con la ayuda de diversos estudiantes de posgrado y pasantes.



Han sido múltiples los impactos: se demostró con datos de retención de agua o adecuación al entorno, la enorme conveniencia de usar especies propias del país siempre que se pueda, para repoblar o plantar en zona nuevas, ya que sobreviven mejor, se adaptan con mucha más facilidad al entorno y su costo suele ser menor, ya que se puede disponer de ejemplares dentro de nuestras propias fronteras.

Además y de forma inesperada, se colaboró, con los datos de esta investigación, con otro proyecto que estaba llevando a cabo el doctor Greg Asner, mediante el sistema Lidar, que incluía el uso de un avión con capacidad de medir con precisión las áreas sobrevoladas. Gracias a esta unión, se consiguió establecer el primer mapa de carbono hecho mediante este sistema, mucho más exacto que las hasta entonces habituales estimaciones.

**Los datos obtenidos, sin los cuales no se habría logrado elaborar con exactitud el mapa de carbono, han posibilitado obtener una gran rentabilidad en el novedoso mercado de las cuotas de emisiones de los países; de esta forma, se podrían obtener beneficios mediante pagos que harían otros países a Panamá para compensar sus excesos.**





# Marcelino Jaén

## Garrapatas en ganado panameño se resisten a control químico

La ganadería es una de las principales actividades que impulsan las economías de los países y Panamá mantiene un sector pujante, con altas expectativas, y con reconocimiento por el producto lácteo y carnes para consumo interno y exportación que produce. Sin embargo, la garrapata tropical del ganado bovino, *Rhipicephalus microplus*, provoca grandes pérdidas directas e indirectas, tales como la merma del peso, de leche, bajo crecimiento, la transmisión de enfermedades, altos costos en el tratamiento de su control y las atenciones clínicas, respectivamente.

Ante esta amenaza latente, el doctor Marcelino Jaén Torrijos, médico veterinario e investigador pecuario del Idiap, desarrolló un proyecto denominado: *Prueba de resistencia química en los acaricidas utilizados en el control de la garrapata Rhipicephalus microplus en Panamá*, el cual arrojó interesantes resultados.

El doctor Jaén explica que entre los motivos que lo impulsaron a realizar este proyecto, están los altos costos de control



de esta garrapata, el abuso de los químicos que posteriormente desencadenan contaminación de la leche, productos cárnicos y el medio ambiente.

Con esta premisa, el equipo de investigadores se ubica en las subcuencas de los ríos Los Hules, Caño Quebrado y Tinajones, en la subcuenca del canal de Panamá, en Panamá Oeste (La Chorrera), por poseer una alta densidad de fincas lecheras muy próximas al lago Gatún, considerada zona de amortiguamiento del área canalera. Se inicia la evaluación de dos químicos de uso común: la cipermetrina (piretroide sintético) y el clorpirifos (fosforado).

Al analizar las fincas lecheras, se determinó que era de frecuente uso en Panamá el químico cipermetrina, al cual la garrapata *R. microplus* presenta muy baja sensibilidad; al igual que al químico clorpirifos (fosforado) que, en este caso, es un poco más sensible y tiene ciertos grados de problemas de resistencia.

Otro de los puntos importantes que se desprende de este estudio, nos indica el doctor Jaén, es que: «La mayoría, casi el 75% de los productores aplicaban el control químico entre los 8 y 15 días, lo que significa que las vacas en producción de leche están sometidas a la presión de baño y, por ende, a la contaminación de la leche».



A partir de estos resultados, se hizo necesario ampliar el campo de investigación a otras áreas ganaderas del país. Es así como se aplicaron más pruebas desde Darién hasta Chiriquí. El doctor Jaén resaltó que, en efecto, se verificó que persistía el mismo problema de baja sensibilidad a los controles de garrapatas, lo cual nos llevó a confirmar que existe un problema de abuso de estas sustancias y, por ende, hay que buscar otras alternativas que no sean químicas.

«Actualmente estamos analizando dos opciones para minimizar el impacto que producen los químicos en el sector ganadero y consiste en pruebas con hongos entomopatógenos, que sirven para el control de la garrapata y el extracto de planta *nim*, y se evalúa un control inmunológico con un manejo integral en la finca», puntualiza el investigador.



En esta nueva etapa de pruebas en la búsqueda de alternativas no químicas para el control de las garrapatas, participan técnicos del Idiag y continúan las evaluaciones de químicos comerciales con una técnica distinta a la utilizada en el primer estudio.

**Los estudios científicos cada día nos llevan a mejorar nuestra calidad de vida, pero parte fundamental de ese propósito es replicarla a la mayor cantidad de personas para perfeccionar los procesos, sobre todo si tienen que ver con la cadena alimenticia de los seres humanos; por ello, el estudio y sus resultados tienen luego de su hallazgo el objetivo principal de sensibilizar al productor sobre los riesgos que ocasiona el abuso de los químicos en el ganado bovino.**

Destacó el doctor Jaén que concientizar a los ganaderos en un proceso lento de educación zoonosanitaria, en el que tienen que involucrarse para promover una cultura de uso racional de los químicos en todos los sectores, las empresas dedicadas a este negocio e instituciones responsables de la salud, de salud animal y productores.

Otro aporte significativo de esta investigación, considera el especialista, es el hecho positivo de capacitar, sobre las mejores alternativas de control de esta garrapata, a estudiantes de Biología de la Universidad de Panamá, a técnicos extensionistas del Ministerio de Salud, a médicos veterinarios del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y a productores en congresos nacionales; también mediante conferencias técnicas de días de campo, práctica de laboratorio y en publicaciones técnicas, de manera que sean entes multiplicadores de tan importantes resultados.

Destaca el investigador, que las bases del conocimiento para concretar la tesis de un estudiante de licenciatura de Biología, permitió trascender de lo teórico a resultados palpables sobre la baja sensibilidad de los químicos. Además, se logró el equipamiento de un laboratorio y se trabaja con alianzas de instituciones nacionales e internacionales y productores con el interés de avanzar en encontrar un método integral de control y reducir considerablemente el uso de químicos para controlar esta garrapata.

# Manuel Jiménez

## Redescubriendo la papa de aire y sus múltiples beneficios

La seguridad alimentaria es una estrategia que comienzan a adoptar los países con amplia visión al futuro. Uno de los estudios presentados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en Roma, a finales del año 2016, concluye que es imperativo hacer de las inversiones estatales en agricultura una acción climáticamente inteligente e incorporar las consideraciones relativas al cambio climático en las estrategias presupuestarias.

La papa de aire es conocida científicamente como *Dioscorea bulbifera*. Es un producto que, en función de su adaptación a la zona climática en la que se encuentra Panamá, puede convertirse en un recurso importante para la alimentación y el desarrollo económico de las poblaciones que residen en áreas rurales.

Panamá nunca había realizado un estudio, ni existían referencias científicas en el país sobre esta planta. El estudio incorporó a los campesinos del área que conocen el producto y sus beneficios. La sabiduría popular es la base sólida de una buena investigación; además, se evaluó cómo sería rentable esta producción en función de los mejores beneficios para la comunidad.

Muy poco se sabía de si es realmente un buen alimento. En tal sentido, es importante comenzar a mirar hacia alimentos tradicionales poco utilizados, que pueden representar una respuesta saludable y nutritiva en momentos donde se empieza a palpar la escasez alimentaria a nivel mundial.

Poblaciones como San Luis, Guácimo, Nueva Concepción y Belorizal en el río Miguel de la Borda arriba; y áreas de Donoso, el Jobo y Dominical, en el río Indio, ubicadas en la provincia de Colón, estaban dispuestas a colaborar y participar en el estudio. Con el consentimiento de los pobladores, se trabajaron



tres tipos de parcelas con 25 plantas cada una, diferenciando el distanciamiento entre las plantas. Se utilizaron varas de diferentes tamaños como apoyo para las plantas y dos maneras de cultivo: el cultivo tradicional y el estilo que utilizó técnicas básicas de cultivo.

Durante dos años, se validó el tipo y la calidad de las semillas, a pesar del escepticismo que intentaba apoderarse del estudio. Tal vez uno de los principales problemas fue encontrar semillas de calidad, que son escasas. Iniciaron con solo 15 libras de semilla. En San Luis, la humedad del suelo era muy desfavorable para la siembra. El área se llenaba de agua. En Nueva Concepción fue al contrario: el suelo era muy compacto. Estos fueron los fracasos que se tuvieron en el primer año. En el segundo año se corrigieron las condiciones de los suelos, se establecieron sistemas de drenaje y de regadío. La papa de aire requiere poca agua; esa es otra de sus bondades.

La participación de la comunidad y sus conocimientos fueron cruciales para el éxito del estudio. Lo interesante de la evaluación fue que cada grupo de pobladores decidió la forma de plantar: con estacas altas o bajas, al lado de sus casas, a la orilla del río; diversidad que permitió enriquecer el trabajo. La evaluación se realizó con las características propias que estableció cada agricultor.

A través de un taller de cocina, previo a un concurso realizado con la comunidad, se descubrió que la papa de aire es apta



para realizar muchas recetas desconocidas hasta el momento: frita, asada, al vapor, puré, como verdura en la sopa y rellena, entre otras muchas recetas que se descubrieron en ese ejercicio culinario.

Descubrieron, además, que es más comestible caliente que fría. Cuando está fría se pone dura y poco atractiva al paladar. Es una característica que explicó el profesor Murillo, de Bioquímica de Alimentos de la Universidad de Panamá, quien llama a esta característica «retrogradación de los almidones». O sea, cuando se enfrían los azúcares, se vuelven almidones. Ese proceso hace que la papa se ponga dura.



Tiene múltiples beneficios: es un alimento bondadoso para el combate a la obesidad, ya que tiene un alto contenido de agua y 17 calorías por cada 100 gramos. Ofrece propiedades antioxidantes, diuréticas y depurativas; combate el colesterol; y su jugo, aplicado directamente en la piel, elimina manchas y tiene un efecto blanqueador. Se ha demostrado en laboratorio que tiene propiedades para reducir tumores en sus etapas iniciales.

Desde el punto de vista técnico, se pudo probar que es un cultivo realmente rentable, porque siendo rústico, no necesita mayor atención. Dos terceras partes del costo de producción lo representa la fuerza de trabajo. El resto es fertilizante y protección del cultivo. Es altamente rentable para las comunidades campesinas. Se pueden obtener, con los cuidados adecuados, seis libras por planta; en algunos casos, hasta diez libras por planta.

Probadas las bondades de su cultivo, hay otro reto que enfrentar. La época para su cosecha y consumo es de noviembre a febrero. En marzo brota, comienza a nacer y hay que sembrarlo de inmediato. No se debe consumir mientras el tubérculo no ha madurado correctamente, ya que puede tener un sabor amargo.

No reemplazará el consumo de arroz, yuca o plátano; pero, para que sea funcional, debe estar a disposición del consumo la mayor parte del año. Por esta razón, se inició a través del Laboratorio de Bioquímica de la Universidad de Panamá, la elaboración de harina de papa de aire, con el propósito de que el consumidor obtenga los beneficios del producto la mayor parte del año.

**La investigación aportó, entre otros, la creación de un taller de cocina y un concurso de cocina, y el reconocimiento de la papa de aire como un tubérculo de grandes propiedades alimenticias y medicinales. Se da un resurgimiento de la planta y sus beneficios. Además de su bajo costo y la posibilidad de transformarla en una fuente de ingresos para los moradores del área, se comprobó que las dos terceras partes del costo de producción consisten en la fuerza de trabajo de la gente.**

Los chinos tienen 500 años de estar trabajando con este tubérculo y se reconoce que tiene propiedades antitumorales y antioxidantes. El potencial es enorme. No hay ningún tubérculo que tenga la capacidad antioxidante que tiene este. Es antiinflamatorio. Hay estudios que hablan de sus propiedades; es decir, ayuda a controlar el azúcar y puede incluso ayudar a controlar niveles de colesterol.



Los resultados de tan relevante investigación se han divulgado en revistas, congresos y son el fundamento para trabajos de graduación, entre otros.

Se distribuyeron 500 folletos en el área, que incluían la experiencia de la gente, pero desde un punto de vista técnico.

# Emigdio Rodríguez

## Bioproductos para mejora de la producción del poroto

Este proyecto surge del interés de los científicos del Idiap por desarrollar tecnologías que fueran amigables con el medio ambiente; es decir, que evitaran la utilización de productos sintetizados químicamente como fungicidas, insecticidas o nematocidas, para ayudar a mejorar la producción de uno de los componentes principales de la dieta de los panameños, como es el frijol o poroto. Para ello, se plantearon una serie de retos, como el buscar organismos nativos –bacterias, por ejemplo– que estuvieran presentes de forma natural en la planta. Después se trataría de cultivarlos para controlar la planta a través de sus efectos sobre ambas partes de ella, tanto sobre los nematodos, que afectan a las raíces de las plantas del frijol, como la mustia hilachosa, que afecta al follaje. El proyecto fue concretado en el año 2007 por el doctor Emigdio Rodríguez, del Idiap, con el nombre: *Utilización de bioproductos y tecnologías limpias para el mejoramiento de la producción y de la industria semillerista del frijol poroto (Phaseolus vulgaris L.) en Panamá*.

El objetivo fundamental de este proyecto fue profundizar en la investigación sobre posibles productos naturales que ayudaran a fortalecer el crecimiento y rendimiento de las plantaciones de porotos, de forma que se lograra una mejor alimentación en las zonas más desfavorecidas del país. Se comenzó buscando bacterias, pero no se encontraron en las zonas geográficas en las que se trabajó, con lo que al principio hubo un ambiente de desánimo.

**Sin embargo, más adelante se hicieron importantes hallazgos, como un producto antiplagas de origen natural (a base de *Glomus* sp.) que reducía**



a cifras muy bajas la presencia de larvas en los nematodos de las plantas, cercano al nivel cero, que conseguían los plaguicidas químicos, pero lógicamente sin todos los efectos negativos que estos acarrear sobre la salud. Igualmente, se investigó y descubrió otro producto similar con efecto, en este caso, sobre el follaje. A partir de aquí, ya únicamente faltaba que alguna empresa lo desarrollara comercialmente, lo cual está aún pendiente, pero al menos las bases científicas están establecidas.

Y es que las ventajas no acaban ahí: los agricultores usaban, para fumigar con productos químicos, una especie de mochilas que se cargan a la espalda y cuyo uso suele provocar pequeñas heridas por el propio rozamiento sobre la piel, que, a su vez, suele estar húmeda por el calor y el esfuerzo físico, con lo que la entrada de cualquier germen es más fácil. No hace falta ir muy lejos para imaginar que si esas mochilas de plástico, llenas de plaguicidas venenosos, supuraban o sufrían alguna grieta, es muy fácil que se produjera una infección en la persona, al entrar en el torrente sanguíneo a través de la piel, lo cual no ocurriría en caso de conseguir desarrollar los biofortificados.



Es evidente que hay determinados aspectos, como el efecto sobre la tierra, que no se han podido comprobar aún, por el mero hecho de que se necesitan plazos mucho más largos para cuantificar esos cambios o el impacto sobre la fauna. Esto se seguirá evaluando durante los años que vayan transcurriendo. Pero sí que se efectuó una labor didáctica sobre los agricultores que labraban en las tierras donde se efectuaron los estudios del proyecto, ya que eran reticentes a sembrarlo por desconocimiento técnico de las características. Se hizo esta labor incluso sobre sus familias, ya que a veces había cierta resistencia en ellas hacia el consumo de los productos. Pero una vez explicadas con claridad, muchos decidían optar por su compra para la alimentación de la unidad familiar. En definitiva, se trata de brindarle al consumidor lo que necesita, pero explicándoselo antes, para que perciba las claras ventajas del producto en cuestión.

Hemos mencionado varios de los avances logrados por este proyecto que lo hacen tan importante para la alimentación futura de los ciudadanos, especialmente aquellos de zonas rurales más alejadas o de difícil acceso. Estos son la mayor fuerza y resistencia a las plagas de las plantas de frijoles, o la mejora en la dieta gracias a la mayor calidad nutritiva del cereal biofortificado.

Sin embargo, se deben destacar más cuestiones por valorar como aportes claves de este proyecto. En primer lugar,



reiterar lo importante del trasvase de información y conocimiento tan intenso que se da en este tipo de proyectos donde colaboran estudiantes de posgrado con profesionales con larga experiencia: de hecho, una de ellas incluso partió al extranjero a profundizar sus estudios, tras el trabajo en el proyecto del ingeniero Emigdio. En segundo lugar, se debe tener en cuenta que tras el proyecto se ha logrado que quede en manos del Estado (Idiap) una patente sobre las cepas de productos con los que se ha trabajado, la cual es una fuente de riqueza potencial, si se vendiera a alguna empresa innovadora para producirlos, ya que ha quedado clara su igual efectividad en el campo, pero sin los aspectos negativos.





## Biofortificación del frijol común con micronutrientes

Este proyecto, liderado por Emigdio Rodríguez Quiel, puede considerarse como la continuación del que llevó a cabo Román Gordón sobre el maíz QPM en el año 2006, y del que el propio ingeniero Rodríguez había realizado en ese mismo año, en el que trató de encontrar nuevas técnicas y productos naturales que mejoraran el rendimiento y la calidad de la cosecha; y los encontró, pero sin los adversos efectos sobre la salud que, por ejemplo, los plaguicidas químicos pueden tener. En aquellos años, ya empezaba a ser importante, para una gran parte de la población, el hecho de alimentarse de productos que hubieran sido cultivados sin emplear ningún tipo de pesticida o cualquier otro tipo de químico.

Para complementar esta investigación, el ingeniero Rodríguez y su equipo decidieron profundizar en los micronutrientes más idóneos para los cereales, en este caso el poroto, y volvieron a preparar el proyecto: *Biofortificación del frijol común* (*Phaseolus vulgaris L.*), en Panamá, con micronutrientes.

La biofortificación significa que al contenido del grano se le añade otro componente natural para conseguir aumentar sus valores nutritivos. En el caso del frijol, se tenía pensado incorporar hierro y zinc; sin embargo, desde las grandes multinacionales mundiales de nutrición se decidió que el frijol se reforzara solamente con hierro; mientras que al arroz se le añadiría zinc, y así sucesivamente los diferentes cultivos: maíz, camote y demás.

**En definitiva, el objetivo de esta biofortificación de los cereales en general, y del frijol en particular, era conseguir luchar contra los déficits nutricionales de los ciudadanos panameños, especialmente los más desfavorecidos.**

Cuando se inició el proyecto, el Centro Internacional para Agricultura Tropical (CIAT), junto al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Idiap) y la Senacyt, enviaron un grupo de 64 variedades a las que se les había calculado el contenido de hierro, afirmando que todas estaban biofortificadas; pero aún había que evaluarlas en el campo a ver cuáles eran las que mejor se adaptaban a nuestras condiciones agroecológicas.

En primer lugar, se procedió a un estudio detallado de las semillas, seleccionando de entre esas 64 obtenidas, las 20 mejores; y

después, para concluir, se escogieron las dos que tenían mayor contenido en hierro e iniciamos la evaluación en campo, para aprovechar la oportunidad de darle al agricultor una variedad que rindiera mucho más grano comercial que la variedad criolla de la agricultura. De esta manera se pudo concluir que había dos variedades, llamadas Idiap-924 e Idiap-927, con una cantidad muy superior de hierro a las propias del lugar, motivo por el cual se convirtieron en las primeras en ser liberadas como «variedades biofortificadas».

En general, esta era la mecánica de trabajo; es decir, se partía de una semilla normal de mercado, se comenzaba a «reforzar» con los adicionales mencionados y, por último, se tomaba la decisión sobre cuál era la mejor y esa era liberada. Tomando en cuenta la opinión de los agricultores de la zona, y conscientes de que si la semilla elegida por los especialistas del Idiap, ellos no la aprobaban, acabarían sin usarla y todo el esfuerzo y tiempo invertidos resultaría pérdida. Por ello, es fundamental la tarea de comunicación por parte de los científicos y el resto del personal implicado en el proyecto.

Con esta investigación, se han logrado establecer las semillas más adecuadas a nivel de refuerzo y fortificación. Es importante la divulgación, por parte de los científicos y personal del proyecto, a los productores de las zonas donde se realiza el uso de esas semillas, ya que, de lo contrario, todo lo trabajado resultaría de poca utilidad. Indica el ingeniero Rodríguez que en este tipo de proyectos deben servir de estímulo sus buenos resultados, para conseguir más fondos de las instituciones para concluir con éxito esas investigaciones, y que se logre extender el uso de los productos sanos y ventajosos, como los biofortificados, entre los agricultores.



# Carlos Vergara-Chen

## Variabilidad genética y fisiológica de los pepinos de mar en el Pacífico

Los pepinos de mar son invertebrados marinos que tienen forma de gusano, y se les llama pepinos porque tienen la forma del vegetal. Son organismos emparentados con las estrellas y los erizos de mar. Estos organismos desempeñan un papel importante en los ecosistemas marinos. Son recicladores de nutrientes; es decir, lo que hacen es reciclar en la naturaleza, alimentándose de la materia orgánica depositada en los sedimentos que quedan en el fondo marino y convirtiendo ese desecho en elementos que pueden ser utilizados por otros organismos marinos.

Aunque no existe una cultura de consumo en Panamá, en el mercado asiático los pepinos de mar alcanzan precios muy altos, son utilizados como alimento y considerados una delicia gastronómica; también son aprovechados como fuente de productos para la medicina tradicional china. Por esta razón, desde el año 2004, se estableció una veda permanente y está prohibida la captura y comercialización de pepino de mar en Panamá.



*Holothuria inornata* (pepino de mar rojo) es una especie común en las costas rocosas a lo largo del Pacífico oriental tropical, y se han examinado cuáles podrían ser las barreras para el flujo génico y los procesos demográficos históricos a pequeña escala espacial en Panamá, usando secuencias de ADN mitocondrial. Existe otra especie que se está estudiando, llamada *Isostichopus fuscus* (pepino de mar chocolate), que también habita las costas rocosas del Pacífico panameño.

Los organismos son recolectados durante mareas bajas extremas; es decir, las mareas que ocurren cuando hay luna llena cada mes. En esos momentos queda expuesta la zona más baja de la playa que durante el resto del mes está cubierta, y al bajar la marea se tiene acceso a una comunidad biológica muy diferente a la que estamos acostumbrados a ver en la playa: allí es donde habitan los pepinos de mar. De cada uno de los animales recolectados, se toma una muestra de tejido para hacer el análisis de ADN en el laboratorio molecular. Los datos resultantes son procesados con pruebas estadísticas para obtener información sobre la diversidad genética, conectividad e historia de las poblaciones. Los individuos analizados provienen de sitios ubicados en los golfos de Panamá y Chiriquí. Todas las muestras presentan altos niveles de diversidad genética, buena conectividad poblacional, y el tamaño de la población ha sufrido altas y bajas como respuesta a las variaciones ambientales.



Este proyecto se realizó en dos etapas: la primera entre los años 2014 y 2015, comenzando la colecta de muestras en el campo, el procesamiento de las muestras en el laboratorio para extraer y obtener las secuencias de ADN mitocondrial, para lograr los primeros datos de la variabilidad genética de los animales que se capturaron en diferentes playas rocosas en isla Taboga, San Carlos, Pedasí, Santa Catalina, playa Hermosa y Puerto Armuelles. La segunda etapa del proyecto se llevó a cabo entre los años 2016 y 2017, para el análisis de los datos.

El conocimiento de la diversidad genética de los pepinos de mar, la conectividad de sus poblaciones en las costas del Pacífico de Panamá, y el cómo estos animales son capaces de responder a los cambios ambientales, tienen un impacto científico importante. La información generada sobre las poblaciones puede auxiliar a la gestión y conservación de estos recursos pesqueros. Incluso puede ser útil para decidir si la veda pesquera debe continuarse o cambiarse la normativa para establecer una norma de manejo diferente del recurso.

Por otra parte, conocer la variabilidad fisiológica facilitará el desarrollo de técnicas de acuicultura para la repoblación y recuperación de las poblaciones en el medio natural. En este sentido, igualmente es necesario conocer el valor nutricional de los pepinos de mar y su valor farmacéutico, al ser fuente potencial de productos naturales con actividad contra enfermedades. Esta es una futura línea de investigación no contemplada aún.

En Panamá, es la primera vez que se realiza un estudio genético de las poblaciones y sobre la fisiología de los pepinos de mar. Es necesario continuar el estudio de las poblaciones naturales, incluyendo muestras de zonas insulares del Pacífico de Panamá, como isla Coiba, islas Secas, y las islas en el golfo de Panamá, con el propósito de determinar la abundancia del pepino de mar chocolate, una especie de mayor valor comercial por su talla más grande y mejor calidad de carne, ya que el pepino de mar rojo (*H. inornata*) es más pequeño, delgado y tiene menos carne. El pepino de mar chocolate está casi ausente en las costas continentales del Pacífico de Panamá. El conocimiento científico de la biología básica de los pepinos de mar puede ser una herramienta valiosa para diseñar y establecer acciones de gestión que aseguren la conservación y aprovechamiento sostenible de sus poblaciones naturales.





# Bruno Zachrisson

## Control biológico para disminuir el uso de insecticidas en la producción de arroz

En los últimos años se han realizado investigaciones en el terreno agropecuario con el fin de buscar eficiencia económica. Una de ellas consiste en la *Evaluación de dietas artificiales para la cría y multiplicación de Oebalus insularis (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae)*, como base para un programa de control biológico aplicado (CBA), utilizando parasitoides zoófagos.

**La investigación redundará en el mejoramiento de los recursos para que los productores disminuyan la aplicación de insecticidas de manera innecesaria e irracional.**

El proyecto consiste en la multiplicación del chinche del arroz (*Oebalus insularis*) utilizando dietas artificiales. En ese sentido, Zachrisson indicó: «No es lo mismo multiplicar una plaga de una dieta natural, que multiplicar esta de manera sistemática con una dieta artificial. Con ella estamos optimizando y abriendo otras opciones de manejo para la producción masiva del parasitoide, en este caso *Telenomus podisi*, que fortalecerá los programas de control biológico dirigido a la especie objeto de control. El parasitoide es el enemigo natural que nosotros estamos usando, y se desarrolla en la fase de huevo del chinche; es decir, es el factor clave de mortalidad. He allí el punto clave del proyecto: acortar tiempo y ser eficientes, además de optimizar la producción masiva del parasitoide».

Cuando se trabaja con control biológico dirigido a biofábricas, el costo de la producción debe ser rentable, lo que se traduce en eficiencia. El diseño experimental fue el de bloques al azar, y se calculó la tasa de parasitismo. Se destaca que el parasitoide de huevos de este chinche también puede parasitar otras especies, lo cual lo hace rentable.



Los parámetros biológicos y reproductivos, evaluados en las dietas artificiales, fueron semejantes a los considerados en proyectos anteriores. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en donde los datos que corresponden a los parámetros biológicos y reproductivos, fueron sometidos a la prueba de homogeneidad de varianza y al Andeva, y se aplicó posteriormente la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

En conclusión, es importante destacar que los parámetros biológicos de *O. insularis*, evaluados en las dietas naturales, no presentaron diferencias estadísticas entre sí, lo que indica que la maleza *E. colona* mostró un desempeño biológico semejante al hospedante natural. Ello sustenta la utilización de la dieta artificial de *O. insularis*, que garantiza la multiplicación del parasitoide *T. podisi*.

Nuestro grupo de investigación está trabajando con el control biológico de esta especie de chinche, considerada especie invasora en el sur de Estados Unidos, y se han hecho aportes significativos a los programas de manejo de *O. insularis* en el sur de Florida, en conjunto con la Universidad de Florida, en la estación de Bell Glades, por medio de un grupo de investigación establecido desde el año 2009.

«En Suramérica no existen investigaciones de este tipo, y nuestros productos de investigación son consultados frecuentemente. En Brasil hemos captado la atención, ya que tienen un problema similar con el arroz. Con esto hemos llamado la atención a nivel mundial, y es importante porque esta investigación nos abre puertas como país», concluye Zachrisson.



## Nueva especie de Collembola con nombre de científico panameño

El estudio entomológico de las especies siempre ha sido un fascinante tema que atrapa la curiosidad de los científicos, por las rarezas que surgen de estos submundos que viven paralelos con nuestro entorno. En esta oportunidad, nos encontramos dentro del universo de collembolas en Panamá.

Se trata de una investigación de la *Entomofauna de Collembola (Insecta) para la implementación de un modelo que determine la calidad de suelos arroceros en el Istmo*, a cargo del científico Bruno Zachrisson, entomólogo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

Las collembolas son, en el orden de artrópodos hexápodos, cercanas a los insectos y a su vez podrían clasificarse dentro de este grupo. Se caracterizan por ser animales diminutos, ubicuos, que ocupan todos los continentes (incluso la Antártida). Son, probablemente, los animales más numerosos de la tierra: hasta 62,000 individuos por metros cuadrados. Hasta el momento se conocen casi 7,900 especies y su registro fósil data

desde el Devónico (Rhyniella, Protoisotoma, hace unos 400 millones de años), siendo uno de los animales terrestres más antiguos.

Durante el estudio realizado en tres áreas de producción de arroz: en Chepo, Divisa y Chiriquí, se logró identificar alrededor de 12,000 especímenes en las tres áreas, distribuidos en familias que corresponden por lo menos a 3,000 individuos por área de producción, indicó el científico Bruno Zachrisson.

Algunas especies de bioindicadoras del género *Salina* son susceptibles a alteraciones en la composición de los suelos de producción arroceros, enfocadas a determinar la aplicación y residualidad de estos en los suelos, e igualmente a variables edáficas, sean estas referentes a macro y micronutrientes.

Todos estos hallazgos condujeron en la apertura de una nueva línea de investigación en el Idiap; en donde especialistas de esta área temática se han interesado en trabajar en esta especialidad con la finalidad de medir la calidad de los suelos de vocación arroceros, resaltó Zachrisson.







En la metodología utilizada no se alcanzó el nivel de especie. Solamente se identificó por familia, cuantificando el grado de degradación que existe en los suelos de las áreas estudiadas, y se logró implementar un protocolo de investigación estableciendo correlaciones matemáticas y modelos ya preestablecidos. Además, se destaca la interdisciplinariedad donde se relaciona la edafología (que es la ciencia que estudia los suelos) y la entomología.

Un dato sorprendente fue la cantidad excesiva de individuos de Collembola que se recolectaron mediante los muestreos en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Las muestras de suelo se colocaron en un aparato llamado «embudo

de Berlese», y los ejemplares eran recolectados en envases de vidrio con alcohol, para posteriormente identificarse a nivel de familia.

Uno de los logros del proyecto, fue ampliar un nivel taxonómico superior más fácil de entender y de identificar, para poder usar a los artrópodos indicadores de la degradación del suelo. Además, durante el estudio se descubrió una nueva especie de Collembola que solo habita en Panamá, la cual llevará el nombre del investigador, en honor a su descubrimiento.

Estos avances científicos han replicado en otras esferas mediante publicaciones, informó el investigador; entre las que se pueden mencionar la exposición en los congresos nacionales como el Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología; Intech (editora europea que publica libros en línea); en la revista *Inter-ciencia* y, a nivel regional, en cónclaves internacionales en Brasil y Estados Unidos.

**Para el investigador, los hallazgos convergen en dos aportes sumamente importantes: el primero, la facilidad de un protocolo para determinar individuos caracterizados a nivel de familia, susceptibles a la variabilidad de los componentes químicos del suelo; y el segundo, que esto permite medir la calidad y salud de los suelos.**





# Ciencias básicas





# Hildaura Acosta

## Evaluación sobre la capacidad neutralizante de antivenenos de serpientes

*Panamá es el país con la más alta incidencia de envenenamientos por serpientes en América Latina.*

Las serpientes, por su propia naturaleza, son sigilosas y cautelosas, dos cualidades que las adornan y encubren su carácter letal. Dicho animal fue escogido como la personificación del mal en las religiones abrahámicas, también pudo haberse escogido al escorpión, que no pertenece al mismo grupo, pero mantiene cualidades similares a las de la serpiente y que son parte de su propia naturaleza.

