



# Memorias del 4to Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC– DPNG

Proceedings of the 4th Galápagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG

## **Archivos Académicos USFQ**

Número 33

### **Memorias del 4to Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC– DPNG | Proceedings of the 4th Galápagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG**

#### **Editores y organizadores:**

Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>1</sup>, Sofía Tacle<sup>1</sup>, Maryuri Yépez<sup>2</sup>, Ana Lucia Carrión Bonilla<sup>1</sup> y Cristina Vintimilla-Palacios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Galápagos Science Center GSC, Universidad San Francisco de Quito y University of North Carolina at Chapel Hill, Av. Alsacio Northia, Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

<sup>2</sup>Dirección Parque Nacional Galápagos.

#### **Comité editorial y de organización:**

Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>1</sup>, Sofía Tacle<sup>1</sup>, Maryuri Yépez<sup>2</sup>, Ana Lucia Carrión Bonilla<sup>1</sup> y Cristina Vintimilla-Palacios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Galapagos Science Center GSC, Universidad San Francisco de Quito y University of North Carolina at Chapel Hill, Av. Alsacio Northia, Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

<sup>2</sup>Dirección Parque Nacional Galápagos.

#### **Expositores:**

Amanda Thompson

Salvador J. Jorgensen

Cheryl A. Logan

Adrian Marchetti

Alex Hearn

Lauren Goodman

Diana Alexandra Pazmiño Jaramillo

Yasuní Chiriboga

Daniela Estefanía Alarcón Ruales

Silvia R. Zavala Montoya

Jason S G. Castañeda

Cristina Vintimilla-Palacios

Marjorie Riofrío Lazo

Salomé Izurieta

Valeria Ochoa-Herrera

Amanda Thompson

Hannah Jahnke

Renato Leon

Leigh Ellyn Preston

Robert W. Lamb

Maya Greenhill

Juan Pablo Muñoz-Pérez

Francisco Laso

Adam Burke

Sebastián Ignacio Donoso Bustamante

Carlos F. Mena

María de Lourdes Torres  
Bryan Reatini  
Riveros-Iregui, Diego A.  
Matthew J.S. Gibson  
Galo Quezada  
Gregory A. Lewbart  
Alejandro Arteaga y Juan Manuel Guayasamin  
Kirtana Kumar  
John W. Rowe  
Emilio J. Mancero  
Jaime Grijalva Rosero

### USFQ PRESS

Universidad San Francisco de Quito USFQ  
Campus Cumbayá USFQ, Quito 170901, Ecuador  
Marzo 2020, Quito, Ecuador

**ISBNe:** 978-9978-68-179-4

Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador

Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC – DPNG  
(4° : 2021 : Quito, Ecuador)

Memorias del 4to Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG = Proceedings of the 4th Galápagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG / editores y organizadores: Juan Pablo Muñoz-Pérez, Sofía Tacle, Maryuri Yépez ... [y otros] ; expositores: Amanda Thompson, Salvador J. Jorgensen, Cheryl A. Logan ... [y otros]. – Quito : USFQ Press, 2021.  
p. cm. ; (Archivos Académicos USFQ, ISSN: 2528-7753 ; no. 33 (feb. 2021))

ISBNe: 978-9978-68-179-4

1. Galápagos (Ecuador) – Congresos y conferencias. – I. Muñoz-Pérez, Juan Pablo, ed. – II. Tacle, Sofía, ed. – III. Yépez, Maryuri, ed. – IV. Thompson, Amanda, exp. – V. Jorgensen, Salvador J., exp. – VI. Logan, Cheryl A., exp. – VII. Título. – VIII. Serie monográfica

CLC: QH 198 .G3 S56 2021  
CDD: 508.8665

OBI-110



**Archivos Académicos USFQ**

ISSN: 2528-7753

**Editora de la serie monográfica:** Andrea Naranjo

*Archivos Académicos USFQ* es una serie monográfica multidisciplinaria dedicada a la publicación de actas y memorias de reuniones y eventos académicos. Cada número de Archivos Académicos USFQ es procesado por su propio comité editorial (formado por los editores generales y asociados), en coordinación con la editora de la serie. La periodicidad de la serie es ocasional y es publicada por USFQ PRESS, el departamento editorial de la Universidad San Francisco de Quito USFQ.

Más información sobre la serie monográfica Archivos Académicos USFQ:

<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/archivosacademicos/index>

Contacto:

Universidad San Francisco de Quito, USFQ  
Atte. Andrea Naranjo | Archivos Académicos USFQ  
Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica  
Casilla Postal: 17-1200-841  
Quito 170901, Ecuador

**Organizaciones Auspiciantes:**

Galápagos Science Center GSC, Universidad San Francisco de Quito y University of North Carolina at Chapel Hill, Av. Alsacio Northia, Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

Dirección Parque Nacional Galápagos.



Parque Nacional  
**GALÁPAGOS**  
Ecuador

Con el gentil apoyo de:



THE UNIVERSITY  
*of* NORTH CAROLINA  
*at* CHAPEL HILL



**Memorias del 4to Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG  
Proceedings of the 4th Galápagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG**

**Juan Pablo Muñoz-Pérez, Sofía Tacle , Maryuri Yépez,  
Ana Lucia Carrión Bonilla y Cristina Vintimilla-Palacios**  
Editores y organizadores



## TABLA DE CONTENIDOS

<i>Factores sociales y ambientales asociados con la salud humana en Galápagos, Ecuador / Social and Environmental Factors Associated with Human Health in Galapagos, Ecuador.</i>	11
<i>A rare shark nursery in Puerto Grande, San Cristóbal, Galápagos</i> .....	12
<i>Galapagos corals: canaries in the coal mine</i> .....	13
<i>Factores influyentes en la estructura de la comunidad de plancton en el Archipiélago de Galápagos / Factors influencing plankton community structure in the Galapagos Archipelago.</i> .....	14
<i>Martillos y migravías: ¿Cómo proteger a nuestros tiburones cuando salen de la Reserva Marina? / Hammerheads and swimways: How to protect our sharks when they leave the Marine Reserve?</i> .....	15
<i>Con ojos de águila: ¿Cómo podemos capturar las áreas potenciales de crianza de tiburones con la tecnología de drones? / A birdseye view: ¿How can we capture potential shark nursery areas with drone technology?</i> .....	18
<i>Rayas como organismo modelo para identificar áreas prioritarias de conservación en la Reserva Marina de Galápagos / Rays as model organisms to identify priority areas for conservation within the Galapagos Marine Reserve</i> .....	22
<i>Shark count Galápagos: Ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo de la megafauna marina en la Reserva Marina de Galápagos / Shark count Galapagos: citizen science as a tool for monitoring marine megafauna in the Galapagos Marine Reserve.</i> .....	24
<i>Aquatic biology of green sea turtles (Chelonia mydas) in Galapagos.</i> .....	26
<i>Estimación de la proporción de sexos de la tortuga verde (Chelonia mydas) en áreas de alimentación en las Islas Galápagos / Sex Ratio Estimations of green sea turtles (Chelonia mydas) at foraging sites in the Galapagos Islands.</i> .....	29
<i>Ecología espacial y video científico (EEVC) como herramienta para el estudio de tortugas marinas en las islas galápagos y el uso de individuos para la exploración de los ambientes en los cuales habitan / Spatial ecology and scientific video (SESV) as a tool to study sea turtles in the galápagos islands and using individuals to explore surrounding environments where they inhabit.</i> .....	30
<i>Caracterización de la población de quitones (radsia goodalli y radsia sulcatus) en la isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador, para la recomendación de medidas de manejo / Chitons population characterization (radsia goodalli y radsia sulcatus) in San Cristóbal Island, Galapagos, Ecuador for management recommendations.</i> .....	32
<i>Desarrollo del ecosistema de plataforma de la region sureste de Galápagos bajo efectos de cambio climático / The ecosystem development of the Southeastern Galapagos shelf under climatic change effects.</i> .....	35
<i>Diferencias regionales en la morfometría craneal de las poblaciones adultas del lobo marino macho de Galápagos (Zalophus wollebaeki) / Regional differences in the cranial morphometry of adult populations of male Galapagos sea lion (Zalophus wollebaeki)</i> .....	37



<i>Un método integrado para evaluar la calidad del agua entre 2007 y 2015 en la Isla Santa Cruz, en el Archipiélago de Galápagos / An Integrated Approach for Evaluating Water Quality between 2007-2015 in Santa Cruz Island in the Galapagos Archipelago</i> .....	40
<i>Agua, comida y salud en San Cristóbal: Estudio de familias saludables / Water, food and health in San Cristóbal: The healthy family study</i> .....	42
<b>Madres sanas, bebés sanos / Motherhood, stress, and infant health on San Cristobal Island</b> .....	44
<i>Aedes aegypti: distribución y epidemiología del dengue, chikungunya y zika en Galápagos / Aedes aegypti: distribution and epidemiology of dengue, chikungunya, and zika in Galapagos. a mixed methods study</i> .....	46
<i>Identificación de las exposiciones a las infecciones parasíticas que utilizan un enfoque de salud en las islas Galápagos / Identification of exposures to parasitic infections using a one health approach in the Galapagos islands</i> .....	48
<i>Dinámica a largo plazo en poblaciones de peces de arrecife en la Reserva Marina de Galápagos / Long-term reef fish population dynamics</i> .....	51
<i>Funciones ecológicas y complementaridad de nicho de tres especies de damisela en la Reserva Marina de Galápagos / Niche complementarity and ecological function of three damselfishes in the Galapagos Marine Reserve</i> .....	55
<i>Impactos preliminares de la contaminación por plástico en las tortugas marinas de Galápagos / Preliminary impacts of plastic pollution in Galapagos sea turtles</i> .....	59
<i>Mapeo de los agroecosistemas y zonas altas húmedas de las islas Galápagos / Mapping agroecosystems and humid highlands of the Galapagos islands</i> .....	63
<i>¿Altos y bajos? los impactos sociales del crecimiento ecoturístico en las prácticas de pesca artesanal y la gastronomía insular en Galápagos / Boom or bust? the social impacts of ecotourism growth on Galapago's artisanal fishing practice and local cuisine</i> .....	65
<i>El Suministro de Alimentos en Galápagos: enlazando agricultura, importaciones y turismo para crear escenarios futuros</i> .....	69
<i>El origen de la guayaba (Psidium guajava), especie invasora en las Galápagos, y evaluación de su posible hibridación con el guayabillo (Psidium galapaegium), especie endémica / Origins of the invasive guava (Psidium guajava) on the Galapagos islands and assesment of its possible hybridization with the endemic guayabillo (Psidium galapaegium)</i> .....	69
<i>Análisis de la interferencia reproductiva entre la Guayaba (Psidium guajava) y el Guayabillo (P. galapageium) / Analysis of reproductive interference between Guava (Psidium guajava) and Guayabillo (P. galapageium)</i> .....	74
<i>Guava, expert invader: insights into plant water use in the Galápagos Islands</i> .....	75
<i>La historia demográfica de las especies de tomate en las islas Galápagos: las consecuencias genómicas de una invasión biológica / Demographic histories of tomato species on the Galapagos islands: genomic consequences of a biological invasión</i> .....	77
<i>Mortalidad de aves en la carretera de la isla Santa Cruz, Galápagos</i> .....	80
<i>Ecología de forrajeo y conservación de la lechuga y el búho de las islas Galápagos</i> .....	82
<i>Crossmatching the Galápagos Tortoise, Chelonoidis chathamensis, on the island of San Cristóbal</i> .....	83
<i>Los reptiles de las islas Galápagos</i> .....	84
<i>Estado poblacional y conservación de las iguanas terrestres de Galápagos (Conolophus subcristatus) / Population status of the Galapagos land iguana (Conolophus subcristatus)</i> ..	86



*Ecología térmica de lagartijas de lava de San Cristóbal (Microlophus bivittatus) / Thermal Ecology of San Cristóbal Lava Lizards (Microlophus bivittatus) ..... 88*

*Rol del tamaño corporal de lagartijas de lava de San Cristóbal (Microlophus bivittatus) en selección sexual: análisis de comportamiento mediante modelos robóticos / Role of chatham island lava lizards (Microlophus bivittatus) body size in sexual selection: behavior analysis using robot displays ..... 90*

*Estimado de la población de gatos vagabundos en Puerto Baquerizo Moreno, San Cristóbal, Galápagos/ Free roaming cats population estimate in Puerto Baquerizo Moreno, San Cristobal, Galapagos ..... 93*

.....

4TO SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN & CONSERVACIÓN EN GALÁPAGOS GSC–  
DPNG

En el marco del aniversario número 60 de creación del Parque Nacional Galápagos, como área protegida, estamos muy contentos acerca del desarrollo de **IV simposio anual sobre investigación y conservación, organizado por la Dirección Parque Nacional Galápagos (DPNG) y el Galápagos Science Center (GSC)**, es un evento único que reunió a participantes interdisciplinarios y multiculturales de todo el mundo con un interés y objetivo común: la investigación aplicada y la conservación de Galápagos y su entorno.

El conocimiento científico es el eje del desarrollo de los pueblos, razón por la cual, el simposio pretendió compartir este conocimiento con la comunidad. El simposio fomentó la discusión, el debate y el intercambio de conocimientos, técnicas de investigación y experiencia para hacer frente a nuevas preguntas sobre la investigación y retos en la conservación de Galápagos.

El cuarto simposio anual se llevó a cabo **junio 25 y 26, 2019 08:00-19:00. En el Centro de Convenciones Charles Darwin en la Isla San Cristóbal-Galápagos.**

El simposio tuvo como objetivo principal evidenciar la importancia de la investigación como un campo de búsqueda de soluciones y compartir los esfuerzos nacionales, regionales e internacionales de conservación, proporcionando un lugar para el intercambio de las prácticas de investigación y conservación de punta.

Los expositores del simposio han sido capaces de promover su investigación, conectar con otras personas que trabajan en su campo, y capacitar a los futuros investigadores. La idea de esta reunión fue también proporcionar una oportunidad única para que los participantes colaboren en proyectos, crear nuevas asociaciones y crear las redes internacionales vitales para la conservación exitosa.

**Más información por favor visitar nuestra pagina web : <http://galapagossience.org>**

*Atentamente:  
DPNG-GSC*

#### 4th GALÁPAGOS CONSERVATION & RESEARCH SYMPOSIUM GSC–DPNG

In the framework of the 60th anniversary of the creation of the Galápagos National Park, as a protected area, we are very happy about the development of the **IV annual symposium on research and conservation, organized by the Galápagos National Park Directorate (GNPD) and the Galápagos Science Center (GSC)** ), was a unique event that brought together interdisciplinary and multicultural participants from around the world with a common interest and objective: applied research and conservation of the Galápagos and its environment.

The scientific knowledge is the axis of the development of the towns, reason for which, the symposium tried to share this knowledge with the community. The symposium fostered discussion, debate and exchange of knowledge, research techniques and experience to address new questions about research and conservation challenges in the Galápagos.

The fourth annual symposium was held **June 25 and 26, 2019 08: 00-19: 00. At the Charles Darwin Convention Center on San Cristóbal-Galápagos Island.**

The main objective of the symposium was to highlight the importance of research as a field of search for solutions and share national, regional and international conservation efforts, providing a place for the exchange of cutting-edge research and conservation practices.

The symposium's speakers have been able to promote their research, connect with other people working in their field, and train future researchers. The idea of this meeting was also to provide a unique opportunity for participants to collaborate on projects, create new partnerships and create the international networks vital for successful conservation.

**More information please visit our website: <http://galapagossience.org>**

*Considerately:  
DPNG-GSC*

***Factores sociales y ambientales asociados con la salud humana en Galápagos, Ecuador / Social and Environmental Factors Associated with Human Health in Galapagos, Ecuador.***

Amanda Thompson<sup>1\*</sup>

*<sup>1</sup> Department of Anthropology, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC Department of Nutrition, Gillings School of Global Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

*\*Correo electrónico: althomps@email.unc.edu*

**Resumen**

El turismo y la migración han contribuido al crecimiento económico, al cambio ambiental y al desarrollo urbano en las Islas Galápagos. Si bien muchas investigaciones han examinado el impacto del crecimiento económico y de la población en la salud y la biodiversidad de las plantas y los animales de las islas, los impactos en la salud humana y el buen vivir no han recibido tanta atención. Estos cambios sociales y económicos han transformado la salud humana, la nutrición y el buen vivir de los niños y adultos en las islas también. La disponibilidad de agua y alimentos no ha podido satisfacer la demanda de la expansión del turismo y la expansión urbana. Nuestros datos muestran la asociación del uso de agua doméstica contaminada en infecciones urinarias y gastrointestinales en mujeres y niños y también muestra la mejora de estas condiciones con la apertura de la planta de tratamiento de agua. También documentamos los alimentos disponibles para los residentes de las islas en los mercados locales y describimos la calidad de la dieta de los residentes de las islas. Demostramos que la calidad de la dieta es mejor para los niños que para las mujeres y que la peor calidad de la dieta se encuentra en las zonas rurales, entre las personas con menor educación y entre las personas nacidas en la isla. El aislamiento geográfico de las islas también afecta en la disponibilidad de servicios de atención médica. Los residentes demuestran su preocupación sobre los servicios disponibles en el hospital, razón por la que gastan una cantidad considerable de dinero para viajar a continental para recibir atención médica. Estos factores ambientales juntos determinan la salud comenzando desde la infancia y durante el desarrollo a lo largo de la vida. Nuestro trabajo con las madres y sus bebés ha demostrado que las prácticas de parto están asociadas con los tipos de bacterias que viven en las entrañas de los bebés y en los niños y que estas bacterias pueden influir en su salud intestinal e inmunidad. En conjunto, la mala calidad del agua, el acceso limitado a alimentos saludables y los servicios limitados de atención médica son problemas importantes que contribuyen a las infecciones, a un crecimiento deficiente en los niños y a altas tasas de sobrepeso y obesidad. Con colegas en la USFQ y en el hospital Oskar Jandil, nuestro objetivo es identificar vías importantes para intervenir en estos desafíos para mejorar la salud y el bienestar en las islas.

**Abstract**

Tourism and migration have contributed to economic growth, environmental change and urban development on the Galapagos Islands. While much research has examined the impact of population and economic growth on the health and biodiversity of the islands plants and animals, the impacts on human health and well-being have not received as much widespread attention. These social and economic changes have transformed human health, nutrition and well-being for children and adults on the islands as well. Water and

food availability have not been able to keep up with the demands of expanding tourism and urban expansion. Our data show the association between the use of contaminated household water on urinary and GI infections in women and children and the improvement in these conditions with the opening of the water treatment plant. We also document the food available to islands residents in local markets and describe the diet quality of island residents. We show that diet quality is better for children than women and that poorer diet quality is found in rural areas, among those with lower education, and among those born on the island. The geographic isolation of the islands also impacts the range of health care services available. Residents report concerns with the types of services available at the hospital and spend considerable amounts money to travel to the mainland for health care. Together these environmental factors shape health and development across the lifespan, beginning as early as infancy. Our work among mothers and infants has shown that birth practices are associated with the types of bacteria that live in the guts of infants and children and that these bacteria may influence their gut health. Together, poor water quality, limited access to healthy foods, and limited health care services are important problems contributing to infections, poor growth in children and high rates of overweight and obesity. With colleagues at USFQ and the hospital Oskar Jandal, we aim to identify important avenues for intervening on these challenges to improve health and well-being on the islands.

### *A rare shark nursery in Puerto Grande, San Cristóbal, Galápagos*

Salvador J. Jorgensen<sup>1\*</sup>, Yasuní Chiriboga<sup>2</sup>, **Angela P. Gaviria**, Lauren A. Goodman<sup>5</sup>, Alex Hearn<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> *Monterey Bay Aquarium, Monterey CA, USA .*

<sup>2</sup> *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.*

<sup>4</sup> *Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>5</sup> *College of Arts & Sciences Department of Environment, Ecology, & Energy, 3202 Murray/Venable Hall CB#3275, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599.*

*\*Correo electrónico: [sjorgensen@mbayaq.org](mailto:sjorgensen@mbayaq.org)*

### **Abstract**

Many shark species reside in distinct habitats during their first months of life known as ‘shark nurseries’. These habitats offer increased shelter and food, where the risk of predation for is low and availability of their small prey is high. We investigated a shark nursery in the Galapagos archipelago utilized by endangered scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*). We utilized acoustic tags (Vemco, V9) and an array of receivers (VR2W Vemco Positioning System) to track newly born sharks. In a collaborative project between Galapagos Science Center and Monterey Bay Aquarium we tracked newly-born

hammerhead sharks and a second species, black tip reef sharks (*Charcharhinus limbatus*) that also share this nursery and potentially compete for resources. We describe their habitat preference, daily movement patterns and the degree of overlap between these species in Puerto Grande, San Cristobal.

### ***Galapagos corals: canaries in the coal mine***

Cheryl A. Logan<sup>1\*</sup>, Daniel Barshis<sup>2</sup>, James S. Ryan<sup>1,3</sup>, Caroline Rodriguez<sup>1,3</sup>, Margarita Brandt<sup>4,5,6</sup>

<sup>1</sup> School of Natural Sciences, California State University, Monterey Bay, 100 Campus Drive, Seaside, CA, 93955.

<sup>2</sup> Department of Biological Sciences, Old Dominion University, Mill Godwin Building 110, Norfolk, VA, 23529.

<sup>3</sup> Moss Landing Marine Laboratories, 8272 Moss Landing Rd., Moss Landing, CA 95039

<sup>4</sup> Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>5</sup> Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

<sup>6</sup> Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito – University of North Carolina at Chapel Hill, Galápagos, Ecuador

\*Correo electrónico: [clogan@csumb.edu](mailto:clogan@csumb.edu)

### **Abstract**

Coral reef ecosystems provide \$30 billion dollars in food security, coastal protection, and tourism each year. However, global warming is causing massive impacts to corals and reefs via widespread coral bleaching and mortality events. Bleaching occurs when corals expel their photosynthetic algae and primary food source when water temperatures increase. Starvation can lead to mortality if the temperature remains elevated for too long. Regions like the Galapagos islands in the Eastern Tropical Pacific have an extended history of bleaching, yet some Galapagos corals have persevered and may be uniquely thermally resistant. Regions like these can provide a critical ‘early warning’ case study for understanding the long-term effects of bleaching impacts and mechanisms of survival. We surveyed coral thermal tolerance across the archipelago for the first time using a portable coral bleaching autonomous stress system (CBASS), targeting locations where recovery has been strongest. Fragments from the same coral colonies (*Pocillopora spp.* and *Pavona spp.*) were exposed to an acute thermal stress event across a range of temperatures between 12°C and 34°C at each site, and measured for visual signs of bleaching and reductions in photochemical efficiency. Here, present preliminary results on both heat and cold tolerance in two common coral types found in the central and southern Galapagos islands. Identification of thermally “tough” corals in this unique region will provide critical information to resource managers about which coral communities may be more resilient to future climate impacts.

***Factores influyentes en la estructura de la comunidad de plancton en el Archipiélago de Galápagos / Factors influencing plankton community structure in the Galapagos Archipelago.***

*Adrian Marchetti<sup>1\*</sup>, Erika Neave<sup>1</sup>, Harvey Seim<sup>1</sup>, Scott Gifford<sup>1</sup>, Steve Walsh<sup>2</sup>, Carlos Mena<sup>2</sup>, Diego Páez-Rosas<sup>2</sup>, Juan Pablo Muñoz<sup>2</sup>, Eduardo Espinoza<sup>3</sup>, Natalie Cohen<sup>4</sup>, Carly Moreno<sup>1</sup>, Sara Haines<sup>1</sup>, Nataly Guevera<sup>1</sup>, Olivia Torano<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Marine Sciences, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, USA.*

<sup>2</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>3</sup>*Marine Ecosystems Monitoring, Galapagos National Park Directorate, Santa Cruz Island, Ecuador.*

<sup>4</sup>*Marine Chemistry and Geochemistry Department, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA.*

*\*Correo electrónico: amarchetti@unc.edu*

## **Resumen**

El Archipiélago de Galápagos se encuentra en el Ecuador donde convergen varias corrientes oceánicas importantes. Durante los cruceros de investigación anuales realizados entre octubre de 2014 a 2018 (excluyendo 2017), se tomaron muestras de agua alrededor del Archipiélago a bordo de barcos del Parque Nacional Galápagos. Estos muestreos han servido para investigar variaciones espaciales y temporales de la física, química y biología del océano. Los objetivos principales que motivaron la ejecución de estos cruceros anuales fueron: 1) la necesidad de observaciones coordinadas para apoyar el manejo de ecosistemas en el Archipiélago y 2) la obtención de datos sobre un previsto evento significativo de El Niño en el 2014 y en años subsecuentes. Los muestreos nos han permitido conocer sobre los impactos locales del evento de El Niño en las propiedades de los ecosistemas, a través una amplia gama de niveles tróficos en las aguas marinas que rodean el Archipiélago. Por medio de técnicas moleculares, se busca comprender cómo los procesos físicos marinos específicamente afectados por El Niño influyen en la productividad primaria y en las comunidades microbianas resultantes (es decir, fitoplancton y bacterias). Se puede evidenciar que las comunidades de plancton eucarióticos estaban compuestas principalmente por alveolatos (incluidos los dinoflagelados), clorofitos y estramenópilos (incluidas las diatomeas). Adicionalmente, la biomasa de fitoplancton estaba dominada por grandes grupos de fitoplancton, como las diatomeas en el lado oeste y dentro de los puntos críticos de productividad primaria en el Archipiélago central. En contraste, los pequeños grupos de fitoplancton, como las cianobacterias, dominaron la mayoría de las áreas de baja productividad en el lado este del archipiélago. En general, se cree que la disminución en la surgencia de aguas profundas y la alteración de los mecanismos de entrega de nutrientes durante el pico del evento de El Niño han impulsado la variabilidad observada en la productividad primaria y apoyan distintos conjuntos de microbios que son clave para influir en la subsiguiente dinámica de la red alimentaria marina.



## Abstract

The Galapagos Archipelago lies on the equator at the intersection of several major ocean currents. Annual research cruises, conducted during October 2014-2018 (excluding 2017), sampled the waters in and around the Archipelago on board Galapagos National Park vessels, and have been used to examine spatial and temporal variations in ocean physics, chemistry and biology. Two motivations for the cruises were the need for coordinated observations to support ecosystem management, and knowledge in 2014 that a significant El Niño event was predicted in the coming years. The surveys have enabled an examination of the local impacts of the event on ecosystem properties across a wide range of trophic levels in the marine waters surrounding the Archipelago. A particular focus was on understanding how specific physical ocean processes impacted by El Niño influence primary productivity and the resulting microbial (i.e., phytoplankton and bacteria) communities as determined through molecular sequencing. Eukaryotic plankton communities were mainly comprised of alveolates (including dinoflagellates), chlorophytes and stramenopiles (including diatoms). Phytoplankton biomass was dominated by large phytoplankton groups such as diatoms on the west side and within primary productivity hotspots in the central Archipelago. In contrast, small phytoplankton groups such as cyanobacteria dominated most low productivity areas on the eastern side of the Archipelago. Overall, reduced upwelling and altered nutrient delivery mechanisms during the peak of the El Niño event are believed to have driven the observed variability in primary productivity and support distinct microbial assemblages that are key to influencing subsequent marine food web dynamics.

***Martillos y migravías: ¿Cómo proteger a nuestros tiburones cuando salen de la Reserva Marina? / Hammerheads and swimways: How to protect our sharks when they leave the Marine Reserve?.***

Alex Hearn<sup>1,2,3,4\*</sup>, Diego Amorocho<sup>5</sup>, Andrés Navia<sup>6</sup>, Cesar Peñaherrera<sup>2</sup>, James Ketchum<sup>2,7</sup>, Eduardo Espinoza<sup>2,8</sup>, Randall Arauz<sup>2,9</sup>, Todd Steiner<sup>2,10</sup>, A. Peter Klimley<sup>2,11</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

<sup>3</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

<sup>4</sup>MigraMar, Forest Knolls, CA, USA.

<sup>5</sup>WWF-Colombia, Cali, Colombia.

<sup>6</sup>Fundación Squalus, Cali, Colombia.

<sup>7</sup>Pelagios-Kakunjá, La Paz, Baja California, México.

<sup>8</sup>Dirección del Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador

<sup>9</sup>*Fins Attached, San José, Costa Rica.*

<sup>10</sup>*Turtle Island Restoration Network, Forest Knolls, CA, USA.*

<sup>11</sup>*University of California, Davis, CA, USA.*

\*Correo electrónico: [ahearn@usfq.edu.ec](mailto:ahearn@usfq.edu.ec)

## Resumen

La biodiversidad marina no se encuentra distribuida de manera homogénea en los mares, sino que existen concentraciones de animales en lugares particulares, conocidos como “hotspots”, donde por razones tanto físicas (ej: corrientes, montes submarinos), como biológicas (ej: alta productividad), ciertas especies tienden a agregarse. Tal son los casos de las remotas islas de Galápagos e Isla del Coco, dos Patrimonios Naturales de la Humanidad que se encuentran en el Pacífico Este Tropical, a cientos de kilómetros de la costa del continente americano, y separados entre sí por 700 km de aguas abiertas. Ambos cuentan con reservas marinas que brindan protección a las especies que habitan sus aguas, entre ellas los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) y las tortugas marinas verdes (*Chelonia mydas*). Sin embargo, estas dos especies amenazadas, e icónicas para la región, son altamente migratorias, lo cual pone en entredicho la capacidad real de protección que les ofrece estas dos reservas marinas.

En 2006, creamos la red de investigación MigraMar, cuya misión es de generar la ciencia y brindar la asesoría técnica necesaria para asegurar la conservación de especies marinas migratorias en la región. Mediante el uso de telemetría acústica y satelital, nuestros estudios han identificado una potencial ruta migratoria que une a las dos reservas, a lo largo de la cordillera de Coco. Esta cordillera podría funcionar como referencia geomagnética para orientarse durante su migración, y al mismo tiempo brindar zonas de mayor productividad en el camino gracias a la presencia de montes submarinos.

Junto con nuestros socios, estamos trabajando con autoridades de Ecuador y Costa Rica con el objetivo de crear una “Migravía” – un espacio que une a las dos reservas marinas y brinda protección a estas especies durante sus migraciones en las aguas, hasta ahora desprotegidas, de sus respectivas zonas exclusivas económicas (ZEE). En esta ponencia, exploraremos la justificación biológica de la Migravía y su contexto socio-político, así como los avances que se han logrado hasta la fecha con enfoque particular hacia una de las especies más emblemáticas y amenazadas de la región: el tiburón martillo.

## Abstract

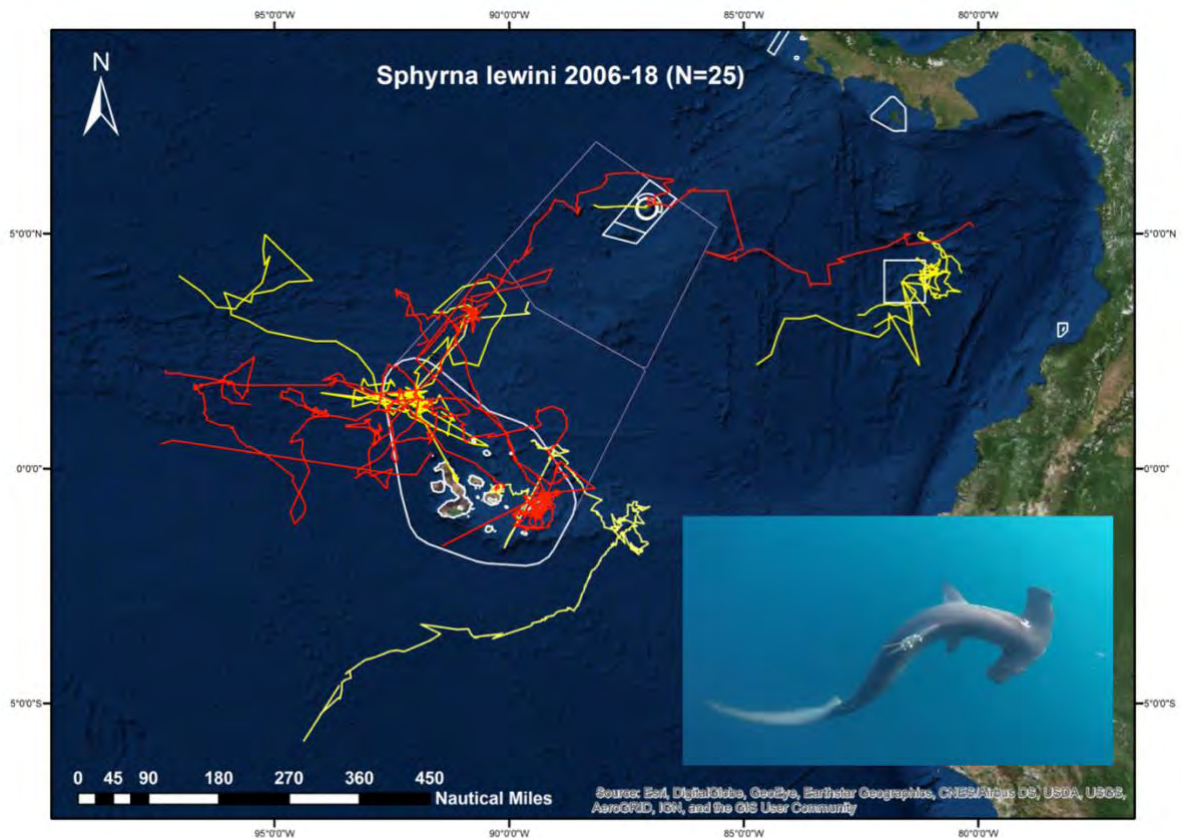
Marine biodiversity is often concentrated around particular features, sometimes referred to as “hotspots” where, for either physical (eg: frontal zones, seamounts) or biological (eg: high productivity, shelter) reasons, certain species tend to aggregate. Such is the case of the remote oceanic islands of Cocos (Costa Rica) and Galapagos (Ecuador) – two UNESCO World Heritage sites located hundreds of miles off the Pacific coast of South America, separated by 700 km of ocean. Both are surrounded by marine reserves, which provide protection to the species inhabiting their waters, such as scalloped hammerhead sharks and green turtles. However, both these iconic endangered species are highly migratory, and spend significant time vulnerable to fishing gear when outside protected waters.