Hasta el año 2005, existía un clamor de la población que solicita ayuda a las autoridades por encontrarse seriamente afectada por las mordeduras fatales de serpientes y la picadura de escorpiones en áreas de difícil acceso. La Asamblea Nacional de Diputados, a través de la Comisión de Salud, solicitó a la decana de la Facultad de Medicina que contribuyera a la búsqueda de información y alternativas para mitigar este importante problema. Esto se planteó en el Consejo Académico y el rector de la Universidad de Panamá designó una comisión para trabajar en el tema.

La estructura del Sistema Nacional de Información de Salud en Panamá, antes del año 2006, era limitada en cuanto a información lo más exacta posible sobre cuántos eran los pacientes mordidos por serpientes o picados por escorpiones, el suministro del antídoto, la cantidad de personas afectadas por año y la realidad de las diversas zonas en cuanto al tema de envenenamiento por escorpiones y serpientes.

Ofidismo y escorpionismo son accidentes provocados por el veneno inoculado por la mordedura de una serpiente venenosa



o la picadura de un escorpión. La profesora Hildaura Acosta de Patiño, directora del Centro de Investigación e Información de Medicamentos y Tóxicos de la Facultad de Medicina, y coordinadora del Programa de Ofidismo y Escorpionismo, de la Universidad de Panamá, inició este proyecto en el año 2006. El proyecto estaba estructurado para durar tres años en sus inicios, pero luego se adquirieron otros subproyectos más pequeños que han continuado la línea de investigación, algunos con estudiantes de licenciatura o posgrado, por lo que la finalización de dicha línea no está definida.

La profesora Hildaura Acosta de Patiño estructuró un proyecto con tres componentes, donde el primero era tener y encontrar la evidencia de los venenos de mayor relevancia en Panamá, y de las serpientes que más producían el problema. El segundo componente estaba relacionado con los conceptos de una red de antivenenos que hay en América Latina, y qué tan importante era ese conocimiento sobre la eficacia que tenían los antivenenos en América Latina con respecto al veneno de nuestro país. El tercer componente era clínico, epidemiológico, promocional y preventivo del envenenamiento por serpientes y escorpiones.

Se tomó en consideración que era la primera vez que se desarrollaba un estudio de esta naturaleza en el país, razón por la cual fue necesaria la incorporación de investigadores internacionales de apoyo, como un complemento de colaboración a través del doctor Rafael Otero (Colombia) y el doctor Adolfo Borges.



Se requirió buscar los ejemplares de serpientes en diferentes partes de la geografía nacional, con un enfoque específico en la serpiente que mostraba mayor frecuencia y fuera la principal causante de los ataques a seres humano: la llamada *Bothrops asper*, conocida en Panamá como «equis», y con otros nombres como cuaima, terciopelo y mapaná.

Un estudio epidemiológico de todos los pacientes mordidos por serpientes en la provincia de Coclé, realizado en el año 2008, identificó evidencias de que no solamente estaban siendo mordidos por serpientes equis. Un 30% de los pacientes estaba afectado por la mordida de la serpiente *Porthidium lansbergii*, popularmente conocida en nuestro país como «patoca». Este hallazgo marcó el inicio de una segunda línea de investigación.

Se estructuraron todos los procesos de laboratorio y sus experimentos, algunos con animales vivos de experimentación, otros *in vitro* (con el veneno). En algunos casos, se utilizaba un componente dual: tanto *in vitro* como *in vivo*, para comprobar el comportamiento del veneno en dos situaciones diferentes.



Posterior al diseño y validación de toda la metodología en laboratorio, con el propósito de demostrar las diversas acciones tóxicas y farmacológicas del veneno, se validó la capacidad neutralizante que tenían los antivenenos que se producen en Latinoamérica y que pudieran tener algún tipo de actividad contra ese veneno. Para esto se debió zonificar el estudio de la siguiente manera:

- Zona uno: Caribe de Panamá, desde Bocas del Toro hasta San Blas.
- Zona dos: Es la región del Pacífico, fundamentalmente en Chiriquí y sur de Veraguas.



- Zona tres: Compuesta por provincias centrales (la vertiente pacífica: Herrera, Los Santos y Coclé).
- Zona cuatro: Es la región metropolitana de Panamá, Panamá Oeste y Darién.

Avanzado el estudio, se detectó que existe una variación entre la toxicidad del veneno y las zonas donde ocurren los ataques, con respecto al veneno patrón global. Recientemente, se había terminado la valorización de la toxicidad del veneno por cada zona. Existe evidencia científica en la que hay al menos dos zonas donde el veneno es muy similar, con respecto a otras zonas en donde el veneno presenta ciertas variaciones.

Con esta investigación, se demostró que Panamá es el país que tiene la más alta incidencia de envenenamientos por serpientes en América Latina, lo que obliga al país a concretar más acciones en esa dirección. Además, se determinó que el antiveneno que se usa en Panamá tiene muy buena cobertura para neutralizar el veneno de la serpiente «equis» de diferentes regiones del país. Igualmente, se logró diseñar y caracterizar el veneno de *Bothrops asper*, llamado «veneno patrón de Panamá».

El problema es simple: los colonos viven sin división entre sus viviendas y el área que ocupan las serpientes y los arácnidos. Los investigadores determinaron realizar, con las zonas más afectadas, un mayor número de actividades de promoción



y prevención, diseñando panfletos con información precisa de cómo protegerse adecuadamente de la mordedura.

Aún no se contaba con un protocolo de atención aprobado por el Ministerio de Salud para el manejo de la mordida de serpiente. Por tanto, un objetivo en la siguiente etapa era la elaboración de una guía para el manejo del envenenamiento por serpientes en Panamá, en la que participaran autoridades, profesionales de la salud e investigadores.

Aun cuando se contó con apoyo de parte de las autoridades, los recursos fueron escasos. Esto obligó a que el estudio se transformase en autosostenible, a través de diplomados, conferencias, visitas científicas y otras formas de generación de ingresos. La necesidad es la fuente de la creatividad. Se creó un polo de desarrollo del proyecto en el Centro Regional Universitario de Veraguas de la Universidad de Panamá. Tres funcionarios de la institución formaron parte del equipo e inclusive mantienen un pequeño serpentario en la provincia de Veraguas, por ser una de las áreas con mayor incidencia en ataques de ofidios en el país.

Producto de este estudio, la profesora Hildauro Acosta de Patiño ha participado en congresos nacionales de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (Apanac) e internacionales desde el año 2008, y más recientemente en el año 2016. Este estudio ha sido premiado por lo menos en cuatro ocasiones.

Panamá presenta las condiciones adecuadas para realizar un estudio más profundo sobre el tema. Nuestra diversidad en arácnidos y ofidios es amplia. El panorama promete resultados interesantes y desconocidos hasta el momento.





# Alberto Caballero

## Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero de Santa María

Este proyecto se llevó a cabo en la región del «Arco Seco» de la República de Panamá, constituido por las provincias de Coclé, Los Santos, Herrera y el este de Veraguas, que se caracteriza por la baja precipitación relativa y la ausencia de corrientes superficiales durante el periodo seco. En la región, los niveles de precipitación son del orden de 1,200 mm/año, y las corrientes superficiales son reducidas si se compara con otros sectores de la república.

El acuífero estudiado se sitúa en el distrito de Santa María, provincia de Herrera, y cubre unos 200 km<sup>2</sup>. Por otro lado, a pesar de que el río Santa María cruza toda la región, no se puede asegurar una óptima calidad del agua para consumo humano. Por ello, el abastecimiento de agua potable depende de la extracción de aguas subterráneas. En esta región, los pozos no siempre tienen un rendimiento adecuado y en algunos casos se agotan. Sumado a esto, los pozos del Rincón de Santa María,



luego de un periodo de extracción, se salinizan (Idaan, 2010). Esto trae como consecuencia mala calidad y desabastecimiento.

Las políticas de gestión del recurso agua con frecuencia son definidas por un planeamiento a corto plazo, buscando satisfacer la demanda de los diversos usuarios (agua potable, industrias, irrigación, etc.). La gestión sostenible de recursos de agua, por el contrario, está orientada a utilizarla de manera tal que exista un estado de equilibrio en los acuíferos, en cantidad y calidad. Es por ello por lo que se requirió el estudio de las características, aplicando los métodos geofísicos, geológicos e hidroquímicos del acuífero, con objeto de establecer las reservas y su adecuada gestión.

La geología de la región está constituida por las principales formaciones geológicas de la península de Azuero. Esto plantea una interrogante con respecto al origen de la salinización, ya que es necesario evaluar si es debida a procesos de intrusión marina, a la recarga del sistema o a la presencia de estratos salinos que se disuelven en contacto con el agua. Los estratos salinos se pueden justificar considerando que, en el pasado, esta zona sufrió transgresión marina debido a cambios en el nivel del mar (Golik, 1968).

En atención a las perspectivas de desarrollo socioeconómico y las tendencias iniciadas en cuanto a la ordenación del territorio, establecidas por el Estado a nivel nacional y sobre todo en la región del Arco Seco, resulta de vital importancia, en



la población del distrito de Santa María, provincia de Herrera, evaluar en su conjunto los recursos hidráulicos disponibles. Esta evaluación propondría metodologías de exploración, evaluación y protección del acuífero, al igual que establecería un procedimiento sistemático para su aplicación en otras áreas del país con problemas similares.

Para su desarrollo, la agroindustria nacional requiere que se realicen esfuerzos que garanticen la autosuficiencia del productor. Es necesario proveerle de las condiciones necesarias que permitan la inserción de este sector productivo, en forma efectiva, en el crecimiento de nuestra economía.

En el contexto de las dificultades encontradas tanto a nivel cualitativo (abandono de pozos a causa de contaminación geológica y la pérdida de calidad debido a la intrusión salina en la zona costera), como a nivel cuantitativo (debido a la sobreexplotación de algunas capas), el seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas debe ser objeto de una atención especial debido las siguientes razones:

- Su contribución en periodo crítico de estiaje por su aporte a los cursos de agua.
- La capacidad del reservorio permite hacer frente a los aumentos en el consumo.
- El aumento del consumo que sufren los cursos de agua, sobre todo en la zona rural.
- Las aguas subterráneas son más seguras, ya que tienen una mejor protección que los cursos de agua, frente a los contaminantes.

El proyecto tuvo la visión de implementar un estudio de caso que permitió el abordaje del problema y tomó en consideración aspectos fundamentales de la hidrología subterránea y su interacción con la hidrología superficial.

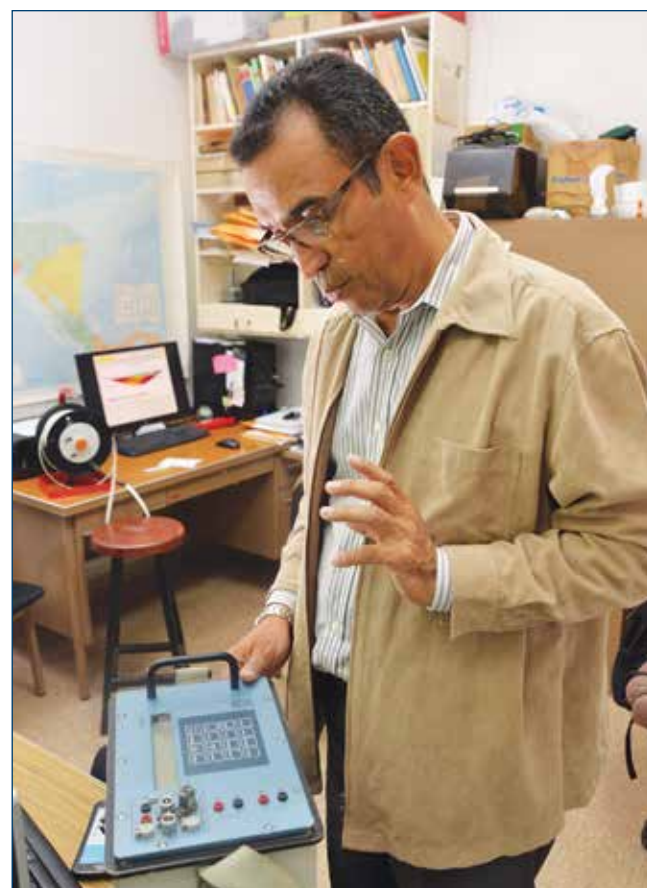
**Es importante destacar que las decisiones adecuadas sobre la gestión del agua requieren de una información técnica detallada. Los datos inadecuados y no fiables constituyen una limitación importante para el adecuado uso del recurso.**

Para cumplir con lo anterior, se requirió de una fuerte interacción horizontal entre las partes, así como de una constante sistematización, estandarización y unificación de datos, criterios y metodologías. Al final del proyecto, se obtuvo una visión clara del acuífero en estudio, se definió la compleja geología del sector,

haciendo hincapié en la estratigrafía y sus principales estructuras fisiográficas. Se ha establecido la dinámica del acuífero mediante la evaluación de las propiedades fisicoquímicas e hidrogeológicas y la utilización de isótopos estables, tales como el oxígeno-18 y el deuterio. Se han determinado las zonas de recarga, recomendando medidas para su protección. Por último, la aplicación de técnicas de detalle, como la sísmica de refracción, magnetometría y las técnicas geoelectricas de alta resolución, permitieron delinear el acuífero, eliminando la ambigüedad en la interpretación. Estas últimas implican el empleo de la tomografía eléctrica, la cual ha mostrado ser de utilidad en áreas de geología compleja.

**Uno de los beneficios del proyecto es incrementar el conocimiento de la geología de la zona. Se ha desarrollado una experiencia que permite resolver problemas similares en otras zonas del país.**

La población se ha beneficiado. Por tanto, mejorará la calidad de vida de sus habitantes.



# Eduardo Camacho

## Caracterización de la sismicidad del extremo este del cinturón deformado del norte de Panamá

Sismos, temblores, terremotos y tsunamis son términos que a través de los años en Panamá, afortunadamente, no están presentes en su entorno cotidiano. Según los registros históricos, en comparación a los países de la región, estas actividades sísmicas han provocado impactos mínimos.

Sin embargo, esta condición favorable para el Istmo no desestimó la realización de investigaciones que actualicen a la comunidad científica sobre la realidad y las fallas sísmicas, con el fin de estar preparados para una eventualidad de este tipo.

El sismo más grande que se ha registrado en Panamá fue de 7.9, ocurrido el 7 de septiembre del año 1882 en el cinturón deformado del norte de Panamá, el cual produjo daños considerables en la ciudad de Colón, al tiempo que provocó la muerte de 70 personas por inmersión, a causa de un tsunami en la región de la actual comarca Guna Yala.

Dadas estas condiciones, el profesor Eduardo Camacho, del Departamento de Física de la Universidad de Panamá, con la intención de establecer la posibilidad de un sismo de subducción o constatar que solo tenemos sismos por fallas corticales y aportar esa información para el diseño futuro de infraestructuras con medidas antisísmicas, se aboca a un estudio para esclarecer estas dudas.

Es así como inicia, en el año 2006, la investigación *Caracterización de la sismicidad del extremo este del cinturón deformado del norte de Panamá*, para determinar si la sismicidad de la zona está relacionada con las fallas activas o está relacionada con la convergencia de la placa del Caribe con el bloque de Panamá, la cual concluyó en el 2008.



Nos explica el profesor Camacho, quien tiene un doctorado de la Universidad Nacional Autónoma de México, una maestría de la Universidad de San Luis y una licenciatura de la Universidad Estatal de Utah, en los Estados Unidos, que desde fines del año 1996 hasta mediados del año 1997, el Servicio Geológico de Estados Unidos estableció una red portátil, por espacio de 8 meses, en el área del canal de Panamá, cuyos datos no se habían podido analizar. Durante el estudio, fueron evaluados, lo cual arrojó significativos resultados.

Se recopiló, además, información de las redes de Costa Rica, Panamá y Colombia, lo que permitió nutrir la investigación y llegar al descubrimiento de que la placa del Caribe se está introduciendo por debajo del bloque de Panamá, por lo cual se pueden producir sismos de subducción, reveló el científico.

«Es importante señalar que toda esta subducción se extiende a lo largo de todo el cinturón deformado del norte de Panamá, el cual se extiende paralelo a lo largo de toda la costa Caribe del Istmo y es capaz de generar sismos de Mw7.5 o más», agregó Camacho.

**Los sismos de subducción pueden alcanzar magnitudes por encima de los 7 puntos en la escala de Richter. Por ende, tienen la capacidad de generar tsunamis. Este descubrimiento –destaca el docente universitario– se puso en conocimiento**

de las autoridades, para establecer los sistemas de alerta de tsunamis en Panamá. Dicha información también se aportó a los estudios que se hicieron antes de que se iniciara la construcción de la ampliación del canal de Panamá. Agregó que este descubrimiento contribuye a mejorar el código sísmico panameño conocido como el REP-2014, con el fin de que se diseñen estructuras más resistentes en caso de un sismo.

Otro de los logros de estudio fue el ejercicio de tsunami que se realizó en marzo de 2015 en toda la cuenca del Caribe, donde se recreaba el sismo de 1882 ocurrido en la comarca Guna Yala.

A partir de estos resultados, se genera el escenario propicio para continuar la línea de investigación sobre *Sismicidad histórica en el Caribe de Panamá* y un estudio denominado: *Evaluación de la amenaza sísmica en toda América Central*, financiado por la Cooperación Escandinava, indicó Camacho.

La primera investigación sobre la confirmación de que la placa del Caribe se introduce por debajo del bloque de Panamá, fue publicada en el año 2010 en el *Bulletin of the Seismological*

*Society of America*, al tiempo que se hicieron presentaciones en el año 2006 en la reunión de la American Geophysical Union en Acapulco, México, y en el Congreso Científico de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (Apanac) en el año 2007.

Este proyecto sirvió también para promover otras investigaciones, resaltó Camacho, quien aseguró que se generaron otros proyectos a cargo de estudiantes; uno de la Universidad de Panamá realizó una tesis de grado sobre la sismicidad en el golfo de Montijo, en la provincia de Veraguas, y otro estudiante de la Unachi trabaja en los sismos que ocurrieron en la provincia de Chiriquí en el año 2018.

El catedrático inició su investigación junto al doctor Javier Pacheco, de la Universidad Nacional Autónoma de México; la doctora Wallis Hutton, de la Universidad de Texas, y Néstor Luque, profesor del Departamento de Física de la Universidad de Panamá.





## Estudio de sismos históricos en el Caribe de Panamá

En Panamá hay fallas activas capaces de producir sismos mayores de 7 grados en la escala de Richter, y eso podría pasar, de acuerdo con el *Estudio de sismo histórico en el Caribe de Panamá*, realizado por Eduardo Camacho y los coinvestigadores doctor Josep Batlló, del Servicio Geológico de Catalunya, y doctor Ramón Maciá, de la Universidad Politécnica de Catalunya. En su conclusión, señalan que por eso es importante que las edificaciones se construyan de acuerdo con el reglamento estructural panameño para lograr soportar los embates de la naturaleza.

El estudio señala que la zona central de Panamá es sísmicamente activa y que en ella han ocurrido sismos importantes, por lo que es necesario que, cuando se diseñen las estructuras de edificaciones, se atienda el reglamento estructural panameño (REP2014).

De acuerdo con los investigadores, el objetivo era determinar los sismos históricos más importantes que han ocurrido en el Caribe panameño y centro de Panamá, desde la época de la Colonia hasta el presente, y saber qué tipo de fuentes los han producido. Esto permitiría construir mejor la sismicidad alrededor del Canal y mejorar las evaluaciones de amenazas sísmicas para sus diseños sismorresistentes.



Esta investigación es importante porque históricamente, en el año 1621, hubo un sismo que causó daños importantes en la ciudad de Panamá. La Autoridad del Canal de Panamá contrató a dos compañías internacionales para que realizaran investigaciones sobre paleosismología, y poder estudiar las trazas de las fallas cerca del Canal, para ver si estas habían producido sismos. De ahí que se encontraron cinco fallas activas alrededor del Canal.

La falla Limón produjo el sismo del año 1621, que causó daños a la ciudad de Panamá. Sin embargo, había dudas sobre si algunos sismos se habían producido en el siglo XIX. Gracias a los estudios con estos investigadores de España, descubrimos que ocurrieron a comienzo en el siglo XIX y a comienzos del siglo XX; que están asociados a la convergencia del cinturón formal del norte de Panamá y no están relacionados con las fallas corticales que existen en la cuenca del Canal. Esto permite afinar los estudios de amenaza sísmica alrededor del Canal.

Para este proyecto se recolectaron sismogramas históricos de sismos panameños registrados en Europa y América. Este proyecto, además, permitió consultar los archivos de universidades en España sobre sismos históricos en Panamá, y propició que los doctores Batlló y Maciá viajaran a Panamá para participar de él.

**El estudio permitió mejorar el reglamento estructural panameño y beneficia al Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc) y al Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). También se continúa investigando con documentos históricos recabados de los Archivos de Indias y participan estudiantes de Historia y expertos en paleografía de la Universidad de Panamá, para mejorar el conocimiento del terremoto ocurrido en Panamá el 2 de mayo de 1621.**

En el año 2013, se hizo una presentación sobre este estudio en el Congreso Geofísico de la Américas, en Cancún, México; y en 2016, una estudiante de Historia de la Universidad de Panamá presentó una tesis sobre documentos históricos relativos al sismo del año 1621 en ciudad de Panamá.

# Magaly Chial

## Un micromundo con posibilidades gigantes

Abordaremos el tema de la diversidad de las especies de la comunidad microbacteriana, alineada con los parámetros físico-químicos, en un área específica de nuestra geografía nacional: el lago de Las Cumbres.

En su fase más primaria, el hombre tiende a concluir que las bacterias son dañinas para él, razón por la que, en función de su propia supervivencia, tiende a destruirlas. Rápidamente conoceremos que las bacterias son organismos unicelulares. Son la forma de vida más antigua de la tierra. Sobreviven y prosperan en los ambientes más rigurosos, en manantiales, en pozos de ácido, en grietas de la tierra, sin luz, sin aire y en temperaturas hasta de 250 °C. Los humanos llevamos millones de bacterias en nuestra nariz, en la boca y en nuestro intestino; sin ellas no podríamos sobrevivir.

Solamente el 1% produce enfermedades, las cuales son cada vez más difíciles de combatir por el abuso indiscriminado de antibióticos. Pertenecen al reino Moneras, y su gran mayoría cumple una función importante dentro y fuera del cuerpo humano. Ayudan al cuerpo a digerir los alimentos, devoran los venenos que existen en el aire y el agua. Se utilizan bacterias vivas para tratar problemas musculares y hasta para quitar arrugas.

En la industria alimenticia, son de vital importancia por los procesos que realizan al descomponer los alimentos. Además, como fuentes de sustancias que, por su actividad biológica, pueden ser de enorme utilidad en la medicina y en la bioindustria (ejemplo: antibióticos) y como agentes para estimular el desarrollo de las plantas.

La investigación sobre la *Metagenómica de comunidades bacterianas en el lago de Las Cumbres, en función de estratificación biogeoquímica*, se convirtió en el primer estudio de esta



naturaleza; es decir, de todas las bacterias que estaban en el lago, de acuerdo a las profundidades en la columna de agua, acotó la doctora Magaly Sánchez de Chial.

**El lago de Las Cumbres era utilizado hace unos años como zona de distracción para las familias del área. Una vez comenzó a crecer la población descontroladamente, los nuevos pobladores utilizaron el lago para descarga de desechos de varios tipos, sobre todo de aguas servidas. Esta acción convirtió un lago perfectamente utilizable por el ser humano, en un espacio de aguas altamente contaminadas y perjudiciales para este.**

En el año 2009, se tomaron muestras de agua a diferentes profundidades; se extrajo el ADN, con lo que se logró amplificar un gen ribosomal de la bacteria que es el 16S (los ribosomas son complejos moleculares de proteínas y ácidos ribonucleicos [ARN], que se encuentran en el citoplasma, en las mitocondrias, en el retículo endoplásmico y en los cloroplastos), un gen que es específico para identificar bacterias. Ese gen se clonó y luego se hizo una librería genómica de él. Se obtuvo una secuencia que identificó las bacterias que estaban presentes.

Básicamente, es la biología molecular lo que se utilizó como herramienta, acompañada del análisis fisicoquímico realizado por el doctor Belgis Chial, especialista en el área. Se detectaron los parámetros fisicoquímicos y se consiguió relacionar, por extracto de agua, la biodiversidad que se encontraba en el lago.

Uno de los objetivos era llamar la atención sobre el peligro que representa la contaminación de este lago en medio de la población, con la esperanza de que se realizara un proyecto de descontaminación, como el que se viene realizando en la bahía de Panamá; sin embargo, hasta el momento no se ha realizado ningún esfuerzo dirigido a resolver este problema.

Mientras se hace un trabajo de concienciación sobre el tema, es imperativo que los especialistas se instruyan de forma adecuada en cómo se analiza la secuencia descubierta, para avanzar y estar preparados para una posible toma de conciencia del problema de parte de las autoridades. Esa capacitación extra fue lograda en Colombia y Costa Rica, países más avanzados en este tema.

Otro de los logros alcanzados por el estudio, es la investigación sobre la metagenómica de comunidades bacterianas en el lago de Las Cumbres –en función de su estratificación biogeoquímica– fue la posibilidad de compartir lo descubierto

con la comunidad científica nacional y, principalmente, poder compartir el conocimiento con generaciones más jóvenes con el interés de preparar personas que, para el futuro, pudiesen dar seguimiento a la evolución del tema.

Los planes continúan. Existen expectativas de avanzar en los estudios para aislar bacterias, por ejemplo. Esa puede ser una hipótesis: bacterias que puedan degradar compuestos tóxicos. Ya, por ejemplo, se conoce de bacterias que degradan petróleo. El horizonte es amplio y tenemos el apoyo para realizar los estudios.

Investigadores como la doctora Magaly Sánchez de Chial mantienen el ánimo. Se abre una puerta para descubrir un micromundo virgen en nuestro país, buscando bacterias de suelo o descubriendo genes funcionales utilizados en las diferentes industrias.

Existen avances en otros proyectos, como el estudio e identificación de las aves que se chocan con los aviones, auspiciado por el Aeropuerto de Tocumen; la filiación del ADN de los peces comerciales en nuestro país, y el estudio de bacterias muy particulares extraídas de pacientes, para identificar su estructura molecular con miras a un posible diagnóstico. Un mundo pequeño con información gigante.





# Juan Jaén

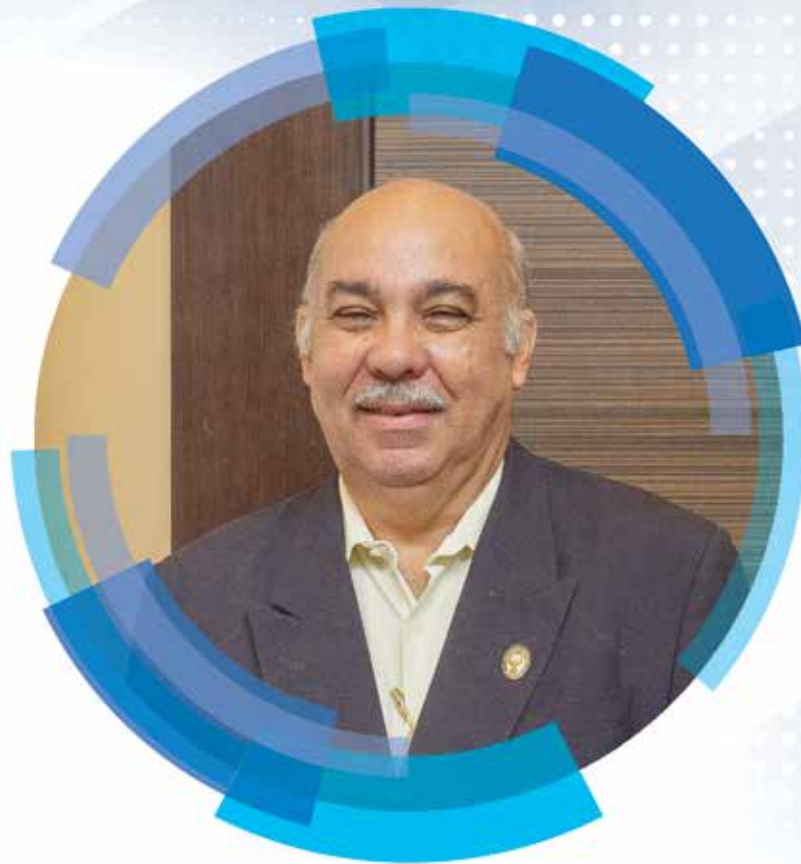
## Empresas panameñas se benefician de investigación sobre taninos

Una investigación sobre taninos y su interacción con el hierro, acero y productos de corrosión, para conocer mediante diversas técnicas –tanto físicas como químicas– las diferencias entre la reactividad y las distintas clases de estas sustancias extraídas de productos naturales y comerciales, ha conseguido hacer importantes aportes al conocimiento y al desarrollo de empresas panameñas.

El proyecto *Inhibidores e imprimaciones formuladas con taninos y sus productos de corrosión subpelicular*, dirigido por el docente Juan A. Jaén, del Departamento de Química Física de la Universidad de Panamá, generó conocimientos en el mundo de la ingeniería y de las aplicaciones de productos anticorrosivos.

**«Se logró realizar la transferencia del conocimiento, generado por el proyecto, al sector privado con un proyecto de innovación empresarial. La empresa se llama Pana Fruit, que desarrolló un producto anticorrosivo a través de la cáscara de la nuez del marañón. Esto acabó en una propuesta para una mejor utilización de este producto», indicó el profesor Jaén.**

Ecotec es otra empresa instalada en el Tecnoparque de la Ciudad del Saber, y prepara las superficies de barcos para protegerlos de la corrosión. Elaboraron un material de convertidores de herrumbre que tiene la característica de transformar la superficie corroída sin necesidad de una eliminación de los óxidos a metal blanco, pero que se puede utilizar, y en la interacción



se forma una capa protectora muy adherente. Incorporaron el conocimiento a su plataforma y ensayaron con otras sustancias.

Los taninos son compuestos polifenólicos que abundan en muchas plantas y frutos. Son hidrosolubles, de sabor áspero y amargo. Su composición química es variable, pero poseen una característica común, la de ser astringentes y coagular los alcaloides o albúminas y son potenciales antioxidantes biológicos. Los taninos tienen afinidades muy altas por los metales. En la industria se utilizan para la fabricación de tintas y el curtido de pieles, gracias a la capacidad de los taninos para transformar las proteínas en productos resistentes a la descomposición. En este proceso se emplean determinados taninos. Los más utilizados son los procedentes de la acacia, el castaño, la encina, el pino o la bastarda.

Durante la investigación, se estudió la formación de los productos de corrosión subpeliculares formados entre el sustrato metálico de aceros y una pintura alquídica anticorrosiva, con el propósito de comprender los mecanismos de su formación y si los taninos pueden inhibir las transformaciones de fases y proporcionar protección contra la corrosión por debajo de las capas de pintura. Según el catedrático y físico, el proyecto, que se ejecutó desde el año 2006 al 2009, permitió conocer que los taninos son una clase de compuestos interesantes, compuestos orgánicos que son biodegradables y no son tóxicos.

Entonces hubo algunas propuestas de utilizar, en este tipo de materiales, pinturas anticorrosivas, inhibidores y convertidores de herrumbre. «Hay algunas aplicaciones interesantes en el campo de las artes, porque, como inhibidores, sirven para proteger artefactos o materiales de interés en museos, entre otros. Nosotros conocíamos de las posibilidades y luego lo que tratamos de conocer era si se podían utilizar con productos panameños», indicó.