In 2006, we created the MigraMar research network, whose mission is to generate the science and technical advice necessary for the effective conservation of migratory marine species in the Eastern Pacific. Through the use of acoustic and satellite telemetry, our studies have identified a potential migratory route, linking both reserves, along the Cocos Ridge. This chain of seamounts may function as a geomagnetic road map for them as they migrate, while at the same time providing stepping-stones of areas of high productivity along the way.

Together with our partner PACIFICO, we are working with authorities in Ecuador and Costa Rica to create a “Migravía” (or “Swimway”), linking the two hotspots. Here, through the example of the endangered hammerhead shark, we explore the biological justification for the Swimway, its socio-political context and some of the steps already taken towards its creation.



**Figura 1.** Conectividad de especies marinas migratorias entre las islas de Galápagos y Cocos.  
**Figure 1.** Connectivity of marine migratory species between the islands of Galapagos and Cocos.



**Figura 2.** Movimientos de tiburones martillos con marcas satelitales en la región del Pacífico Este Tropical. En amarillo datos antes de 2015, en rojo datos desde 2015  
**Figure 2.** Movements of hammerhead sharks with satellite tags in the Eastern Tropical Pacific region. In yellow, tracks before 2015, in red, tracks since 2015.

***Con ojos de águila: ¿Cómo podemos capturar las áreas potenciales de crianza de tiburones con la tecnología de drones? / A birdseye view: ¿How can we capture potential shark nursery areas with drone technology?***

Lauren Goodman<sup>1,2,3\*</sup>, Yasuní Chiriboga<sup>2,3</sup>, Alexander Hearn<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>College of Arts & Sciences Department of Environment, Ecology, & Energy, 3202 Murray/Venable Hall CB#3275, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599.

<sup>2</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

<sup>3</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>4</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.

\*Correo electrónico: [lsgoodma@live.unc.edu](mailto:lsgoodma@live.unc.edu)

## Resumen

Los manglares y los entornos de poca profundidad cerca de la costa han sido estudiados y reconocidos como posibles zonas de crianza para una variedad de especies marinas. En particular, las especies de elasmobranchios a menudo habitan en una variedad de ambientes cercanos a la costa durante su etapa juvenil. Los manglares alrededor de la isla San Cristóbal sirven como áreas de crianza o posibles guarderías para el juvenil *Carcharhinus limbatus*, el tiburón punta negra. Recientemente, los estudios de abundancia han avanzado a través del uso de vehículos aéreos desocupados (UAV), más comúnmente conocidos como drones. La presencia de estas zonas costeras potenciales alrededor de la isla San Cristóbal, Galápagos convierten estas áreas en una región privilegiada para estudios preliminares de abundancia de tiburones puntas negras usando UAV. Los estudios con drones tienen el potencial de rastrear la abundancia multianual de puntas negras juveniles y permiten establecer ciertas áreas costeras alrededor de la isla San Cristóbal como posibles áreas de crianza. Al llevar a cabo estos estudios mensualmente por un período de tiempo prolongado, las áreas costeras con mayores densidades de juveniles punta negra podrían definirse como áreas de crianza y establecerse como hábitat esencial para tiburones sugiriendo mayor protección por parte de la Dirección del Parque Nacional Galápagos. Esta investigación tiene como objetivo responder múltiples preguntas sobre la distribución, abundancia y densidad de *Carcharhinus limbatus*, que incluyen:

- si los drones de grado de consumidor capturan adecuadamente las posibles áreas de crianza en comparación con los métodos convencionales de estudio de la abundancia,
- si son más eficientes en capturar una verdadera abundancia que los estudios de captura -recaptura usando redes de enmalle en estas mismas áreas, y
- cuáles son las condiciones para obtener los mejores resultados de esta evaluación
- Si es posible delimitar las áreas de crianza putativas utilizando este método.

Actualmente, hemos encontrado que, en promedio, el dron puede capturar un poco más del 100% más de los tiburones en los sitios donde los juveniles fueron avistados ya sea con el dron, atrapados en la red, o ambos. Dos sitios en particular, Rosa Blanca 1 y 2, han favorecido el uso de drones para los cálculos de abundancia de juveniles puntas negras. Valores capturados por el dron han sido de 200 a 300% más que las capturas de la red. Probablemente esto se deba a la disminución de la turbidez del agua en comparación con otros sitios donde esperamos encontrar tiburones de puntas negras juveniles como Puerto Grande y La Seca. Además, estos dos sitios presentan un fondo mayormente arenoso que permite el contraste entre la superficie y los tiburones juveniles. Esto no es cierto en muchos otros sitios, que incluyen un mayor porcentaje de fondo rocoso oscuro dentro de una matriz arenosa. En este momento, continuaremos las evaluaciones con drones en sitios seleccionados incluyendo mediciones ambientales. Actualmente, no conocemos la importancia estadística del muestreo de abundancia de los drones, el estudio continuo proporcionará dicha respuesta en un futuro cercano. Por lo tanto, esta investigación nos permitirá comprender mejor qué condiciones y sitios son los más adecuados para el estudio de la abundancia con métodos UAV.

## Abstract

Mangrove forests and shallow nearshore environments have long been studied and recognized as potential nursery zones for a variety of marine species. In particular, elasmobranch species often inhabit a variety of nearshore environments during their juvenile stage. Coastal mangroves surrounding San Cristóbal Island in the Galápagos Archipelago are currently serving as nurseries or potential nurseries for juvenile *Carcharhinus limbatus*, the blacktip shark. Recently, abundance studies have advanced through the use of Unoccupied Aerial Vehicles (UAVs), more commonly known as drones. The presence of these potential coastal nursery zones around San Cristóbal Island, Galápagos makes these areas a prime region for preliminary UAV abundance studies for juvenile blacktip sharks. Drone surveys thus have the potential to track multiyear abundance of juvenile blacktip sharks and aid in defining certain coastal areas around San Cristóbal island as potential nursery grounds. By continuing monthly studies over an extended period of time, specific coastal areas with higher juvenile blacktip shark densities could possibly be defined as nursery areas and established as essential shark habitat for further protection by the Galápagos National Park Directorate. This research aims to answer multiple questions concerning distribution, abundance and density of *Carcharhinus limbatus*, including:

- whether consumer grade drones adequately capture possible shark nursery areas in comparison to conventional methods of abundance surveying,
- if they are more efficient at capturing a true abundance than capture mark recapture studies through gill net castings in these same areas,
- what conditions make for the best survey results, and
- is it possible to delimit putative nursery areas using this method?

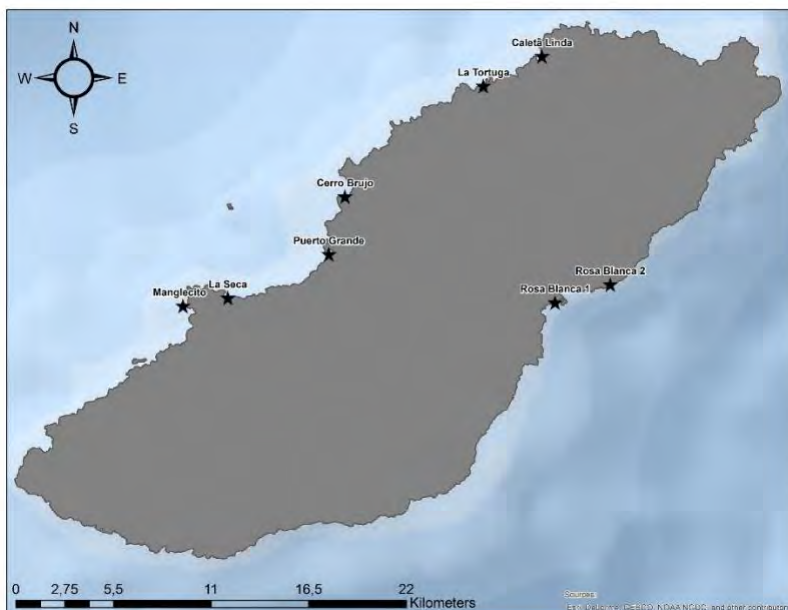
Currently, we have found that on average, the drone is able to capture slightly over 100% more juvenile blacktip sharks at sites where sharks were either sighted from the drone, caught in the net, or both. Two sites in particular, Rosa Blanca 1 and 2, have consistently favored drone usage for abundance calculations of juvenile blacktips. Values captured by drone have ranged from 200 to 300% higher than net catches. This is likely due to decreased water turbidity in comparison to other sites where we expect to find juvenile blacktip sharks like Puerto Grande and La Seca. Additionally, these two sites include a majority sandy bottom that allows for contrast between the surface and the juvenile sharks. This is not true of many other sites, that include a higher percentage of dark rocky bottom within a sandy matrix. At the moment, we will be continuing surveys with drones at selected sites with the inclusion of environmental measurements. While we currently do not know the statistical significance of drone abundance sampling, continued surveying will provide such an answer in the near future. This research will thus allow us to better understand what conditions and sites are best suited for abundance surveying through UAV methods.

**Table 1:** Comparative table of juvenile shark sightings at each survey location. Drone footage column refers to number of sharks identified within footage. Net catches column refers to all sharks caught in net and marked with a tag. Total seen column refers to the number of sharks in the net catch column plus any sharks that escaped from the net without being tagged. Lack of drone footage or net data for sites either a product of rain, drone failure, or rough water conditions indicated by -.

**Tabla 1:** Tabla comparativa de avistamientos de tiburones juveniles en cada ubicación de la encuesta. La columna de imágenes de drones se refiere a la cantidad de tiburones

identificados dentro de las imágenes. La columna de capturas netas se refiere a todos los tiburones capturados en la red y marcados con una etiqueta. La columna total vista se refiere al número de tiburones en la columna de captura neta más cualquier tiburón que escapó de la red sin ser etiquetado. La falta de imágenes de aviones no tripulados o datos netos para los sitios ya sea producto de la lluvia, falla del avión no tripulado o condiciones de agua irregular indicadas por.

Site	November 2018			December 2018			January 2019		
	Drone Footage	Net Catches	Total Seen	Drone Footage	Net Catches	Total Seen	Drone Footage	Net Catches	Total Seen
Rosa Blanca 1	4	2	2	2	0	0	14	6	6
Rosa Blanca 2	1	0	1	2	0	0	3	0	0
Caleta Linda	-	-	-	0	-	-	0	-	-
Tortuga	-	3	3	0	0	0	-	0	0
Cerro Brujo	1	0	0	1	0	0	-	0	0
Puerto Grande	2	1	1	0	0	0	-	0	0
La Seca	0	3	6	3	0	0	-	2	3
Manglecito	0	0	0	0	0	0	-	1	1



**Figura 1:** Encuesta mensual de puntos alrededor de la isla San Cristóbal, Galápagos. 4 sitios encuestados por día.

**Figure 1:** Monthly survey points surrounding San Cristobal Island, Galapagos. 4 sites surveyed per day.



**Figura 2:** Imagen de dron en el sitio de Rosa Blanca 2 que con 10 tiburones punta negra juveniles - enero de 2019.

**Figure 2:** Drone image at Rosa Blanca 2 site with 10 juvenile blacktip sharks – January 2019.



***Rayas como organismo modelo para identificar áreas prioritarias de conservación en la Reserva Marina de Galápagos / Rays as model organisms to identify priority areas for conservation within the Galapagos Marine Reserve***

Diana A. Pazmiño<sup>1,2,3,5\*</sup>, María de Lourdes Torres<sup>1</sup>, Lynne van Herwerden<sup>2,3</sup>, Colin A. Simpfendorfer<sup>3</sup>, Michel Guerrero<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Comparative Genomics Centre, College of Science and Engineering, James Cook University, Townsville, 4811 QLD, Australia.*

<sup>3</sup> *Centre for Sustainable Tropical Fisheries and Aquaculture, College of Science and Engineering, James Cook University, Townsville, 4811 QLD, Australia.*

<sup>4</sup> *Marine Megafauna Foundation Ecuador.*

<sup>5</sup> *Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

*\*Correo electrónico: dapazmino@usfq.edu.ec*

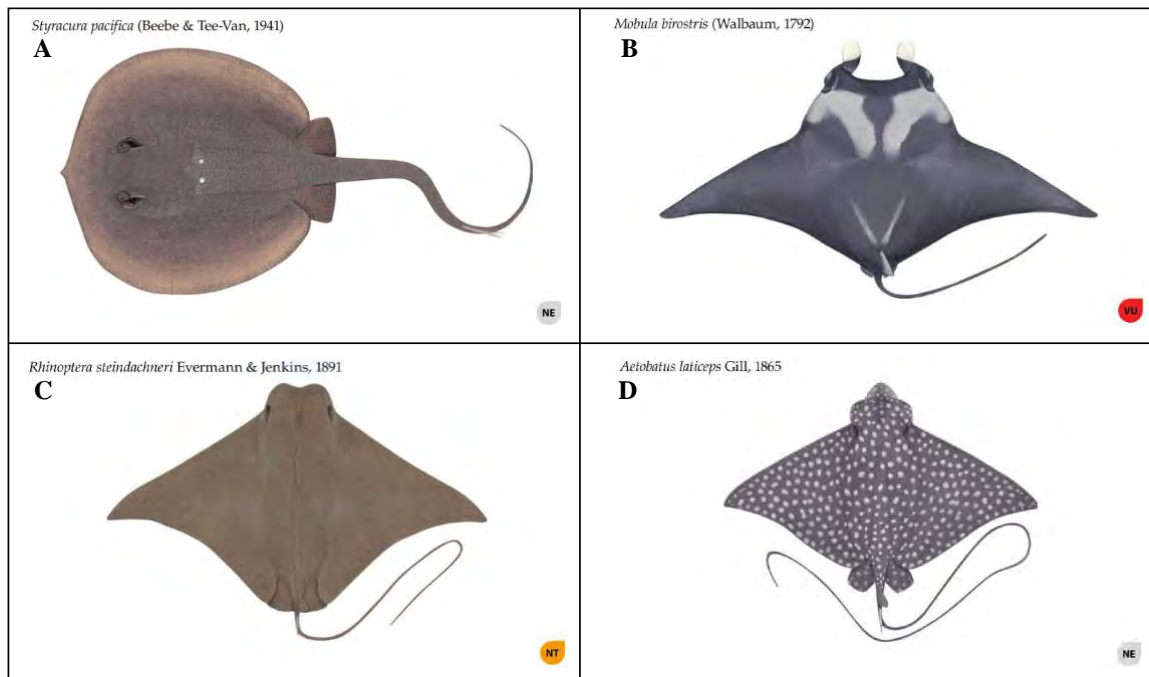
## **Resumen**

A pesar de que un cuarto de las especies de elasmobranquios se encuentra categorizado como “amenazado” por la UICN y cerca del cincuenta por ciento es considerado como “datos deficientes”, este grupo no ha recibido la atención suficiente para una conservación y manejo efectivos a nivel mundial. Esta afirmación es particularmente cierta para las especies de rayas que habitan en las Islas Galápagos, donde la gran parte de estudios se ha enfocado en marcaje acústico y satelital de especies (carismáticas) de tiburones. Los estudios genéticos se han limitado a análisis de estructura poblacional y conectividad de una especie: el tiburón de Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*). Si bien el estudio ayudó a identificar stocks vulnerables de la especie en la región Sur de Galápagos, se necesita de más información para entender la vulnerabilidad de este grupo tan diverso, y de los ecosistemas como unidad de manejo. El presente proyecto pretende resolver este problema mediante el desarrollo de recursos genéticos/genómicos que lleven a un mejor entendimiento sobre el estado de conservación y la dinámica de múltiples especies. Para ello, mediante el estudio de cuatro especies ecológicamente diversas: con distintas capacidades migratorias, hábitats y estrategias reproductivas, pretendemos: (1) identificar unidades de conservación y estimar el tamaño efectivo poblacional para cada especie, (2) entender el grado de conectividad entre las poblaciones encontradas de cada especie, (3) correlacionar los patrones de diversidad genética de cada especie con factores naturales (biofísicos) y antropogénicos para identificar y priorizar áreas de conservación, y (4) apoyar desde los componentes de educación y desarrollo de capacidad local en las áreas

de ciencias marinas y conservación en Galápagos. En conclusión, el proyecto permitirá la caracterización de áreas clave para el manejo de cada especie, así como la delimitación de áreas de importancia para el grupo. Adicionalmente, las comparaciones con factores biofísicos y antropogénicos brindarán información en cuanto a las amenazas locales para estas especies y potenciales alternativas para un manejo adecuado. El uso de herramientas genéticas y genómicas proporciona un amplio rango de oportunidades para el estudio de rayas y tiburones, permitiendo responder a preguntas básicas sobre su estado de conservación y dinámica poblacional, al tiempo que permiten avanzar hacia un manejo eficiente e integrado de las mismas.