«El impacto fue muy científico. Se logró la publicación de los resultados en siete ediciones de revistas importantes; se presentaron en cuatro congresos internacionales realizados en Cuba, Hungría, Argentina y Perú. Obviamente, también a nivel nacional», afirma.

Esta investigación generó tres tesis de licenciatura y el inicio de un proyecto conjunto con una empresa panameña sobre innovación empresarial.

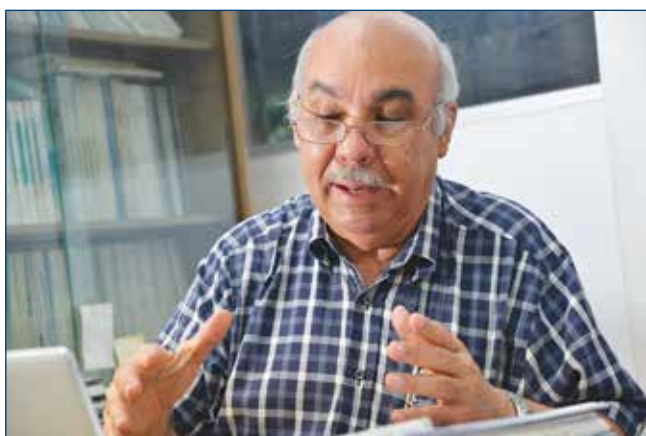




## Comportamiento de aceros patinables en ambientes tropicales panameños

Un estudio para conocer el comportamiento de los diferentes tipos de aceros con el paso del tiempo, en algunos ambientes tropicales marinos en Panamá, se desarrolla por un equipo conformado por estudiantes y personal de la Universidad de Panamá y la Universidad Tecnológica, dirigido por el profesor y químico Juan Jaén.

«Este proyecto se refiere a estos aceros que denominamos patinables, que de manera natural forman una capa que protege al propio acero; es decir, cuando se forma esa capa, el acero queda autoprotegido», señala el principal investigador del proyecto financiado por la Senacyt.



Los aceros patinables se caracterizan por su muy buena resistencia a la corrosión, gracias a incluir cobre y cromo en su aleación. Básicamente, consisten en una aleación que, expuesta a ciclos de humedad y sequedad, desarrolla una capa de óxido homogénea y de alta adherencia en la superficie del acero expuesto a las condiciones del clima. Es la formación de esta fina capa de oxidación superficial no progresiva y protectora (pátina), la que le otorga resistencia a la corrosión, superior a la de los aceros comunes. Esta capa superficial se desarrolla y regenera continuamente y funciona como barrera de protección contra el avance de la corrosión, sin demandar revestimientos o protecciones adicionales, dependiendo del ambiente al que esté expuesto.

Asegura Jaén que: «Lo importante es conocer cómo se deben utilizar estos materiales. Si no se tiene el conocimiento,

se está poniendo en riesgo la estructura y la vida de personas. Por otra parte, se destaca el hecho de que en el país se invierte en costos directos, en el tema de corrosión, alrededor del 5% del producto interno bruto (PIB). Resulta interesante indicar que estos aceros poseen la cualidad de ser protectores; es decir, que no requieren pinturas, nos gastamos millones en mantenimiento en el puente de las Américas. Quizás si el puente estuviera hecho de estos aceros, nos hubiésemos ahorrado mucho dinero».

Aún sin disponer de estudios sistemáticos sobre el desempeño de los aceros patinables en Panamá, se cuenta con un par de ejemplos de su uso. El tercer puente sobre el canal de Panamá y el puente Centenario fueron construidos con componentes estructurales internos a base de acero patinable.

El puente Centenario tiene unos cables tirantes, los que soportan la estructura y están fijos por una estructura por debajo; ese acero se compró y se utilizó con las características anti-corrosivas, desde la fábrica. Ese acero tiene agregado de varios elementos que le proporcionan características mecánicas para el propósito, altas resistencias mecánicas y otras propiedades.

La corrosión atmosférica de las muestras de aceros expuestos a la intemperie sigue un comportamiento parabólico. Las diferencias en la corrosividad de los aceros, y también la naturaleza de los productos de corrosión, se deben principalmente a las condiciones prevalentes al inicio de la exposición, al tipo de acero y las condiciones de exposición; particularmente







el tiempo de humectación, la deposición de cloruros y el efecto de lavado de los contaminantes en la superficie metálica por las lluvias.

El comportamiento ante la corrosión atmosférica de muestras de acero al carbono A-36 y aceros patinables convencionales A-588 y COR 420 expuestas al clima tropical húmedo en diferentes sitios en Panamá, se puede explicar por la influencia que ejercen los contaminantes atmosféricos y los parámetros meteorológicos.

A pesar de que este proyecto se inició en el año 2006 y se proyectó hasta el año 2011, Jaén asegura que aún siguen estudiando sobre el tema. Destaca que han dejado facilidades instaladas para el estudio en un periodo más prologando.

De acuerdo al científico, el desarrollo del proyecto les ha permitido establecer una correlación entre la naturaleza y la composición de estos aceros; con la forma o velocidad con que se corroían en los parámetros ambientales y de contaminación, además de consolidar sus capacidades científicas y técnicas.

En general, se concluye que en estructuras expuestas en ambientes industriales, urbanos y rurales, la capa protectora asegurará una muy buena protección contra la corrosión. En caso de estar expuesto a condiciones de contaminación ambiental que incluyan agentes agresivos, de estar en contacto directo con agua por largos periodos, de estar expuesto a humedad permanente o expuesta a condiciones de borde marino (menor a 600 m de la orilla de mar), se debe necesariamente considerar recubrimientos de protección adicionales o materiales alternativos. El contaminante más importante es la humedad, luego los cloruros y la salinidad; de hecho, esta última es catastrófica para este tipo de acero.



## Material catódico para las baterías de iones de litio

El doctor Juan A. Jaén desarrolla un proyecto de colaboración internacional sobre *Caracterización y propiedades electroquímicas de ortosilicatos de hierro y litio, material catódico para las baterías de iones de litio*. En el proyecto colaboran colegas de Panamá, Colombia y de varias universidades de España.

De acuerdo con Jaén, este proyecto de ciencia de los materiales no es habitual en Panamá. Señala que en el año 2010 se le propuso a la Senacyt este proyecto, sobre la base de un material que recién se había sintetizado en el año 2005.

Comentó que entrar en ese proyecto significó un reto extraordinario. El proyecto trata sobre unos compuestos que se denominan ortosilicatos de hierro y litio, que son unos materiales que están hechos con base de silicio; que se obtiene, por ejemplo, de la arena. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y el primero en la masa planetaria. Sobre el litio, indicó que hoy en día se reconoce que los recursos están empezando a escasear o se están agotando, pero sigue siendo un tema importante.

Señaló que el proyecto se basa en estos materiales y en la búsqueda de la utilización de ellos como materiales catódicos; como cátodo de una batería, pero no de las baterías de celulares y otros objetos similares. «Sí se puede usar en eso, pero esto tiene ciertas propiedades que lo hacen más atractivo para aplicaciones de mayor demanda; por ejemplo, para baterías en carros híbridos o carros eléctricos y ese tipo de cosas, y otras aplicaciones de ese estilo, no de baterías pequeñas», afirmó.

Combinando la novedad del material, su capacidad científica y la colaboración de sus amigos, propusieron algunas variantes en la preparación de estos materiales para usarlos como cátodos y que fueran a la vez amigables al ambiente por su propia constitución; además, que fueran de bajo costo –que lo son– y que tuvieran cualidades como, por ejemplo, lo que denominan alta capacidad de carga y descarga. «Es importante que puedan acumular mucha energía, que tengan estabilidad y tiempo de vida muy largo; y todavía estamos en eso», agregó.

La metodología que se emplea es la preparación en estado sólido y un tratamiento térmico. Mucha gente utiliza otros tipos de métodos de preparación, pero llegan al mismo tipo de material. «Lo que propusimos en el proyecto era una variante en la que le incorporábamos al material, dentro de la estructura en lugares específicos, elementos dopantes. Le incorporamos dos elementos: magnesio y níquel. ¿Y por qué esos dos? Porque en otro sistema habían mostrado buena conducta y pensábamos que era interesante ensayarlos acá. Todo eso lo tuvimos que hacer fuera de Panamá, porque no teníamos la preparación suficiente. Ya con el proyecto, se compraron dos equipos que nos permiten hacer estas preparaciones en Panamá», explica el investigador.





Se deben realizar diversos ensayos de caracterización, se observan todas las características físicas y químicas, y se identifican sus propiedades. «Tenemos que hacer otras actividades y ensayarlas electroquímicamente. No tenemos esa cantidad de recursos, pero sí hemos trabajado bastante con los conocimientos que teníamos, que acumulábamos, y de hecho con nuestro pecunio. Presentamos trabajos en eventos internacionales, y ya con recursos del proyecto hemos presentado un par de conferencias internacionales, en México y en Croacia, y se han realizado presentaciones en congresos nacionales, por ejemplo, el de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia (Apanac). En la universidad existen algunas tesis en la especialidad de Física», agregó.

Señaló que los resultados se han publicado en una revista nacional y en dos revistas internacionales, en el corto tiempo que han estado efectivamente desarrollando el proyecto.

«Aunque no contamos con el equipamiento suficiente, ya que algunos son muy costosos y se requiere de varios, debemos asociarnos con laboratorios que los posean, ya que nuestros patrocinadores nos sugieren trabajar para desarrollar una batería que pueda patentarse. Pero, por ahora, la curiosidad científica está encaminada a la potencial aplicación», nos comenta.

Las publicaciones referentes al tema han sido leídas por científicos e ingenieros del mundo que aprovechan este conocimiento, de la misma manera como se aprovechan los conocimientos que otros han logrado. El doctor Jaén explica que:

«Si uno aprende a hacer bien estas cosas, de pronto uno se propone tomar nuestra arena natural. Hay fuentes de las que uno puede tener hierro de suficiente calidad para hacer estas cosas. Lo que no tendríamos es litio. Con esta experiencia y conocimientos, muy pronto probablemente demos un paso hacia estudiar unas baterías que no van a ser de litio, sino de sodio, y allí hay mucho que hacer. Eso en el futuro. Y en eso hay mucho que hacer y pudiéramos lograr algo».

**Indicó que han estado implementando lo que habían aprendido en el extranjero con otros equipos, debido a que conocen cómo sintetizar los materiales: «Puede parecer fácil, pero no: usted cambia una pequeña cosa y todo cambia. Ahora sabemos cómo hacerlo», concluye.**

De la etapa previa, de lo que ya habían acumulado, se sabe que no pueden adicionar cualquier cantidad de los otros elementos de aleación para mejorar las características del material, sino una muy pequeña cantidad de estos dos elementos: magnesio y níquel; muy pequeña cantidad, poco menos del 4% en peso. Finalmente, el doctor Jaén indica: «Lo que vamos a hacer es que, sabiendo que ellos por separado mejoran, vamos a ver si los podemos usar juntos y en una sinergia lograr un mejor desempeño».





# Alexis Mojica

## Evaluación de zonas de alto rendimiento agrícola

La construcción de un sistema versátil de prospección geofísica, para llevar a cabo una rápida evaluación de las zonas de alto rendimiento agrícola, fue el reto del doctor Alexis Mojica, investigador titular de la Universidad Tecnológica de Panamá, junto a un equipo de profesionales y estudiantes.

El estudio, realizado en los años 2010 y 2011, tuvo entre sus objetivos demostrar que en Panamá se pueden diseñar y ensamblar sistemas de adquisición de datos que permitan dar solución a diversos problemas. El proyecto de utilización de las herramientas de prospección electromagnética y geoeléctrica, para la detección y delimitación de alto rendimiento agrícola e identificación y caracterización de los estratos, se puso a prueba en la región de Divisa, provincia de Herrera.

Los problemas que confronta el sector agropecuario en el país, como la escasez de producción en ciertos rubros y el decrecimiento de la cantidad de productos que salen al mercado, requieren un mejor estudio de los componentes fisicoquímicos del subsuelo. Con los métodos de prospección eléctrica, se pueden detectar los efectos superficiales que produce el flujo de una determinada intensidad de corriente eléctrica –natural o inducida– en el subsuelo. Esta idea, en conjunto con la experiencia científica que se tiene en otras latitudes, nos llevó al ensamblaje de un sistema móvil con la capacidad de medir, en tiempo real, el valor de la conductividad eléctrica aparente del subsuelo. Dicho sistema se compone de un resistímetro o fuente eléctrica regulada, un *datalogger* con el objetivo de automatizar el proceso de adquisición y almacenamiento de los datos, y un GPS para efectos de posicionamiento global; todo esto con el fin de detectar zonas de alto rendimiento agrícola de forma efectiva y rápida.



La metodología consistió en el desarrollo de un esquema para articular un cuadrúpolo cuadrado móvil, soportado por cuatro ruedas metálicas de tracción; con el par de ruedas delanteras conectadas a la fuente de corriente eléctrica AC y el segundo par de ruedas traseras conectadas a un *datalogger* para la adquisición automática del voltaje. Cuando se inyecta una determinada intensidad de corriente eléctrica en el subsuelo, se genera en sus alrededores una diferencia de potencial o voltaje que puede ser medida. Con este par de valores (corriente y voltaje) y un tercer parámetro relacionado a la separación de las cuatro ruedas de tracción, es posible medir, de forma indirecta, el valor de la conductividad eléctrica aparente del subsuelo.

El área de estudio designado se ubica en la planicie central del istmo de Panamá, provincia de Herrera. Esta zona forma parte de la cuenca del río Santa María, la cual posee una superficie de drenaje de 3,326 km<sup>2</sup>.

Inicialmente, y por sugerencia del Ministerio del Desarrollo Agropecuario (MIDA) y el Instituto Nacional de Agricultura (INA), se decidió poner a prueba el dispositivo en dos zonas específicas, la cuales son utilizadas para plantaciones de oteo y arroz por parte de los estudiantes.

En los estudios se incorporaron el Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (Liica) y el Laboratorio de Análisis Industrial y Ciencias Ambientales (Laibaica), debido a que de forma paralela se introdujo un componente

de geoquímica para el análisis de diversas muestras colectadas en las zonas de estudio.

La zona de cultivo de arroz presentaba el inconveniente de residuos de una cosecha anterior, por lo que las ruedas del dispositivo no pudieron hacer un eficiente contacto con el suelo y los datos obtenidos presentaban un considerable nivel de dispersión en toda el área. Por otro lado, la zona de cultivos de oteo sí presentaba las condiciones favorables para el desarrollo de la prospección geofísica, utilizando el sistema móvil.

Dicho sistema móvil de cuatro ruedas de tracción metálicas dio lugar a una rápida adquisición de datos ( $187.65 \text{ m}^2/\text{min}$ ), con una profundidad de investigación óptima que puede variar de acuerdo con la separación de ruedas ( $\sim 50 \text{ cm}$ ). La frecuencia de muestreo en la zona de cultivo de oteo se fijó a tres segundos para 21 perfiles, cubriendo una superficie de  $3,753 \text{ m}^2$ . Un GPS -tipo Topcon GRS-1- fue incorporado para la ubicación de los puntos de medición.



Con este estudio, se logró identificar una zona de alto rendimiento agrícola, la cual se localizó en el sector este del área bajo estudio, y cuyo resultado corroboró lo obtenido con los análisis geoquímicos sobre un total de 29 muestras extraídas del sitio. Con el sistema móvil de prospección geofísica fue posible obtener un total de 401 valores de conductividad eléctrica aparente del subsuelo, en un tiempo de aproximadamente 20 minutos.

**El mapeo de la información geofísica generada en el sitio, en conjunto con los datos geoquímicos obtenidos de forma paralela, reveló una zona de alta conductividad eléctrica ubicada en los sectores noroeste y sureste del sitio, lo cual concuerda con la zona de valores óptimos de pH y sólidos disueltos para el cultivo del oteo, adicionalmente al bajo porcentaje de salinidad que presenta el área de interés (0-0.1%). Los resultados obtenidos demostraron que los métodos geofísicos desempeñan un papel importante en la rápida evaluación de una zona de explotación agrícola.**

Se logró conformar equipos de trabajo con la participación de estudiantes en la toma de muestras del suelo y jornadas geofísicas. Con los resultados del proceso de interpolación de los datos de conductividad eléctrica aparente, se crearon mapas geofísicos y geoquímicos para detectar las áreas con bajo y alto rendimiento agrícola.

Se pudo establecer un precedente con la conformación de un núcleo de investigación dentro del Centro Experimental de Ingeniería y los laboratorios participantes. Con este logro, se espera continuar una línea de estudio debido a la experiencia adquirida en el proyecto.



# Ana Santana

## En la búsqueda de aceites y aromas de la flora en Panamá

Tras el aroma que cada planta posee, hay una diversidad de componentes que desconocemos, que podrían tener principios activos con acciones medicinales sobre el organismo humano y, en un futuro, pudieran considerarse con fines industriales. La diversidad de nuestra flora aromática es la fuente fundamental para la investigación de este pequeño universo.

La investigación sobre las plantas aromáticas de la flora en Panamá posibilita, en el futuro, el desarrollo de nuevos estudios y ha motivado a estudiantes de Química a seguir trabajando en la búsqueda de nuevos descubrimientos. Los aportes científicos y académicos establecieron un precedente para continuar con estudios posteriores. También permitieron la creación del Laboratorio de Química Medicinal en la Universidad de Panamá, donde se pueden efectuar directamente estas extracciones de aceites esenciales para futuros hallazgos.



No existía en el país un estudio formal, químico y farmacológico, que permitiera analizar las plantas con mayor contenido de aceites esenciales, sus características y propiedades; que sirviera de base para obtener un mayor conocimiento y aprovechamiento de la flora local, especialmente si se considera el potencial que esta tiene para usos medicinales, terapéuticos e industriales.

El *Estudio de la composición química y farmacológica de la flora aromática de Panamá*, encabezado por la investigadora y docente de química, Ana Isabel Santana, tuvo como objetivo estudiar la flora panameña para utilizarla como fuente de aceites esenciales para uso medicinal, así como su promoción para interés industrial, además de abastecer de mayor información bibliográfica a la Escuela de Química y al Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (Ciflorpan), en la Universidad de Panamá.

La flora aromática es un conjunto de plantas medicinales cuyos principales activos están constituidos, total o parcialmente, de esencias. De acuerdo con Santana, para la realización de esta investigación se analizaron inicialmente 15 plantas aromáticas de diferentes familias. Se procedió a enviar las muestras al extranjero para realizar diversos estudios y evaluaciones, y es así como tanto los ensayos antifúngicos como los antimicrobianos se realizaron en el Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad



Nacional de Rosario, en Argentina. La actividad anti *Helicobacter pylori* se ensayó en la Universidad de San Francisco, en Brasil. Mientras, en Panamá se analizó la actividad antibacteriana en Ciflorpan. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos por cromatografía, que es el método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por absorción selectiva, que produce manchas diferentemente coloreadas en el medio absorbente, y las caracterizaciones de esencias realizadas en Barcelona, España, para identificar el porcentaje de los componentes y rendimiento del aceite esencial por cada planta.



Para la especialista, los objetivos establecidos en el proyecto se lograron a cabalidad. A nivel científico, se estableció un precedente al levantar una línea de investigación firme, para continuar con los estudios y contribución en el campo académico. Se logró incorporar a las investigaciones a varios estudiantes de Química, lo que ha despertado en ellos un mayor interés por realizar formulaciones y extracciones de aceites esenciales.

A partir de los estudios iniciales de las diversas familias de plantas, se profundizó en la investigación de las mirtáceas, de las cuales se han analizado 10 familias. En la actualidad, se siguen realizando ensayos químicos y farmacológicos de las especies aromáticas recolectadas.

En el transcurso de los ensayos realizados en el extranjero, la doctora Santana viajó al laboratorio de la Universidad de Barcelona, España, donde se efectuaban las caracterizaciones. Pudo aprender y practicar este procedimiento, y ampliar los conocimientos sobre la realización de la cromatografía, para transmitir este conocimiento tanto a colegas como a estudiantes.

Además, agregó que parte de la línea de investigación que quiere continuar es un proyecto para el monitoreo de las plantas a través del tiempo, que permita conocer la composición verdadera del porcentaje máximo de esencias que se podría obtener de cada planta. De igual forma, contar con plantas cultivadas para obtener su aceite, sin necesidad de salir a buscarlas en su hábitat natural.

**Del estudio se obtuvieron 31 aceites esenciales, pertenecientes a 22 especies, 12 géneros y ocho familias. De estas, se han identificado los componentes de 19 aceites esenciales, tomando en cuenta las que contenían mayor porcentaje de aceite.**

Se encontró una especie con alto contenido de componente principal, como el alfabisabolol, siendo el mayoritario (42.8%) entre los 40 componentes identificados en las hojas de *Plinia cerrocampanensis*. En el caso de las hojas de *Myrcia platyclada*, se identificó un solo componente, el estragol (91.5%). Esta es una de las plantas con mayor contenido de aceite esencial (0.80%).



Tradicionalmente, las investigaciones se han orientado al uso farmacéutico de las plantas o la fabricación de productos de belleza; pero analizar el aroma que cada planta posee es un elemento innovador y representa un nuevo camino que permitirá nuevos descubrimientos.

**Ciencias  
sociales**







## Etilvia Arjona (+)

### La globalización del sistema universitario de Panamá: naturaleza, causas, consecuencias y futuras implicaciones

En los últimos años, para nadie es un secreto ni sorpresa, el incremento de universidades que ofrecen estudios superiores en Panamá. Pero se ha preguntado: ¿Cuántas realmente existen?, ¿tienen reglamentaciones? Es difícil encontrar las respuestas; por ello, no es casualidad que se convirtiera en un proyecto de estudio para una investigadora social panameña.

Se trata de la doctora Etilvia Arjona Chan, directora del Centro para el Estudio de la Educación Superior en la Universidad Santa María la Antigua (USMA), quien cuenta con un doctorado en Diseño y Evaluación de Programas Educativos y en Psicometría, de la Universidad de Stanford, en Estados Unidos.

La docente panameña desarrolló, por espacio de tres años, la investigación denominada *La globalización del sistema universitario de Panamá*, con la finalidad de conocer la cantidad exacta de universidades privadas que operan en el país. En el año 2004, según el Registro Público, existían 101 universidades. En el año 2017, había aproximadamente 130, destacó la doctora Arjona.

Una de las primeras revelaciones es que no hay registros confiables y certificados sobre las estadísticas universitarias. La investigadora Arjona indica que la información ofrecida por la Contraloría General de la República ha mejorado significativamente en los últimos 10 años; sin embargo, aún falta información: «No existe una estadística real de la cantidad de universidades privadas que ofrecen sus servicios, cuántas estaban



reglamentadas por el Ministerio de Educación, cuáles permitían la movilidad estudiantil y de docentes». Todo eso era consecuencia de la globalización; lo cual generó –según sostiene la doctora Arjona– la creación del Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria de Panamá (Coneaup), para aplicar marcos teóricos internacionales.

**Agregó que muchas universidades no tienen representación física en Panamá, pues funcionan a través del internet. Lo que se presta para un «fraude académico», una nueva industria de la educación universitaria globalizada. Esta investigación fue presentada ante la reunión de rectores de universidades en Guatemala y al Consejo Centroamericano de Acreditación.**

La investigación ha tenido un impacto internacional, pues la base de datos recopilada sirvió para sustentar estudios, a nivel de doctorado en Estados Unidos, de dos investigadores sobre la globalización de las universidades desde el punto de vista económico y de desarrollo, acotó la doctora Arjona.

«Se hace imprescindible que la comunidad universitaria, estudiantes, administrativos y docentes le otorguen la importancia debida a mantener un sistema universitario más

articulado, en que podamos tener acceso a la información real de la cantidad de centros de estudios superiores acreditados en Panamá», resaltó la docente.

A juicio de la investigadora: «Deberíamos tener bien definido el sistema universitario por categorías de universidades. Usted puede tener siempre la categoría pública, pero la categoría pública puede estar subdividida. Le doy un ejemplo: nosotros estamos aquí en Panamá sistemática y repetidamente discutiendo si necesitamos tener universidades politécnicas para estudios técnicos. Yo tengo veinte de años de estar en Panamá y tenemos veinte años de estar discutiendo si vamos a tener una universidad técnica o como el Artes y Oficios, pero técnica».

Otro aspecto relevante es llegar a consenso respecto a precisar si necesitamos una universidad pedagógica. Por ejemplo, si se tiene un sistema universitario bien delimitado, bien definido, es posible lograr una diferencia entre las universidades que van a obtener subsidios para investigación y las que van a recibir subsidios para la docencia. Nosotros no tenemos bien definida la jerarquía: por ejemplo, docente, todo mundo es docente.



Además, se requieren más especialistas o teóricos en la educación; hay avances muy significativos en el apoyo que se le otorga en becas para maestrías y licenciaturas. Por ello tenemos mano de obra bien preparada, pero se necesitan más becas en el área de Educación, según concluyó la especialista en docencia.



# Xerardo Pereiro

## Turismo guna: la biodiversidad biológica y la diversidad cultural

En la comarca Guna Yala se practica, desde hace décadas, un modelo de autogestión de turismo indígena comunitario que promueve la conservación de la biodiversidad ecológica y la diversidad cultural, pues ya no se lucha por la tierra como medio de producción, sino por el mismo territorio y el paisaje en cuanto a recurso social, turístico y la identidad cultural de un pueblo. Se considera el territorio como la relación íntima entre la naturaleza y la cultura.

Esto es parte de la investigación que se destaca en la obra *Los turistas kunas (gunas): antropología del turismo étnico en Panamá*, llevada a cabo por investigadores de universidades panameñas, portuguesas y españolas; que se inició formalmente en el año 2003, con visitas exploratorias de trabajo de campo, para conocer *in situ* algunos de los problemas del nuevo desafío que presentaba el turismo para los gunas panameños: un tema que no se había abordado a profundidad.

La idea del proyecto se inició cuando el antropólogo gallego Xerardo Pereiro, quien era profesor de Antropología en la Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), de Portugal, conoce a Cebalzo De León, un guna panameño, también antropólogo y colaborador de la misma universidad. Juntos deciden llevar adelante esta investigación sobre el turismo en la comarca Guna Yala.

Más tarde se unen al trabajo académico e investigativo, la antropóloga catalana Mònica Martínez Mauri, quien realizó su tesis doctoral sobre este pueblo, y Jorge Ventocilla del Instituto Smithsonian, en calidad de asociado del Centro de Estudios Latinoamericanos (CELA), quien trabajaba en Guna Yala desde principios de la década del noventa.



«Los gunas estaban desarrollando un turismo además muy creativo, un turismo autocontrolado; uno que, a esas alturas, comenzaba a ser un modelo representativo de grupos indígenas para América Latina y el mundo», señala el antropólogo y coordinador del proyecto. Asegura que la investigación: «Ha sido con la gente y no sobre la gente; y siempre con sensibilidad y el respeto por las comunidades». Desde la óptica de los autores, el turismo es un campo de luchas y resistencias, en el cual se produce un reciente cambio.

Los gunas son un grupo indígena de aproximadamente 65,000 personas, que habitan en la costa atlántica del país (en el archipiélago de Guna Yala, formado por cerca de 400 islas y 2,500 kilómetros cuadrados de bosque tropical) y en los centros urbanos. Actualmente, se están convirtiendo en gestores de turismo, adaptando sus espacios y tiempos a la llegada de visitantes extranjeros o «mergis», pero intentando controlar en todo momento el desarrollo del turismo y sus recursos naturales, culturales y políticos.



**De acuerdo a los investigadores, se observa un turismo ordenado, sostenible y saludable, basado en el amor y respeto a la «madre tierra» (*napgwana*) y en su identidad cultural: «Queremos que las nuevas generaciones comprendan nuestro mundo místico guna y la importancia de que toda la actividad turística en la comarca Guna Yala se reserve exclusivamente para el pueblo guna».**

La metodología empleada en esta investigación fue el trabajo de campo antropológico, con base en la observación participante, relatos, entrevistas, grupos de debate y el trabajo de análisis documental y de contenido de las imágenes y discursos sobre el turismo guna. Se ha dado una especial relevancia al análisis de la producción de cultura audiovisual y documental turística, especialmente la de las guías internacionales, con el objeto de indagar sobre la representación turística de los pobladores de esta comarca.

El proyecto produjo muchos resultados científicos de calidad, como tesis doctorales, informes y artículos científicos en las mejores revistas internacionales turísticas, pero también compartió resultados de transferencia de conocimiento para la Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades. Una colaboración fue la formación de una alumna guna al nivel de maestría.

Al mismo tiempo, es un proyecto que ha sido reconocido en sus procesos y resultados por dos grandes premios internacionales; uno por Latitud, en el año 2007, que les concedió un premio de investigación científica al turismo y a la mejor investigación sobre estudios turístico en Iberoamérica; en el año

2011, con los resultados del proyecto de la Senacyt, recibieron otro de los grandes premios de la investigación turística en el mundo: Sol Meliá, Gabriel Escarrer, que está liderado por la Universidad de las Islas Baleares, en España.

Actualmente, la carga demográfica sobre las islas de Guna Yala está provocando un éxodo hacia los centros urbanos del país –principalmente la ciudad de Panamá, donde ya se habla de 30,000 gunas– y también un proceso de migración a las tierras costeras de la comarca. El afán de que los hijos continúen estudios (terminar la secundaria, estudiar en la universidad) y la necesidad de trabajar y ganar dinero, también son factores importantes en este éxodo. Frente a esa situación, el turismo se ha presentado como una actividad que puede resolver algunos problemas de desarrollo.

Sin embargo, el turismo representa una historia de confrontaciones, desencuentros y conflictos entre los gunas y los no gunas, y también entre los propios gunas. El turismo implica riesgos para la cultura de las comunidades locales, pero también riesgos de impactos físicos y medioambientales. Desde el punto de vista económico, el turismo representa un riesgo de dependencia económica, pero al mismo tiempo una oportunidad y una estrategia de reproducción para esas comunidades.

En Guna Yala hay cerca de unos 50 pequeños proyectos hoteleros gunas, todos liderados y gestionados por gunas o extranjeros asimilados a través de matrimonios mixtos. Según el estatuto del turismo guna, ningún no guna puede abrir proyectos turísticos en Guna Yala. Además de estos pequeños proyectos hoteleros, en Guna Yala hay un turismo de cruceros, un turismo de veleros importante y un turismo familiar en las propias cabañas de los gunas.



Ingenierías,  
logística,  
transporte,  
tecnologías de  
información y  
comunicación







# Humberto Álvarez

## Plataforma logística para el sector agrícola panameño

Históricamente, el sector agrícola panameño ha encontrado grandes retos; entre ellos, la carencia de una plataforma logística que agilice la distribución eficiente de los productos del agro nacional y la falta de estudios científicos sobre el manejo y desplazamiento de los alimentos desde su cosecha a los puntos de venta en todo el país.

Información de la Contraloría General de la República revela que la agricultura y otras actividades afines, constituyen el 3% del producto interno bruto del país, en contraposición con el 20% de la mano de obra de las zonas rurales que trabaja en actividades del sector primario y dependen de este rubro como su principal fuente de empleo.

El análisis de esta problemática sistémica justifica el proyecto: *Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola*, cuyo principal objetivo es establecer un modelo formal matemático que represente tanto el comportamiento de la cadena de suministro agrícola, como una herramienta de análisis y toma de decisiones que apoye el desarrollo de políticas de transporte, a través de la optimización en el uso de diferentes medios terrestres.

El profesor de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Humberto Álvarez, quien también dirigió el Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (Cinemi), presentó el proyecto que se desarrolló entre los años 2011 y 2012. Se originó como producto del trabajo de tesis de un grupo de jóvenes estudiantes de maestría en Logística de la Universidad Marítima Internacional (UMIP) y de un estudiante de Ingeniería Industrial de la UTP.