### **Abstract**

Despite a quarter of elasmobranchs being considered threatened by the IUCN and almost fifty per cent considered Data Deficient, insufficient attention is paid to this group considering what is required to effectively conserve them. This is particularly true for all ray species inhabiting Galápagos, where studies have focused on sharks' satellite and acoustic tagging. Genetic studies are limited to population structure and connectivity assessment of the Galapagos shark to identify vulnerable stocks, but further research is required to understand the vulnerability of entire ecosystems. This project aims to address this issue by developing informative genetic/genomic resources that deliver a comprehensive understanding of the dynamics and genetic metrics for multiple species. By studying four ray species with different ecologies, movement capacities, and reproductive strategies, we aim to: (1) identify conservation units and estimate effective population sizes of each species, (2) assess connectivity between stocks, (3) correlate genetic diversity patterns across species with natural and anthropogenic factors to identify and prioritize areas urgently requiring conservation, and (4) support outreach and capacity building in Ecuadorian marine science and conservation. Overall, this would enable the characterization of areas of low genetic diversity, while providing crucial information for the management of each species. Additionally, a comparison of this data from across the archipelago together with records of natural factors and anthropogenic activities will help identify priority areas for conservation. The move to using genomics and next generation sequencing (NGS) methods enables a novel range of opportunities to study shark and ray populations while enhancing conservation efforts.



**Figura 1.** Ilustraciones de las cuatro especies de estudio propuestas, con su respectivo estado de conservación propuesto por la UICN: (A) *Styracura pacifica*, NE = No Evaluada, (B) *Mobula birostris*, VU = vulnerable, (C) *Rhinoptera steindachneri*, NT = casi amenazada, (D) *Aetobatus laticeps*, NE = No Evaluada. Ilustraciones: Last et al. 2016.

***Shark count Galápagos: Ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo de la megafauna marina en la Reserva Marina de Galápagos / Shark count Galapagos: citizen science as a tool for monitoring marine megafauna in the Galapagos Marine Reserve.***

Yasuni Chiriboga<sup>1,2\*</sup>, Richard Knab<sup>4</sup>, Alex Hearn<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>2</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

<sup>3</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador

<sup>4</sup>Galapagos Conservancy, 11150 Fairfax Boulevard, Suite 408, Fairfax, VA 22030, USA.

\*Correo electrónico: [yasuni.chiriboga@hotmail.com](mailto:yasuni.chiriboga@hotmail.com)

### Resumen

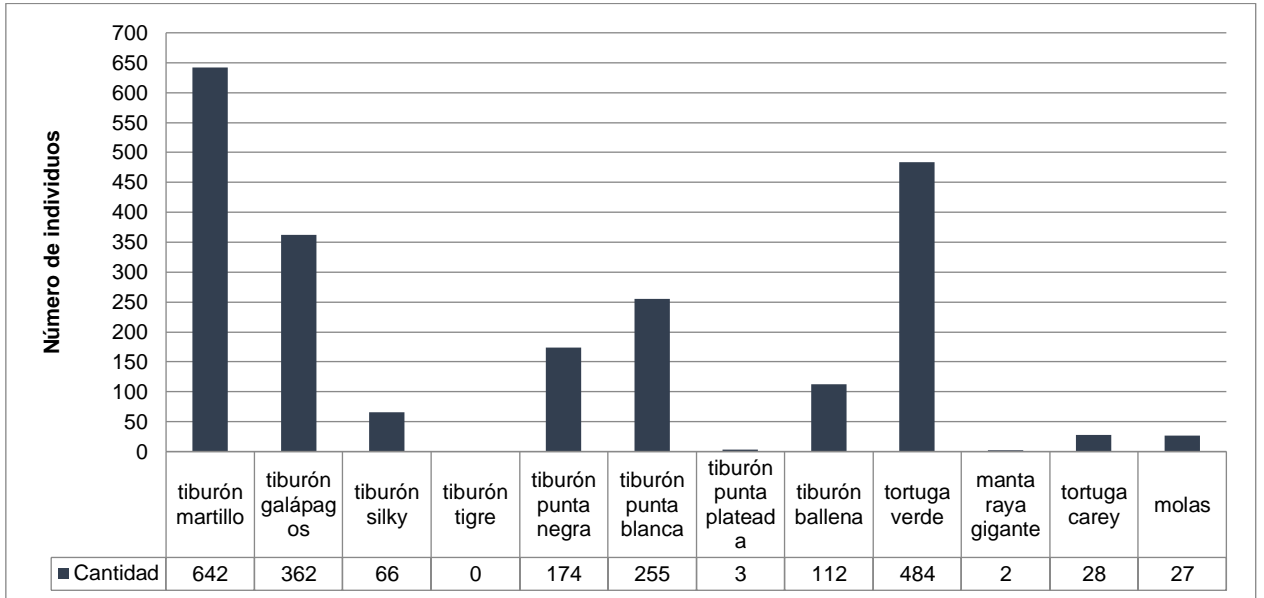
La Reserva Marina de Galápagos (RMG) es uno de los últimos refugios que brinda protección a una gran cantidad de megafauna marina: tiburones, tortugas, mantas

oceánicas y peces luna. Estas especies se encuentran amenazadas globalmente por varias razones, entre ellas la pesca industrial, dirigida o incidental, y la degradación del hábitat. Al ser especies migratorias, presentan una alta vulnerabilidad al salir de las aguas de la Reserva Marina. Aun así, después de 20 años desde la creación de la RMG, aún no está claro, ¿cuál es el beneficio real que la RMG brinda a estas especies? Desde el año 2007, esfuerzos puramente investigativos se han concentrado en responder esta pregunta. Aun así, para los científicos es realmente difícil poder establecer un monitoreo sostenible a largo plazo: la gran extensión que representa la Reserva Marina, el reducido tamaño de los grupos de investigación, la alta movilidad de las especies y la gran variabilidad natural que afecta los conteos; simplemente no permiten cubrir la gran amplitud temporal y espacial con suficiente intensidad. Es así como, en el 2016 en una colaboración entre la Dirección del Parque Nacional, Galapagos Conservancy y la Universidad San Francisco de Quito, se desarrolla el *App* de ciencia ciudadana: Shark Count: Galápagos. Un *App* sencillo y gratuito que permite que guías de buceo y turistas buzos registren sus observaciones de megafauna marina, brindándoles retroalimentación instantánea, gracias a la base de datos pública que maneja Shark Count. Desde su lanzamiento en junio 2018 hasta la actualidad, ya se cuenta con más de 900 reportes. Debido a la gran cantidad de datos registrados para sitios específicos, ya se han podido observar cambios semanales en la composición y abundancia de ciertas especies de megafauna marina. Además, se han empezado a evidenciar patrones estacionales para algunas especies como el tiburón martillo, que se reporta con mayor abundancia en la época fría. Por otra parte, el tiburón ballena ha sido observado en islotes del centro sudeste de la Reserva en la época caliente, mientras que se lo observa en el norte lejano en la época de transición, a mediados del año. Actualmente se está trabajando en la siguiente versión del *App* que nos permitirá añadir nuevas especies a la base de datos, así como la inclusión de un componente de snorkeling. Próximamente se aplicará Shark Count en otros lugares de la Región a través de la red de investigación y conservación MigraMar.

### Abstract

The Galapagos Marine Reserve (GMR) is one of the last refuges that provides protection to a large amount of marine megafauna: sharks, turtles, oceanic manta rays, and ocean sunfish. These species are globally threatened for several reasons, including industrial fishing, directed or by-catch, and habitat degradation. These migratory species are highly vulnerable when leaving the protected waters of the Marine Reserve. 20 years after the creation of the GMR, it is still unclear what is the real benefit provided from the GMR to these species. Since 2007, research efforts have focused on answering this question. Even so, for scientists it is really difficult to establish long-term sustainable monitoring due to the great extent that the Marine Reserve represents, the small size of the research groups, the high mobility of the species, and the great natural variability that affects the counts; it simply does not allow to cover the great temporal and spatial breadth with sufficient intensity. Thus, in 2016 in a collaboration between the National Park Directorate, Galapagos Conservancy and Universidad San Francisco de Quito, the Citizen Science app was developed: Shark Count Galapagos. It is a free and easy to use app that allows diving guides and tourist divers record their observations of marine megafauna, giving them instant feedback, thanks to the public database managed by Shark Count. Since its launch in June 2017, there are already more than 900 reports. Due to the large amount of data recorded for specific sites, it has already been possible to observe weekly changes in the composition and abundance of certain species of marine megafauna. In addition, the app has begun to show seasonal patterns for some species such as the hammerhead shark,

which is reported most abundantly in the cold season. On the other hand, the whale shark has been observed around islets of the southeast center bioregion of the Reserve in the warm season, while they are observed in the far north during the transition period on the middle of the year. Currently, we are working on the next version of the App that will allow us to add new species to the database, as well as the inclusion of a snorkeling component. Soon Shark Count will be applied in other places in the Region through the MigraMar research and conservation network.



**Figura 1.** Número de individuos de diferentes especies reportados en el término de un año, desde el lanzamiento del App.



**Figura 2.** Número promedio de tiburones martillo que se avistan por hora de buceo cada mes – captura de pantalla de la interface de Shark Count: herramienta de retroalimentación.

*Aquatic biology of green sea turtles (Chelonia mydas) in Galapagos.*

Daniela Alarcón-Ruales<sup>1\*</sup>, Eduardo Espinoza<sup>3</sup>, Jason G. Castañeda<sup>1-3</sup>, Maximilian Hirschfeld<sup>1</sup> Juan García<sup>3</sup>, Jaime A. Chaves<sup>1</sup>, Jhonnathan Valdes<sup>1</sup>, Gregory A. Lewbart<sup>1-4</sup>, Kenneth J. Lohmann<sup>1-5</sup>, John W. Rowe<sup>6</sup>, Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>1-2</sup>.

<sup>1</sup> Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC-

<sup>2</sup>Fundación Equilibrio Azul, Machalilla Ecuador.

<sup>3</sup>Galápagos National Park Service, Galápagos, Ecuador.

<sup>4</sup>North Carolina State University, College of Veterinary Medicine, Raleigh North Carolina, 27601, USA.

<sup>5</sup>University of North Carolina, Department of Biology, Chapel Hill, North Carolina, 27599, USA.

<sup>6</sup>Alma College 614 West Superior Street Alma, MI 48801.

\*Correo electrónico: dealarcon@usfq.edu.ec

## Resumen

Galápagos es quizás uno de los sitios más importantes del mundo para algunas poblaciones de tortugas marinas. Siendo la tortuga verde (*Chelonia mydas*) la especie comúnmente más registrada y estudiada en las zonas de anidación del archipiélago. Los espacios acuáticos que ocupa esta especie son menos conocidos, la información existente establece pautas claras de la importancia clave de esta especie en el sistema socio-ecológico en Galápagos y están estrictamente protegidas (ver Green 1978, Green y Ortiz-Crespo 1981; Green 1994; Zarate et al.2007, Carrión-Cortez et al. 2010, Zarate et al.2015). Sin embargo, están empezando a verse amenazadas por influencias antropogénicas directas e indirectas. Se presenta el trabajo realizado durante estos últimos años que involucra avances en la comprensión de la ecología y biología de esta especie en las Galápagos con esfuerzos de investigación que permitan un conocimiento oportuno y efectivo para lograr una verdadera conservación.

A través de capturas a mano con técnica de apnea, atrapamos individuos mientras se encuentran alimentándose, descansando o nadando en zonas de aguas someras hasta los 10 metros de profundidad. Se les coloca marcas metálicas INCONEL, se toma medidas morfométricas, muestras y fotografías estandarizadas y en un promedio de 15 minutos SD: 6.45 minutos se devuelve al individuo al agua. En casos especiales de colocar marcas acústicas o satelitales el tiempo de permanencia de individuos fuera del agua es mayor.

Se ha logrado análisis genéticos que indican una alta conectividad con la costa continental con implicaciones de conservación de mayores áreas protegidas. Así mismo, la congregación de poblaciones de diferentes zonas del Pacífico Tropical con largas migraciones a zonas de forrajeo en Galápagos (Chaves et al. 2017). Se realizó una línea base de salud para entender que significa una población saludable en un ambiente cambiante como son las islas (Lewbart et al. 2016). Además de definir áreas núcleo de uso de hábitat y establecer principales amenazas para las tortugas dentro del área protegida (Denkinger et al. 2014, Alarcón et al. 2015). Incorporamos técnicas de foto-identificación de individuos que a través del uso de un software nos permiten monitorear a las tortugas en zonas de uso turístico, incluyendo programas de ciencia ciudadana con la participación de estudiantes locales, guías naturalistas y usuarios de la reserva marina

(León et al. en prep). Esto nos permite usar a las tortugas marinas como mensajeras en temas de conservación. A través de técnicas de SESV (video- continuo y telemetría acústica) se espera entender de mejor manera el comportamiento de las tortugas en estos hábitats y con el marcaje satelital queremos corroborar movimientos en individuos adultos machos a diferentes zonas de reproducción principalmente para entender a las tortugas verdes de morfotipo amarillo encontradas en Galápagos. Por último, se ha visto cada vez en mayor número de casos depredación de tortugas marinas adultas y juveniles por predadores topes como orcas (*Orcinus orca*) en varias zonas de Galápagos, por lo que entender este tipo de comportamientos es esencial en nuestro programa.

### Abstract

Galapagos is perhaps one of the most important sites in the world for some populations of sea turtles. The green turtle (*Chelonia mydas*) is the most commonly recorded and studied species in the nesting areas of the archipelago. The aquatic spaces occupied by this species are less well known, existing information that establishes clear guidelines of the key importance of this species in the socio-ecological system in Galapagos and are strictly protected (see Green 1978, Green and Ortiz-Crespo 1981; Green 1994 Zarate et al.2007, Carrión-Cortez et al., 2010, Zarate et al.2015), however, are beginning to be threatened by direct and indirect anthropogenic influences. We present the work carried out during these last years that involves advances in the understanding of the ecology and biology of this species in the Galápagos with research efforts that allow timely and effective knowledge to achieve true conservation.

Through captures by hand with apnea technique, we catch individuals while they are feeding, resting or swimming in areas of shallow water up to 10 meters deep. INCONEL metallic tags are placed, morphometric measurements, samples and standardized photographs are taken in an average of 15 minutes SD: 6.45 minutes, then the individual is returned to the water. In special cases of placing acoustic or satellite tags, the time of individuals outside the water is longer.