Para realizarlo, se establecieron tres etapas. La primera consistió en levantar la data, lo cual se constituyó en un desafío,



debido a la inexistencia de información confiable. Los datos oficiales de la Contraloría diferían de los datos del Instituto de Mercadeo Agropecuario y del Mercado de Abastos; por otro lado, los productores, actores principales de la investigación, fueron cuidadosos al proporcionar la información solicitada.

En paralelo a la recolección de información, se trabajó el modelado matemático, que constituyó otra meta por cumplir. El profesor Álvarez explicó: «Ese fue otro reto interesante, porque aquí en Panamá la gente no ve ese enfoque para resolver este tipo de problemas». Además, esta investigación coincidió con el proyecto de la Cadena de Frío, lo cual trajo como consecuencia confusiones entre los productores directamente vinculados al tema. Al mismo tiempo, fue la oportunidad de hacer docencia sobre el modelaje, la distribución y los supuestos para la plataforma logística.

La tercera parte consistió en el desarrollo del modelo, las pruebas computacionales y la presentación del estudio para centros de distribución ante diferentes congresos.

Por recomendaciones del personal del Mercado de Abastos, y en función de la complejidad del transporte, se escogió como producto piloto la lechuga, debido a que este alimento tiene muy corta vida, lo que permitiría observar todas las características de los desechos y las pérdidas, entre otros aspectos, para la elaboración del modelo matemático y el análisis de las características de la distribución de alimentos, en aras de optimizar la cadena agrícola nacional.

Alrededor de diez productores de Cerro Punta –área del país que produce el 90% de las lechugas– participaron del estudio; para lo cual, el equipo viajó a la provincia de Chiriquí en la primera etapa de la investigación.

**De esta manera, se elaboró esta propuesta funcional, específicamente la cadena de distribución de la legumbre, para lo cual se desarrolló un modelo matemático que permitió proponer estrategias con respecto al volumen de lechuga por trasladar a los diferentes mercados y el tipo de vehículo recomendado para su transporte.**

Igualmente, se desarrolló un análisis de costos con la finalidad de conocer las implicaciones de los diferentes elementos de la cadena de suministros y determinar si los precios calculados en la investigación podían proporcionar un desglose de los diferentes presupuestos que se manejan en la venta de productos al consumidor.



En principio, el resultado fue que el costo de distribución era cónsono con los establecidos. Pero cuando se disgregaron los precios, se detectó que cerca del 40% de estos costos eran básicamente para intermediarios, un 30% correspondían a la producción y el otro 30% a transporte y movilización; lo cual arrojó un indicativo importante para la elaboración de la plataforma logística propuesta, que consideró perentoria la necesidad de bajar los costos de los intermediarios.

*Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola se ha*

presentado en el Congreso del Instituto de Ingenieros Industriales en Puerto Rico y también en el Congreso del Consorcio Latinoamericano de Instituciones de Ingeniería en República Dominicana.

Para el futuro, se recomienda que la continuación de este proyecto se fundamente en el estudio de la red de distribución interna de los productos agrícolas, para presentar escenarios que permitan decidir sobre el manejo de la cosecha y la ubicación óptima de una o varias plataformas logísticas (*hubs*) que permitan la distribución, a menor costo, de los diferentes productos en el mercado panameño.

En este sentido, el profesor Álvarez también recomienda que se realicen otros estudios con los productos de la «ensalada completa», incluyendo el análisis de otros seis o siete productos, para la presentación de nuevas propuestas en función del traslado eficiente de alimentos. El estudio de la «ensalada completa» presenta un problema de análisis más complejo, debido a que el objetivo cambia de reducir el costo de los productos que se distribuyen a aumentar su valor, lo que matemáticamente es más complicado; en ese caso, se tendría que desarrollar un problema de simulación y otros aspectos que constituyen mayor dificultad.

Este proyecto permitió un trabajo más cercano con los productores de Tierras Altas y, gracias a este esfuerzo, se han elaborado cuatro tesis de pregrado y maestría que han sido de utilidad al sector agrícola.

Una de las tesis captó la percepción de los productores hacia la Cadena de Frío, y esa información se proporcionó a las autoridades encargadas del proyecto, para que se estableciera una dinámica en función de modificar la percepción que hasta ese momento se mantenía del referido programa. Otro valioso aporte de una de las tesis más destacadas, fue recomendar la reubicación de la instalación del nuevo Mercadeo de Abastos, por temas de acceso y también como medida sanitaria, considerando su cercanía con la Ciudad Hospitalaria.

Por su parte, el investigador Humberto Álvarez ha colaborado con otros proyectos internacionales, motivado por investigar y aportar conocimientos que optimicen la cadena de suministros de productos agrícolas.

El diseño de esta plataforma logística, primera en desarrollarse en el país, constituye una respuesta para los problemas que aquejan al sector agrícola y servirá para dar luces en el fortalecimiento de los eslabones más débiles que obstaculizan el correcto desarrollo de este sector.

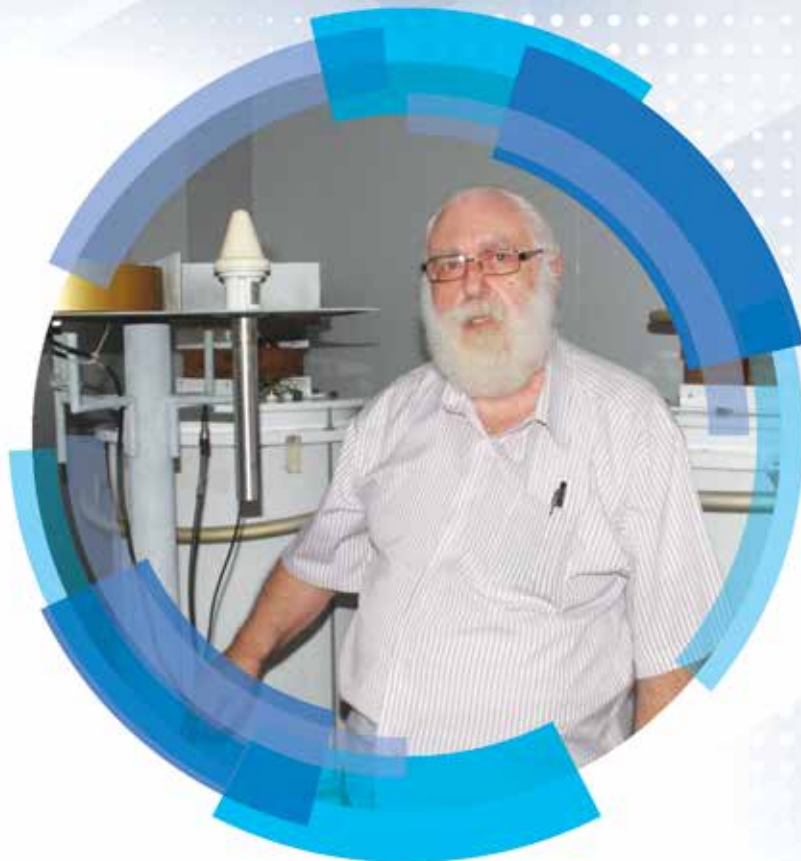
# Anselmo Araolasa

## Patrón nacional de potencia eléctrica de alta exactitud

La metrología es la ciencia de las mediciones, lo que implica la existencia de un patrón y un método de comparación. Por espacio de un año, el profesor Anselmo Araolaza Rodríguez, asesor científico del Centro Nacional de Metrología de Panamá (Cenamep), y especialista en metrología, inició un proyecto denominado: no objetivo desarrollar, en el país, un patrón de potencia eléctrica superior al patrón nacional existente, que es de origen suizo-alemán, motivados por una necesidad de medir mejor la electricidad en Panamá, nos explicó el profesor Araolaza.



Recalcó el catedrático que: «Existe una conciencia por mejorar la equidad en las mediciones y transacciones eléctricas, pues los instrumentos domiciliarios de uso corriente, denominados medidores, tienen una tolerancia, un error máximo del 2%. Eso implica, a nivel nacional, una inequidad máxima; no quiero decir que sea la real, sino máxima, de 36 millones de balboas al año».



Agregó que: «Es inequidad y no pérdida, porque alguien pierde y otro gana con este tipo de medición. Los mismos prestadores del servicio eléctrico, conscientes de esa situación, están incorporando medidores electrónicos. Esos medidores electrónicos tienen un error máximo tolerable de 0.5%. ¿Qué significan estos datos? Que hay una mejora considerable en la tolerancia de la medición; eso representa nada más que 9 millones de balboas al año».

El estudio, elaborado con la colaboración del Instituto Nacional de Metrología de Argentina (INTI), arrojó resultados satisfactorios. Permitió no solo mejorar un factor importante, pues la meta era lograr que el error del instrumento sea de un tercio del patrón nacional existente: si son 100 partes por millón, apuntamos a 33 partes por millón. Se obtuvo por partes hasta llegar a 20 partes por millón, acotó el investigador.

**Lo que hemos logrado es mejorar la equidad en las mediciones eléctricas, explicó Araolaza. Es un impacto importante, ya que los valores, que rebasaban los 36 millones en el sistema viejo, bajaron a 9 millones con el sistema electrónico.**

Resaltó que la difusión a lo largo de todo el parque eléctrico panameño también producirá una mejora en la equidad, de manera que la gente pierda o gane lo menos posible.



También, la mejora en la medición trajo como frutos que los institutos de metrología de Chile, Costa Rica y Perú nos hayan solicitado un entrenamiento para ellos replicar estos patrones en sus países, lo cual es un logro del proyecto. Ello convierte a Panamá en referente para este tipo de investigaciones, expresa con mucho entusiasmo Araolaza.

Este importante estudio, que se convierte en un aporte científico, conllevó construir transformadores en una fábrica argentina acreditada por Alemania. El equipo desarrolló el *software*, que se logró poner a punto basados en la ecuación de Swerling, con la calibración de los instrumentos que intervienen en la cadena de medición.

El próximo paso ineludible es el reconocimiento de los resultados por parte de la comunidad internacional, lo cual está establecido por el Bureau International des Poids et Mesures, de Francia, que es el máximo organismo de metrología del mundo, encargado de asignarle la capacidad de medición y calibración al Cenamep.



El docente destacó que este proceso tomará varios años. Lo que queda es promover el reconocimiento para expandir el apoyo a los otros centros de metrología que nos han solicitado asesoría. Resalta que se logró la meta de comprobar que el muestreo digital es el que provee la mejor exactitud.



# Nelson Barranco

## Método para producir agua potable: proyecto contra la pobreza

Utilizando el conocimiento de la electroquímica para generar cloro a través de un método sencillo, se elabora un desinfectante que, dosificado en pequeñas cantidades, permite la producción de agua para el consumo humano en la comunidad de Ipetí Emberá, en el distrito de Chepo, corregimiento de Tortí, en el área este de la provincia de Panamá. En un área que tiene dificultades con el consumo del agua potable para su población, el doctor Nelson Barranco elaboró un proyecto que usa la electrólisis de salmuera para lograr estos resultados.

El proyecto utiliza los conocimientos de la electroquímica, que estudia la transformación entre la energía eléctrica y la energía química; es decir, se da en la interface de un conductor eléctrico y un conductor iónico, que puede ser una solución, y en algunos casos especiales, un sólido. Mediante la electrólisis estudiada por los físicos y químicos William Nicholson y Faraday, se funde o se disuelve el electrolito en un determinado disolvente, con el fin de que dicha sustancia se separe en iones (ionización).



A la solución de la sal en agua, o sea una salmuera, se le conecta un electrodo con un conductor eléctrico proveniente de celdas solares y así se disocia el cloruro de sodio en cloro y sodio, los cuales permanecen en solución y se genera lo que se llama hipoclorito de sodio, que no es más que el desinfectante común que se adquiere en el supermercado (cloro o *clorox*).

**De acuerdo con el doctor Barranco, investigador y subjeft de Labaica en la Universidad Tecnológica de Panamá, este es un proyecto de ciencia contra la pobreza, en el cual la comunidad se empodera del conocimiento y decide si lo lleva a cabo o no. La comunidad demoró un tiempo en entender y comprender que les beneficiaba. Ellos lo van midiendo con el tiempo, porque se dan cuenta de que, si cloran el agua, no se enferman. Al final, la comunidad se adueña del proyecto.**

Cuando los investigadores llegaron a esa comunidad, había problemas con el acueducto rural que tenían en existencia y los habitantes tomaban agua del río, la cual venía contaminada y repleta de bacterias que traían enfermedades. En el momento, se descartó la idea de hacer un acueducto tomando agua del río, en vista de lo costoso que esto podría resultar. Hubieran



tenido que instalar una bomba, realizar filtraciones y un proceso para la potabilización del agua. Sin embargo, en el área se contaba con una fuente natural de manantiales, arriba en la montaña, donde ya existía una infraestructura y tanques de depósito de agua con la línea de alimentación, entre otros. Se trabajó, posteriormente, en rehabilitarla para su utilización. En la casa comunal, se realizó la instalación para la electrólisis que se requería, con los paneles solares y el electrodo, que es el corazón de esta reacción, para generar el hipoclorito de sodio.



La cloración es el tratamiento con cloro de las aguas para hacerlas potables o para mejorar sus condiciones higiénicas. El proceso es bastante sencillo. A través de un tanque con gotero, se dosifica el cloro que cae a un tanque de almacenamiento, y esa dosificación se controla con un regulador de piscina que ellos aprendieron a manejar con eficiencia. Se les enseñó que si el agua estaba muy amarilla, es porque tiene mucho cloro y hay que bajarle la dosificación. Con una coloración amarilla clara, sabrán que el agua está limpia, desinfectada y sin bacterias.

Para el científico Barranco, el proceso no debía ser complicado. Tanto el sistema de la electrólisis para generar el cloro, como el control con la dosificación exacta, son algo que debía ser sencillo para que cualquiera, de modo que ya fueren niños o las señoras de la comunidad, aprendieran y pudieran hacerlo cuando hubiera la necesidad.

La comunidad se convenció, por sí misma, de que el proyecto los beneficiaría, les ofrecería mayores condiciones higiénicas y, en consecuencia, salud y mejor calidad de vida.





# Aránzazu Berbey-Álvarez

## Inteligencia artificial en el metro de Panamá

Cuando Panamá tomó la decisión de contar con un sistema de transporte ferroviario metropolitano, una de las inquietudes que surgió fue identificar quiénes serían los profesionales responsables de su operación y manejo, especialmente ingenieros, pero también técnicos y operarios diversos. El personal requerido debía tener una formación técnica de alto nivel, lo cual planteaba la necesidad de ofrecer nuevas carreras universitarias o actualizar las ya existentes, para formar académicamente a ese personal de cara a los retos que se iban a plantear de forma inminente. Y es que, a pesar de las actividades históricas relacionadas con el ferrocarril transístmico que tuvo el Istmo, cuyo inicio de operaciones fue en el año 1855, la nación panameña mantenía un vacío en cuanto a estudios y carreras universitarias que formarían profesionales con todos los conocimientos, destrezas y habilidades que se requerían.

Además, ya había quedado claro que la construcción de la línea 1 del metro de Panamá, la extensión de la línea 1 del metro de Panamá hasta San Isidro (Fase 2), la construcción de la línea 2 hacia Tocumen, y más adelante la línea 3 hacia Albrook-Chorrera (tecnología monorriel), se había convertido en un proyecto de Estado al cual se iban a dedicar grandes presupuestos: era imprescindible su construcción y puesta en marcha para liberar de los enormes tranques de entrada y salida de la ciudad a decenas de miles de panameños que cada día pierden horas de su tiempo en las largas filas de carros, ofreciéndoles un medio de transporte más rápido, accesible y mucho menos contaminante.



Por tanto, y teniendo claro que el futuro no iba a hacer más que aumentar esa necesidad de capacitación para los profesionales que gestionarían el día a día de las operaciones en las diversas líneas ferroviarias, se planteó el siguiente proyecto dirigido por la investigadora panameña, doctora Aránzazu Berbey-Álvarez, a través de la Senacyt, y en colaboración entre la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) y la Universidad Politécnica de Madrid, España: *Metodología e índices de desempeño para sistemas de transporte ferroviario*.

Amparado en esa línea contextual de determinar las necesidades de conocimiento y diseñar cómo cubrirlas, el proyecto pretende responder a los retos que provocarán estas grandes obras nacionales y sus operaciones, siendo a la vez su meta lograr que la oferta académica en los diferentes niveles pueda incorporar técnicas y métodos actualizados para poder formar personas capaces de operar, controlar y sostener obras de alto calado, como la red del metro de Panamá. Por tal motivo, a partir del año 2009 y hasta la fecha, se han realizado una serie de seminarios, capacitaciones y cursos orientados a la ingeniería y transporte ferroviario.

El objetivo principal es que en poco tiempo surjan empresas panameñas operadas por un personal técnicamente capacitado, egresado de nuestras universidades públicas. Y con esa misma visión y entusiasmo para que Panamá forme sus propios ingenieros ferroviarios competentes, capaces de ofrecer

sostenibilidad a las obras y ahorros significativos al país, los docentes-investigadores de dichas casas de estudios superiores, motivados por los nuevos planes académicos, han publicado artículos científicos en congresos nacionales e internacionales y en revistas científicas indexadas, en pro de la investigación.

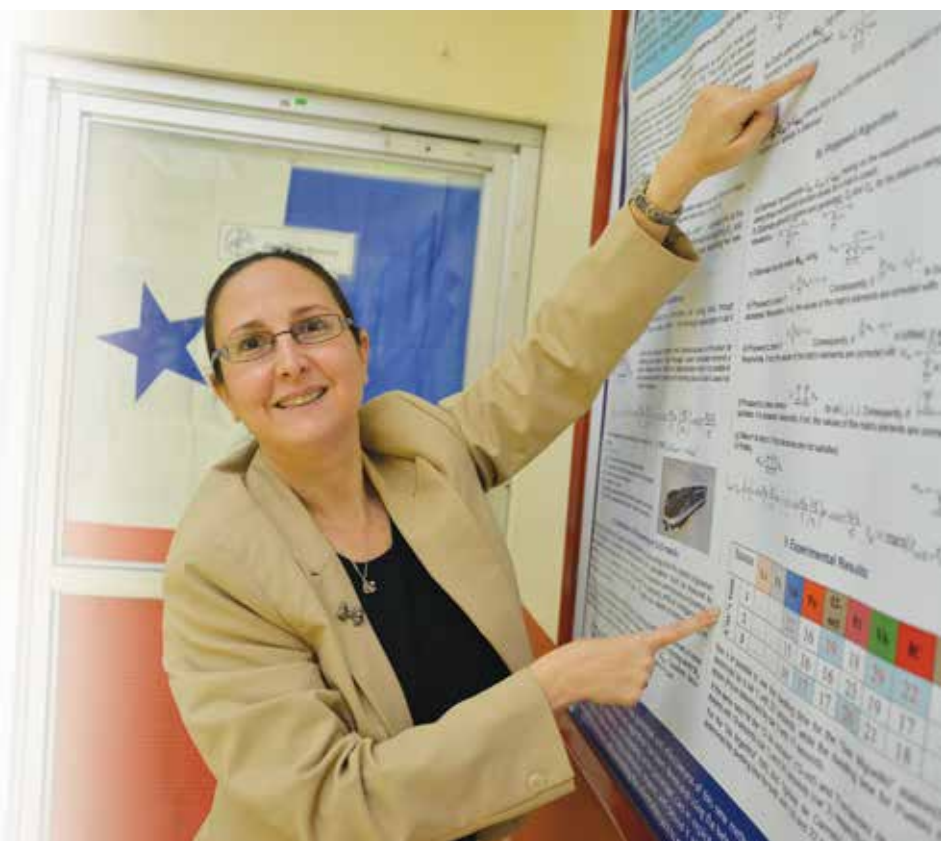
De esta forma, el proyecto ha alcanzado un gran impacto social, ya que como se subraya en su planteamiento, se enmarca en el área de planificación y gestión de sistemas de transporte alternativo. Hoy día, este modelo sirve de guía para realizar un análisis científico del transporte ferroviario, que facilita determinar las fortalezas reales y las debilidades, mediante diversas técnicas de control automático (modelos de variables de estado) y planeación. Este método, además, ofrece la posibilidad de analizar cuáles son las estaciones conflictivas o aglomeradas, las curvas de probabilidades de abordaje, el tiempo de viaje y de paradas, las velocidades y el descenso en cada estación.

Uno de los principales logros obtenidos fueron los resultados de las simulaciones mecánicas y eléctricas realizadas de la línea 1 del metro de Panamá. Esto permitió obtener datos significativos sobre aspectos técnicos tan importantes como el consumo eléctrico exacto del sistema del tren; o en otro orden de ideas, estudiar los movimientos y concentraciones de las personas a la hora de usar el metro.

Todos esos resultados permitieron elaborar modelos de gestión en diversos escenarios operativos, de forma que se pueda prever y diseñar cómo gestionar las incidencias que ocurran. Para ello, fue vital confeccionar un algoritmo –soluciones matemáticas e informáticas– apoyado con la inteligencia artificial, para analizar aspectos como las estimaciones de los tiempos de paradas y el flujo de pasajeros. En este apartado se observó, por ejemplo, que por lo general las personas se concentran en las zonas más cercanas a las escaleras mecánicas, entre otros detalles de los usuarios.

Junto a los datos obtenidos en el proyecto, se recopiló información específica extraída de la Autoridad Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT), de la Secretaría del Metro de Panamá y demás entidades de cooperación, de forma que en el año 2014 empezaron a publicarse los primeros textos científicos sobre el primer metro en Centroamérica. El proyecto de investigación y

desarrollo: *Metodología e índices de desempeño para sistemas de transporte ferroviario*, mereció una placa de reconocimiento otorgada por la Senacyt en el año 2015. En cuanto a los requerimientos de nuevos profesionales en el campo ferroviario y la actualización en docencia superior, dentro de la estructura curricular de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTP, a través de la asignatura Tópicos de Actualización Tecnológica, se introdujeron contenidos relacionados a la ingeniería y transporte ferroviario durante los años 2014 al 2017 para estudiantes del cuarto año de la carrera de Ingeniería Electromecánica.



Convencidos de que también hay que llenar el vacío bibliográfico sobre la experiencia nacional, actualmente la investigadora principal, Aránzazu Berbey-Álvarez (UTP), la doctora Jessica Guevara-Cedeño (UTP), el doctor Humberto Álvarez (UTP), el ingeniero Alberto Cogley Brown (egresado de la UTP), en conjunto con los colegas internacionales: el doctor Francisco Calvo de la Universidad de Granada (España) y el doctor Juan de Dios Sanz Bobi de la Universidad Politécnica de Madrid, redactan el libro de texto universitario: *Fundamentos de ingeniería ferroviaria*.

# Rony Caballero

## Un robot: nuevo inspector submarino bajo las aguas del canal de Panamá

Muchos lo desconocen, otros lo viven día a día. En el canal de Panamá, los lagos Gatún y Madden tienen por debajo importantes redes de tuberías que surten de agua a las esclusas e inclusive mantienen operando la hidroeléctrica de la represa Madden. Las corrientes existentes en los lagos arrastran gran cantidad de material orgánico que luego puede acumularse o estancarse en dichas tuberías o sus alcantarillados, lo cual provoca la necesidad de estar constantemente limpiando y realizando labores de mantenimiento.

Y justamente a eso se dedica un equipo de buzos que diariamente arriesgan la vida para dar mantenimiento a dichas instalaciones, con la complicación añadida de que han de hacerlo con los sistemas en marcha, pues no se pueden detener en ningún momento para no afectar a la operatividad del Canal. Los empleados se exponen además a diversos riesgos, tales como fuertes flujos de corrientes en la profundidad, ramas de árboles arrastradas y otros materiales peligrosos.

Para mejorar la situación relatada, y pensando en diseñar una herramienta que pudiera tener aplicación en el Canal para garantizar las operaciones óptimas de la vía interoceánica, recientemente se ha desarrollado el proyecto de colaboración internacional (Japón y España) denominado: *Vehículo submarino de inspección de tuberías*.

El proyecto consiste en el diseño y creación de un robot sumergible para la inspección de tuberías y espacios confinados, cuyo diámetro no exceda de un metro. Sus creadores, investigadores liderados por el doctor Rony Caballero, desarrollaron un modelo esférico que consta de ocho propulsores que permiten maniobras con seis grados de libertad, tiene una cámara submarina para capturar imágenes y está dotado de un sistema de iluminación y otro para



localización inercial (magnético) que puede ser operado a distancia mediante un cable. Y además de lo novedoso, seguro y ventajoso de este submarino, también se ha cuidado el aspecto económico, de forma que se consigue una óptima funcionalidad a un precio asequible, que aspira a convertirse en una herramienta tecnológica que complemente la actividad de los buzos, e incluso la sustituya en los lugares más peligrosos para estos.

**En los últimos tiempos, se habían desarrollado diversos proyectos de artefactos robóticos sumergibles. Sin embargo, la diferencia más importante y, por tanto, la principal ventaja de este proyecto frente a esos otros, es que la mayoría son para operar en mar abierto y con buena iluminación, no para áreas o espacios confinados y de difícil acceso, como es la parte interna de una tubería.**

Por ello, el prototipo creado, debió tomar en cuenta las dificultades sobresalientes de los modelos de mar abierto al ser usados en tuberías y espacios confinados, para encontrar soluciones a cada uno de esos problemas y poder así operar en los estrechos ductos que hay bajo los lagos del Canal. Por ejemplo, se diseñó un sistema de propulsores y tanques de lastres repartidos a lo largo del vehículo, para conseguir un



radio de giro mínimo; también se tuvo que desarrollar un complejo sistema de cálculos matemáticos para que el aparato se desplazara, al no poder usarse GPS ni nada parecido por la falta de señal dentro de las tuberías.

Así, una vez resueltos estos problemas, y tras un año de intensos trabajos, se diseñó un vehículo submarino de bajo costo para la inspección en las tuberías de presión de represas y las tuberías de agua que alimentan las esclusas del canal de Panamá; susceptible, además, de poder ser usado en el futuro de igual manera en el sistema nacional de alcantarillado de Panamá, siempre que el espacio sea del diámetro especificado.

Para empezar, este pequeño submarino «canalero» puede representar una valiosa herramienta que facilite los trabajos de inspección en la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), y permita en adelante realizar dichas tareas, tan trascendentes para mantener en constante funcionamiento la fuente de ingresos más grande de nuestro país, como es el Canal, de forma más rápida, económica y segura.

Además, también tiene la capacidad de inspeccionar, haciendo las adecuaciones correspondientes, las represas en hidroeléctricas en todo el mapa geográfico panameño, así como se prevé que el sistema desarrollado pueda usarse en otras redes de tuberías, ductos o espacios confinados con agua, entre ellos, el de alcantarillados.



Por último, cabe destacar la importancia del propio desarrollo académico del proyecto, que ha facilitado el intercambio de experiencias en el campo de la robótica submarina, conocimientos y acciones conjuntas tanto de los investigadores como de los alumnos panameños que colaboraron en el montaje con expertos internacionales. Indudablemente, la formación técnica y científica de nuestros actuales y futuros profesionales se verá mejorada gracias a estas experiencias conjuntas. Por ejemplo, uno de los estudiantes que participó en el proyecto, el ingeniero Alejandro Von Chong, se encuentra actualmente realizando estudios en París, Francia, becado por la Senacyt.



# Eleicer Ching Prado

## Panameños desarrollan nanoestructuras con potencial uso tecnológico

Panamá se ha caracterizado por ser un país asentado en la economía terciaria; es decir, de servicios. Sin embargo, la modernidad lleva al país a mirar otros potenciales de desarrollo humano y tecnológico. Este es el caso de la investigación que desarrolla el doctor Eleicer Ching Prado.

Sus investigaciones han generado, de forma secuencial, beneficios importantes en cuanto a la formación de recursos humanos panameños e investigadores con conocimientos en ciencia básica y aplicada, cuyas implicaciones son directas en el desarrollo de tecnologías avanzadas, de las cuales ya se han obtenido frutos con la realización de estudios, a nivel de doctorado, por alumnos que han formado parte de este equipo.

En el año 1999 se creó el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Materiales; según el doctor Ching: «El proyecto de laboratorio contó con recursos muy limitados; sin embargo, gracias al apoyo de otros investigadores que forman parte hoy día del grupo de investigación de la Facultad de Ciencias y Tecnología, de la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión y del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) fue posible comenzar a trabajar generando las primeras muestras anodizadas de óxido de aluminio».

A partir del año 2005, con los proyectos financiados por la Senacyt, se pudo mejorar la capacidad instalada en el laboratorio con nuevos equipos, lo que permitió implementar nuevas técnicas de preparación de muestras, tanto en formas de películas delgadas como de fibras a escalas micro y nanométricas, a través de diferentes métodos de deposición, como los son: rocío pirolítico, deposición por inmersión, electro *spinning*, así como por anodización. También se logró aumentar la participación de estudiantes en el desarrollo de las distintas investigaciones



realizadas sobre materiales óxidos metálicos, lo que permitió años más tarde publicar estos trabajos.

La inspiración para la realización de estos proyectos nace de la experiencia académica que obtuvo el profesor Ching, quien a su regreso al país en 1996, y con la formación doctoral recibida en Puerto Rico para la instalación de laboratorios, ingresó a la UTP, donde se abrieron espacios que dieron origen a la creación del laboratorio que luego fue inaugurado formalmente en el año 2003 como Laboratorio Pierre y Marie Curie, por el vicescanciller francés de Relaciones Exteriores, quien vino a Panamá por los 100 años de la República.

Desde su regreso en el año 1996, él contó con colaboraciones en el extranjero y comenzó a realizar en el país estudios de materiales ferroeléctricos óxidos metálicos con posible aplicación en memorias de computadoras no volátiles (Fe-RAM), lo cual permitió trabajos de investigación publicables, asociados algunos de ellos a tesis de grado de estudiantes de Física. Según el profesor Ching: «Para saltar de ese tipo de tecnología a las tecnologías que involucran óxidos conductores y óxidos aislantes no hay mucha diferencia, ya que el conocimiento que se maneja para hacer óxidos ferroeléctricos sirve perfectamente para incursionar en otras aplicaciones; y eso fue lo que hicimos, no seguimos en Fe-RAM, pero sí en óxidos conductores transparentes y en dieléctricos óxidos metálicos con posibilidades en otros desarrollos tecnológicos».



El grupo investiga sobre algunos componentes que forman parte de las celdas solares y también en materiales para sensores de gases. Las celdas solares tienen un electrodo, la primera cubierta, de material que es transparente para permitir que la luz llegue al material absorbente; pero además debe ser un conductor eléctrico, para completar el circuito y poder generar corriente en la celda. Ese material se llama «óxido conductor transparente». Estos materiales son importantes no solo para las celdas solares, sino también en pantallas táctiles, en pantallas LCD, en transistores transparentes, en ventanas inteligentes, etc.

Dice el profesor Ching: «Cada vez que alguien toca su celular o cualquier pantalla de modalidad táctil, lo que está haciendo es presionar un óxido conductor transparente que activa circuitos dentro de la estructura». Por otro lado, en materiales para sensor se aprovechan los cambios que sufren las propiedades físicas como resistencia eléctrica y constante dieléctrica, al cambiar el entorno del óxido metálico con distintas concentraciones de gases.

En la actualidad, ya prácticamente no se habla de «microelectrónica», sino de «nanoelectrónica», que está tres órdenes de magnitud más abajo y es la innovación surgida de la

investigación liderada por el profesor Ching y su equipo en este país. Crean películas delgadas de materiales óxidos metálicos, tales como  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$  dopado con flúor (FTO),  $\text{TiO}_2$ , y heteroestructura  $\text{TiO}_2$ /FTO de naturaleza policristalina de 400 nanómetros o menos de espesor, con granos de 50 nanómetros, y las hacen crecer principalmente sobre sustratos de vidrio. Además, han depositado fibras dieléctricas de  $\text{SnO}_2$  con diámetros de 150 nanómetros aproximadamente y con buenos resultados como sensor de vapor de agua.

Las celdas solares a base de silicio, a pesar de ser costosas, son las más populares en el mercado. Existe una gama de otras tecnologías que buscan precios más bajos. Este es uno de los atributos de la incursión en las investigaciones del doctor Ching y su equipo, quienes en este proceso han construido celdas solares sensibilizadas con eficiencia de alrededor de 5%. Actualmente, el equipo está enfocado en mejorar el óxido conductor transparente FTO, con la finalidad de seguir integrándolo en celdas solares sensibilizadas, de unión p-n y ferroeléctricas. Para ello, se ha comenzado a sintetizar material absorbente, como el semiconductor  $\text{Cu}_2\text{O}$  tipo p, y próximamente los ferroeléctricos  $\text{BiFeO}_3$  y  $\text{BaTiO}_3$  dopado con Ag.

En adición, a partir del año 2015 han desarrollado un componente teórico fuerte dentro del campo de computación de alto rendimiento, utilizando cálculos de primeros principios DFT, el cual es una herramienta de alto nivel dentro de la mecánica cuántica para el estudio de sistemas moleculares y de estados sólidos. Esta herramienta de simulación ha servido de base para entender los resultados experimentales y definir los siguientes experimentos que ayuden a mejorar las propiedades físicas de sus materiales nanoestructurados.

En resumen, en el país, nuestros investigadores están desarrollando películas delgadas y fibras de materiales óxidos metálicos para aplicaciones tecnológicas, a un relativo bajo costo. Simultáneamente, se están formando recursos humanos tanto de licenciatura como de maestría y doctorado en el Laboratorio Pierre y Marie Curie de la UTP. Los resultados de sus investigaciones se han presentado en diversos congresos alrededor del mundo, como por ejemplo el Material Research Society Meeting, y publicado en diferentes revistas de circulación internacional, de editoriales tales como Springer y Cambridge University Press.





# Joaquín Chung

## Redes inalámbricas Mesh resolverían problemas de cobertura en áreas apartadas del país

Los panameños que actualmente viven en áreas apartadas del país, podrían llegar a tener acceso a la tecnología a través de las novedosas redes inalámbricas Mesh o en malla, que ofrecen bajos costos, calidad de servicio, seguridad, robustez y amplia cobertura en una plataforma de fácil implementación como la de una red WiFi.

El proyecto que le cambiaría la vida a muchas personas, se tituló *Optimización de las redes Mesh inalámbricas para el transporte de multimedia utilizando QoS y Multicast*. En él participaron activamente los alumnos de la maestría en Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones con énfasis en Redes de Datos, que se desarrolla en la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá: Joaquín Chung y Grace González, y los profesores Iván Armuelles y Gustavo Díaz.

Las redes inalámbricas Mesh, o redes inalámbricas en malla, están diseñadas con una disposición de punto a punto que transmiten la información a través de múltiples saltos, donde los nodos participantes se comunican a través de conexiones redundantes y cooperan entre sí para enviar y recibir la información. Una de sus principales ventajas es la capacidad de configurar dinámicamente enlaces inalámbricos y de establecer al mismo tiempo nuevas topologías de red, de modo que, en caso de fallos, los enlaces se puedan recuperar automáticamente. Tienen la capacidad de autoorganizarse y autoconfigurarse. Estas características le aportan muchas ventajas, como bajo costo inicial, mantenimiento sencillo, robustez y una cobertura confiable del servicio.



En esta investigación se exploró la utilización de las redes Mesh inalámbricas para la implementación de servicios multimedia, como flujos de video, audio y videoconferencias. Los experimentos se realizaron sobre una plataforma de pruebas compuesta por dispositivos de comunicaciones de bajo costo – como *routers* inalámbricos para residencias y pequeñas empresas– para aprovechar el *firmware* (un programa informático que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo) abierto para su configuración, y herramientas de monitoreo de redes para recolección de datos.

El equipo de investigación señala que la motivación para iniciar el análisis se hizo basada en las limitantes que existen en áreas de escasos recursos para acceder a la tecnología, por sus altos costos y los problemas para llevar cableado a lugares donde no existe conexión. Por ejemplo, «internet para todos» llega a un parque, a una biblioteca, a un colegio, pero de forma inalámbrica. Con este dispositivo en casa, cada persona podría tener acceso a internet para capacitarse, aprender, preguntar sobre temas de salud, llamar a la capital, investigar acerca del tiempo y cualquier información útil.



«Y lo interesante es que hay lugares en Panamá que tienen esta realidad: hay que acudir a las cercanías de las escuelas o parques. Pero extendiendo inalámbricamente este acceso a cada uno de los hogares de manera económica, se podría controlar el tipo de servicios a los que tendrían acceso y que deberían ser de primera necesidad», asegura el docente Armuelles.

El proyecto se dividió en dos etapas. En la primera, se implementó una primera parte de la red de prueba y un sistema de monitoreo en el cual se puede visualizar gráficamente el estado de los nodos, lo cual permite prevenir futuros problemas en la red y tomar decisiones de mejoras, detectar anomalías e incluso observar la estabilidad de protocolos que son probados, ya que mantiene un historial del comportamiento del equipo.

En la segunda etapa, se implementó un servidor de virtualización, utilizando tecnología de VMWare. Sobre este servidor se crearon dos servidores virtuales, uno para el servicio de voz sobre IP utilizando Elastix y otro para video utilizando Red5. Tanto Elastix como Red5 son herramientas basadas en *softwares* libres. El propósito de esta fase del proyecto fue la evaluación de las posibilidades de implementar una solución eficiente, de bajo costo, que consuma la mínima cantidad de ancho de banda, optimizando el transporte del tráfico multimedia con calidad de servicio.

Los estudios realizados, determinaron que el prototipo de red inalámbrica en malla, más adelante podrá ser implementado

por instituciones estatales en escenarios reales con necesidades importantes de acceso de servicios de internet de banda ancha. Con respecto a los costos de implementación, se pudo construir la red inalámbrica en malla, utilizando equipos de bajo costo, incluido el servidor de monitoreo que utiliza *software* libre. Para comprobar que la solución, además de ser de bajo costo es confiable, se realizaron pruebas de conectividad en la red y de navegación por internet. Los resultados mostraron que no hubo saturación de la red y el ancho de banda utilizado fue menor a la capacidad de la red inalámbrica en malla. Con esta optimización, se logró demostrar que es posible el transporte de servicios de voz, video y datos sobre una red inalámbrica en malla utilizando calidad de servicio.

Se redactó un manual para implementaciones futuras del mismo tipo, con el propósito de que este proyecto pueda ser replicado en áreas de difícil acceso, para permitir que cualquier persona con conocimientos técnicos y los recursos necesarios pueda instalar redes Mesh inalámbricas en una comunidad; además, un manual para la implementación de calidad de servicio, con el propósito de que las configuraciones realizadas en el proyecto puedan ser replicadas en áreas de difícil acceso y permitir que cualquier persona con conocimientos técnicos y los recursos necesarios pueda desplegar servicios de voz y video sobre una red inalámbrica de malla, con buena calidad de servicio.



# Viccelda Domínguez

## Implementación de un sistema de gestión de cuencas

Herramientas novedosas como los mapas de calidad del agua y el *software* SWAT (Herramienta para la Evaluación de Suelo y Agua, por sus siglas en inglés), integradas al sistema de información geográfica (SIG), podrán predecir la contaminación en las cuencas hidrográficas, prevenir problemas de salud de los habitantes y ayudar en la toma de decisiones.

El proyecto denominado *Implementación de un sistema de gestión de cuencas tomando como base de respuesta la unidad ecosistémica del río David*, dirigido por Viccelda María Domínguez de Franco, profesora regular titular en el área Saneamiento y Ambiente de la Universidad Tecnológica de Panamá, buscó predecir escenarios de contaminación, tanto puntual como no puntual, en una cuenca que fuera prioritaria, de acuerdo a los usos que tuviese.

«Este proyecto es una herramienta que ayuda a la planificación ambiental; porque por una parte tenemos la predicción



de la contaminación por el uso de plaguicidas, y por otra parte también podemos visualizar, a través de mapas de calidad de agua, que fueron uno de los productos del proyecto, como está ese factor de calidad de agua en la cuenca», aseguró la docente e investigadora.

Entre los objetivos más importantes del estudio se encuentran: establecer e iniciar un programa de monitoreo puntual de calidad de agua a lo largo del río David, levantar un mapa de calidad de agua del río David (para contaminantes específicos), levantar un mapa de uso de suelo para la cuenca del río David e incorporarlo al SIG (sistema de información geográfica), crear una base de datos espaciales para la cuenca y levantar un diagnóstico de fuentes de contaminación, tanto de tipo puntual como no puntual.

Domínguez de Franco señala que el proyecto será útil para prevenir problemas de salud de las personas por contaminación hídrica; y también, en cuanto a la misma flora y fauna: la acuática y la terrestre. Nos dice: «Nosotros necesitamos tener agua en cantidad, pero también en calidad adecuada para que se pueda mantener».

En el desarrollo del trabajo de investigación, que se efectuó del año 2005 al 2009, se utilizaron también bioindicadores, monitoreo de plaguicidas en la cuenca y el análisis socioeconómico-sanitario y ambiental de ella.



En los años 2007 y 2008 se popularizó el uso de los sistemas de información geográfica. Para ese tiempo realmente era una novedad poder utilizar esa herramienta, donde se guardaba toda la información geográfica en la computadora y, a partir de eso, entonces poder enlazarlo o vincularlo a modelos ambientales, como el que se usó en este caso, que fue un modelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos llamado en inglés, Soil and Water Assessment Tool, que es una herramienta tanto para agua como para suelo, y poder determinar a través de esta cómo se comportan los contaminantes en una cuenca hidrográfica, como la del río David.

El río David, objeto del estudio, es uno de los principales cuerpos de agua a nivel nacional, debido a que abastece a la planta potabilizadora del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (Idaan) en David, Chiriquí. Suministra el vital líquido a los distritos de David, Dolega y otras comunidades circunvecinas.

Entre los usos de agua de la cuenca destacan: uso para consumo humano y uso agroindustrial. Además de ser el sostén principal de los ecosistemas acuáticos, sirve como cuerpo receptor de una parte de las descargas de aguas residuales de la ciudad de David. Luego de las averiguaciones científicas, se comprobó que las aguas del río David no se habían visto afectadas por plaguicidas u otro contaminante.



El trabajo fue desarrollado por un grupo de investigadores, docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá. Se recibió el apoyo de una docente y un egresado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Panamá.

Entre las recomendaciones finales, se destaca el levantamiento de mapas de tipo y uso de suelo, así como la actualización de este último en las diversas cuencas a nivel nacional, lo que facilitará la ejecución de estudios que se planeen realizar en el futuro. También se sugiere la digitalización de la red hídrica nacional, la digitalización de la cartografía del país para futuras investigaciones semejantes o con fines parecidos al tema. Igualmente, acordar convenios con universidades, que faciliten el uso de programas SIG, con la intención de actualizar al estudiantado y a profesionales en el ámbito tecnológico. Se propone mejorar la disponibilidad de datos a nivel de las instituciones públicas y privadas, con el fin de optimizar el desarrollo de estudios científicos en nuestro país, al igual que colocar toda la información generada de mapas del SIG a disposición de la comunidad en general, a través de la página web de los centros de educación superior e investigación, el Ministerio de Ambiente y miembros del Sistema Nacional de Información Ambiental.



## Tratamiento biológico con capacidad de depurar hidrocarburos

Una bacteria denominada *Rhodococcus equi*, capaz de degradar el petróleo, permitiría eventualmente en el país, sanear el ambiente por derrames de hidrocarburos y sedimentos en áreas marítimas portuarias. Así lo determina el estudio: *Modelo cinético para determinar la capacidad autodepurativa de hidrocarburos del microcosmos en agua y sedimentos*, que se aplicó en la bahía de Manzanillo, adyacente al canal de Panamá y localizada en la provincia de Colón.

Las aguas de la bahía de Manzanillo son afectadas por descargas de aguas residuales domésticas provenientes del sistema de alcantarillado de la ciudad, vertimiento de residuos industriales y derrames de residuos petrolíferos, como las descargas de aguas de lastre provenientes de los buques que arriban a los puertos que comparten la bahía.

El objetivo principal del proyecto era aislar e identificar a un microorganismo con la capacidad de degradar hidrocarburos. Y en este caso fue la *Rhodococcus equi*, bacteria identificada a través de un sistema de pruebas bioquímicas, donde se comprobó su capacidad de crecer exponencialmente y principalmente en naftaleno, que es un contaminante, un sólido blanquecino que predomina fundamentalmente en los combustibles fósiles.

Vicelda María Domínguez de Franco indicó que el equipo realizó cinco aislamientos bacterianos en un medio mínimo de sales suplementado con hidrocarburos (naftaleno, fenantreno y pireno) como única fuente de carbono. Las cepas aisladas se sometieron a pruebas de selección a diferentes concentraciones de hidrocarburos, en seis escenarios; se escogieron los más representativos, y se escogió la cepa más tolerante al hidrocarburo. Con la cepa seleccionada, se evaluó en el laboratorio su capacidad de crecer, utilizando como única fuente de carbono el hidrocarburo con la cual tuvo mayor afinidad (naftaleno) y su aplicación a sistemas de tratamiento biológico.

El equipo investigativo estuvo conformado por tres profesores. La doctora Gladys Vidal, de la Universidad de Concepción, en Chile; el magíster Fermín Mejía de Microbiología Ambiental; y el licenciado Álvaro Díaz, experto en cromatografía. Los trabajos de investigación se iniciaron en el año 2011 y finalizaron el año 2015.



El tema del uso de bacterias como tratamiento biológico para limpiar aguas contaminadas se ha estudiado en varios países, pero la diferencia con este proyecto es que se desarrolló en agua de mar: agua salada. Además, en un sector que es utilizado para las operaciones de la cuenca del canal de Panamá y como zona portuaria.





«Anteriormente no se han encontrado registros de investigaciones sobre microorganismos capaces de degradar hidrocarburos en una zona canalera, portuaria y franca; razón por la cual es necesario investigar la biodisponibilidad de estos microorganismos y modelar su cinética de degradación, de forma tal que sirva como herramienta para el tratamiento biológico y remediación de sitios contaminados por estos compuestos bajo las presiones antropogénicas existentes en la citada zona. Esta propuesta está basada en un enfoque interdisciplinario fundamentado en la ingeniería-química-microbiología. Es una línea de investigación que requiere ser desarrollada en el país», aseguró la profesora Domínguez.



La metodología utilizada para determinar la calidad del agua fue el «standard method». En lo referente a la caracterización de la calidad del agua, se usó el sistema de información geográfica para mapear la zona costera, identificar los puntos en los cuales se iban a hacer los monitoreos de calidad del agua y elaborar el mapa de las zonas costeras de la bahía de Manzanillo, donde se monitorearon diferentes parámetros. Luego se aplicaron los

mecanismos de biodegradación: el mecanismo de microbiología ambiental para poder aislar el microorganismo, que en este caso fue el sistema de detección Api, para poder identificar las bacterias que se aislaron del sedimento de la bahía de Manzanillo y que tenían la capacidad de degradar hidrocarburos específicos.

Para Domínguez, el proyecto benefició a la Autoridad Marítima de Panamá, a la Autoridad Recursos Acuáticos de Panamá y el Ministerio de Ambiente. A todos se les hizo formal entrega del proyecto. Por supuesto que también benefició a los estudiantes, con los que se pudo replicar el conocimiento; y el doctor Ariel Antonio Grey, de la Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias Marítimas y Portuarias, hizo su tesis de licenciatura en este proyecto; o sea, que fue el ejecutor principal, con el apoyo del investigador de la parte microbiológica, que fue el magíster Fermín Mejía, de la Universidad de Panamá. De allí también salieron dos tesis de licenciatura: en Ingeniería Marítima y en Ingeniería Ambiental. Además, las estudiantes Aminta Pérez y Lourdes Arenas, de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), sustentaron una tesis sobre el uso de bacterias para degradación de hidrocarburos. Esta investigación arrojó como resultado, que se pueden utilizar bacterias nativas aisladas de sedimentos marinos encontrados en la bahía de Manzanillo, en la provincia de Colón, en futuras investigaciones para degradar hidrocarburos aromáticos y también en tratamiento de agua residuales, explica la tesis.

Gracias a su capacidad metabólica, los microorganismos pueden transformar una gran cantidad de hidrocarburos en compuestos menos tóxicos al ambiente, por lo cual juegan un papel importante en la biodegradación natural del petróleo. La biodegradación es el proceso natural por el cual los microorganismos degradan o alteran moléculas orgánicas, transformándolas en moléculas más pequeñas y no tóxicas. Sin embargo, este proceso es muy lento y puede acelerarse introduciendo determinadas bacterias o plantas en los ambientes contaminados. Esta intervención se denomina «biorremediación» o «biocorrección», y se define como el empleo de organismos vivos para eliminar o neutralizar contaminantes del suelo o del agua.





# José Fábrega

## Flujo de carbono a través del bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá

Una investigación para determinar la cantidad de carbono en el área de la cuenca del Canal podría, en un futuro, servir de base para evaluar los efectos del cambio climático en el bosque, el cual es un depósito (sumidero) natural de este gas y que pudiera hacer un aporte importante en la disminución de su concentración en la atmósfera.

El concepto de sumidero de carbono se ha difundido desde el Protocolo de Kyoto, creado para reducir la elevada y creciente concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del aire y así luchar contra el calentamiento global. Se están explorando diversas formas de mejorar la retención natural de carbono, y se trata de desarrollar técnicas (naturales o artificiales) para capturar y almacenar el carbono. Un sumidero de carbono no tiene por objeto reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$ , sino disminuir su concentración en la atmósfera.

El proyecto *Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá*, que lleva adelante la Universidad Tecnológica de Panamá y es financiado por la Senacyt, se desarrolla en una parcela experimental de una hectárea de cerro Pelado, Gamboa, dentro de la cuenca del canal de Panamá. El estudio servirá de base para el aprovechamiento de los bosques como sumidero y depósito de gases de efecto invernadero, y su posible comercialización como certificados de carbono.

José Rogelio Fábrega, investigador regular titular en la Universidad Tecnológica de Panamá y director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotecnias (CIHH), señala que el objetivo general del proyecto es básicamente medir el flujo



de carbono en bosques húmedos tropicales, dado que actualmente hay mucho interés en saber cuál es el cambio en la biomasa que hay en los bosques por su relación con la captura de carbono.

«El carbono que vemos en la atmósfera, obviamente queda fijado en la tierra a través de los árboles. Entonces un objetivo era ver cuánto carbono hay en la biomasa de los árboles y ver el cambio de esta biomasa de un año a otro o luego de diferentes años. El otro era medir también el flujo de las plantas, cuál es el consumo de  $\text{CO}_2$  en las plantas en estos bosques, sobre todo del sotobosque, que es donde podíamos medir», aseguró Fábrega.

Con el desarrollo de conocimientos sobre la dinámica del flujo de carbono entre los bosques y la atmósfera, se busca lograr la posibilidad de que países en desarrollo utilicen los bosques como sumideros de carbono para captar fondos mediante proyectos financiados por los países desarrollados que se comprometieron a reducir sus emisiones con el Protocolo de Kyoto, durante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

De acuerdo al investigador, la metodología del proyecto consistió primero en hacer una parcela de investigación en una hectárea, donde se efectuó un inventario forestal de todas las especies con un diámetro mayor de 10 centímetros; se midió el diámetro de las especies y a través de algunas ecuaciones, con el diámetro y la altura, se obtuvo un aproximado de la cantidad

de carbono que hay en la biomasa del bosque, tanto por encima como por debajo del suelo. Para esta investigación se instaló una torre meteorológica de 40 metros de alto, con instrumentación capaz de medir velocidades y dirección de los vientos en tres dimensiones, evapotranspiración, precipitación, radiación solar y un medidor de flujo de carbono y vapor de agua.

Los bosques constituyen el mayor reservorio de  $\text{CO}_2$  en el planeta. Al perturbarlos, sea de modo natural o provocado por acciones del hombre, se transforman en una fuente de emanaciones de dióxido de carbono en la tierra. La perturbación del bosque se da mediante malas prácticas de agricultura o pastoreo, o por la deficiente distribución del uso de la tierra, entre otras causas.

**Esta investigación se enfoca en crear la capacidad institucional y técnica a nivel nacional, que permita a Panamá estimar el contenido de carbono en diferentes zonas de vida. Existen pocos estudios detallados de los flujos de carbono en los trópicos por la falta de accesibilidad, una topografía difícil, una vegetación densa y lo exigente de las condiciones de trabajo. Dado que los trópicos húmedos cubren un 22% de la superficie terrestre, esto hace que este proyecto tenga una importancia global.**

El principal investigador del proyecto señaló que, de los estudios realizados, se generaron dos tesis, con artículos científicos publicados local e internacionalmente. También se pudieron hacer estudios comparativos de la biomasa de esta área



con otras de la región; y a muchos estudiantes se les transmitió el conocimiento en el campo y a través de cursos y seminarios.

La Universidad Tecnológica de Panamá está interesada en convertir cerro Pelado en un observatorio permanente de los ciclos del agua y carbono en un bosque tropical húmedo, el cual brinde la capacidad institucional necesaria para convertirse en un centro de generación de conocimientos para la región latinoamericana.

Debido a la gran extensión de la superficie boscosa, se estima que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar sumideros netos de carbono durante los próximos cien años, lo que permitirá reducir de 20 a 50% las emisiones de carbono a la atmósfera, para minimizar el cambio climático.



## Efecto de la lluvia en la calidad de agua que abastece las potabilizadoras

El proyecto, que se realizó entre la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) y la Purdue University de los Estados Unidos, estuvo bajo la dirección del doctor José Fábrega, con el nombre: *Monitoreo del efecto que los eventos puntuales de lluvia tienen en la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento para potabilizadoras en la ciudad de Panamá.*

Fábrega señala que el proyecto tiene como propósito primordial la introducción de un sistema de monitoreo en puntos de toma de agua que sean activados solo como resultado de un evento de lluvia, de modo tal que se pueda obtener una relación entre la intensidad de la lluvia y algunos parámetros de calidad de agua, que serían útiles para el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (Idaan), dado que optimizaría los recursos para la potabilización del agua en el área de estudio.

**Este análisis se llevó a cabo en dos de las cuatro fuentes abastecedoras de agua ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Panamá, que son las correspondientes a los ríos Cabra y Pacora. Además, es de gran valor, puesto que proporciona conocimientos en el monitoreo de ríos por medio del uso de la telemetría y de instrumentos para la toma de muestras, denominados muestreadores automáticos de agua.**

La telemetría es el sistema de medición de magnitudes físicas que permite transmitir los datos obtenidos a un observador lejano. Según explicó el científico, la metodología consistió en la toma de muestras de agua y análisis de laboratorio. En esta investigación se realizó la toma de muestras de agua a través del uso de equipos automatizados, los cuales son programados para que inicien un ciclo de muestreo como respuesta a condiciones preestablecidas de precipitación.

Los muestreadores se han instalado en diferentes sitios, según la necesidad de información, siendo retirados por periodos cortos para efectos de mantenimiento, a la vez que se ha

desarrollado un sistema telemétrico para estar en comunicación con el equipo y recibir aviso al momento en que se da el inicio o terminación del muestreo.

El sistema mediante sensores remotos se enciende automáticamente cuando comienza la lluvia, ya que es la única forma de conocer cómo afecta el fenómeno natural a las tomas de agua. Se pudo observar desde que inicia una lluvia, a través de mediciones cada diez o quince minutos, la variación de la calidad del agua, detalla.

El proyecto surge porque se ha visto que, en otros países, este tipo de mediciones es el primer paso para el desarrollo de lo que se conoce como un sistema de infraestructura inteligente, que responde a cuando hay eventos muy extremos o con cierta intensidad. Por ejemplo, los operadores de las potabilizadoras saben que a veces lo más conveniente en periodos de lluvias acompañadas por gran cantidad de sedimentos, es cerrar la toma por un tiempo, esperando que el evento pase o que los niveles de turbiedad y sedimento bajen, para entonces volver a empezar a tratar el agua.

De acuerdo con un informe presentado por los investigadores, hasta el momento el principal aporte de este proyecto ha sido el aprendizaje en la utilización de los equipos de muestreo, sobre todo la interacción con instrumentación que permitan muestrear bajo ciertas condiciones. Otro aporte de esta investigación ha sido la elaboración de una guía en español, la cual presenta aspectos fundamentales del procedimiento desarrollado en la toma y análisis de muestras. Igualmente, los resultados obtenidos parecen indicar que los eventos puntuales de lluvia tienen un efecto inmediato en la calidad de agua de los puntos de muestreo. Se ha apreciado que estos efectos tienden a aumentar el arrastre de partículas y sedimentos en el agua.

Los eventos que se están produciendo últimamente, hacen pensar que es necesario continuar con las investigaciones de este tipo en la variación de calidad del agua.

La potabilizadora de Pacora produce alrededor de 12 millones de galones de agua a diario; mientras que la de Cabra tiene capacidad para tratar unos 3 millones de galones diarios.



## Efecto de las lluvias sobre las aguas subterráneas en la cuenca del Canal

Panamá pudiera explotar más los recursos de agua subterránea, sobre todo para consumo, en lugar de usar agua superficial de los ríos, o como una alternativa para resolver la falta del vital líquido en épocas de sequía.

Investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) estudian el efecto que la estación lluviosa tiene sobre los volúmenes de aguas subterráneas en el área de cerro Pelado, en Gamboa. «Queríamos ver también cómo cambiaba de un año a otro; por ejemplo, si hubo un año con mucha lluvia, cómo se comporta el agua subterránea en comparación con años que no llueve tanto», informó el encargado principal del proyecto, José Fábrega.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran bajo la superficie de la tierra y que generalmente se acumulan en acuíferos, que son formaciones geológicas donde se almacena y circula el agua aprovechando la porosidad, la filtración y configuración de las rocas.

Fábrega asegura que las aguas subterráneas en realidad no se han estudiado mucho en el país, dada la abundancia de aguas superficiales. Esto hace que, a pesar de que generalmente existan grandes reservas de aguas subterráneas, estas no sean aprovechadas.

**Sin embargo, detalló que las aguas subterráneas son parte fundamental del ciclo del agua; pero, a diferencia de las aguas superficiales, la medición y predicción de este componente es un proceso bastante complejo.**

«Obviamente hay que tener cuidado de que no esté contaminada y tomar en consideración que, una vez contaminada, el agua subterránea es más difícil de tratar que aquella tomada de un río, a manera de comparación. Un buen conocimiento del comportamiento de las aguas subterráneas representa una alternativa para épocas muy secas; para la agricultura, por ejemplo. No estamos realmente aprovechando todo el potencial de agua subterránea que tenemos en el país», advirtió.

Se designó una microcuenca como sitio de estudio en el área de Gamboa, donde se construyeron cuatro pozos de observación. En cada uno, se instaló un equipo de monitoreo de aguas subterráneas, con el fin de medir la variación del nivel freático (es la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea); se necesitó un equipo para perforar pozos de 8 a 10 metros, en el área de la microcuenca; y se utilizó una ladera donde se evaluaban cambios en la conductividad del agua. Así se podía determinar si el agua corría paralela a la ladera o si el movimiento vertical dominaba, lo cual uno esperaría en estos casos.

El investigador opina que en Panamá hay que hacer más estudios sobre el comportamiento del agua subterránea en bosques húmedos tropicales, sobre todo en la cuenca del Canal, dada la importancia de saber cuánta reserva hay, para usarla como una fuente alternativa en años de escasez de agua.

El ingeniero David Vega, del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP; el profesor Fred Ogden, de la Universidad de Wyoming, y el profesor Jan Hendrick de la Universidad de New México Tech, fueron colaboradores importantes en este estudio.

Grandes núcleos de población como México D.F., Lima, Dakar o Yakarta, entre otros, son abastecidos con aguas subterráneas. Y países como Dinamarca, Holanda, Hungría, Italia, Barbados, Malta y Costa Rica, dependen casi exclusivamente de las aguas subterráneas para atender sus demandas. En los Estados Unidos, la mitad del agua suministrada para uso urbano es subterránea, al igual que en Francia y Gran Bretaña, donde más de una tercera parte procede de los acuíferos.



# Carlos Gordón

## Servicio de Información Espacial de la Ciudad de Panamá (Servimap)

Antes de Google Map y todas las aplicaciones de mapas y búsqueda, investigadores panameños trabajaron en estas iniciativas tecnológicas. Uno de ellos es Carlos Gordón, consultor externo de sistemas de información geográfica e investigador asociado al Centro de Investigaciones e Información en Toxología, de la Universidad de Panamá.

La iniciativa, que inició en el año 2007, consistía en un sistema de información de la ciudad de Panamá: el Servicio de Información Espacial de la Ciudad de Panamá (Servimap), que desarrollaba una base de datos y un servicio de mapas web que estuvo en línea mientras duró el proyecto.

Explica Gordón que el proyecto generaba una base de datos de la ciudad de Panamá en el año 2007 mucho antes que Google Map, cuando los mapas eran muy básicos y no tenían mucha información, como de la que se dispone en la actualidad.

Se generó un mapa de las calles y se realizó un levantamiento en el campo para ubicar paradas, hoteles, panaderías, cafeterías, restaurantes, bares y todo lo que tuviera que ver con turismo, y se generó una aplicación que era consultable en la web.

Ese fue la primera parte del proyecto, explicó Gordón. Después, por falta de recursos económicos, se creó un blog, una página que se llama Metro Mapas, donde se publica información. Se cruzó con los datos del censo del año 2000, que estaba disponible, para entonces hacer el análisis de la ciudad de Panamá.

Lo que se buscaba más que todo era presentar los datos de la ciudad de Panamá, como: población, crecimiento, ingreso y edad, además de la distribución de los nuevos proyectos que aparecieron, como por ejemplo el metro de Panamá.



**«Este proyecto contribuyó a la planificación urbana en Panamá, a informar a la comunidad, a través de una guía de orientación, sobre los datos existentes», indicó Gordón.**

También agregó el investigador que entre los beneficiados del proyecto están los estudiantes de Arquitectura y de Geografía que acceden para buscar información, al igual que el Municipio de Panamá: «Con ellos empezamos a trabajar después que vieron el trabajo en el blog, y así con diferentes instituciones».

En la actualidad solo está funcionando el blog, que se alimenta con información que actualiza el profesor Gordón sobre las estadísticas del país, áreas vulnerables y con mejores ingresos, cosa que lo convierte en un instrumento de gran ayuda para los consultores nacionales e internacionales. Los resultados del proyecto han sido presentados en diversidad de lugares, entre los que destacan el Municipio de Panamá, el Banco Mundial, la Universidad Latina y en lugares específicos de Penonomé.

# Jaime Johnson

## Organizar a la comunidad ante los desastres naturales

¿Cómo responden las personas de una comunidad alejada a una amenaza natural? La respuesta ante un evento natural adverso requiere ser instantánea. Los moradores no se pueden dar el lujo de detenerse a esperar que en una hora o en media hora, en el mejor de los casos, llegue el auxilio. La comunidad debe estar preparada para poder reaccionar ante estos fenómenos que en cuestión de segundos pueden cobrar, incluso, su propia vida.

Si no hay una conducta organizada, si no hay una planificación, las personas no tendrán una idea de cómo reaccionar ante situaciones de emergencia. Y ante el desbordamiento de una quebrada o del río, la caída de un árbol, la crecida de los ríos, ventarrones, la ocurrencia de un deslizamiento de tierra o cualquier contingencia natural, reinará el pánico y el caos. En estas condiciones, la falta de un sistema o de un modelo de organización que cuente con la participación de toda la comunidad, puede representar la pérdida de bienes materiales o, lo que sería más grave, de varias vidas.