Genetic analyzes have been achieved that indicate a high connectivity with the continental coast with conservation implications of larger protected areas, in addition the congregation of populations from different areas of the Tropical Pacific with long migrations to foraging areas in Galapagos (Chaves et al., 2017). A health baseline was developed to understand what a healthy population means in a changing environment such as islands (Lewbart et al., 2016). In addition to define core areas of habitat use and establishing main threats to turtles within the protected area (Denkinger et al., 2014, Alarcón et al., 2015). We incorporate photo-identification techniques of individuals that through the use of software allow us to monitor turtles in tourist areas, including citizen science programs with the participation of local students, naturalist guides and users of the marine reserve (León et al., in prep). This allows us to use sea turtles as messengers on conservation issues. Through SESV techniques (video-continuous and acoustic telemetry) it is expected to better understand the behavior of turtles in these habitats and with satellite marking we want to corroborate movements in adult males to different breeding areas mainly to understand the green turtles of yellow morphotype found in Galápagos. Finally, there have been an increasing number of cases of predation of adult and juvenile sea turtles by top predators such as orcas (*Orcinus orca*) in several areas of Galapagos, so understanding this type of behavior is essential in our program



## Agradecimientos

Reconocemos el apoyo y la colaboración cruciales de las siguientes instituciones: Dirección Parque Nacional Galápagos (DPNG), Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Galapagos Science Center (GSC), Fundación Ecofondo, Fundación Equilibrio Azul (EA) Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE), James Cook University-Australia, SharkSky-Galápagos y Secretaria Nacional de Educación Ciencia y tecnología (SENESCYT).

Nos gustaría agradecer el proyecto TortugaNegraGSC y todas las personas involucradas. Deseamos agradecer a las siguientes personas por su apoyo y asistencia: Personal de GSC: Carlos Mena, Stephen Walsh, Philip Page, Sofía Tacle, Sylvia Sotamba. Personal de DPNG: Galo Quezada, Daniel Lara-Solís, Jorge Carrión y Maryuri Yépez. Además, agradecemos a la DPNG por la confianza otorgada para el muestreo, y al GSC por el apoyo logístico durante el estudio. Finalmente, agradecemos a los guardas parques de la DPNG por la ayuda y asistencia en la recopilación de datos, agradecimientos especiales a la oficina técnica de la DPNG en San Cristóbal y a su Directora.

### *Estimación de la proporción de sexos de la tortuga verde (Chelonia mydas) en áreas de alimentación en las Islas Galápagos / Sex Ratio Estimations of green sea turtles (Chelonia mydas) at foraging sites in the Galapagos Islands.*

*Silvia R. Zavala Montoya<sup>1\*</sup>, Jaffet Belmont<sup>1</sup>, Maximilian Hirschfeld<sup>2</sup>, Juan Pablo Muñoz Pérez<sup>2</sup>, Daniela Alarcón Ruales<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Universidad de Glasgow, Escocia, University Avenue, Glasgow, G12 8QQ*

<sup>2</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

## Resumen

A pesar de la reconocida necesidad de obtener mayor información sobre la demografía de tortugas marinas, la proporción de sexos en áreas de alimentación no se ha estudiado lo suficiente. La población global de *Chelonia mydas* está disminuyendo y figura como especie en peligro extinción. En este estudio, se estimó la proporción de machos y hembras en sitios de forrajeo en las Islas Galápagos. Además, se exploraron medidas morfométricas para determinar la probabilidad de lograr discriminar entre sexos, basados en la relación entre estas características. Un total de 79 tortugas fueron capturadas y liberadas en 5 sitios de forrajeo diferentes. Los individuos fueron clasificados como hembras o machos luego del análisis de niveles de testosterona en sangre utilizando un kit de ELISA comercial. Los resultados mostraron que la proporción sexual difiere de una proporción 1:1 en las diferentes áreas de alimentación, excepto en Wolf y Fernandina. Sin embargo, no hubo diferencia estadística significativa en cuanto a proporciones sexuales en las etapas de vida. En general, el balance entre hembras y macho estimado para el Archipiélago no difirió significativamente de 1:1, aunque se observó un ligero exceso de hembras, probablemente sugiriendo que la población puede no estar seriamente

comprometida. Un análisis adicional de los niveles de testosterona detectó concentraciones elevadas e inesperadas en el grupo de machos juveniles, posiblemente indicando signos de maduración sexual temprana. El tamaño estimado donde parece comenzar la elongación de la cola dentro de este estudio, no coincidió con el tamaño que indicaría pubertad, apoyando la idea de juveniles alcanzando quizás una maduración sexual temprana. Por último, se reportó una relación aparentemente significativa entre dos de los caracteres morfométricos, lo cual podría considerarse como un método para discriminación entre sexos en un futuro, después de una validación suficiente.

***Ecología espacial y video científico (EEVC) como herramienta para el estudio de tortugas marinas en las islas galápagos y el uso de individuos para la exploración de los ambientes en los cuales habitan / Spatial ecology and scientific video (SESV) as a tool to study sea turtles in the galápagos islands and using individuals to explore surrounding environments where they inhabit.***

*Daniela Alarcón-Ruales<sup>1</sup>, Jason G. Castañeda<sup>1-4</sup>, Kenneth J. Lohmann<sup>1-2</sup>, John W. Rowe<sup>3</sup>, Judith Denkinge<sup>1</sup>, Meredith Burke<sup>1</sup>, Kyle Oliveira<sup>1</sup>, Juan García<sup>4</sup>, Mark Hamann<sup>5</sup>, Alex Hearn<sup>1</sup>, Todd Steiner<sup>6</sup>, Eduardo Espinoza<sup>4</sup>, Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>1-7</sup>*

<sup>1</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>2</sup>*University of North Carolina, Department of Biology, Chapel Hill, North Carolina, 27599, USA.*

<sup>3</sup>*Alma College 614 West Superior Street Alma, MI 48801.*

<sup>4</sup>*Parque Nacional Galápagos, Galápagos, Ecuador.*

<sup>5</sup>*James Cook University-Australia*

<sup>6</sup>*Turtle Island Restoration Network*

<sup>7</sup>*Fundación Equilibrio Azul, Machalilla Ecuador*

## **Resumen**

El Archipiélago de Galápagos presenta diferentes tipos de ecosistemas influenciados por corrientes marinas (Harris, 1969), que controlan el tipo de fauna y flora presentes en el área, obligando a las especies a adaptarse o restringirse a ciertas áreas, o ha creado una especiación con poblaciones separadas en las diferentes regiones. El tipo de regiones encontradas en el archipiélago también influye en el comportamiento y la presencia de tortugas marinas. A pesar de que el conocimiento sobre la ecología acuática y el comportamiento de las tortugas marinas en Galápagos está creciendo a lo largo de los años (Carrión et al. 2010; Chaves et al. 2017; Muñoz et al. 2017) existe la necesidad de llenar vacíos de información. Los avances en nuevas tecnologías, como la telemetría acústica y las cámaras de video, están ayudando a los científicos a comprender el comportamiento animal, especialmente sin la presencia de humanos.

Para una mejor comprensión de la ecología espacial y el comportamiento de las tortugas marinas en las diferentes áreas del archipiélago, modificamos la metodología utilizada

por Thomson y Heithaus 2013, utilizando cámaras de grabación continua de video, adaptadas con un transmisor VEMCO V16, y una base de flotación de espuma sintética (Syntech, VA, EE. UU. El equipo con el video continuo se aplicará a una tortuga colocando una pequeña ventosa sobre el caparazón en la primera escala vertebral. El proceso de colocación del dispositivo de rastreo continuo con cámara subacuática dura menos de 10 minutos o el menor tiempo posible en el que se pueda manejar al animal y evitar cambios en el comportamiento normal; después de haber sido etiquetado con SESV, la tortuga será devuelta al agua en el mismo lugar donde fue capturada. Hasta el momento se ha colocado estratégicamente el equipo en diferentes especies y tamaños de tortugas marinas, un total de 14 *Chelonia mydas*, 1 *Eretmochelys imbricata* y se ha tratado de cubrir distintas regiones en las Galápagos. Para este estudio, analizamos los diferentes usos que podrían tener los videos y los diferentes errores y éxitos de todo el proceso en este proyecto en curso. Hemos logrado con éxito recopilar video continuo más temperatura, profundidad y la ubicación cada segundo durante 4 a 6 horas en cada individuo. Permittiéndonos comprender mejor el comportamiento, la ecología y los movimientos espaciales de las tortugas marinas, lo cual es importante para ayudar en su conservación y protección. Además, permitirá las comparaciones entre las dos especies más comunes de tortugas marinas en Galápagos; y entre las diferentes regiones del archipiélago, con un número muy rico y diverso de especies e individuos registrados por nuestras tortugas rastreadas. Esto es importante no solo para comprender mejor la ecología de estas especies en peligro de extinción, sino también para ver si están utilizando sus hábitats de manera similar o diferente y para ver en general cómo interactúan con los miembros de su propia especie y con otras especies. También hemos registrado nuevas interacciones de especies y nuevos registros de especies en ciertas áreas que no se registraron antes. En resumen, la iniciativa de ecología espacial y video científico (SESV) utiliza una combinación de telemetría acústica y grabación de video para comprender mejor cómo las tortugas marinas se están moviendo y utilizando su entorno.

### Abstract

The Galapagos Archipelago is known to present different types of ecosystems influenced by marine currents (Harris, 1969), that controls the type of fauna and flora present in the area, forcing species to adapt or restrict to certain areas, or has create a speciation with separate populations in the different regions. The type of regions found in the archipelago also influences the variation behavior and presence of sea turtles. Despite that knowledge about the aquatic ecology and behavior of sea turtles in Galapagos is growing through the years (Carrion et al. 2010; Chaves et al. 2017; Munoz et al. 2017) there is the need to fill gaps of information in certain areas. Developments in new technology such as acoustic telemetry and video cameras are helping scientists to comprehend animal behavior especially without the presence of humans. For a better understanding of the spatial ecology and behavior of sea turtles in the different areas in the archipelago we modify the methodology used by Thomson and Heithaus 2013, using a custom-made animal-borne video recorders, adapted with a VEMCO V16 transmitter, and a syntactic foam flotation base (Syntech, VA, USA) that will be used to give positive buoyancy to the camera. The process of placing the continuous tracking device with underwater camera lasts less than 10 minutes or the less time that we can handle the animal and avoid changes in the normal behavior. We have strategically placed the equipment in different species and sizes of sea turtles; total 14 *Chelonia mydas*, 1 *Eretmochelys imbricata* and trying to cover as many different regions in the Galapagos. For this study we analyze the different uses that the videos could have and the different errors and success of the entire process in this ongoing

project. We have successfully address to collect continuous video plus temperature, depth and location each second for 4 to 6 hours at each individual. Allowing us to better understand the behavior, ecology and spatial movements of marine turtles, which is important for aiding in their conservation and protection. Also, will allow comparisons between the two most common species of marine turtles in Galapagos; and between different regions in the archipelago, with a very rich and diverse number of species and individuals recorded by our tracked turtles. This is important not only to better understand the ecology of this endangered species but it to see whether they are using their habitats in similar or different ways and to see generally how they are interacting with members of their own species and with other species. We have also recorder new species interactions and new registers of species in certain areas that were not recorded before. To sum up, the spatial ecology and scientific video (SESV) initiative uses a combination of acoustic telemetry and video recording to better understand how marine turtles are moving and using their environment.

***Caracterización de la población de quitones (*radsia goodalli* y *radsia sulcatus*) en la isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador, para la recomendación de medidas de manejo / Chitons population characterization (*radsia goodalli* y *radsia sulcatus*) in San Cristóbal Island, Galapagos, Ecuador for management recommendations.***

*Cristina Vintimilla-Palacios<sup>1,2\*</sup>, Andrea García-Rojas<sup>2</sup>, Omar Hernando Avila-Poveda<sup>3,4</sup>, Margarita Brandt<sup>1,5,6</sup>*

<sup>1</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>2</sup>*Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica.*

<sup>3</sup>*Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR), Universidad Autonoma de Sinaloa (UAS). Mazatlan, Sinaloa, Mexico.*

<sup>4</sup>*Direccion de Catedras-CONACYT, CONACYT. Ciudad de Mexico, Mexico.*

<sup>5</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.*

<sup>6</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.*

*\*Correo electrónico: cvintimillap@usfq.edu.ec*

**Resumen**

La pesca en las Islas Galápagos representa una fuente importante de ingresos para la comunidad galapagueña. La actividad pesquera en las islas es estrictamente artesanal e incluye la pesca de quitones (*Radsia goodallii* y *Radsia sulcatus*), como una actividad complementaria a sus actividades cotidianas. El recurso quitón ha sido consumido a manera de subsistencia desde la colonización de las islas, pero en la actualidad presenta mayor interés comercial. El objetivo de este estudio fue evaluar la abundancia y la temporada reproductiva de la canchalagua lisa (*Radsia goodallii*) y la canchalagua tallada (*Radsia sulcatus*) en el litoral rocoso de la Isla San Cristóbal e Islas Galápagos. Se realizaron muestreos mensuales de las poblaciones de estos dos quitones, en siete localidades y de acuerdo a dos temporadas climáticas: temporada caliente (febrero, marzo, abril) y temporada fría (julio, agosto y septiembre). La abundancia (individuos observados) se estableció mediante observación por unidad de esfuerzo (OPUE), con ayuda de tres observadores. La reproducción se cuantificó a través de índice Gonadosomático [IGS= peso gonada/(peso cuerpo-peso gonada)]. Tanto *R. goodallii* como *R. sulcatus* presentaron la abundancia más alta durante la temporada fría con 22.13 ind/ obs · hora en julio, y 1.65 ind/ obs · hora en agosto, respectivamente. *R. goodallii* fue altamente mayor en abundancia respecto de *Radsia sulcatus*. Se observaron diferencias significativas de la abundancia de quitones entre las localidades muestreadas para *R. sulcatus* (p-value=0.041) pero no para *R. goodallii* (p-value= 0.963). La mayor abundancia de *R. goodallii* se presenta en localidades con menor cantidad de balanos, algas incrustantes y algas macrófitas corticadas. Los análisis del Índice Gonadosomático (IGS) determinaron que *R. goodallii* se encuentra en estadio de desove durante la temporada fría. Caso contrario, *R. sulcatus* se encuentra en estadio de madurez sexual durante la temporada fría. Con el fin de proponer posibles soluciones y estrategias viables de manejo para la pesca de quitones se realizaron 2 entrevistas a los directivos del sector pesca de la DPNG, 9 entrevistas a pescadores asociados a las cooperativas de pesca, 13 entrevistas a establecimientos de venta de quitones y 150 encuestas a los consumidores. En base a dichos resultados y a los resultados de los estudios ecológicos se sugiere a las autoridades del PNG implementar para *R. goodallii* una veda durante la temporada fría. Mientras que para *R. sulcatus* se propone una veda durante la temporada caliente. Para ambas especies se recomienda realizar más estudios de reproducción para conocer el primer tamaño de su madurez sexual. Adicionalmente, se sugiere monitorear la pesca de quitones a través de las bitácoras de pescas que cada pescador tiene la obligación de llenar. Los resultados del presente estudio contribuyen al fortalecimiento de la línea base y al conocimiento de breves rasgos reproductivos de *R. goodallii* y *R. sulcatus*. No obstante, se recomienda fortalecer los estudios de reproducción y biología pesquera de estas especies.

### Abstract

Fishing in the Galapagos Islands represents an important source of income for the Galapagos community. The fishing activity in the islands is strictly artisanal and includes the fishing of chitons (*Radsia goodallii* and *Radsia sulcatus*), as a complementary activity to their daily activities. The chiton resource has been consumed as a subsistence since the

colonization of the islands, but currently has greater commercial interest. The objective of this study was to evaluate the abundance and reproductive season of the smooth canchalagua (*Radsia goodallii*) and the carved canchalagua (*Radsia sulcatus*) on the rocky coast of San Cristóbal Island and the Galapagos Islands. Monthly sampling of the populations of these two chitons was carried out in seven locations and according to two climatic seasons: hot season (February, March, April) and cold season (July, August and September). The abundance (observed individuals) was established by observation by unit of effort (OPUE), with the help of three observers. Both *R. goodallii* and *R. sulcatus* showed the highest abundance during the cold season with 22.13 ind / obs ·hour in July, and 1.65 ind / obs ·hour in August, respectively. *R. goodallii* it was highly greater in abundance with respect to *Radsia sulcatus*. Significant differences were observed in the abundance of chitons between the localities sampled for *R. sulcatus* (p-value = 0.041) but not for *R. goodallii* (p-value = 0.963). The greater abundance of *R. goodallii* occurs in localities with less quantity of barnacles, encrusting algae and cortical macrophytic algae. The reproduction was quantified through the Gonadosomatic Index [GIS = gonad weight / (body-weight gonad weight)]. The analysis of GSI determined that *R. goodallii* is in the spawning stage during the cold season. Otherwise, *R. sulcatus* is in a stage of sexual maturity during the cold season. In order to propose possible solutions and viable management strategies for the fishing of chitons, 2 interviews were conducted with the managers of the fishing sector of the DPNG, 9 interviews with fishermen associated with fishing cooperatives, 13 interviews with chiton sales establishments and 150 consumer surveys. Based on these results and the results of the ecological studies, this study suggested to the PNG authorities to implement a closed season for *R. goodallii* during the cold season. While for *R. sulcatus* a closure is proposed during the hot season. For both species it is recommended to carry out more reproduction studies to know the first size of their sexual maturity. Additionally, it is suggested to monitor the fishing of chitons through the fishing logs. The results of this study contribute to the strengthening of the baseline and knowledge of brief reproductive traits of *R. goodallii* and *R. sulcatus*. However, it is recommended to strengthen the breeding and fishing biology studies of these species.



**Figura 1:** Individuo de *R. goodallii* (izquierda) y *R. sulcatus* (derecha).  
**Figure 1:** Individual of *R. goodallii* (left) y *R. sulcatus* (right).

***Desarrollo del ecosistema de plataforma de la region sureste de Galápagos bajo efectos de cambio climático / The ecosystem development of the Southeastern Galapagos shelf under climatic change effects.***

*Marjorie Riofrio-Lazo<sup>1,2</sup>, Gunter Reck<sup>3</sup>, Diego Páez-Rosas<sup>1,4</sup>, Francisco Arreguín-Sánchez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador*

<sup>2</sup>*Instituto Politécnico Nacional IPN, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR, México.*

<sup>3</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Instituto de Ecología Aplicada ECOLAP, Ecuador.*

<sup>4</sup>*Dirección Parque Nacional Galápagos, Oficina Técnica San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.*

**Resumen**

Los ecosistemas marinos se encuentran en continuo cambio en respuesta a diversos factores ambientales, naturales y antropogénicos, entre los que destaca el cambio climático, que afectan su estabilidad, funcionamiento y capacidad de auto-organización. Perturbaciones suficientemente severas de un estado estable del ecosistema, pueden llevarlo a un estado estable alterno con diferente estructura y organización. Esto define una necesidad intrínseca de implementar un manejo adaptativo basado en el ecosistema para lograr la sostenibilidad en la explotación de los recursos. En este estudio mediante la construcción de un modelo trófico dinámico, empleando la plataforma de modelación

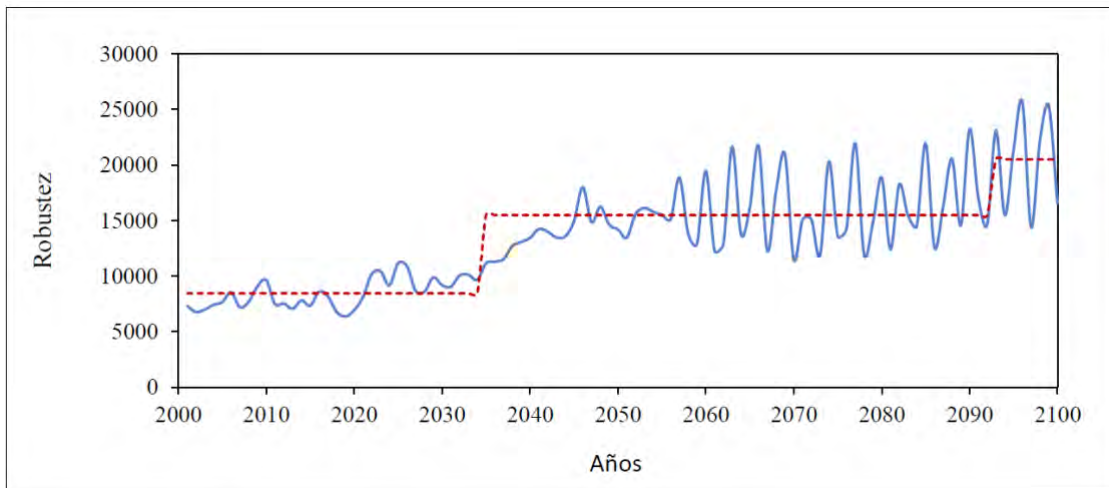


“Ecopath con Ecosim”, se analizó la dinámica del ecosistema de plataforma de la región sureste de Galápagos (~9300 km<sup>2</sup>) para el periodo 2001-2015 y se simuló el efecto del cambio climático en el ecosistema para un periodo de 100 años empleando el modelo A1B, del IPCC, y la anomalía de temperatura superficial del mar como forzante sobre la tasa de producción de los productores primarios, dejando que la señal se propague vía red trófica. Se estimaron indicadores holísticos del sistema en cada año y se identificaron posibles estados estables alternos del ecosistema y sus límites (aproximados) en el tiempo. Se determinó que en 100 años más, el sistema cambiaría hacia un estado con mayor grado de orden y de capacidad de auto-organización. Esta mayor organización conlleva un aumento en la capacidad para absorber una perturbación y mantener su funcionamiento, lo cual se interpreta como mayor resiliencia. Para el escenario simulado existe una relación proporcional entre la resiliencia y la TSM. Se predice que el aumento de la temperatura, asociado al cambio climático, tendrá sus mayores efectos al final del siglo y producirá un alto incremento en la biomasa de especies tropicales y la disminución de algunas especies como el bacalao de Galápagos, *Mycteroperca olfax*. No obstante, se necesitan estudios más profundos para elucidar con mayor precisión los efectos del cambio climático sobre el ecosistema. Se identificaron tres periodos alternos de estabilidad del ecosistema: Periodo 1: 2001-2034; periodo 2: 2035-2092; periodo 3: 2093-2100. Las diferencias simuladas en la estructura del ecosistema sugieren que las medidas de manejo de recursos individuales deban adaptarse a través del tiempo a la nueva condición de cada uno de los recursos. La importancia de la adaptabilidad como parte de la estrategia de gestión de un sistema dinámico y vulnerable como Galápagos, permitirá asegurar la protección de las especies endémicas y amenazadas, y mejorar las acciones de manejo de los recursos pesqueros para anticipar los cambios debidos a perturbaciones como el cambio climático.

### Abstract

Marine ecosystems are constantly changing in response to various environmental factors, natural and anthropogenic, among which climate change stands out, affecting their stability, functioning and capacity for self-organization. Sufficiently severe disturbances of a stable state of the ecosystem can lead to an alternate stable state with different structure and organization. This defines an intrinsic need to implement adaptive management based on the ecosystem to achieve sustainability in the exploitation of resources. In this study, through the construction of a trophic dynamic model, using the modeling platform "Ecopath with Ecosim", the ecosystem dynamics of the southeast region shelf of Galapagos (~ 9300 km<sup>2</sup>) for the period 2001-2015 were analyzed. The effect of climate change on the ecosystem was simulated for a period of 100 years using the A1B model of the IPCC, and the anomaly of sea surface temperature as a forcing on the production rate of the primary producers, allowing the signal to propagate via trophic web. Holistic indicators of the ecosystem were estimated each year and possible alternate stable states of the ecosystem and their (approximate) limits over time were identified. It was determined that in 100 more years, the system would change to a state with a higher degree of order and capacity for self-organization. This major organization leads to an increase in the capacity to absorb a disturbance and maintain its functioning, which is interpreted as greater resilience. For the simulated scenario there is a proportional relationship between resilience and SST. It is predicted that the increase in temperature, associated with climate change, will have its greatest effects at the end of the century and will produce a high increase in the biomass of tropical species and the decrease of some species such as the Galapagos sailfin grouper, *Mycteroperca olfax*. However, more in-

depth studies are needed to elucidate more precisely the effects of climate change on the ecosystem. Three alternate periods of ecosystem stability were identified: Period 1: 2001-2034; period 2: 2035-2092; period 3: 2093-2100. Simulated differences in the structure of the ecosystem suggest that individual resource management measures must adapt over time to the new condition of each resource. The importance of adaptability as part of the management strategy of a dynamic and vulnerable system such as Galápagos, will make it possible to ensure the protection of endemic and threatened species, and improve management actions of fishery resources to anticipate changes due to disturbances such as climate change.



**Figura 1.** Comportamiento de la robustez del ecosistema de plataforma del sureste de Galápagos a lo largo del periodo 2001-2100 bajo el efecto del cambio climático tomando como referencia las proyecciones de las anomalías de temperatura superficial del mar. La línea punteada representa periodos distintos de robustez. Periodo 1: 2001-2034; periodo 2: 2035-2092; periodo 3: 2093-2100

***Diferencias regionales en la morfometría craneal de las poblaciones adultas del lobo marino macho de Galápagos (*Zalophus wollebaeki*) / Regional differences in the cranial morphometry of adult populations of male Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*)***

*Salomé Izurieta<sup>1\*</sup>, Diego Páez-Rosas<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.*

<sup>2</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, extensión Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno 200101, San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.*

<sup>3</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

*\*Correo electrónico: [sasa.izurieta@gmail.com](mailto:sasa.izurieta@gmail.com)*

**Resumen**

El cráneo es una herramienta útil que muestra efectos de adaptación de los organismos a diferentes ambientes e influencias tanto biológicas como ecológicas, así también para determinar diferencias a nivel de población y definir unidades taxonómicas. Tomando como base que la cantidad de alimento disponible afecta directamente al tamaño de los otáridos, y que el crecimiento somático de estos individuos es densodependiente, hipotetizo que en colonias pequeñas existe una menor competencia por los recursos alimenticios y por tanto el tamaño del cráneo de los individuos es mayor, con respecto al observado en colonias más grandes, donde existe una mayor competencia por los recursos. Los otáridos machos utilizan varias secciones del cráneo para pelear, ya sea para defender su harén o recursos alimenticios, razón por la cual se separaron a las medidas en dos grupos: (a) tamaño, donde se incluyeron aquellas que definen solo el crecimiento en sí, como ancho, largo del cráneo; y (b) agresividad, donde se incluyeron medidas de específicas secciones del cráneo que el individuo usa en su comportamiento antagonista, como ancho del proceso supraorbital, basándose en la literatura. En este contexto, se tomaron 34 medidas lineales, 20 de tamaño y 15 de agresividad, a 46 cráneos de machos adultos y sub-adultos de lobo marino de Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*) de la colección que posee el Galapagos Science Center en conjunto con el Parque Nacional Galápagos. Para la obtención de medidas se utilizó un calibrador manual con 0.05 mm de precisión y una regla graduada (herramienta de apoyo para medidas convencionales). Se dividió al área de estudio en tres bioregiones: (a) Sureste (n=15), (b) Centro-Norte (n=16) y (c) Oeste (n=15) en base a información biológica y ecológica. Los análisis de datos se hicieron separadamente del grupo tamaño y agresividad. Se evaluó normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk W y homosticidad con la prueba de Levene para homogeneidad de varianzas. Posteriormente, para encontrar diferencias significativas entre bioregiones de las medidas tomadas, se aplicó prueba de Kruskal-Wallis para grupos múltiples independientes o ANOVA una vía, dependiendo si los datos fueron paramétricos o no paramétricos, respectivamente. Además, se compararon variables para encontrar correlaciones positivas altas (coeficiente de determinación  $R^2$ ) entre variables. De esta manera, sugerir el crecimiento del cráneo en función de otra variable a parte de las comunes medidas estándares que serán útiles al trabajar con cráneos incompletos. Los resultados de las diferencias regionales mostraron que solo existen diferencias significativas en la longitud del hueso nasal ( $p=.031$ ) y ancho del orbital mesodistal ( $p=.022$ ) dentro del grupo de tamaño. Asimismo, la longitud total del cráneo solo muestra correlación positiva con longitud del hocico ( $r^2= .601$ ), longitud del paladar ( $r^2= 0.546$ ) y longitud orbito-temporal ( $r^2= .548$ ), mientras que el ancho del cráneo presenta correlación positiva también con longitud del hocico ( $r^2=.625$ ), longitud del paladar ( $r^2=.555$ ), y además con ancho posterior de la caja craneal ( $r^2=.592$ ), ancho del paladar ( $r^2=.501$ ) y altura del yugal al supraorbital ( $r^2=.513$ ). Las principales limitaciones de esta investigación es el número de muestras y el sesgo de la edad de cada individuo que juega un rol importante en la ausencia de diferencias regionales en varias medidas y la falta de correlación entre el largo y ancho del cráneo a nivel del Archipiélago. Sin embargo, se observan tendencias de diferencias regionales en muchas otras medidas y correlaciones positivas que se mejorarían al incrementar la muestra. Por tanto, se sugiere que las diferencias biológicas y ecológicas de las bioregiones pueden influir en la morfología del cráneo de manera distinta aludiendo que los cráneos de las poblaciones del lobo marino de Galápagos podrían ser disimiles en el Archipiélago en términos morfológicos.

### Abstract

The skull is a useful tool that shows adaptation effects of organisms to different environments and biological and ecological influences, as well as to determine differences at a population level and define taxonomic units. Based on the fact that the quantity of available food directly affects the otariids' size, and that the somatic growth of these individuals is density-dependent, I hypothesize that in small colonies there is less competition for food resources and therefore the skull size of the individuals is larger, comparing to that observed in bigger colonies, where there is greater competition for resources. The male otariids use several sections of the skull to fight, either to defend their harem or food resources, which is why the measurements were separated into two groups: (a) size, which included those that define only the growth itself, as width, length of the skull; and (b) aggressiveness, which included measures of specific skull's sections that the individual uses in his antagonistic behavior, e.g. the supraorbital process width, based on the literature. Within this context, 34 linear measures, 20 in size and 15 in aggressiveness, were taken on 46 adult and sub-adults males's skulls of the Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*) from the collection owned by the Galapagos Science Center along with the Galapagos National Park. To obtain measurements, we used a manual 0.05 mm precision caliper and a graduated rule (support tool for conventional measurements). The study area was divided into three bioregions: (a) Southeast (n = 15), (b) Center-North (n = 16) and (c) West (n = 15) based on biological and ecological information. The data analyzes were made separately from the size and aggressiveness group. Normality was assessed with the Shapiro-Wilk W's test and homosticity with Levene's test for homogeneity of variances. Subsequently, significant differences of these measures were found by using Kruskal-Wallis test for independent multiple groups or ANOVA one way, depending on whether the data were parametric or nonparametric, respectively. In addition, variables were compared to find high positive correlations (coefficient of determination  $R^2$ ) between variables so that we can relate the skull growth based on another variable apart from the common standard measures as it will be useful when working with incomplete skulls. The results of the regional differences showed that there are only significant differences in the nasal bone length ( $p = .031$ ) and the mesodistal orbital width ( $p = .022$ ) within the size group. Moreover, the total length of the skull only reveals positive correlation with the snout length ( $r^2 = .601$ ), palate length ( $r^2 = 0.546$ ) and orbito-temporal length ( $r^2 = .548$ ). Likewise, the skull width presents a positive correlation not only with the snout length ( $r^2 = .625$ ), and palate length ( $r^2 = .555$ ), but also with posterior braincase width ( $r^2 = .592$ ), palate width ( $r^2 = .501$ ) and jugal to supraorbital process height ( $r^2 = .513$ ). The main limitations of this research are the number of samples and the age bias of each individual that plays an important role in the absence of regional differences in several measures and the lack of correlation between the length and width of the skull at the Archipelago level. However, trends of regional differences are observed in many other measures and positive correlations that would be improved by increasing the sample. Therefore, it is suggested that the biological and ecological differences of the bioregions can influence the morphology of the skull in a different way, alluding that the skulls of the Galapagos sea lion populations could be dissimilar in the Archipelago in morphological terms.



**Figura 1.** Ejemplares de individuos machos adultos de *Zalophus wollebaeki* pertenecientes a diferentes bioregiones. De izquierda a derecha: bioregion Centro-Norte, Sureste y Oeste.