Ante estos señalamientos y basado en su propia experiencia, Jaime Johnson, ingeniero agrónomo y máster en cuencas hidrográficas, decidió poner en marcha un proyecto comunitario participativo que permitiera el desarrollo de un plan estratégico de apoyo a comunidades alejadas y que, al mismo tiempo, mantienen niveles de marginalidad, en el corregimiento de San Martín, al noreste de la capital panameña. Es uno de los más apartados del centro de la ciudad, debido a su poco desarrollo habitacional y considerable distancia de los centros urbanos.

**Río Indio y Juan Gil, las dos comunidades que se definieron para aplicar el proyecto, mantienen una gran vulnerabilidad frente a los problemas de fenómenos ambientales. A través del estudio del comportamiento de estos y de la realización de más de 20 talleres comunitarios, se determinaron sitios estratégicos para la ubicación de un refugio y el establecimiento de un sistema de comunicación que funcionará como atalayas, mediante megáfonos y sirenas colocadas a distancias adecuadas.**

Los sitios acordados para estas réplicas se determinaron en los talleres, al igual que la definición de sitios cercanos a cada vivienda, que cada morador escogió para protegerse de estos desastres.



Durante el estudio, se pudo probar que el sonido del primer megáfono podía escucharse donde estaba el siguiente, y que así sucesivamente se replicara el sonido hasta que todos los megáfonos se pusieran en alerta y la gente pudiera percibir que algo estaba sucediendo en el lugar. La idea de los megáfonos es avisar a todos que hay una situación de peligro. Una vez la persona escucha la sirena, no es que va a correr hacia el punto de encuentro que ya se tiene establecido, sino que deberá verificar lo que está sucediendo previamente, lo que realmente le puede afectar para tomar acciones preventivas de acuerdo con el tipo de situación que se presente.

El proyecto elaboró cuartillas técnicas, documentación impresa y dibujos de cómo funciona el modelo; este puede ser aplicado en otras comunidades, para que una vez las autoridades lo evalúen, se pueda ofrecer a la población nacional como una guía de qué hacer en caso de una urgencia ambiental.

Los talleres realizados con la comunidad, utilizaron el método andragógico, cuya principal característica es que se fundamenta en que el aprendizaje de los adultos surge de la experiencia, de poner en práctica lo que se ha investigado. Estos eventos formativos incluyeron la gestión y la experimentación, mediante la realización de dos simulacros exitosos que le permitieron a la comunidad aprender de forma más efectiva el uso del modelo.

El magíster Johnson sustenta la necesidad de este proyecto en informaciones emitidas por los medios de comunicación, que señalan que alrededor del ochenta por ciento de los panameños no sabe cómo responder ante una emergencia ambiental. Es un



proyecto que no compite con las organizaciones encargadas de socorrer a víctimas de los desastres naturales, como el Sistema Nacional de Protección Civil, Cuerpo de Bomberos, Policía Nacional o las propias juntas comunales; por el contrario, representa una herramienta de apoyo a la labor de estas organizaciones que poseen un alto grado de especialización en situaciones de vulnerabilidad. Lo que se quiere con este sistema es que cuando se presenten las autoridades, la comunidad haya sufrido las menores pérdidas posibles, tanto de vidas humanas como de materiales y bienes.

Finalmente, si el modelo se aplicara y se le diera continuidad, se reduciría la pérdida de bienes materiales y la posibilidad de que alguien fuera afectado físicamente; porque a través del modelo hay participación, planeación, formación, comunicación, el trabajo en equipo de toda una comunidad y conciencia del daño que puede causar un desastre natural.





# Leopoldo Manso

## Secadores solares agroindustriales

El secado o deshidratado de alimentos es uno de los métodos más antiguos utilizados para la preservación de los productos agrícolas. Desde tiempos inmemoriales, además, se convirtió en uno de los primeros usos para la energía solar. Después fue preferido a otros métodos de secado debido, en primer lugar, a que proporcionaba un mayor tiempo de vida a los productos desecados por este método; y en segundo lugar, a que es menos costoso que los métodos artificiales que utilizan combustibles convencionales para calentar el aire del ambiente.

En Panamá, y dada la enorme cantidad de horas anuales de sol de las que disfrutamos, resultaba evidente la conveniencia de desarrollar modernos sistemas de secado para la agroindustria que funcionen con energía solar, en vista del alto costo de la energía eléctrica y los combustibles fósiles.

De esta manera, y tras plantearse el licenciado Leopoldo Manso cómo podía colaborar al perfeccionamiento de un sistema de secado que empleara una energía prácticamente gratuita, inagotable, y casi siempre disponible en Panamá, como es la solar, usando principios de calentamiento solar de aire,



se propuso la construcción y evaluación de tres modelos de secado: el más pequeño, de fácil colocación en exteriores; un segundo de tamaño mediano, de tipo gabinete con bandejas; y uno tipo túnel, con una gran carga de productos, mediante carros, de una tonelada en adelante.

El principal objetivo del proyecto consistía en ser capaces de diseñar, construir y ensayar el funcionamiento de un modelo de secador solar a un tamaño relativamente reducido, pero susceptible de ser construido a diferentes dimensiones y con materiales locales, accesibles a los pequeños y medianos productores si su desempeño era eficaz y rentable. Para ello, había que plantearse muy bien su estructura, y que fuera escalable, para que se pudieran usar los cálculos a partir de ello si se necesitaban máquinas más grandes. Se trataba de que la energía y calor generados por el sol rindieran de forma casi perfecta, por tanto, transfiriéndose ambas energías sin apenas pérdidas al cuerpo del secador, cuya temperatura fuera regulable aportando o sustrayendo energía. Si eso se lograba, lógicamente a un coste de producción aceptable, sería una herramienta de indudable utilidad y rentabilidad para la gente del campo, en vez de tener que comprar un secador industrial más costoso y dependiente de energías fósiles.

Para ello se construyó una galera en las instalaciones de la UTP, extensión de Tocumen, y se diseñó un techo solar con una capa negra absorbente, y encima una capa transparente

que funciona como trampa de energía. La energía captada calienta el aire entrante y pasa, mediante un ventilador, por un intercambiador que aporta o remueve calor. De ahí pasa a una cabina de secado, donde se garantiza un flujo homogéneo encima de las bandejas que se colocan en carros. Los materiales en contacto con el producto o con el aire deben ser inertes y compatibles con alimentos.

De esta manera, y tras la construcción del modelo, se emplearon productos frescos panameños para hacer las pruebas: piña, culantro, melón y banano. Los equipos instalados para comprobar los resultados, demostraron que el sistema de secado presentaba un buen desempeño desde el punto de vista práctico, ya que el producto obtenido tenía excelentes cualidades de sabor, aspecto y aroma.

**El principal mérito obtenido con esta investigación es el marcar un gran precedente por convertirse en el proyecto con el que se logra obtener la primera patente industrial para la UTP. Esto supone un logro enorme, además de un claro beneficio para la sociedad a largo plazo, ya que implica que la universidad posea los derechos sobre la construcción y uso de este tipo de secadores, con lo que los beneficios de la investigación serían directos para la institución pública que la fomentó.**

Como modelo para posibles interesados del ámbito industrial, se logró instalar un prototipo de secador solar en la Fundación Nuestra Señora del Camino, ubicada en el corregimiento de San Félix, provincia de Chiriquí, el cual permitió brindarles una ayuda a los indígenas que producen rubros como la yuca, para que esta se conserve por más tiempo.

Además, en el ámbito académico y de transmisión de conocimientos, se impartieron diversos seminarios sobre el secador solar, en los cuales se utilizó el prototipo para la docencia, con lo que se pudo desarrollar una tesis sobre el banano, otra sobre piña y otra sobre el secado de la cáscara de naranja. Ello permitió, mediante estos trabajos, evaluar el desempeño del sistema.

Actualmente, se pretende construir y poner en marcha el modelo piloto a solicitud de una empresaria, quien ha mostrado mucho interés en adquirir una planta para secar frutas en grandes cantidades. La línea de investigación no ha perdido

vigencia. El licenciado Manso, junto a un equipo de estudiantes, estará a cargo del diseño y construcción de este nuevo secador solar. Entre las proyecciones, está el obtener un nuevo financiamiento para poder probar los otros dos modelos propuestos inicialmente en la investigación.



En definitiva, cabe destacar que esta investigación se puede considerar como un éxito completo, ya que aparte de los beneficios académicos y económicos mencionados, se ha conseguido un prototipo de secador cuyo diseño es simple, se puede reproducir a escala con facilidad y es flexible en la aplicación para el uso de diferentes materias primas, todo lo cual garantiza una alta calidad en los productos finales. Es cierto que se debe añadir una fuente energética alternativa (sistema eléctrico o a gas) para su uso cuando sea necesario, para aumentar el potencial de secado del aire, pero esto solo ocurrirá principalmente durante la noche o durante grandes aguaceros. En cualquier otro momento, se estará logrando desecar todo tipo de alimentos a un coste mínimo, sin depender del suministro de combustibles fósiles; además, con la ventaja que supone esa independencia en zonas remotas o de difícil acceso de la república en donde no siempre es fácil llevar agua o electricidad, con lo que se puede convertir en una herramienta óptima para ayudar al desarrollo de esas comunidades.



# Lilia Muñoz

## Web aplicada a las pequeñas y medianas empresas en Chiriquí

La investigadora Lilia Muñoz, del Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá, realizó el proyecto: *Modelo de usabilidad y accesibilidad de web para las PyMEs de Chiriquí*. El proyecto fue ganador de la convocatoria de inserción de talento especializado en el año 2010. Se inició en el año 2011 y finalizó en abril del 2013. Se desarrolló un modelo que permitiera evaluar la accesibilidad y la usabilidad en sitios web de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) de la provincia de Chiriquí.

Para tal efecto, se hizo una revisión sistemática de la literatura de los modelos que previamente existían y en el equipo de desarrollo se planteó una propuesta para la mejora de la accesibilidad y usabilidad de los sitios web. El modelo planteado fue probado en cinco sitios web de empresas de la provincia, obteniendo resultados muy favorables desde el punto de vista de la accesibilidad y usabilidad.

«Al inicio, mucho antes de la convocatoria, veníamos trabajando para establecer una línea de investigación que nos diera el escenario propicio para desarrollar investigaciones aquí en la universidad», afirma la doctora Lilia Muñoz. Agregó que parte de su proyecto final de la tesis doctoral estaba relacionado con la calidad y la accesibilidad y, entonces, decidió trabajar en el entorno web y comenzó a evaluar sitios web de empresas de la localidad. Con esa información que se generó de las evaluaciones previas a las empresas, se formuló el proyecto para poder obtener fondos y desarrollar la línea de investigación.

Señaló la doctora Muñoz que, al inicio, cuando se empezó a visualizar el poco uso y accesibilidad por conocidos que trabajaban en diferentes empresas, se les solicitó ayuda en cuanto al acceso para evaluar los sitios.



«Principalmente, que las empresas participantes debían tener un sitio web para poder hacer, de acuerdo con el modelo planteado, una reingeniería del sitio y establecer un nuevo sitio de acuerdo con ese modelo que nosotros estábamos planteando en el proyecto de investigación», explicó. Se obtuvieron resultados muy positivos en el desarrollo y en la implementación del modelo. Esto se evidenció en el seguimiento que se dio a los sitios, al aumentar las estadísticas de acceso considerablemente.

El aumento se dio: «No solamente por los usuarios internos de la empresa, sino por los usuarios externos que tenía el sitio, y eso nos da a nosotros pauta para decir que realmente el modelo estaba siendo probado de manera exitosa, aparte de que buscábamos establecer líneas de investigación en el centro y principalmente en la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales; y se lograron, también, porque a partir de esto, con las publicaciones que se hicieron, se incentivó a los estudiantes a participar en otros proyectos que generamos posteriormente y en el desarrollo de tesis para que el estudiante pudiera investigar temas de interés en la misma línea

de investigación creada. A raíz de eso, también se generaron tesis de investigaciones en la facultad», ahondó la investigadora.

Uno de los objetivos del proyecto fue la capacitación del recurso humano de las empresas participantes, en el uso de la tecnología que se utilizó en el proyecto. De esta manera se garantizaba la sostenibilidad del proyecto, ya que el recurso humano capacitado podía afrontar los cambios que fueran surgiendo. «La capacitación se dio en la universidad, e incluso después de eso se mantuvo el contacto y, hoy en día, se han desarrollado otras colaboraciones con las empresas», afirmó.

Señaló que el proyecto se finalizó de manera satisfactoria y, evidentemente, dio la pauta para tener un laboratorio como el que tienen hoy. Es importante mencionar que en el proyecto participaron estudiantes de las carreras de Ingeniería de Sistemas y Computación y Desarrollo de *Software*, y también profesores de la Facultad de Ingeniería Industrial y un colaborador de la de Escuela de Informática de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

Finalizado el proyecto, y al ser divulgados los resultados, se obtuvieron acercamientos con otras empresas para la mejora de sus sitios web. En este sentido, la gerente de la cooperativa Copal, que está dedicada a la siembra, producción y procesamiento de

la palma aceitera aquí en la región, solicitó que se desarrollara el sitio web de la cooperativa, trabajo que se realizó utilizando el modelo propuesto. Esta colaboración permitió la firma de un convenio de la empresa con la universidad.

La principal ventaja que ha tenido el desarrollo de proyectos de esta naturaleza es iniciar la investigación en el Centro Regional de Chiriquí, en el área de las tecnologías de información y comunicación, e incentivar a los estudiantes para que puedan desarrollar tesis de investigación y poner en práctica sus conocimientos teóricos. Por otro lado, el desarrollo de estos proyectos ha permitido incursionar en otras temáticas, como es el caso de datos abiertos. En este sentido, se ha creado un proyecto de datos abiertos, para el cual se ha diseñado una metodología que puede ser utilizada para el desarrollo de portales de datos abiertos en instituciones públicas.

Otra de las ventajas del proyecto fue el acercamiento empresa-universidad, para tener contacto desde la universidad hacia la empresa privada e instituciones del Estado. Esto está permitiendo desarrollar proyectos en conjunto. Sin lugar a dudas, hace falta mucho trabajo por hacer en la región, principalmente en el contexto del uso y aprovechamiento de los beneficios que generan las tecnologías de información y comunicación.



# María Lourdes Peralta

## Gestión de infraestructuras críticas en centros urbanos y áreas en desarrollo

*Sistema de gestión de infraestructura crítica en centros urbanos y áreas en desarrollo*, es el proyecto dirigido por la doctora María Lourdes Peralta, docente de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de Panamá. Se desarrolló entre los años 2011 y 2013, a través de la metodología de inserción de talento humano.

Este estudio es la continuidad de una investigación que inició como parte de sus estudios de doctorado, orientada al análisis de las infraestructuras críticas. Se definen como infraestructuras críticas todos aquellos sistemas que brindan un servicio o un bien; por ejemplo, transporte, sistema hospitalario, red o sistema eléctrico. En un estudio preliminar en el corregimiento de San Francisco, provincia de Panamá, se había determinado cómo el crecimiento urbano afecta, por ejemplo, el desempeño del sistema de transporte. Este corregimiento fue seleccionado, dado que reúne todas las características que se convierten en problemas. San Francisco es una zona que antes era una ciudad jardín con viviendas unifamiliares, pero ante el incremento de población en la ciudad de Panamá y las limitaciones de espacio horizontal disponible para nuevos desarrollos, esas viviendas unifamiliares se convirtieron en edificios de más de 30 pisos; lo que significa que, donde antes vivía una cantidad determinada de personas en una hectárea, ahora existe 10, 20 o 30 veces la población. Significa que hay más personas viviendo en el mismo lote y con las mismas calles y sistemas.

El análisis, además de considerar el sistema de transporte, buscaba conocer qué pasa con los sistemas de drenaje pluvial y de agua potable. Esas casas usualmente tenían jardines y patios, con infiltración natural, que ahora han sido convertidos



en zona de estacionamientos, lo que ha aumentado la cantidad de agua que corre superficialmente y los sistemas no tienen la capacidad para desaguar tanto líquido. El mismo análisis se hizo con el sistema de agua potable, porque ahora la población, en cinco y diez años, se concentró en esa zona. Por eso el sistema no creció tan rápido como la población en esa área. Así que se pretendía realizar el estudio del funcionamiento o análisis del sistema de agua potable y del sistema de drenaje pluvial en el sector de San Francisco, caracterizado por un rápido crecimiento urbano.

«A veces creemos que la investigación siempre tiene que producir un nuevo 'invento', pero en Panamá necesitamos mucha investigación aplicada para ayudar a plantear soluciones a los problemas actuales. Uno puede decir claramente que un problema es evidente para nosotros, pero habría que buscar investigaciones de cuáles son los puntos críticos, porque la pregunta que se hacen no solamente los que toman ese tipo de decisiones, ya sea el Ministerio de Obras Públicas, el Idaan, es que, si es un problema tan evidente, ¿cuál es el primer punto para resolverlo?, ¿por dónde comenzamos?



Así que los objetivos eran: uno, identificar los puntos críticos de los sistemas y, dos, hacer recomendaciones a los administradores para atender el problema por etapas; más que nada, una contribución que ayude a quienes administran los dos sistemas, para que se tomen decisiones e inversiones informadas. «El impacto o la contribución es contar con información obtenida científicamente, porque en Panamá estamos acostumbrados a resolver los problemas reactivamente: se inundó, voy y veo por qué se inundó; un deslizamiento, por qué se registró el deslizamiento», nos indicó.



Los dos estudios hacían proyecciones para los siguientes 20 años: ¿Qué pasa si el crecimiento de San Francisco continúa el ritmo de los últimos 10 años?, ¿en qué momento el sistema colapsa? Se hicieron recomendaciones sobre los sistemas o los diámetros de tuberías que debía tener San Francisco en algunos puntos críticos, para poder atender esa creciente demanda. En cuanto al sistema de drenaje pluvial, se identificaron puntos críticos del sistema que nadie ve por estar debajo de las superficies. Nadie se toma el trabajo de ver cuánto sedimento existe, qué tanta capacidad tiene el sistema, y esa es otra contribución importante.

Cuando el sistema se diseñó, se suponía que los diámetros de las tuberías estaban completamente limpios. Lo que se hizo en esa ocasión fue ver cuál era la capacidad real del sistema, con base en las condiciones que se encontraron y la cantidad de raíces que han entrado en él, y tener una información científica que ayude a decir: «Este tramo hay que construirlo nuevamente o en esta área definitivamente no se puede construir, porque contribuirá a que surja un desastre, sobre todo, en el tema de inundaciones».

Con personal asignado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) durante 11 visitas de campo, de más de seis o siete horas diarias en sitio, con la ayuda de GPS y otros instrumentos de localización, se levantó la información física específica del sistema de drenaje pluvial. Y así se documentó también el estado: si estaba lleno de sedimentos o si estaba funcionando de manera normal. Una vez que se hizo el levantamiento físico, se aplicaron modelos matemáticos para hacer el cálculo de cuál era la capacidad instalada del sistema. En cuanto al sistema de agua potable, el Idaan recientemente había terminado una consultoría sobre levantamiento físico, por lo que solamente validamos algunos puntos y luego utilizamos los modelos matemáticos para saber la capacidad del sistema.

La principal limitación fue la falta de información que estuviera disponible en todo momento. A veces no disponíamos de las herramientas para levantar las tapas de las cámaras de inspección. Se presentaron casos tan críticos como que una semana levantamos todas las cámaras de inspección existentes y a la semana siguiente las habían tapado con una carpeta asfáltica; cosas tan críticas para lograr realizar un trabajo de calidad. Fueron cautelosos al redactar los objetivos; se hizo un análisis de los sistemas, porque siempre queda la sensación de qué va a pasar con el resultado, y si eso va más allá del alcance de la investigación; solo es posible indicar los puntos críticos del sistema o las tuberías que hay que cambiar; pero esa no es una decisión que está relacionada con quien realiza la investigación.

El segundo proyecto: *Metodología para mitigar el efecto del crecimiento urbano*, está orientado a algo similar, pero en el sector este de Panamá (24 de Diciembre, Tocumen, Las Mañanitas



y San Martín), y se trata de analizar un comportamiento que de alguna manera complementa el anterior. En realidad, es un término que se conoce como *urban sprawl*.

¿Qué es lo que pasa en San Francisco, donde ya se agotó el espacio? Quien vive en San Francisco solamente puede acceder a residencias costosas. ¿Qué pasa con la población que no puede acceder a viviendas que pueda costear en el área de la ciudad? Se va a las áreas suburbanas. ¿Y qué pasa? Comienza el crecimiento descontrolado en lugares donde los sistemas no existen.



En San Francisco existían los sistemas (drenaje y agua potable), pero no había capacidad adicional para atender nuevas demandas. Ahora la población se muda (al este de la ciudad) y los sistemas son inexistentes, vienen o se construyen después de la instalación de poblaciones. Por ejemplo, la población que vive en muchas áreas de los corregimientos de las barriadas de 24 de Diciembre o de Tocumen, se han mudado a terrenos que habían sido zonificados y en los que no había electricidad, agua y otros servicios básicos. Entonces, los sistemas tienen que diseñarse para atender a esas poblaciones. Por eso se escucha: «Yo tengo tantos años de vivir aquí y no tengo agua». Pero cuando usted se mudó no había agua. Ahora se la hemos tenido que llevar, al igual que los sistemas de transporte. No es sino al contrario de como debe ser: se diseña una urbanización y los sistemas, y luego la gente se muda. Lo que está pasando en Panamá Este es que la gente se muda y luego va el servicio de agua potable y los servicios de transporte y electricidad. Como esas áreas no están todas calificadas como

urbanas, primero se hace el inventario de las áreas calificadas todavía como rurales, porque, incluso, hay el peligro de que la actividad humana –producto de poblaciones estableciéndose cada vez más cerca de las cuencas que sirven para suministro de agua– haga que estas se contaminen con desechos mal manejados de estas mismas poblaciones.

El objetivo general es hacer un inventario del área para formular recomendaciones que ayuden a mitigar el impacto o los problemas que ya se viven en esas comunidades: falta de suministro de agua, transporte adecuado, electricidad y escuelas, entre otros. Entonces, hay que ir construyendo planificadamente.

**La metodología de este segundo estudio es muy similar al anterior, solo que en el este de la ciudad existe menos información disponible: se necesita más levantamiento en campo. Primero sería ver cuáles son los usos de suelo aprobados en el área de Panamá Este que sí han sido combinados. Se debe hacer un inventario de cuál es el uso real del suelo.**

La primera etapa consiste en hacer un inventario de los sistemas existentes, que son pocos, iniciando con drenaje pluvial y de agua potable. Luego se analizan las cuencas del lugar, con el propósito de identificar hasta dónde la población ha logrado intervenir en las cuencas del área, porque hay ríos importantes que nacen en ellas. El impacto sería tener información para la toma de decisiones acertadas, no reactivas; sino poder tomarlas para que no se conviertan en una crisis. Es un poco tarde, porque ya hay desarrollos en el área y está creciendo a una muy alta velocidad, pero es importante aportar en la búsqueda de soluciones.

Se debe resolver el problema y no esperar que otro lo resuelva. Eso es lo que se piensa en Panamá Este y en general en muchas áreas. Nuestras comunidades, con razón o sin ella, sienten que si tienen un problema es porque alguien no se los resolvió a tiempo. «No nos detenemos a pensar que si yo enfrente el problema es porque no hice las cosas relativamente bien desde el principio. Así que debe ser una contribución de todos los que están sufriendo o viviendo el problema y los responsables de la administración de las infraestructuras», indico finalmente.

# David Vega

## Descubriendo el ciclo hidrológico de la cuenca del Canal

La transferencia e intercambio de conocimientos entre los investigadores nacionales y extranjeros expertos en los aspectos hidrológicos, y la obtención de la infraestructura faltante para completar un laboratorio *in situ* de hidrología tropical en nuestro país, fueron los resultados más destacados de un estudio de la Universidad Tecnológica de Panamá dirigido por el profesor e investigador David Vega.

*Calibración de un modelo hidrológico para la determinación de los volúmenes de agua que fluyen en un bosque tropical húmedo: cuenca del canal de Panamá*, se denominó el proyecto, que buscaba determinar con mayor confiabilidad los parámetros hidrológicos que influyen en el uso de los modelos empleados para la estimación de los volúmenes de agua que se aportan a la cuenca del canal de Panamá en situaciones propias de un bosque tropical húmedo.

El método de calibración es decir, la comparación con patrones ya conocidos con el propósito de garantizar mayor exactitud en las mediciones de volúmenes de agua, permitirá determinar con mayor confiabilidad las mediciones que se realicen en los diferentes componentes del ciclo hidrológico de la cuenca del canal de Panamá.

En el año 2006, cuando la propuesta del profesor Vega fue acogida por la Senacyt bajo programas de cooperación internacional, y ejecutada conjuntamente por científicos de los Estados Unidos, del New Mexico Institute of Mining and Technology, University of Wyoming.

Para desarrollar la investigación, se elaboró un mapa topográfico con la localización exacta de los sensores y equipos existentes en el área, al igual que una base de datos en la cual se incluyó tanto la información existente anterior al inicio del



proyecto como del periodo de muestreo que empezó en enero del año 2007. Se actualizó el mapa topográfico que contiene los equipos adquiridos y sitios de ensayo. En esta etapa, se completaron los informes de avance, así como las publicaciones sobre el modelo hidrológico de la microcuenca de cerro Pelado.

El trabajo de campo se realizó en el observatorio de cerro Pelado, en una microcuenca dentro de un área de 751 hectáreas, ubicada en la cuenca hidrográfica del canal de Panamá, donde se colocó una estación meteorológica de 40 metros de altura con instrumentación capaz de medir velocidades y dirección de viento. Además, se empleó un programa informático especializado, que sirve para analizar el movimiento de agua y calor en zonas no saturadas, parcial y totalmente saturadas.

Se logró una base de datos con series de tiempo de niveles y parámetros de calidad del agua subterránea, la evaluación del efecto de la precipitación en la estación lluviosa y la calibración del modelo Hydrus para la zona no saturada. En un muestreo de diez sitios, se clasificó la textura del suelo a diferentes profundidades, lo que arrojó como resultados: suelos limoso-arenoso, arcilloso limoso y arcilloso. Se establecieron parámetros como humedad residual, conductividad hidráulica saturada y humedad saturada.

Con la exploración, la ACP y la ANAM (hoy Ministerio de Ambiente) obtuvieron, también, valiosa información tanto desde el punto de vista técnico como desde la óptica del establecimiento



de políticas de aprovechamiento del recurso hídrico en la cuenca del Canal, y el desarrollo de capacidades a nivel institucional; lo que permitiría a nuestros investigadores asesorar a otros de la región y mejorar el manejo de otras cuencas tropicales. Este proyecto buscó determinar con mayor confiabilidad los parámetros hidrológicos que influyen en el uso de los modelos hidrológicos empleados para la estimación de los volúmenes de agua que se aportan a la cuenca del canal de Panamá en situaciones propias de un bosque tropical húmedo.



Sus objetivos fueron desarrollar una base de datos de campo de variables hidrológicas básicas; probar las hipótesis desarrolladas en estudios previos; calibrar los modelos hidrológicos existentes para el caso de cuenca tropicales; desarrollar capacidades nacionales en el área, transferencia de tecnología y divulgar los resultados obtenidos mediante diversas actividades académicas.

Además se empleó el programa informático Hydrus 2D/3D, que sirve para analizar el movimiento de agua y calor en zonas no saturadas, parcial y totalmente saturadas. También se utilizaron sensores de humedad y para medir niveles piezométricos.

**La creación del Observatorio de Hidrología Tropical de Cerro Pelado, de carácter institucional, se ha convertido en el principal sitio de transferencia de conocimiento, donde se desarrollan estudios que permiten lograr una mejor comprensión de los fenómenos que ocurren dentro del bosque tropical húmedo. Se logró una base de datos con series de tiempo de niveles y parámetros de calidad del agua subterránea, la evaluación del efecto de la precipitación en la estación lluviosa y la calibración del modelo Hydrus para la zona no saturada.**

Se propició la transferencia e intercambio de conocimientos entre los investigadores nacionales y extranjeros en los aspectos hidrológicos: valiosa información técnica de consulta para entidades como la Autoridad del Canal de Panamá, el Ministerio de Ambiente y otras.

Es importante que este modelo matemático sea panameño, para realizar un balance hídrico que nos ayude en la toma de decisiones. Debemos aprovechar los recursos naturales que nos regala nuestra privilegiada posición geográfica. El proyecto está disponible en el sitio web: [www.utp.ac.pa/calibracion/index.htm](http://www.utp.ac.pa/calibracion/index.htm).



# Lista de proyectos







## 1. ARQUEOLOGÍA, ANTROPOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA

---

**Código del proyecto:** FID05-078  
**Investigador principal:** Álvaro Brizuela  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Localización, registro y evaluación de los petroglifos de Panamá

---

**Código del proyecto:** CID06-028  
**Investigador principal:** Richard Cooke  
**Coinvestigadores:** Ilean Isaza, Ana Katalina Celis, Alexandra Lara, Juan Guillermo Rincón, Carlos Mayo, Conrado Tapia y Aureliano Valencia  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Diversidad cultural y biológica del archipiélago de Las Perlas en el período precolombino: Inventario preliminar e interpretación de recursos arqueológicos y paleobiológicos y su divulgación para fortalecer el turismo

---

**Código del proyecto:** FID06-050  
**Investigador principal:** Richard Cooke  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Los abrigos de Cerro Tigre, Coclé: Campamentos de pescadores de la época precolombina

---

**Código del proyecto:** FID09-091  
**Investigador principal:** Ilean Isaza  
**Coinvestigadores:** Alicia Ibáñez y Benjamín Name  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Impacto de poblaciones precolombinas en la vegetación de las islas del Parque Nacional Coiba

---

**Código del proyecto:** COL06-008  
**Investigador principal:** Carlos Alberto Jaramillo Muñoz  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Palinología del Mioceno de Panamá

---

---

**Código del proyecto:** SUM07-001  
**Investigador principal:** Carlos Alberto Jaramillo Muñoz  
**Coinvestigadores:** German Bayona, Abraham Osorio y César Silva  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Paleomagnetismo en rocas del Terciario en la cuenca del canal de Panamá y región de Darién: Aplicaciones en la evolución tectónica y paleoecológica

---

**Código del proyecto:** COL09-004  
**Investigador principal:** Julia Mayo  
**Coinvestigadores:** Carlos Mayo, Josefa Rey, María Martín, Andrés Teira, Enrique Moreno, Harriet Beaubien, Aislie Harrison, Jeff Speajman, Emilio Abad, Mercedes Guinea, Aldara Rico, Máximo Jiménez, Aurelio Sánchez, Alcides Castrellón, Ramiro Meneses y Alcibíades Ramos  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Proyecto Arqueológico El Caño: Campaña 2009

---

**Código del proyecto:** COL12-005  
**Investigador principal:** Julia Mayo  
**Coinvestigadores:** Carlos Mayo, Mercedes Guinea, Alfredo Fercancez Valmayor, Antonio García Casco, Harriet Beaubien, Ainslie Harrison, Kim Kullen Cobb, Máximo Jiménez, Aioze Trujillo Mederos, Rosi Frejel, Luis Galindo, José Carlos Pomo, María Martín Seijo, Arturo Lombera, Idael Francisco Blanco Quintero, Manuel Antonio Franco Fernández, Matilde Arnay de la Rosa, Jaime Escobar, Jania Vásquez Araúz, Kenia Hurtado Vargas, Octavio Vargas, Arsenio Ramos, Alcides Castrellón, Aurelio Sánchez y Elías Zaldívar  
**Institución ejecutora:** Fundación El Caño  
**Título del proyecto:** Proyecto Arqueológico El Caño: Campaña de excavación 2013

---

**Código del proyecto:** FID05-105  
**Investigador principal:** Julia Mayo  
**Coinvestigadores:** Enrique Moreno, Carlos Mayo, Ramón Chantada, Merceder Casciani y Luis Sánchez  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Proyecto Arqueológico Coclé

---

**Código del proyecto:** FID08-039  
**Investigador principal:** Aaron O'Dea  
**Coinvestigadores:** Félix Rodríguez, Aguilaro Pérez, Jeremy Jackson, Laurel Collins, Carlos Jaramillo, Luis Quiróz, Anthony Coates, Yadixa Del Valle, Luis D'Croz, Ken Johnson, Jon Todd, Jill Leonard-Pingel, Arcadio Castillo, César Silva, David Farris, Nikki Strong, Beth King, José Abel Flores, Sara Moron y Camilo Montes  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Paleontología del istmo de Panamá: De Veraguas a Kuna Yala

---

---

**Código del proyecto:** CID07-050  
**Investigador principal:** Christian Strassnig  
**Coinvestigadores:** Tomás Mendizabal, Juan Guillermo Martín Rincón, Carlos Gómez, Roxana Pino, José Rafael Buenrostro, Adrián Mora, Gloria Biffano, Yamitzel Gutiérrez, Jacinto Almendro, Manuel Rodríguez y Marcelina Godoy  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Turismo, arqueología y desarrollo sostenible en el histórico Camino Real

---

## 2. BIODIVERSIDAD Y ECOLOGÍA

---

**Código del proyecto:** PNCOIBA08-017  
**Investigador principal:** George Angehr  
**Coinvestigadores:** Cristina Blewett e Isis Ochoa  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Población, reproducción e investigación taxonómica de tres especies de aves amenazadas, en la isla Coiba

---

**Código del proyecto:** FID09-027  
**Investigador principal:** Ivania Cerón Souza  
**Coinvestigadores:** Eldredge Birmingham y Benjamín Tuner  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Diversidad genética y ecofisiología del complejo híbrido de mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *Rhizophora racemosa*)

---

**Código del proyecto:** FID05-100  
**Investigador principal:** Aydeé Cornejo  
**Coinvestigadores:** Ronald Iván Sánchez, Luz Boyero y Mathieu Antonio Rapp  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Aspectos bioecológicos de la entomofauna acuática en los ríos del Parque Nacional Campana

---

**Código del proyecto:** PNCOIBA08-025  
**Investigador principal:** Ana Luisa García y Luis Cubilla  
**Coinvestigadores:** Juan Maté, Ana Luisa García, Félix Rodríguez, Diana Pérez y Hendrick Fuentes  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá, Laboratorio de Biología Tropical  
**Título del proyecto:** Evaluación y monitoreo de las condiciones ambientales y sanitarias de las aguas del Parque Nacional Coiba en el manejo de áreas de uso público

---



---

**Código del proyecto:** COL07-044  
**Investigador principal:** Eric Flores  
**Coinvestigadores:** Luitgard Schwendenmann  
**Institución ejecutora:** Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y El Caribe  
**Título del proyecto:** Importancia de la vegetación y de la capa orgánica en los procesos ecohidrológicos en los bosques montanos tropicales en Panamá

---

**Código del proyecto:** FID08-060  
**Investigador principal:** Héctor Guzmán  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Conectividad entre las áreas de reproducción y de alimentación de las ballenas jorobadas que migran a Panamá

---

**Código del proyecto:** PRB06-007  
**Investigador principal:** Omar López  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** La flora exótica de Panamá: Distribución, abundancia y consecuencias ecológicas

---

**Código del proyecto:** COL10-043  
**Investigador principal:** Omar López  
**Coinvestigadores:** Alicia Ibáñez García, William Grauel y Christian Messier  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Crecimiento, regeneración, estructura y función de los bosques de *Prioria copaifera* (cativo), en el Pacífico panameño

---

**Código del proyecto:** CCP09-015  
**Investigador principal:** Mónica Martínez  
**Coinvestigadores:** George Angehr, Igua Jiménez y Gwen Keller  
**Institución ejecutora:** Asociación Gardi Sugdup  
**Título del proyecto:** La avifauna del sector occidental de Kuna Yala: Inventario, etnotaxonomía y turismo

---

---

**Código del proyecto:** PNCOIBA10-008  
**Investigador principal:** Ángel Javier Vega  
**Coinvestigadores:** Yolani Robles, Juan Maté, Kevan Mantell y Isis Pinto  
**Institución ejecutora:** Centro Regional Universitario de Veraguas  
**Título del proyecto:** Biología pesquera, evaluación y manejo de las poblaciones de pargo seda y mancha en el Parque Nacional Coiba y su zona de influencia

---

**Código del proyecto:** COL09-038  
**Investigador principal:** William Wcislo  
**Coinvestigadores:** Ulrich Muller, Jacobus Boomsma, Flavio Roces y Hermógenes Fernández  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Manejo de enfermedades y comunicación en las hormigas cultivadoras de hongos

---

**Código del proyecto:** COL06-003  
**Investigador principal:** William Wcislo  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Desde individuos a sociedades: Integración de ecología, comportamiento y neurobiología para el estudio de la evolución del comportamiento social en animales

---

### 3. BIOMEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

---

**Código del proyecto:** CAP10-001  
**Investigador principal:** Juan Arbiza  
**Coinvestigadores:** Mariana García, Marlene Castillo y Alex Martínez Torres  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Estudio sobre la diversidad de los principales virus respiratorios y entéricos en Panamá mediante abordajes moleculares y bioinformáticos

---

**Código del proyecto:** FID06-089  
**Investigador principal:** Blas Armien  
**Coinvestigadores:** Juan Miguel Pascale, Aníbal Armien, Fernando Gracia, Ovidio Mendoza Barrera y Yamitzel Zaldívar  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Epidemiología del antavirus, sistema de vigilancia y su descentralización en Soná, Veraguas

---

---

**Código del proyecto:** COL09-055  
**Investigador principal:** Griselda Beatriz Arteaga  
**Coinvestigadores:** Yaxeliz Mendoza, Juan Castillo, Juan Miguel Pascale Bellagamba, Oracio Salomón, Kathleem Page y Christian Bautista  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Detección de mutaciones que confieren resistencia a drogas antiretrovirales en poblaciones minoritarias del VIH-1 en plasma y ADN de proviral

---

**Código del proyecto:** CCP10-011  
**Investigador principal:** Lorenzo Cáceres  
**Coinvestigadores:** Margarita Griffith, José Calzada, Rolando Torres Come, Washington Lun, Oscar González y Rocío Rojas  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Estudio del comportamiento de la malaria en la comarca indígena de Madungandí: Aporte para una mejor estrategia de abordaje intercultural de la malaria en poblaciones indígenas de Panamá

---

**Código del proyecto:** FID06-173  
**Investigador principal:** José Calzada  
**Coinvestigadores:** Franklyn Samudio y Juan Miguel Pascale  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Análisis de la biodiversidad genética en aislados de campo de *Plasmodium falciparum* que circulan en diferentes regiones endémicas de Panamá

---

**Código del proyecto:** COL08-080  
**Investigador principal:** José Calzada  
**Coinvestigadores:** Adeilton Alves Brandaó, Octavio Fernandes de Silva, Azael Saldaña Patiño y Franklyn Samudio  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Análisis de la expresión in vitro de la región no traducida 3' (3' UTR) del gen de la Calmodulina de Tripanosomatidos

---

**Código del proyecto:** FID07-038  
**Investigador principal:** Gladys Ester Cossio  
**Coinvestigadores:** Eliakym Araimbula Merez, Magaly Chial y Efilida Durán  
**Institución ejecutora:** Hospital del Niño de Panamá  
**Título del proyecto:** Identificación de variantes moleculares de la enzima glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa en pacientes deficientes diagnosticados en el Hospital del Niño de Panamá, en el periodo 1998-2005

---



---

**Código del proyecto:** COL08-061  
**Investigador principal:** Marcelino Gutiérrez  
**Coinvestigadores:** Héctor M. Guzmán, William H. Gerwick, Javier Ballesteros, Daniel Torres, Christopher Boya y Joel Sánchez  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Explorando la biodiversidad marina de Panamá: Un programa orientado a la búsqueda de compuestos con potencial biomédico contra el cáncer y las enfermedades infecciosas

---

**Código del proyecto:** COL08-066  
**Investigador principal:** José Del Rosario Loaiza Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Marilyn Scott, Jan Conn, Oris Sanjur y José Ricardo Rovira  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales  
**Título del proyecto:** Estado taxonómico, estructura genética e historia demográfica del vector de malaria (*Anopheles punctimacula*) en Panamá basados en análisis de ADN mitocondrial y nuclear

---

**Código del proyecto:** COL11-044  
**Investigador principal:** José Del Rosario Loaiza Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Marilyn Scott, Jan Conn, Oris Sanjur y José Rovira  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Patrones de flujo genético poblacional del vector de malaria humana, *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae), en Centroamérica

---

**Código del proyecto:** ITE11-015  
**Investigador principal:** José Del Rosario Loaiza Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Marilyn Scott, Jan Conn y Oris Sanjur  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Bionomía y demografía del vector de malaria, *Anopheles darlingi*, en Panamá

---

**Código del proyecto:** FID05-152  
**Investigador principal:** Jorge Motta  
**Coinvestigadores:** Rodolfo Contreras, Mariana García y Zeuz Capitán Barrios  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Mejoramiento de los sistemas de vigilancia del dengue en Panamá, mediante la genotipación de los subtipos circulantes, en áreas de alto riesgo

---

---

**Código del proyecto:** FID10-037  
**Investigador principal:** Jorge Motta  
**Coinvestigadores:** Beatriz Gómez, Carlos Gordón, Miguel Ángel Reyes y Edmar Quirós  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Desarrollo de un sistema de indicadores para el análisis de la mortalidad por enfermedades circulatorias en Panamá, en base al uso de tecnologías de información geográfica: años 2001-2008

---

**Código del proyecto:** FID05-139  
**Investigador principal:** Juan Miguel Pascale Bellagamba  
**Coinvestigadores:** Griselda Arteaga, Dalys Mojica, Fernando Gracia y Blas Armien  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Implementación de un sistema diagnóstico y evaluación del impacto tratamiento en los pacientes con esclerosis múltiples en Panamá

---

**Código del proyecto:** COL08-059  
**Investigador principal:** Juan Miguel Pascale Bellagamba  
**Coinvestigadores:** Blas Armien, C. Bautista, Gladys Guerrero, Kathleen Page, Patricia Mira, Yaxelis Mendoza y Dalis Mojica  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Epidemiología y patrones de comportamiento asociados a la transmisión del VIH e ITS en grupos de alto riesgo en Panamá

---

**Código del proyecto:** FID09-050  
**Investigador principal:** Juan Miguel Pascale Bellagamba  
**Coinvestigadores:** Alexander Martínez, Alma Ortiz, Yamitzel Zaldívar, Gilma Bósquez y Luis Lambraño  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Determinación de seroprevalencia y genotipaje de virus de la hepatitis B en Panamá

---

**Código del proyecto:** FID04-127  
**Investigador principal:** Azael Saldaña Patiño  
**Coinvestigadores:** José Calzada, Roberto Blandón y Ícaro M. Leandro  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Presencia de autoanticuerpos anti beta-adrenérgicos y el desarrollo de patología cardíaca en pacientes chagásicos panameños

---

---

**Código del proyecto:** COL11-043  
**Investigador principal:** Azael Saldaña Patiño  
**Coinvestigadores:** Nicole Gottdenker, José Calzada, C. Ron Carroll y Vicente Bayard  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Impacto de la deforestación y otros cambios ambientales en la ecología de la enfermedad de Chagas y leishmaniasis en las riberas del canal de Panamá

---

**Código del proyecto:** PRB09-004  
**Investigador principal:** Carmenza Spadafora  
**Coinvestigadores:** Marcy Balunas y José Stoute  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Identificación en el eritrocito de receptores de *Plasmodium falciparum* independientes del ácido siálico

---

**Código del proyecto:** FID07-028  
**Investigador principal:** Anayansi Valderrama  
**Coinvestigadores:** Yamitzel Zaldívar, Karla Aparicio, Isis Ochoa, Ruby Zambrano, Yolanis Holnes y José Ricardo Rovira  
**Institución ejecutora:** Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud  
**Título del proyecto:** Ecoepidemiología de las principales arbovirosis en Panamá

---

**Código del proyecto:** COL09-008  
**Investigador principal:** Anayansi Valderrama  
**Coinvestigadores:** Mara García Tavares, José Dilermando Filho, Rafael Samudio, Sergio Bermúdez, José Rovira y Roberto Rojas  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Estudio de las poblaciones de flebótomos transmisores de leishmaniasis en Panamá

---

## 4. BIOTECNOLOGÍA

---

**Código del proyecto:** SUM08-005  
**Investigador principal:** Adolfo Borges  
**Coinvestigadores:** Hilda Acosta, Juan Miguel Pascale Bellagamba, Roberto Miranda y Sergio Bermúdez  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Estudio de la diversidad de toxinas producidas por los escorpiones de importancia médica en Panamá mediante el empleo de biotecnología

---



---

**Código del proyecto:** COL06-006  
**Investigador principal:** Catherina Caballero-George  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales e Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Cribado bioguiado de productos naturales de origen matino en células vivas: Estudio de sus interacciones con receptores acoplados a proteína G que regulan la presión arterial, utilizando la espectroscopia de correlación de fluorescencia

---

**Código del proyecto:** COL08-014  
**Investigador principal:** Catherina Caballero-George  
**Coinvestigadores:** Elizabeth Arnold, José Luis Carballo, José Antonio Cruz y Edgardo Ochoa  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Inventario y estudio filogenético de hongos asociados a esponjas marinas de las áreas protegidas de la República de Panamá

---

**Código del proyecto:** COL10-070  
**Investigador principal:** Catherina Caballero-George  
**Coinvestigadores:** Hanns Haberlein y José Darías  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Actividad farmacológica de productos naturales marinos: Estudio de sus efectos sobre la dinámica de unión y la movilidad bidimensional en el receptor de endotelina ETA

---

**Código del proyecto:** FID11-051  
**Investigador principal:** Luis Cubilla Ríos  
**Coinvestigadores:** Nivia Ríos Carrera  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Determinación de las condiciones óptimas para la obtención de metabolitos de interés a partir de cultivos de hongos

---

**Código del proyecto:** IDR10-034  
**Investigador principal:** Viviana Elizabeth Morales Villamonte  
**Coinvestigadores:** Luis Vargas, Ruby Rodríguez, Vielka Caballero de Guevara, Ariadna Batista, Roberto Guevara, Lizbeth Gómez, Albano Díaz y Mónica González  
**Institución ejecutora:** Universidad Autónoma de Chiriquí  
**Título del proyecto:** Desarrollo de técnicas para el manejo sostenible y almacenamiento de extractos tintóreos de especies promisorias en la provincia de Chiriquí

---

---

**Código del proyecto:** COL10-013  
**Investigador principal:** Argentina Ying  
**Coinvestigadores:** Agustín Sagel, Percys Garcés y Antonio Osuna  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá e Instituto de Biotecnología de la Universidad de Granada  
**Título del proyecto:** Formulación de una vacuna experimental contra *Dermatobia hominis* (Diptera: Cuterebridae) en Panamá

---

## 5. CIENCIAS AGROPECUARIAS Y ACUICULTURA

---

**Código del proyecto:** COL11-036  
**Investigador principal:** Ariadna Batista  
**Coinvestigadores:** Claudia Grewe, Martín Caballero, Bernd Luckas y Vielka de Guevara  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Producción de grandes cantidades de diatomeas en fotobiorreactores para su empleo en el cultivo de camarones y peces en acuicultura

---

**Código del proyecto:** FID10-074  
**Investigador principal:** Lilia Chérigo Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Sergio Martínez y Jorge Lezcano  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Estudio de las malezas de los cultivos de café en Chiriquí para la obtención de herbicidas de origen natural

---

**Código del proyecto:** CCP06-033  
**Investigador principal:** Román Gordón  
**Coinvestigadores:** Eric Quirós Rodríguez, Gary Atlin y Juan Espinosa  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Desarrollo y manejo integral de cultivares de maíz de alta calidad proteica (QPM) para zonas de pobreza extrema y altos índices de desnutrición en Panamá

---

**Código del proyecto:** CCP09-025  
**Investigador principal:** Arnulfo Gutiérrez  
**Coinvestigadores:** Esteban Ruiz, Jorge Muñoz, Ricardo Hernández, Arturo Batista, Eduardo Palacios, Priscilla de González y Ulfredo Santos  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá y Centro Internacional de la Papa  
**Título del proyecto:** Introducción de los cultivos de papa y camote en las tierras altas de la República de Panamá

---

---

**Código del proyecto:** CID07-025  
**Investigador principal:** Jefferson Hall  
**Coinvestigadores:** Alejandro Royo y Mark Ashton  
**Institución ejecutora:** Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, USDA Forest Service Northern Research Station y School of Forestry and Environmental Studies, Yale University  
**Título del proyecto:** Evaluando el potencial de las plantaciones de especies nativas como sitios de almacenamientos de carbono

---

**Código del proyecto:** COL06-025  
**Investigador principal:** Marcelino Jaén Torrijos  
**Coinvestigadores:** Víctor Álvarez Calderón, Rina Y. Quintero Noriega y Karla Espinales  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Estandarización y validación de la prueba de resistencia química a los acaricidas utilizados en el control de la garrapata *Boophilus microplus* en Panamá

---

**Código del proyecto:** ITE10-008  
**Investigador principal:** Manuel Jiménez Montero  
**Coinvestigadores:** Aurealuz Aguilar  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Evaluación multifactorial y participativa de la papa de aire (*Dioscorea bulbifera*) en comunidades campesinas pobres de Donoso, provincia de Colón, Panamá

---

**Código del proyecto:** CID07-046  
**Investigador principal:** Emigdio Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Rodrigo Morales, Maritza Domínguez y Edwin Lorenzo  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Utilización de bioproductos y tecnologías limpias para el mejoramiento de la producción y de la industria semillera del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá

---

**Código del proyecto:** COL08-032  
**Investigador principal:** Emigdio Rodríguez  
**Coinvestigadores:** Audino Melgar, Edwin Lorenzo, Eduardo Palacios, Eric Quiroz, Ricardo Hernández, Matthew Blair, Steve Beebe y Alfredo Guerra  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Biofortificación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá con micronutrientes

---



---

**Código del proyecto:** COL12-036  
**Investigador principal:** Carlos Adrián Vergara Chen  
**Coinvestigadores:** Mercedes González-Wangüembert, Giomar Borrero-Pérez, Edgardo Díaz-Ferguson e Ingrid J. Sainz  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigaciones Científicas Avanzadas y Servicios de Alta Tecnología  
**Título del proyecto:** Variabilidad genética y fisiológica del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*, Ludwig 1875) en el Pacífico de Panamá: Implicaciones para su manejo pesquero y acuícola

---

**Código del proyecto:** FID07-081  
**Investigador principal:** Bruno Zachrisson  
**Coinvestigadores:** Onesio Martínez, Pamela Polanco y Jorge Gutiérrez  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Evaluación de dietas artificiales para la cría y multiplicación de *Oebalus insularis* (Stal) (Heteropetara: Pentatomidae), como base para un programa de control biológico aplicado (CBA), utilizando parasitoides oófagos

---

**Código del proyecto:** FID07-082  
**Investigador principal:** Bruno Zachrisson  
**Coinvestigadores:** Benjamín Name, José Villareal, Gabriela Castaño-Meneses y Jorge Gutiérrez  
**Institución ejecutora:** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá  
**Título del proyecto:** Estudio de la entomofauna de Collembola (Insecta), para la implementación de un modelo que determine la calidad de suelos arroceros, en Panamá

---

## 6. CIENCIAS BÁSICAS

---

**Código del proyecto:** COL06-017  
**Investigador principal:** Hilda Acosta de Patiño  
**Coinvestigadores:** Víctor Martínez C., Abdiel Rodríguez, Juan Miguel Pascale, María Nieto, Nurisabel Flórez, José María Gutiérrez, Rafael Otero, Rene Otero, René Rivera, José Berrío, David Correa, Rigoberto Jiménez, Marcelo Mack, Yasilys Urriola, René Rivera, Alberto Alzamora, Florencio Rujano, Aida Romero, Alberto Perdomo, María Val, Nurisabel Flórez, Querima Sánchez, Otila Valderrama, César Pérez, Silia Alegría y Maickol Moreno  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Investigación sobre la capacidad neutralizante de antivenenos de serpientes

---

---

**Código del proyecto:** ITE10-005  
**Investigador principal:** Alberto Caballero  
**Coinvestigadores:** José Villarreal Martínez, Carmelo Bayard, Orlando Leone, Janira Jaén, Arkin Tapia, Yui Almaguer Carmenates, José Alberto Batista, Mirna Manzané, Idania Ballesteros, Mario Luis Miranda Montenegro, Eduardo Camacho e Iván Cedeño  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Aplicación de los métodos geofísicos, geológicos e hidroquímicos en el estudio de la vulnerabilidad del acuífero de Santa María

---

**Código del proyecto:** FID05-098  
**Investigador principal:** Eduardo Camacho  
**Coinvestigadores:** Wallis Hutton y Javier Pacheco  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Caracterización de la sismicidad del extremo este del cinturón deformado del norte de Panamá

---

**Código del proyecto:** FID06-137  
**Investigador principal:** Eduardo Camacho  
**Coinvestigadores:** Josep Batllo y Ramón Macía  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Estudio de sismos históricos en el Caribe de Panamá

---

**Código del proyecto:** PRB06-010  
**Investigador principal:** Magaly Chial  
**Coinvestigadores:** Belgis Chial Zambrano  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Metagenómica de comunidades bacterianas en el lago de Las Cumbres en función de estratificación biogeoquímica

---

**Código del proyecto:** FID05-004  
**Investigador principal:** Juan Antonio Jaén  
**Coinvestigadores:** Agnes Foti, Lilibeth de García, Roberto Romagnoli, Delia del Amo, Alma Espinoza y César Navarro  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Inhibidores e imprimaciones formuladas con taninos y sus productos de corrosión subpelicular

---

---

**Código del proyecto:** FID06-227  
**Investigador principal:** Juan Antonio Jaén  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Corrosión atmosférica de aceros patinables en el ambiente natural del clima tropical húmedo de Panamá

---

**Código del proyecto:** COL11-049  
**Investigador principal:** Juan Antonio Jaén  
**Coinvestigadores:** Jesús Anselmo Tabares Giraldo, German Antonio Pérez, Ligia Edith Zamora Alfonso, Rubén Antonio Vargas Zapata, Alcides Antonio Muñoz Lasso, José Francisco Marco Sanz, Miguel Jiménez, Josefina Iglesias y Eibar J. Flores  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Síntesis, caracterización y propiedades electroquímicas de ortosilicatos de hierro y litio, material catódico para las baterías de iones de litio

---

**Código del proyecto:** FID10-098  
**Investigador principal:** Alexis Mojica Abrego  
**Coinvestigadores:** Carlos Morón y Carlos A. Ho  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Geofísica aplicada a la agricultura: utilización de las herramientas de prospección electromagnética y geoeléctrica para la detección y delimitación de zonas de alto rendimiento agrícola e identificación y caracterización de los estratos en la región de Divisa, provincia de Herrera

---

**Código del proyecto:** FID04-020  
**Investigador principal:** Ana Isabel Santana  
**Coinvestigadores:** Mahabir Gupta y Salvador Cañigueral  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá y Universidad de Barcelona  
**Título del proyecto:** Estudio de la composición química y farmacológica de la flora aromática de Panamá

---

## 7. CIENCIAS SOCIALES

---

**Código del proyecto:** FID04-037  
**Investigador principal:** Etilvia María Arjona  
**Coinvestigadores:** Nanette Svenson  
**Institución ejecutora:** Universidad Santa María La Antigua  
**Título del proyecto:** La globalización del sistema universitario de Panamá: naturaleza, causas, consecuencias y futuras implicaciones

---



---

**Código del proyecto:** CID07-009  
**Investigador principal:** Xerardo Pereiro Pérez  
**Coinvestigadores:** Cebaldo de León Inawinapi, Jorge Ventocilla Cuadros, Mónica Martínez Mauri y Yadixa del Valle  
**Institución ejecutora:** Universidad de Tras-Os-Montes e Alto Douro (Portugal)  
**Título del proyecto:** Estudio estratégico del turismo en Kuna Yala (Panamá)

---

## 8. INGENIERÍAS, LOGÍSTICA, TRANSPORTE, TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

---

**Código del proyecto:** FID11-069  
**Investigador principal:** Humberto Álvarez  
**Coinvestigadores:** Andrez Orozco, Eloy Rico y Guimara Tuñón  
**Institución ejecutora:** Universidad Marítima Internacional de Panamá  
**Título del proyecto:** Diseño de una plataforma logística a través de la optimización de redes de distribución para el sector agrícola

---

**Código del proyecto:** COL07-004  
**Investigador principal:** Anselmo Araolasa  
**Coinvestigadores:** Anselmo Araolaza, Julio González, Carlos Espinosa, Luis Mojica, Ricardo García y Lucas Di Lillo  
**Institución ejecutora:** Centro Nacional de Metrología de Panamá  
**Título del proyecto:** Patrón nacional de potencia eléctrica de alta exactitud

---

**Código del proyecto:** CVP10-009  
**Investigador principal:** Nelson Barranco Pilides  
**Coinvestigadores:** Pablo Martínez, Jorge Jaén, Marta Álvarez y Pablo Navarro  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Introducción de la electrólisis de salmuera para el suministro de agua potable a una población marginada

---

**Código del proyecto:** PRB09-003  
**Investigador principal:** Aranzazu Barbey Álvarez  
**Coinvestigadores:** Rony Caballero, Delva Batista, Humberto Álvarez, José Laguardia, Darío Solís, Ramón Galán y Sanz-bobi  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Metodología e índices de desempeño para sistemas de transporte ferroviario

---

---

**Código del proyecto:** COL10-034  
**Investigador principal:** Rony Caballero  
**Coinvestigadores:** Víctor Sánchez, Adán Vega, Héctor Montes, Aranzazu Berbey, Manuel Armada, Teodor Akinfiyev y Naomí Kato  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Diseño de un vehículo submarino de bajo costo para la inspección en tuberías

---

**Código del proyecto:** COL11-014  
**Investigador principal:** Eleicer Ching Prado  
**Coinvestigadores:** Ildeman Abrego, Gricelda de Mitre, Héctor Miranda, Amanda Watson, Elida Deobaldia, Jorge Santiago, Velimani Subramaniam, Carlos Samudio, José Domingos y Francis D'Souza  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Estudio de nanoestructuras de cerámicas óxidos metálicas con potencial uso tecnológico

---

**Código del proyecto:** FID11-079  
**Investigador principal:** Joaquín Fernando Chung  
**Coinvestigadores:** Graces González, Iván Armuelles y Gustavo Díaz  
**Institución ejecutora:** Universidad de Panamá  
**Título del proyecto:** Optimización de las redes *mesh* inalámbricas para el transporte de multimedia utilizando QoS y Multicast

---

**Código del proyecto:** FID05-147  
**Investigador principal:** Viccelda Domínguez  
**Coinvestigadores:** Noriel Franco, Yolanda Águila, Masiel Caballero, Xavier Rodríguez, Vianeth Mojica, Mirthia Gonzáles y Jorge Olmos  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Implementación de un sistema de gestión de cuencas tomando como base de respuesta la unidad ecosistemática del río David

---

**Código del proyecto:** EFA10-018  
**Investigador principal:** Viccelda Domínguez  
**Coinvestigadores:** Gladys Vidal, Ariel Grey, Cenobio Cárdenas, Nelson Barranco y Fermín Mejía  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Modelo cinético para determinar la capacidad depurativa de hidrocarburos del microcosmos, en agua y sedimento, de la bahía de Manzanillo, zonas portuarias del canal de Panamá, y su aplicación a sistemas de tratamientos biológicos

---

---

**Código del proyecto:** COL07-011  
**Investigador principal:** José Fábrega  
**Coinvestigadores:** Erick Vallester, Reinhardt Pinzón, Francisco López y Jan Hendrickxs  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá

---

**Código del proyecto:** COL07-036  
**Investigador principal:** José Fábrega  
**Coinvestigadores:** Erick Vallester, Chad Jafvert, Yong Sang Kim, Alexander Esquivel, Johana Valdés y Gloria García  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Monitoreo del efecto que los eventos puntuales de lluvia tienen en la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento para potabilizadoras en la ciudad de Panamá

---

**Código del proyecto:** COL08-075  
**Investigador principal:** José Fábrega  
**Coinvestigadores:** Erick Vallester, Fred Ogden, Jan Hendrickx, Gonzalo Pulido y David Vega  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Efecto de la estación lluviosa sobre los volúmenes de aguas subterráneas en la cuenca del canal de Panamá

---

**Código del proyecto:** CID06-008  
**Investigador principal:** Carlos Antonio Gordón Barsallo  
**Coinvestigadores:** No aplica  
**Institución ejecutora:** No aplica  
**Título del proyecto:** Servicio de Información espacial de la ciudad de Panamá: Servimap

---

**Código del proyecto:** CVP10-040  
**Investigador principal:** Jaime Johnson Ortiz  
**Coinvestigadores:** Edith Domínguez y Deborah Navarro  
**Institución ejecutora:** Junta Comunal de San Martín  
**Título del proyecto:** Diseño y ejecución participativa de un plan estratégico de apoyo a grupos o sectores marginados en el corregimiento de San Martín

---



---

**Código del proyecto:** FID05-159  
**Investigador principal:** Leopoldo Manso  
**Coinvestigadores:** Marcelo Coronado  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Desarrollo de tres modelos de secadores solares para productos agrícolas

---

**Código del proyecto:** ITE10-007  
**Investigador principal:** Lilia Esther Muñoz Arracera  
**Coinvestigadores:** Baltazar Aparicio, Erick Miranda, Xiomara de Gallardo, Edwin De Roux y Edna Bouche  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Modelo de usabilidad y accesibilidad web para ser aplicado en las PYMES de la provincia de Chiriquí

---

**Código del proyecto:** ITE10-003  
**Investigador principal:** María Lourdes Peralta  
**Coinvestigadores:** Manuel Castellero y Darío Solís  
**Institución ejecutora:** Fundación Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Sistema de gestión de infraestructuras críticas en centros urbanos y áreas en desarrollo

---

**Código del proyecto:** COL06-013  
**Investigador principal:** David Vega  
**Coinvestigadores:** Erick Vallester, José Fábrega, Jan Hendrickx, Fred Ogden, José Rodríguez, Milena Zambrano, Iris Arjona y Anelly Román  
**Institución ejecutora:** Universidad Tecnológica de Panamá  
**Título del proyecto:** Calibración de un modelo hidrogeológico para la determinación de los volúmenes de agua que fluyen en un bosque tropical húmedo: cuenca del canal de Panamá

---





# Artículos científicos publicados







Las investigaciones realizadas, se comparten entre los miembros de la comunidad científica a través de artículos científicos, que se publican en revistas periódicas de publicación científica, algunas de las cuales forman parte de listas de bases de datos de consulta mundial.

Se trata de una difusión clara y precisa de los resultados de una investigación, que se emplea para informar los hallazgos o resultados originales de los proyectos de investigación científica, tecnológica, educativa, pedagógica o didáctica y dar a conocer el proceso seguido en la obtención de estos, de esta manera pasan a formar parte del conocimiento científico. A continuación, se listan algunas de las publicaciones generadas a partir de los resultados de las investigaciones científicas de los proyectos compendiados en este libro.