**Figure 1.** Specimens of adult male individuals of *Zalophus wollebaeki* belonging to different bioregions. From left to right: Central-North, Southeast and West bioregion.



**Figura 2.** Medida de la longitud orbito-temporal de un individuo de la colección.  
**Figure 2.** Measurement of how the Orbito-temporal length looks like on an individual in the collection.

***Un método integrado para evaluar la calidad del agua entre 2007 y 2015 en la Isla Santa Cruz, en el Archipiélago de Galápagos / An Integrated Approach for Evaluating Water Quality between 2007-2015 in Santa Cruz Island in the Galapagos Archipelago***

*M. Cristina Mateus<sup>1,2\*</sup>, Christian A. Guerrero<sup>1</sup>, Galo Quezada<sup>3</sup>, Daniel Lara<sup>3</sup>, and Valeria Ochoa-Herrera<sup>1,2,4</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Instituto Biósfera, Diego de Robles y Vía Interoceánica, 17-1200-841, Quito, Ecuador;*

*mcmateus@usfq.edu.ec (M.C.M.); christian.guerrero@estud.usfq.edu.ec (C.A.G.);  
vochoa@usfq.edu.ec (V.O.H).*

<sup>2</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University  
of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>3</sup>*Dirección del Parque Nacional Galápagos, Ministerio del Ambiente, Av. Charles  
Darwin S/N, Galápagos,*

*Ecuador; gquezada@galapagos.gob.ec (G.Q.); dlara@galapagos.gob.ec (D.L.)*

<sup>4</sup>*Department of Environmental Sciences and Engineering, Gillings School of Global  
Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, NC, USA*

*\*Correo electrónico: mcmateus@usfq.edu.ec*

## **Resumen**

La calidad del agua en Galápagos se ha venido deteriorando debido al incremento de los impactos humanos en las últimas décadas. La calidad del agua debe ser evaluada en la Bahía Pelicano, el centro urbano y económico de desarrollo en la Isla Santa Cruz, con el objetivo de mejorar la gestión y la regulación sobre la calidad de agua. Este estudio evalúa la calidad de los cuerpos de agua costeros y subterráneos de la Bahía Pelicano a partir de un set de datos de 9 años, obtenidos durante el programa local de monitoreo de calidad de agua realizado por el Parque Nacional Galápagos. Los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron comparados con estándares nacionales e internacionales de calidad de agua. Un análisis estadístico fue realizado para calcular los niveles de fondo ambiental de los parámetros de calidad de agua, así como también explorar la variación estacional y espacial. Los resultados más relevantes son: a) el agua no es apta para el consumo humano ni para el uso doméstico en algunos sitios dentro de la isla; b) el agua salobre es utilizada para irrigación en la zona alta; c) la presencia de parámetros de preocupación en sitios costeros representa un riesgo para la salud humana y para el ecosistema, y d) los niveles de fondo ambiental pueden ser utilizados para determinar los sitios específicos para contralar la calidad de agua. Este estudio proporciona información importante sobre el estado de la calidad de agua en la Isla Santa Cruz y puede servir como línea base para la gestión efectiva del agua y el control de la contaminación.

## **Abstract**

Water quality in Galapagos has been deteriorating by increased human impacts over the past few decades. Water quality needs to be evaluated in the Pelican Bay Watershed, the biggest urban and economic development of Santa Cruz Island, for better management and regulation of water quality. This study assesses coastal and ground water bodies of Pelican Bay by employing a 9-year dataset obtained during a local water quality monitoring program conducted by the Galápagos National Park. Physical-chemical and microbial properties were evaluated with respect to national and international water quality standards. A statistical integrated approach was performed to calculate environmental background levels of water quality parameters and to explore their seasonal and spatial variation. Results highlighted are: a) water is not suitable for drinking and domestic use at some inland sites; b) saline water is used for irrigation in the highlands; c) the presence of parameters of concern at coastal sites represent a risk for human and ecosystem health, and; d) background levels may serve for defining site-specific limits to control water quality. This study provided valuable information of the

water quality status in Santa Cruz Island and can serve as a baseline for effective water management and control of pollution.

***Agua, comida y salud en San Cristóbal: Estudio de familias saludables / Water, food and health in San Cristóbal: The healthy family study***

*Amanda Thompson<sup>1,2\*</sup>, Enrique Teran<sup>3,4</sup>, Margaret Bentley<sup>2</sup>, Jill Stewart<sup>5</sup>, Jaime Ocampo<sup>3</sup>, Graham Pluck<sup>6</sup>, and Khristopher Nicholas<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Department of Anthropology, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC. <sup>2</sup>Department of Nutrition, Gillings School of Global Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

*<sup>3</sup>Colegio de Ciencias de la Salud, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.*

*<sup>4</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

*<sup>5</sup>Department of Environmental Science and Engineering, Gillings School of Global Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

*<sup>6</sup>Colegio de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.*

*\*Correo electrónico: [althomps@email.unc.edu](mailto:althomps@email.unc.edu)*

## **Resumen**

El rápido desarrollo en países de ingresos bajos y medios, como Ecuador, ha contribuido a un aumento en la prevalencia de obesidad y enfermedades crónicas en niños y adultos. La dieta ha cambiado más rápidamente que las mejoras en los sistemas del agua y saneamiento, lo que lleva a una doble carga de obesidad y enfermedades no transmisibles (OB / ENT) y la continua desnutrición y enfermedades infecciosas (DES/EI) en individuos y hogares. Realizamos una encuesta de hogares de 115 hogares y 387 personas (de 0 a 66 años) en San Cristóbal para medir la percepción de los residentes sobre la calidad del agua y el acceso a los alimentos. Recolectamos antropometría (altura, peso, circunferencias y grosor del pliegue cutáneo) y marcadores de estado nutricional y salud (hemoglobina, glucosa y presión arterial) en niños y adultos. Encontramos que la mayoría de los hogares calificaron la calidad del agua como justa a buena (74.3%), aunque los residentes también reportaron problemas con el pago del agua (32%), tomando el agua

que se veía, sabía o olía mal (27.8%) y la sensación angustia por la situación del agua (27%). La mayoría de los hogares tenía acceso adecuado a alimentos suficientes para adultos y niños (52%), pero casi la mitad tenía una inseguridad alimentaria que iba desde leve (38% de los hogares) a severa (2% de los hogares). Los hogares sufren de una doble carga de OB / ENT y DES/EI. Más de 2/3 de los adultos tenían sobrepeso o eran obesos, y más hombres (82.9%) que mujeres (62.1%,  $p = 0.009$ ) tenían sobrepeso o eran obesos. Sólo unos pocos participantes se les diagnosticó enfermedades crónicas como diabetes (<1%) o hipertensión (5,8%), pero el 23% de los adultos tenía evidencia de alteración de la glucosa y el 20% tenía evidencia de pre-hipertensión (> 120 / 80mmHg) o hipertensión (>140/90 mmHg) en nuestras medidas. Si bien pocos niños o adultos tenían bajo peso, casi el 30% de los niños menores de 5 años y el 16% de los niños y las mujeres adultas tenían anemia por deficiencia de hierro, lo que indica niveles bajos de hierro en sus dietas. Finalmente, los síntomas de enfermedades infecciosas fueron comunes tanto en niños como en adultos; más de la mitad de los participantes tenían síntomas infecciosos (tos, fiebre, diarrea o vómitos) en las dos semanas previas a la encuesta. Estos resultados preliminares sugieren que los entornos de agua y alimentos de San Cristóbal representan desafíos para la salud de los participantes y que estos impactos se pueden ver a lo largo de la vida. Comprender las rutas biológicas y de comportamiento que vinculan las dietas no saludables y la mala calidad del agua con la doble carga de la enfermedad a nivel individual y a nivel de hogar es fundamental para identificar vías de intervención en las Islas Galápagos y otros países de América Latina en general. Esta investigación es financiada por NIH / FIC (1R21TW010832; PI: Thompson)

### Abstract

Rapid development in low- and middle-income countries (LMIC), like Ecuador, has contributed to an increasing prevalence of obesity and chronic disease in children and adults. Diet has changed more rapidly than water and sanitation improvements, leading to a dual burden of overweight and noncommunicable disease (OWT/NCD) and continued undernutrition and infectious disease (UND/ID) within individuals and households. We conducted a household survey of 115 households and 387 individuals (aged 0-66 years) in San Cristobal to measure residents' perception of water quality and food access. We collected anthropometry (height, weight, circumferences and skinfold thickness) and markers of nutritional status and health (hemoglobin, glucose and blood pressure) in children and adults. We found that the majority of households rated their water quality as fair to good (74.3%), though residents also reported problems with paying for water (32%), drinking water that looked, tasted or smelled bad (27.8%), and feeling distress over their water situation (27%). The majority of households had adequate access to sufficient food for adults and children (52%), but nearly half had food insecurity that ranged from mild (38% of households) to severe (2% of households). Households suffer from a dual burden of OWT/NCD and UND/ID. Over 2/3rds of adults were overweight or obese with more men (82.9%) than women (62.1%,  $p=0.009$ ) being overweight or obese. Few participants have been diagnosed with chronic diseases like diabetes (<1%) or hypertension (5.8%), but 23% of adults had evidence of impaired glucose and 20% had evidence of pre-hypertension (>120/80mmHg) or hypertension (>140/90 mmHg) in our measurements. While few children or adults were underweight, almost 30% of children under age 5 and 16% of children and adult women had iron deficiency anemia, indicating low levels of iron in their diets. Finally, infectious illness symptoms were common for both children and adults; over half of participants had infectious symptoms (cough, fever, diarrhea or vomiting) in the two weeks before the



survey. These preliminary results suggest that the water and food environments of San Cristobal pose challenges for participants' health and that these impacts can be seen across the lifespan. Understanding the biological and behavioral pathways linking unhealthy diets and poor water quality to the dual burden of disease at the individual and household levels is critical for identifying avenues of intervention in the Galapagos and other Latin American countries more broadly.

This research is funded by NIH/FIC (1R21TW010832; PI: Thompson)

**Madres sanas, bebés sanos / Motherhood, stress, and infant health on San Cristobal Island**

*Hannah Jahnke<sup>1,2,3</sup>, Enrique Teran<sup>3,4</sup>, Margaret Bentley<sup>1,2,3,5</sup>, Francisca Murgueitio<sup>6</sup>,  
Amanda Thompson<sup>1,2,3</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Anthropology, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

<sup>2</sup>*Carolina Population Center, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

<sup>3</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>4</sup>*Colegio de Ciencias de la Salud, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.*

<sup>5</sup>*Department of Nutrition, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC.*

<sup>6</sup>*Hospital Oskar Jandl.*

*\*Correo electrónico: [hjahnke@live.unc.edu](mailto:hjahnke@live.unc.edu)*

## Resumen

El estrés materno durante el período perinatal plantea una variedad de riesgos tanto para la madre como para el niño en desarrollo que podrían tener consecuencias a largo plazo en la salud materna e infantil. El estrés materno durante y después del embarazo puede influir en el desarrollo infantil al dejar cambios duraderos en la respuesta al estrés primario de un niño al desregular el eje hipotalámico-hipofisario-suprarrenal (eje HPA), aumentando el riesgo de enfermedad metabólica, psicopatología y una variedad de otras afecciones en la vida. No obstante, los mecanismos a través de los cuales se incorpora el estrés materno perinatal en la biología materna e infantil aún no se comprenden completamente. Probamos los efectos de varias medidas del estrés psicosocial materno, la depresión y el apoyo social en la salud materna e infantil y en las prácticas de cuidado. Además, probamos cómo estas medidas influyen en el desarrollo del eje HPA infantil. Los datos provienen de 38 días madre-infante que participan en el estudio de *Madres Sanas, Bebés Sanos* en San Cristóbal, Galápagos. La edad materna varió de 18 a 39 años, la edad gestacional promedio de los bebés fue de 38.3 semanas. En este ambiente de alto estrés y aislado, durante el período prenatal, el 14.6% de las mujeres calificaron como estrés alto y el 26.3% calificó como deprimido, mientras que en el período posparto, el 13.9% calificó como estrés alto y el 28.6% calificó como deprimido. Todos los participantes informaron que estaban amamantando a sus bebés, y el 36% informó que había suplementado con fórmula cuando el bebé tenía 8 semanas de edad. Se utilizaron modelos mixtos para probar las asociaciones entre las puntuaciones en las escalas de estrés y depresión validadas y los resultados de salud infantil, controlando las características maternas e infantiles, incluidas la edad materna, el sexo infantil y las características sociodemográficas. Los resultados demuestran cómo el estrés psicosocial y la depresión dan forma a la salud materna e infantil en San Cristóbal y sugieren la necesidad de más servicios de salud mental y apoyo social en la isla.

Esta investigación está financiada por la Fundación Nacional de Ciencia y la Comisión Fulbright.

## Abstract

Maternal stress during the perinatal period poses a variety of risks for both the mother and the developing infant that could have long-term consequences on maternal and child health. Maternal stress during and after pregnancy may shape infant development by leaving lasting changes on a child's primary stress response through dysregulating the fetal hypothalamic-pituitary-adrenal axis (HPA axis), increasing the risk for metabolic disease, psychopathology, and an array of other conditions later in life. Nonetheless, mechanisms through which perinatal maternal stress is embodied in maternal and infant biology are not yet fully understood. We test the effects of various measures of psychosocial maternal stress, depression, and social support on maternal and infant health and caregiving practices. Further, we test how these measures influence infant HPA axis development. Data come from 38 mother-infant dyads participating in the *Madres Sanas, Bebés Sanos* study in San Cristóbal, Galápagos. Maternal age ranged from 18 to 39 years old, the average gestational age for infants was 38.3 weeks. In this high-stress, isolated environment, during the prenatal period, 14.6% of women scored as high stress and 26.3% scored as depressed, while in the postpartum period, 13.9% scored as high stress and 28.6% scored as depressed. All participants reported breastfeeding their infants, and

36% reported supplementing with formula when the baby was eight weeks of age. Mixed models were used to test the associations between scores on validated stress and depression scales and infant health outcomes, controlling for maternal and infant characteristics including maternal age, infant sex, and sociodemographic characteristics. Results demonstrate how psychosocial stress and depression shape maternal and infant health on San Cristóbal and suggest a need for more mental health and social support services on the island.

This research is funded by the National Science Foundation and the Fulbright Commission.

***Aedes aegypti: distribución y epidemiología del dengue, chikungunya y zika en Galápagos / Aedes aegypti: distribution and epidemiology of dengue, chikungunya, and zika in Galapagos. a mixed methods study***

*Renato Leon<sup>1\*</sup>, Carolina Molina<sup>2</sup>, William F. Waters<sup>3</sup>, Leonardo Ortega<sup>4</sup>, Ronal Azuero<sup>5</sup>*

*<sup>1</sup>Laboratorio de Entomología Médica & Medicina, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n y Pampite, Quito, Ecuador*

*<sup>2</sup>Instituto de Microbiología, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n y Pampite, Quito, Ecuador*

*<sup>3</sup>Instituto de Investigación en Salud y Nutrición, Escuela de Salud Pública, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n y Pampite, Quito, Ecuador*

*<sup>4</sup>Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, University of Glasgow, Scotland.*

*<sup>5</sup>Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos, Galápagos, Ecuador*

*\*Correo electrónico: rleon@usfq.edu.ec*

## **Resumen**

El *Aedes aegypti* es un mosquito vector de varios arbovirus, incluyendo la fiebre amarilla, el dengue, el Chikungunya y el Zika. En el Ecuador, desde que esta especie fue temporalmente eliminada en los años 60, las poblaciones de mosquitos se han recuperado, de tal forma que en la actualidad el dengue y sus cuatro serotipos circulan en el Ecuador y han sido causa cada año de significativa morbilidad y mortalidad en poblaciones humanas, especialmente de la costa. El *Aedes aegypti* fue introducido en los años 90s al Archipiélago de Galápagos a la isla Santa Cruz y ahora está presente también en las islas de San Cristóbal e Isabela. En Santa Cruz, la transmisión del dengue es endémica con casos esporádicos cada año desde el 2002. En San Cristóbal, la transmisión es esporádica desde un brote epidémico con más de 900 casos en el 2010. En Galápagos, se notificaron 26 casos de Chikungunya en los 2015 y cinco casos de Zika, dos casos en 2016 y tres en 2017. Con estos antecedentes, se realizó un estudio de métodos mixtos entre agosto del

2017 y junio del 2018 que consistió en (i) un monitoreo entomológico en las poblaciones de Puerto Baquerizo Moreno (San Cristóbal), Puerto Ayora (Santa Cruz), Puerto Villamil (Isabela) y Puerto Velasco Ibarra (Floreana) con el apoyo de la agencia ABG y el MSP y (ii) un componente cualitativo para entender los conocimientos, actitudes y prácticas relacionadas a la presencia del *Aedes aegypti*; del dengue, Chikungunya y Zika y la prevención de estas enfermedades. Este reporte presenta: (i) los resultados del monitoreo entomológico en las cuatro zonas urbanas, que detectó la presencia de *Aedes aegypti* en tres de los cuatro sitios (excepto Floreana); (ii) el análisis cualitativo, que demuestra que se reconocen la presencia de mosquitos y las tres enfermedades, pero que las prácticas de control y prevención son inadecuadas y (iii) las recomendaciones pertinentes.