- Ábrego, L.E., A. Delfraro, D. Franco, J. Castillo, M. Castillo, B. Moreno, S. López-Vergès, J.M. Pascale y J. Arbiza. (2017). «Genetic variability of human respiratory syncytial virus group B in Panama reveals a novel genotype BA14». *Journal of Medical Virology*, 89: 1734-1742.
- \_\_\_\_\_, S. Mirazo, A. Delfraro, D. Franco, M. Castillo, M. Gaitán, J. Castillo, B. Moreno, J.M. Pascale y J. Arbiza. (2018). «Genotypes of human metapneumovirus circulating during 2010-2012 in children from Panamá». *Journal of Medical Virology*, 90: 604-608.
- Araúz, D., A. García, F. Rodríguez y M. Zárate. (2016). «Nivel de contaminación y distribución espacial de metales pesados en sedimentos superficiales de bahía Damas, isla Coiba». *I+D Tecnológico*, 9(2): 14-23.
- Armién, B., J.M. Pascale, C. Muñoz, S.J. Lee, K.L. Choi, M. Ávila y F. Koster. (2011). «Incidence rate for hantavirus infections without pulmonary syndrome, Panama». *Emerging Infectious Diseases*, 17(10): 1936-1939.
- \_\_\_\_\_, P.L. Ortiz, P. González, A. Cumbreira, A. Rivero, M. Ávila, et al. (2016). «Spatial-temporal distribution of hantavirus rodent-borne infection by *Oligoryzomys fulvescens* in the Agua Buena region, Panama». *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(2): e0004460.
- Arteaga, G., B. Armién, F. Gracia, L. Castillo, D. Mojica y J. Pascale. (2013). «Evaluación por nefelometría de las cadenas ligeras Kappa libres en líquido cefalorraquídeo en pacientes sospechosos de esclerosis múltiple». *Revista Médica de Panamá*, 32: 10-16.
- Berbey, A., R. Galán, P. San Segundo, J.D. Sanz Bobi y R. Caballero. (2014). «Un algoritmo de replanificación en tiempo real basado en un índice de estabilidad de Lyapunov para líneas de metro». *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 11(2): 167-178.
- Bolaños, J., et al. (2014). «Study of the phylogenetic diversity of sponge-associated fungi isolated from highly diverse areas in the Republic of Panama and their effect on angiotensin and endothelin receptors». *Marine Biotechnology*, 17(5): 533-564.
- Boya, C.A., L. Herrera, H.M. Guzmán y M. Gutiérrez. (2012). «Antiplasmodial activity of bacilosarcin A isolated from the octocoral-associated bacterium *Bacillus* sp. collected in Panama». *J. Pharm. Bioall. Sci.*, 4: 66-69.
- Bruner, G., L. Jiménez, Y. Mendoza, B. Chial y M. de Chial. (2013). «Bacterial diversity and physicochemical stratification of the water column during the rainy season in Las Cumbres lake, Panama». *The Internet Journal of Microbiology*, 12(1).
- Caballero-George, C., et al. (2010). «Protocol to isolate sponge-associated fungi from tropical waters and an examination of their cardioprotective potential». *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 2010, 4(4): 881-898.
- \_\_\_\_\_, et al. (2012). «Fluorescence correlation spectroscopy in drug discovery: Study of Alexa532-endothelin 1 binding to the endothelin ETA receptor to describe the pharmacological profile of natural products». *Scientific World Journal*, 524169.

- Cáceres, L., J.E. Calzada, A. Gabster, J. Young, R. Márquez, R. Torres y M. Griffith. (2017). «Social representations of malaria in the guna indigenous population of comarca Guna de Madungandi, Panama». *Malaria Journal*, 16(1): artículo número 256.
- Cadena, E., J. Bourque, A. Rincón, J. Bloch, C. Jaramillo y B. Macfadden. (2012). «New turtles (Chelonia) from the late Eocene through late Miocene of the Panama canal basin». *Journal of Paleontology*, 86(3): 539-557.
- Camacho, R., L. Boyero, A. Cornejo, A. Ibáñez y R. Pearson. (2009). «Local variation in cedar distribution can explain their oversight in tropical streams». *Biotropica*, 41(5): 625-632.
- Carvajal-Contreras, D.R., R. Cooke y M. Jiménez. (2008). «Taphonomy at two contiguous coastal rockshelters in Panama: Preliminary observations focusing on fishing and curing fish». *Quaternary International*, 180(1): 90-106.
- Castillo, J., G. Arteaga, Y. Mendoza, A.A. Martínez, R. Samaniego, D. Estripeaut y J.M. Pascale. (2011). «HIV transmitted drug resistance in adult and pediatric populations in Panama». *Pan American Journal of Public Health*, 30(6): 649-656.
- Cerón-Souza, I., B.L. Turner, K. Winter y E. Medina. (2014). «Reproductive phenology and physiological traits in the red mangrove hybrid complex (*Rhizophora mangle* and *R. racemosa*) across a natural gradient of nutrients and salinity». *Plant Ecology*, 215(5): 481-493.
- Chaves, L.F., J.E. Calzada, A. Valderrama y A. Saldaña. (2014). «Cutaneous leishmaniasis and sandfly fluctuations are associated with El Niño in Panamá». *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8(10): e0003210.
- Chérigo, L., J. Lezcano, C. Spadafora y S. Martínez-Luis. (2012). «Evaluation phytotoxic, cytotoxic and antiparasitic in vitro activities of *Borreria verticillata*, a weed of panamanian coffee crops». *Bioscience Research*, 9(2): 82-86.
- \_\_\_\_\_, M. Salazar y S. Martínez-Luis. (2015). «Evaluation of phytotoxic activity of *Blechum pyramidatum*, a weed of panamanian coffee crops». *International Journal of Current Research*, 7(12): 24172-24176.
- \_\_\_\_\_, J. Lezcano y S. Martínez-Luis. (2017). «Diversity and allelopathic potential of weeds among panamanian coffee crops». *Journal of Biological Sciences*, 17(3): 232-239.
- Ching-Prado, E., A. Watson, H. Miranda e I. Abrego. (2016). «Optical properties of multilayers TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub>:F thin films». *MRS Advances*, 1: 3133-3138.
- \_\_\_\_\_. (2018). «Stress dependence of structure, electronic and optical properties of BaTiO<sub>3</sub> from WC, VdW-DF-C09 and HSE functional calculations». *Ferroelectrics*, 535(1): 171-182.
- \_\_\_\_\_, C.A. Samudio, J. Santiago-Avilés y S. Velumani. (2018). «Electronic structure and optical properties of SnO<sub>2</sub>:F from PBE0 hybrid functional calculations». *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29(18): 15423-15435.
- Cooke, R.G., T.A. Wake, M.F. Martínez-Polanco, M. Jiménez-Acosta, F. Bustamante, I. Holst, A. Lara-Kraudy, J.G. Martín y S. Redwood. (2016). «Exploitation of dolphins (Cetacea: Delphinidae) at a 6,000 year old preceramic site in the Pearl island archipelago, Panama». *Journal of Archaeological Science*, 6: 733-756.
- Coronado, L.M., N.M. Tayler, R. Correa, R.M. Giovani y C. Spadafora. (2013). «Separation of *Plasmodium falciparum* late stage-infected erythrocytes by magnetic means». *J. Vis. Exp.*, 73: e50342.
- Cossio, G., E. Araímbula, et al. (2010). «Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD) molecular variant deficiency: Identification in Panamá pediatric population». *Blood Cells Molecules and Diseases*, 44: 115-116.
- Cramer, K., A. O'Dea, T.R. Clark, J.X. y R. Norris. (2017). «Prehistorical and historical declines in Caribbean coral reef accretion rates driven by loss of parrotfish». *Nature Communication*, artículo número 14160.
- De la Torre, D. et al. (2013). «Raster image correlation spectroscopy in live cells expressing endothelin ETA receptor». *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 7(1): 499-504.
- Díaz Madrid, L., A. Vega, P. Robles y A. Yolani. (2012). «Descripción macro y microscópica de las gónadas de la cherna roja: *Epinephelus acanthistius* (Serranidae) capturadas en el Parque Nacional Coiba, Pacífico panameño». *Tecnociencia*, 14(2): 5-21.
- Erazo, D., J. Cordovez, C. Cabrera, J. Calzada, A. Saldaña y N. Gottender. (2017). «Modelling the influence of host community composition in a sylvatic *Trypanosoma cruzi* system». *Parasitology*, 144(14): 1881-1889.
- \_\_\_\_\_, C. Jaramillo, G. Bayona, S.A. Restrepo-Moreno, C. Montes, A. Cardona, A. Mora, R.J. Speakman, M.D. Glascock y V. Valencia. (2011). «Fracturing of the Panamanian isthmus during initial collision with South America». *Geology*, 39(11): 1007-1010.
- Farris, D., A. Cardona, C. Montes, D. Foster y C. Jaramillo. (2017). «Magmatic evolution of Panama canal volcanic rocks: A record of arc processes and tectonic change». *PLOS One* 12(5): e0176010.
- Félix, F. y H. Guzmán. (2014). «Satellite tracking and sighting data analyses of southeast Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Is the migratory route coastal or oceanic?». *Aquatic Mammals*, 40(4): 329-340.



- Fernández-Marín, H., G. Bruner, E.B. Gómez, D.R. Nash, J.J. Boomsma y W.T. Wcislo. (2013). «Dynamic disease management in *Trachymyrmex* fungus-growing ants (Attini: Formicidae)». *The American Naturalist*, 181(4): 571-582.
- Franco, D., A. Delfraro, L. Abrego, M. Cano, C. Castillo, M. Castillo, J. Castillo, J. Pascale y J. Arbiza J. (2012). «High genetic diversity and predominance of rhinovirus A and C from panamanian hospitalized children under five years with respiratory infections». *Virology Journal*, 9: 257.
- Gómez-Reyes, J.F., A. Salazar, H.M. Guzmán, Y. González, P.L. Fernández, A. Ariza-Castolo, M. Gutiérrez y S. Briarellin. (2012). «Two new eunicellin-based diterpenoids from the panamanian octocoral *Briareum asbestinum*». *Mar. Drugs*, 10: 2608-2617.
- González, P., Y.E. Sawyer, M. Ávila, A.G. Armién, B. Armién y J.A. Cook. (2010). «Variation in cytochrome-b haplotypes suggests a new species of *Zygodontomys* (Rodentia: Cricetidae) endemic to isla Coiba, Panama». *Zoología*, 27(4): 660-665.
- Gonzalez, R., N. Carrejo, R. Wilkerson, J. Alarcón, R. Bhatia, J.R. Loaiza y Y. Linton. (2010). «Confirmation of *Anopheles* (*Anopheles*) *calderoni* Wilkerson, 1991 (Diptera: Culicidae) in Colombia and Ecuador through molecular and morphological correlation with topotypic material». *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 105(8): 1001-1009.
- Griffith, M., J. Rovira, R. Torres, J. Calzada, C. Victoria y L. Cáceres. (2015). «Conocimientos, actitudes y prácticas sobre la malaria en la población indígena guna de la comarca de Madungandi, Panamá, 2012». *Biomédica*, 35(4): 480-95.
- Guzmán, H.M., C.G. Gómez, C.A. Guevara y L. Kleivane. (2013). «Potential vessel collisions with Southern Hemisphere humpback whales wintering off Pacific Panama». *Marine Mammal Science*, 29: 629-642.
- \_\_\_\_\_, R. Condit, B. Pérez-Ortega, J.J. Capella y P.T. Stevick. (2015). «Population size and migratory connectivity of humpback whales wintering in las Perlas archipelago, Panama». *Marine Mammal Science*, 31: 90-105.
- Hakre, S., G. Arteaga, A.E. Núñez, C.T. Bautista, A. Bolen, M. Villarreal y Panama HIV EPI Group. (2013). «Prevalence of HIV and other sexually transmitted infections and factors associated with syphilis among female sex workers in Panama». *Sexually transmitted infections*, 89(2): 156-164.
- \_\_\_\_\_, G.B. Arteaga, A.E. Núñez, N. Arambu, B. Aumakhan, M. Liu, S.A. Peel, J.M. Pascale, P.T. Scott y Panama HIV EPI Group. (2014). «Prevalence of HIV, syphilis, and other sexually transmitted infections among MSM from three cities in Panama». *Journal Urban Health*, 91(4): 793-808.
- Hoyos-Santillan, J., J. Craigon, B.H. Lomax, O. López, B.L. Turner y S. Sjögersten. (2016). «Root oxygen loss from *Raphia taedigera* palms mediates greenhouse gas emissions in lowland neotropical peatlands». *Plant and Soil*, 404(1-2): 47-60.
- Hurtado, L.A., J.E. Calzada, V. Pineda, K. González, A.M. Santamaría, L. Cáceres, C. Wald y A. Saldaña. (2014). «Conocimientos y factores de riesgo relacionados con la enfermedad de Chagas en dos comunidades panameñas donde *Rhodnius pallescens* es el vector principal». *Biomédica*, 34(2): 260-70.
- Jaén, J.A., A. Muñoz, J. Justavino y C. Hernández. (2009). «Characterization of initial atmospheric corrosion of conventional weathering steels and a mild steel in a tropical atmosphere». *Hyperfine Interact.*, 192(1): 51-59.
- \_\_\_\_\_, J. De Obaldía y M.V. Rodríguez. (2011). «Application of Mössbauer spectroscopy to the study of tannins inhibition of iron and steel corrosion». *Hyperfine Interactions*, 202(1-3): 25-38.
- \_\_\_\_\_, O. Adames, J. Iglesias y C. Hernández. (2011). «Caracterización de la pátina protectora del acero patinable ASTM A709 HPS-70W del puente Centenario». *Tecnociencia*, 13(2): 81-99.
- \_\_\_\_\_, J. Iglesias y C. Hernández. (2012). «Analysis of short-term steel corrosion products formed in tropical marine environments of Panama». *International Journal of Corrosion*, volumen 2012: artículo 162729, 11 pp.
- \_\_\_\_\_, J. Iglesias y O. Adames. (2014). «Indoor atmospheric corrosion of conventional weathering steels in the tropical atmosphere of Panama». *Hyperfine Interact.*, 224: 279-288.
- \_\_\_\_\_, M. Jiménez, E. Flores, A. Muñoz, J.A. Tabares y G.A. Pérez Alcázar. (2015). «Structural study on nickel doped Li-2FeSiO<sub>4</sub>». *Hyperfine Interactions*, 232(1-3): 127-140.
- \_\_\_\_\_, J. Iglesias, A. Muñoz, J.A. Tabares y G.A. Pérez Alcázar. (2015). «Characterization of magnesium doped lithium iron silicate». *Croatica Chemical Acta*, 88(4): 487493.
- Jagadeeshan, S. y A. O'Dea. (2012). «Integrating fossils and molecules to study cupuladriid evolution in an emerging isthmus». *Evolutionary Ecology*, 26(2): 337-355.
- Lainhart, W., L.C. Dutari, J.R. Rovira, J.E. Conn y J.R. Loaiza. (2016). «Epidemic and non-epidemic hot spots of malaria transmission occur in indigenous comarcas of Panama». *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(5): e0004718.
- Lee, S.J., M. Ávila, B. Armién, P. González, F. Gracia, J.M. Pascale y Y. Zaldívar. (2009). «Hantavirus infection and habitat associations among rodent populations in agroecosystems of panama: Implications for human disease risk». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 81(1): 59-66.

- Loaiza, J.R., E. Bermingham, M.E. Scott, J. Rovira y J.E. Conn. (2008). «Species composition and distribution of adult *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in Panama». *Journal of Medical Entomology*, 45(5): 841-851.
- \_\_\_\_\_, M.E. Scott, E. Bermingham, J. Rovira, O. Sanjur y J.E. Conn. (2009). «Short report: *Anopheles darlingi* in Panama». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 81: 23-26.
- \_\_\_\_\_, M. Scott, E. Bermingham, O.I. Sanjur, R.C. Wilkerson, J. Rovira, L.A. Gutiérrez, M.A. Correa, L. Birnberg, M. Grijalva, S.A. Bickersmith y J.E. Conn. (2010). «Late Pleistocene environmental changes lead to unstable demography and population divergence of *Anopheles albimanus* in the northern Neotropics». *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57: 1341-1346.
- \_\_\_\_\_, M.E. Scott, E. Bermingham, J. Rovira y J.E. Conn. (2010). «Evidence for Pleistocene population divergence and expansion of *Anopheles albimanus* in southern Central America». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 82(1): 156-164.
- \_\_\_\_\_, E. Bermingham, O.I. Sanjur, M.E. Scott, S.A. Bickersmith y J.E. Conn. (2012). «Review of genetic diversity in malaria vectors (Culicidae: Anophelinae)». *Infection Genetics and Evolution*, 12(1): 1-12.
- \_\_\_\_\_, M.E. Scott, E. Bermingham, O.I. Sanjur, J.R. Rovira, L.C. Dutari, Y.M. Linton, S. Bickersmith y J.E. Conn. (2013). «Novel genetic diversity within *An. punctimacula* s.l.: Phylogenetic discrepancy between the Barcode cytochrome c oxidase I gene and the rDNA second internal transcribed spacer». *Acta Tropica*, 128(1): 61-69.
- \_\_\_\_\_, A. Almanza, J.C. Rojas, L. Mejía, N.D. Cervantes, J. Sánchez Galán, F. Merchan, A. Grillet, M.J. Miller, L.F. De León y R.A. Gittens. (2019). «Application of matrix-assisted laser desorption ionization mass spectrometry to identify species of the neotropical malaria vector *Anopheles*». *Malaria Journal*, 18: 95.
- \_\_\_\_\_, y M.M. Miller. (2019). «Historical and contemporary forces combine to shape patterns of genetic differentiation in two species of Mesoamerican *Anopheles* mosquitoes». *Biological Journal of the Linnean Society*, 126(1): 146-157.
- López, A.C., A. Ortiz, J. Coello, W. Sosa-Ochoa, R.E.M. Torres, E.I. Banegas y G.A. Fontecha. (2012). «Genetic diversity of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* in Honduras». *Malaria Journal*, 11: 391.
- López, O. (2012). «Introduced alien plant species in the neotropics: The Panama case». *The Open Ecology Journal*, 5: 84-89.
- Macfadden, B., M. Kirby, A. Rincón, C. Montes, S. Morón, N. Strong y C. Jaramillo. (2010). «Extinct peccary *Cynorca occidentale* (Tayassuidae, Tayassuinae) from the Miocene of Panama and correlations to North America». *Journal of Paleontology*, 84(2): 288-298.
- Macinnis-Ng, C.M., E.E. Flores y S.L. Müller. (2012). «Rainfall partitioning into throughfall and stemflow and associated nutrient fluxes: Land use impacts in a lower montane tropical region of Panama». *Biogeochemistry*, 111(1-3): 661-676.
- \_\_\_\_\_, E.E. Flores, H. Müller y L. Schwendenmann. (2014). «Throughfall and stemflow vary seasonally in different land-use types in a lower montane tropical region of Panama». *Hydrological Processes*, 28: 2174-2184.
- Mark D., U., A.G. Coates, C.A. Jaramillo, C. Montes, C. Pimiento, A. Rincón, N. Strong y J. Velez-Juarbe. (2010). «Marine mammals from the Miocene of Panama». *Journal of South American Earth Sciences*, 30(3-4): 167-175.
- Martin, J.G., R.G. Cooke, F. Bustamante, I. Holst, A. Lara y S.D. Redwood. (2016). «Ocupaciones prehispánicas en isla Pedro González, archipiélago de las Perlas, Panamá: Aproximación a una cronología con comentarios sobre las conexiones externas». *Latin American Antiquity*, 27(3): 378-396.
- Martínez M., Mónica (2013). «Intercambios y diálogos entre aves y humanos. Apuntes etnográficos en la Gunayala de hoy». *Canto Rodado*, 8: 41-58.
- Martínez, A.A., Y. Zaldívar, C.C. Hong, M.V. Alvarado-Mora, R. Smith, A. Ortiz y J.M. Pascale. (2013). «Molecular characterisation of hepatitis B virus in the resident chinese population in Panama city». *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108(5): 541-547.
- \_\_\_\_\_, Y. Zaldívar, CSS-NAT Group, Z. De Castillo, A.Y. Ortiz, Y. Mendoza, et al. (2014). «High diversity of hepatitis B virus genotypes in panamanian blood donors: A molecular analysis of new variants». *PLOS One*, 9(8): e103545.
- \_\_\_\_\_, Y. Zaldívar, G. Arteaga, Z. De Castillo, A. Ortiz, Y. Mendoza, et al. (2015). «Phylogenetic analysis of hepatitis B virus genotypes circulating in different risk groups of Panama, evidence of the introduction of genotype A2 in the country». *PLOS One*, 10(7): e0134850.
- Mayo, J. y C. Mayo. (2013). «El descubrimiento de un cementerio de élite en El Caño: Indicios de un patrón funerario en el valle de río Grande, Coclé, Panamá». *Arqueología Iberoamericana* 20: 3-27.
- \_\_\_\_\_, C. Mayo, M. Guinea Bueno, M.A. Hervás Herrera y J. Herrerin López. (2016). «La tumba T7 de la necrópolis de El Caño, tradición arqueológica Gran Coclé, istmo de Panamá». *Arqueología Iberoamericana*, 30: 30-43.

- Miranda, A., F. Samudio, A. Saldaña, J. Castillo, A. Brandão y J.E. Calzada. (2014). «The calmodulin intergenic spacer as molecular target for characterization of *Leishmania* species». *Parasites and Vectors*, 7: 35.
- Miranda, H., S. Velumani, C.A.S. Pérez, J.C. Krause, F. D'Souza, E. De Obaldía y E. Ching-Prado. (2019). «Effects of changes on temperature and fluorine concentration in the structural, optical and electrical properties of SnO<sub>2</sub>:F thin films». *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(16): 15563-15581.
- Mojica, A., C. Mayo, G.I.D. Gracia, E. Moreno, A. Ruiz y J. Mayo. (2007). «Estructuras arquitectónicas incipientes y áreas de explotación minera prehispánica de las cuencas de los ríos Grande y Coclé del Sur, Panamá». *Revista Española de Antropología Americana*, 37(1): 93-110.
- Montes, C., A. Cardona, R. McFadden, S.E. Morón, C.A. Silva, S. Restrepo-Moreno, D.A. Ramírez, N. Hoyos, J. Wilson, D. Farris, G.A. Bayona, C.A. Jaramillo, V. Valencia, J. Bryan y J.A. Flores. (2012). «Evidence for middle Eocene and younger land emergence in central Panama: Implications for Isthmus closure». *GSA Bulletin*, 124(5-6): 780-799.
- \_\_\_\_\_, G. Bayona, A. Cardona, D.M. Buchs, C.A. Silva, S. Morón, N. Hoyos, D.A. Ramírez, C.A. Jaramillo y V. Valencia. (2012). «Arc-continent collision and orocline formation: Closing of the Central American seaway». *Journal of Geophysical Research*, 117: B04105.
- Moree, W.J., J.Y. Yang, X. Zhao, W.T. Liu, M. Aparicio, L. Atencio y P.C. Dorrestein. (2013). «Imaging mass spectrometry of a coral microbe interaction with fungi». *Journal of Chemical Ecology*, 39(7): 1045-1054.
- Moreno, B., L. Abrego, J.P. Carrera, D. Franco, M. Gaitán, P. Castillo, J.M. Pascale y J. Arbiza. (2016). «Detection of human bocavirus type 1 infection in panamanian children with respiratory illness». *Journal of Medical Virology*, 88: 389-94.
- Moreno, M., S. Bickersmith, J.R. Loaiza y J.E. Conn. (2013). «Phylogenetic relationships of the broadly distributed neotropical *Anopheles triannulatus* complex». *Parasites and Vectors*, 6: 47.
- O'Dea, A., A. Ostrovsky y F. Rodríguez. (2010). «Embryonic brooding and clonal propagation in tropical eastern Pacific cupuladriid bryozoans». *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(2): 291-299.
- \_\_\_\_\_, y L.S. Collins. (2013). «Environmental, ecological and evolutionary change in seas across the isthmus of Panama». *Bulletin of Marine Science*, 89(4): 769-777.
- Rodríguez, I.G., A. Saldaña, K. González, V. Pineda, M. Perea, A.M. Santamaría, C.C. de Junca, L.F. Chaves y J.E. Calzada. (2018). «*Trypanosoma cruzi* infection in *Rhodnius pallescens* (Heteroptera: Reduviidae) infesting coyol palms in the dry arch of Panamá». *Journal of Medical Entomology*, 55(3): 691-700.
- Rodríguez-Reyes, O., H. Falcon-Lang, P. Gasson, M. Collinson y C. Jaramillo. (2014). «Fossil woods (Malvaceae) from the lower Miocene (early to mid-Burdigalian) part of the Cucaracha formation of Panama (Central America) and their biogeographic implications». *Review of Palaeobotany and Palynology*, 209: 11-34.
- Saldaña, A., J.E. Calzada, J. Garisto, S. Zebedes, F.E. Samudio, R. Blandón y O. Avilés. (2009). «Prevalencia de autoanticuerpos contra receptores autonómicos en pacientes panameños con cardiopatía chagásica crónica y con otras formas de cardiopatía». *Biomédica*, 29(1): 133-139.
- \_\_\_\_\_, A.M. Santamaría, V. Pineda, V. Vásquez, N.L. Gottdenker y J.E. Calzada. (2018). «A darker chromatic variation of *Rhodnius pallescens* infected by specific genetic groups of *Trypanosoma rangeli* and *Trypanosoma cruzi* from Panama». *Parasites and Vectors*, 11(1): 423.
- Sánchez-Argüello R.I., A. Cornejo, R.G. Pearson y L. Boyero. (2010). «Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed». *Int. J. Limnol.*, 46(3): 149-156.
- \_\_\_\_\_, A. Cornejo, L. Boyero y A. Santos. (2010). «Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Capira». *Tecnociencia*, 12(2): 57-70.
- \_\_\_\_\_, A. Cornejo, R.G. Pearson y L. Boyero. (2010). «Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed». *Int. J. Limnol.*, 46: 149-156.
- Seijo, M., J. Mayo Torné, C. Mayo Torné, R. Huerta e I. Piqué. (2012). «Forest resources, chiefdoms and mortuary practices in the neotropics: Preliminary archaeobotanical analysis from El Caño, funerary complex». *Geophysical Research Abstracts*, 14: EGU2012.
- \_\_\_\_\_, R. Huerta, I. Pique, J. Mayo Torné, C. Mayo Torné y E. Abad Vidal. (2016). «Madera carbonizada en contextos funerarios de la jefatura de río Grande, Panamá: Antracología en el sitio El Caño». *Chungará*, 48(2): 277-294.
- Silva, C., G. Bayona, A. Osorio, C. Montes, C. Jaramillo y L. Santamaría. (2012). «Documenting Translation and Vertical-Axis Rotations using Paleomagnetic Techniques along the Panama Isthmus: Preliminary Results». *I+D Tecnológico*, 8(1): 43-48.
- Smith, A.R., J.M. Kapheim, S. O'Donnell y W.T. Wcislo. (2009). «Social competition but not subfertility leads to a division of labour in the facultatively social sweat bee *Megalopta genalis* (Hymenoptera: Halictidae)». *Animal Behaviour*, 78(5): 1043-1050.



- Smith, A.M., M.A. Seid, L.C. Jiménez y W.T. Wcislo. (2010). «Socially induced brain development in a facultatively eusocial sweat bee *Megalopta genalis* (Halictidae)». *Proceedings of the Royal Society*, 227: 1691.
- Spadafora, C., G.A. Awandare, K.M. Kopydlowski, J. Czege, J.K. Moch, R.W. Finberg y J.A. Stoute. (2010). «Complement receptor 1 is a sialic acid-independent erythrocyte receptor of *Plasmodium falciparum*». *PLOS Pathogens*, 6(6): e1000968.
- Strassnig, C. y C. Stassnig. (2010). «Rediscovering the "Camino Real" of Panama: Archaeology and heritage tourism potentials». *Journal of Latin American Geography*, 9(2): 159-168.
- Trento, A., L. Abrego, R. Rodríguez-Fernández, M. González-Sánchez, F. González-Martínez, A. Delfraro, J. Pascale, J. Arbiza y J. Melero. (2015). «Conservation of G protein epitopes in respiratory syncytial virus (group A) despite broad genetic diversity: Is antibody selection involved in virus evolution?». *Journal of Virology*, 89: 7776-7785.
- Valderrama, A., G.M. Tavaré y J.D. Andrade Filho. (2011). «Anthropogenic influence in the distribution, abundance and diversity of the vectors of leishmaniasis in Panamá». *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 106(8): 1032-1038.
- \_\_\_\_\_, G.M. Tavaré y J.D. Andrade Filho. (2011). «Report of *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in a cutaneous-leishmaniasis-endemic area of Panama». *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 106(8): 1049-1051.
- \_\_\_\_\_, M.G. Tavares y J.D. Andrade Filho. (2011). «Anthropogenic influence on the distribution, abundance and diversity of sandfly species (Diptera: Phlebotominae: Psychodidae), vectors of cutaneous leishmaniasis in Panama». *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 106(8): 1024-1031.
- \_\_\_\_\_, M.G. Tavares y J.D. Andrade Filho. (2014). «Phylogeography of the *Lutzomyia gomezi* (Diptera: Phlebotominae) on the Panama isthmus». *Parasite Vector*, 7: artículo número 9.
- Vega, A.J., J.L. Maté, y Y.A. Robles P. (2016). «Primer reporte de agregaciones de desove para los pargos seda (*Lutjanus peru*) (Nicholson y Murphy, 1992) y mancha (*L. guttatus*) (Steindachner, 1869) en el Parque Nacional Coiba, Pacífico de Panamá». *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 68: 112-117.
- Vittor, A.Y., B. Armien, P. González, J.P. Carrera, C. Domínguez, A. Valderrama A, et al. (2016). «Epidemiology of emergent madariaga encephalitis in a region with endemic venezuelan equine encephalitis: Initial host studies and human cross-sectional study in Darien, Panama». *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(4): e0004554.
- Yamada, K., A. Valderrama, N. Gottdenker, L. Cerezo, N. Minakawa, A. Saldaña y L.F. Chaves. (2016). «Macroecological patterns of american cutaneous leishmaniasis transmission across the health areas of Panamá (1980-2012)». *Parasite Epidemiology and Control*, 1(2): 42-55.
- Zachrisson, B. y O. Martínez. (2011). «Estructura de la comunidad edáfica de *Collembola* (Insecta), en áreas productoras de banano, Panamá». *Tecnociencia*, 13(1): 19-29.
- \_\_\_\_\_, G. Castaño-Menezes y O. Martínez. (2011). «Primer registro de géneros de *Collembola* (Hexapoda: Entognatha), asociados a suelos de vocación arrocería y bananera, para Panamá». *Actualidad Agropecuaria*, 148: 20-21.
- \_\_\_\_\_, V. Costa y J.A. Bernal. (2014). «Natural incidence of eggs parasitoids of *Oeobalus insularis* Stal. (Heteroptera: Pentatomidae), in Panama». *Idesia*, 32(2): 119-121.
- \_\_\_\_\_, C.B. Margaría, M. Loíacono y O. Martínez. (2014). «Parasitismo de huevos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae), en arroz (*Oryza sativa* L.) en Panamá». *Revista Colombiana de Entomología*, 13(2): 189-190.
- \_\_\_\_\_, P. Polanco y O. Martínez. (2014). «Por qué la maleza *Echinochloa colona*, favorece el desarrollo de biológico y reproductivo del «chinche del arroz» *Oeobalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae)». *Actualidad Agropecuaria*, 183: 14-16.
- \_\_\_\_\_, P. Polanco y O. Martínez. (2014). «Desempeño biológico y reproductivo de *Oeobalus insularis* Stal. (Hemiptera: Pentatomidae), en diferentes plantas hospedantes. *Revista de Protección Vegetal*, 14(2): 77-81.
- Zarowiecki, M., J.R. Loaiza y J.E. Conn. (2011). «Towards a new role for vector systematics in parasite control». *Parasitology*, 138(13): 1723-1729.





Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá  
Plan Nacional 2015-2019

[www.senacyt.gob.pa](http://www.senacyt.gob.pa)