### Abstract

*Aedes aegypti* is a mosquito vector of several arboviruses, including yellow fever, dengue, Chikungunya, and Zika. Since the species was temporarily eliminated in the 1960s in Ecuador, the mosquito populations have recovered so that currently, dengue and its four serotypes that circulate in the country have caused significant morbidity and mortality in human populations, especially in the coastal region. *Aedes aegypti* was introduced into the Galapagos island of Santa Cruz and is now also present on San Cristobal and Isabela islands. On Santa Cruz, the transmission of dengue is endemic, with sporadic cases every year since 2002. In San Cristobal, transmission has been sporadic since an endemic outbreak of over 900 cases in 2010. In Galapagos, 26 cases of Chikungunya were reported in 2015, as well as five cases of Zika, along with two cases in 2016 and three in 2017. Based on these data, we conducted a mixed-methods study between August 2017 and June 2018. The study consisted of: (i) entomological surveillance of the mosquito populations of Puerto Baquerizo Moreno (San Cristobal), Puerto Ayora (Santa Cruz), Puerto Villamil (Isabella), and Puerto Velasco Ibarra (Floreana) with the support of the ABG and MSP and (ii) a qualitative component to understand local knowledge, attitudes, and practices related to the presence of *Aedes aegypti*; dengue, Chikungunya, and Zika; and the prevention of those diseases. This report discusses: (i) the results of the entomological monitoring in the four urban areas, which detected the presence of *Aedes aegypti* in each of the islands (except Floreana); (ii) the qualitative analysis, which shows that residents recognize the presence of mosquitos and the three diseases, but that practices related to control and prevention are inadequate; and (iii) pertinent recommendations.

***Identificación de las exposiciones a las infecciones parasíticas que utilizan un enfoque de salud en las islas Galápagos / Identification of exposures to parasitic infections using a one health approach in the Galapagos islands***

*Leigh Ellyn Preston, DrPH, MPH<sup>1</sup>\*, Edward Davila, MPH<sup>2</sup>, Francisca Murgueitio, RN<sup>3</sup>, Andrea Rodriguez<sup>1</sup>, Juan Ochoa, MD<sup>3</sup>, Gerald Parker, DVM, PhD<sup>2</sup>, Enrique Teran, MD, PhD<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Texas A&M University School of Public Health, College Station, Texas, USA.*

<sup>2</sup>*Texas A&M University College of Veterinary Medicine, College Station, Texas, USA.*

<sup>3</sup>*Hospital Oskar Jandl-MSP, San Cristobal, Galapagos-Ecuador.*

<sup>4</sup>*Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.*

*\*Correo electrónico: lpreston06@agginetwork.com*

## **Resumen**

### **Introducción**

La ecología rica de las Islas Galápagos atrae muchos turistas e investigadores ambientales y de vida salvaje, pero aproximadamente 25,000 ecuatorianos habitan cuatro de las islas del archipiélago. Datos obtenidos directamente de los médicos en la isla de San Cristóbal en 2014 indican que aproximadamente el 30% de la población está diagnosticada con infecciones gastrointestinales. Este estudio intenta identificar las exposiciones ambientales o zoonóticas que contribuyen a las infecciones humanas.

### **Métodos**

La edad, el patógeno y el barrio de residencia del paciente se extrajeron de los registros del hospital y se analizaron para determinar barrios con incidencia más alta. La infección parasitaria fue la causa más común de enfermedad diarreica, y por eso el estudio se centró en la identificación de parásitos de infección humana identificados más comúnmente. Se recolectaron muestras de agua, suelo y heces de los barrios a una tasa determinada por la incidencia de enfermedad. Las muestras fecales se recolectaron en el medio ambiente y se analizaron primero por microscopía, y luego todas las muestras se analizaron por Reacción en Cadena de Polimerasa (RCP) para los patógenos identificados. Información sobre el tamaño de la población y el estado socioeconómico (SES) de cada barrio, y de la ubicación de cuencas y de plantas de tratamiento de agua se obtuvo de documentos gubernamentales.

### **Resultados**

De enero a mayo del 2018, 314 pacientes fueron atendidos en el Hospital Oskar-Jandl para enfermedad diarreica, y 199 dieron positivo para infección parasitaria. El barrio de residencia fue identificado para 70 pacientes. Los parásitos identificados más

comúnmente fueron *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* y *Giardia lamblia*. Se recolectaron 101 muestras de agua y suelo (67 muestras de agua, 34 muestras de suelo) y se recolectaron 39 muestras de animales fecales. En este momento, todas las muestras fecales resultaron negativas al microscopio, y ahora se están preparando para la RCP.

## **Discusión**

A pesar de que los residentes de esta zona de las Islas Galápagos están sufriendo enfermedades parasitarias con un potencial de transmisión zoonótica y ambiental, todavía no hemos identificado ningún reservorio específico que sirva como fuente de infección, aunque nuestro análisis continúa. Utilizando información proporcionada por el hospital, pudimos determinar una ligera tendencia de incidencia de enfermedad alta en los barrios con bajo SES. Anticipamos encontrar los parásitos implicados en la mayoría de las muestras de agua del grifo, debido a problemas de infraestructura destacados por los médicos locales.

La recopilación y el análisis de datos en este contexto resultó ser un desafío, debido en parte a las regulaciones sobre el transporte de especímenes ambientales entre las islas y el continente. Además, la recolección de muestras fecales se limitaba, a veces, a las heces encontradas en el medio ambiente y, por lo tanto, no eran ideal para la microscopía. Nuestro estudio también puede sufrir de sesgos de selección ya que aprendimos que, ocasionalmente, las familias que residen en áreas más rurales buscan tratamiento médico en instalaciones más pequeñas cerca de sus hogares, y por lo tanto, nuestra investigación no capturaría sus datos. A pesar de estas limitaciones, obtuvimos información valiosa sobre la población de San Cristóbal del hospital. Debido a la pequeña población de residentes en la isla, los centros de salud administrados por el gobierno pueden mantener registros excelentes, y fue lo que nos ayudó a comprender las preocupaciones de salud de la comunidad. En el futuro, esperamos expandir nuestro estudio a otras islas habitadas en el archipiélago y crear intervenciones para interrumpir la transmisión de estas infecciones parasitarias.

## **Abstract**

### **Introduction**

The rich ecology of the Galapagos Islands draws many tourists and wildlife and environmental researchers to the islands, but approximately 25,000 Ecuadorians inhabit four of the islands in the archipelago. Data obtained directly from physicians on San Cristobal Island in 2014 indicate that approximately 30% of the population are diagnosed with gastrointestinal infections. This study attempts to identify environmental or zoonotic exposures that contribute to human infections.

### **Methods**

Age, identified pathogen, and barrio of residence of the patient were extracted from hospital records and analyzed to determine barrios with higher incidence. Parasitic infection was the most common cause of diarrheal disease, so the study focused on identifying the most commonly identified parasites of human infection. Water, soil, and animal fecal samples were collected from the barrios at a rate determined by the incidence of disease. Fecal samples were collected in the environment and analyzed first by

microscopy, and all samples were analyzed by polymerase chain reaction (PCR), for the identified pathogens. Information regarding population size and socio-economic status (SES) of each barrio, and location of water catchments and water treatment facilities was obtained from government documents.

## Results

From January to May 2018, 314 patients were seen at the Hospital Oskar-Jandl for diarrheal disease, and 199 were positive for parasitic infection. The barrio of residence was identified for 70 patients. The most commonly identified parasites were *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, and *Giardia lamblia*. A total of 101 water and soil samples were collected (67 water samples, 34 soil samples), and 39 animal fecal samples were collected. At this time, all the fecal samples were negative by microscopy, and all samples are being prepared for PCR.

## Discussion

Despite the fact that residents in this part of the Galapagos Islands are suffering parasitic diseases with zoonotic and environmental transmission potential, we have not yet identified any specific reservoirs serving as sources of infection, though our analysis is ongoing. Using information provided by the hospital, we were able to determine a slight trend of higher incidence of disease in lower SES barrios. We anticipate finding the implicated parasites in most of the tap water samples, due to infrastructural problems highlighted to us by local physicians.

Data collection and analysis in this setting proved challenging, due in part to regulations on transport of environmental specimens between the islands and mainland. Further, collection of fecal samples was limited, at times, to feces found in the environment and therefore was not ideal for microscopy. Our study also may suffer from selection bias, since we learned that, occasionally, families residing in more rural areas seek medical treatment from smaller facilities closer to their homes, and thus, our research would not capture their data. Despite these limitations, we obtained valuable information about the population of San Cristobal from the hospital. Due to the relatively small population of residents on the island, the government-run health centers are able to maintain excellent records, which aided our understanding of the health concerns of the community. In the future, we hope to expand our study to other inhabited islands in the archipelago and create interventions to disrupt transmission of these parasitic infections.

***Dinámica a largo plazo en poblaciones de peces de arrecife en la Reserva Marina de Galápagos / Long-term reef fish population dynamics***

*Robert W. Lamb<sup>1,2\*</sup>, Alejandro Perez-Matus<sup>3</sup>, Franz Smith<sup>1</sup>, and Jon D. Witman<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Ecology and Evolutionary Biology, Brown University, 80 Waterman St, Box G-W, Providence, RI 02905, USA*

<sup>2</sup>*Woods Hole Oceanographic Institution, 266 Woods Hole Rd, MS# 50, Woods Hole, MA 02543, USA*

*\*Correo electrónico: robert\_lamb@brown.edu*

**Resumen**

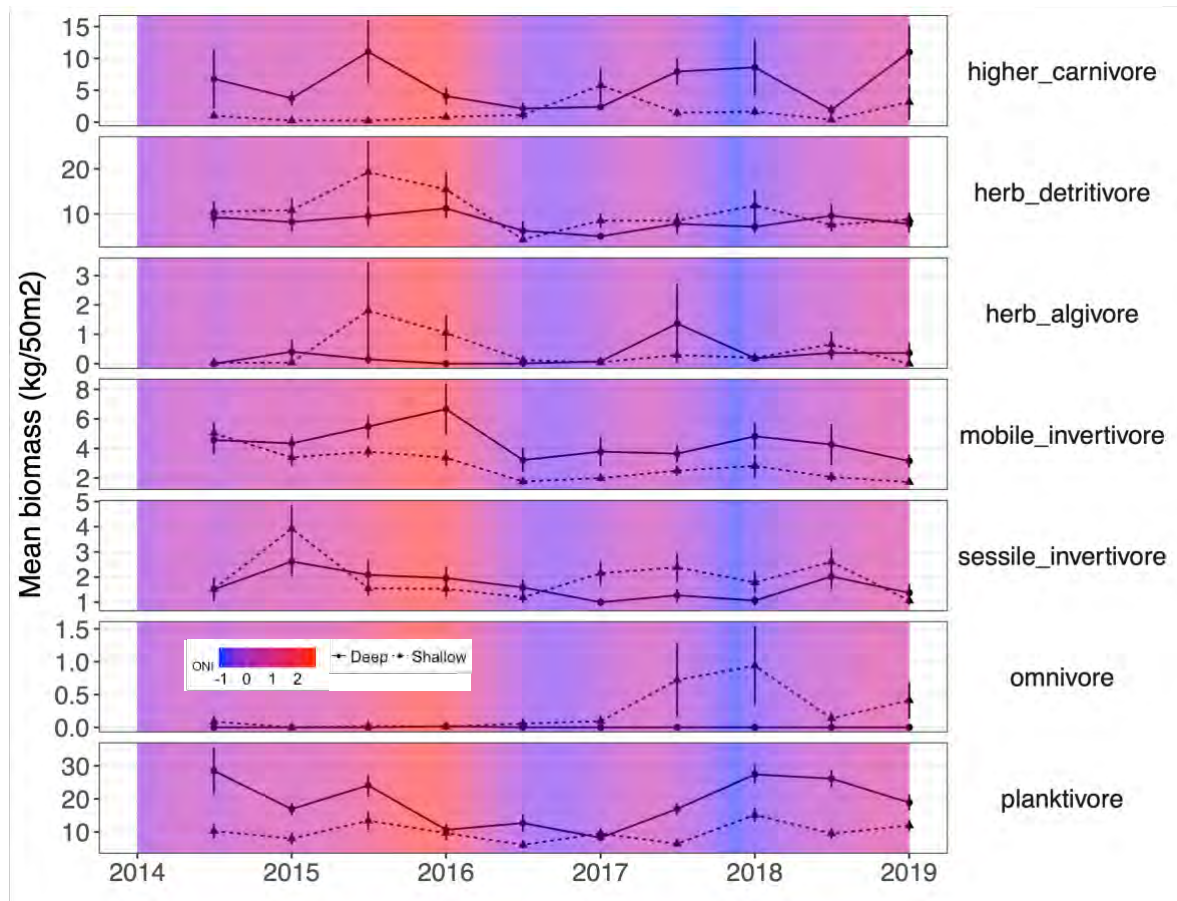
Uno de los objetivos principales de la investigación sobre el cambio climático es entender como será afectada la diversidad y abundancia de especies por temperaturas más altas y eventos climáticos extremos más frecuentes. En las islas Galápagos, variación en el ciclo de El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) sirve como experimento natural para medir los efectos de calentamiento del mar sobre ecosistemas marinos. Nosotros estudiamos la dinámica de poblaciones de 78 especies de peces de arrecife en 12 sitios del archipiélago central de Galápagos usando censos y filmación de peces cada seis meses entre julio 2014 y enero 2019. Usamos temperatura y clorofila de superficie del mar como predictores de la respuesta de la comunidad de peces a eventos fuertes de El Niño y La Niña. Comparamos la utilidad de características biológicas y ecológicas de cada especie para predecir la trayectoria de cada población: provincia biogeográfica de origen, rango de profundidad, rango latitudinal, tamaño, dieta, nivel en la columna de agua, comportamiento social, y rango de vida. Mostramos que la dieta de cada especie es el factor más predictivo para la respuesta de abundancia y biomasa frente a calentamiento rápido durante el evento de El Niño 2015-16. En particular, especies planctívoras se redujeron en promedio 75% como respuesta a anomalías de la temperatura superficial del mar que superaron + 2°C durante 9 meses consecutivas. Sin embargo, poblaciones volvieron a subir, duplicando su abundancia promedio después de la vuelta de condiciones frías y productivas durante La Niña. Esto produjo una correlación entre el promedio durante 21 meses del Índice Oceánico de El Niño (ONI – una medida de anomalía de temperatura superficie de mar a largo plazo) y biomasa de peces planctívoros. Esta respuesta atrasada y alto reclutamiento de peces larvarios sugiere que poblaciones experimentan alta mortalidad durante El Niño y éxito reproductivo durante La Niña. Tres de 12 sitios mantuvieron temperaturas bajas y aumentos de poblaciones de peces durante El Niño, implicando la presencia de refugio térmico en la región durante eventos extremos de El Niño. Sin embargo, la termoclina de 20 °C que indica la presencia de la corriente fría y productiva de Cromwell se mantuvo por debajo de 55 m de profundidad en todos los sitios. La dominancia de la dieta de cada especie en modelos predictivos de respuesta frente a variación de la ENOS y calentamiento de 2°C de superficie de mar implica que los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos limitantes como comida planctónica, en vez de efectos directos de la temperatura sobre el metabolismo y fisiología de los peces, van a determinar la composición de comunidades de peces de arrecife en el futuro. La salud a largo plazo de las poblaciones de peces de Galápagos dependerá de la demora en volver condiciones frías y productivas



de La Niña después de eventos extremos de El Niño, los cuales se predice aumentarán en frecuencia con el cambio climático.

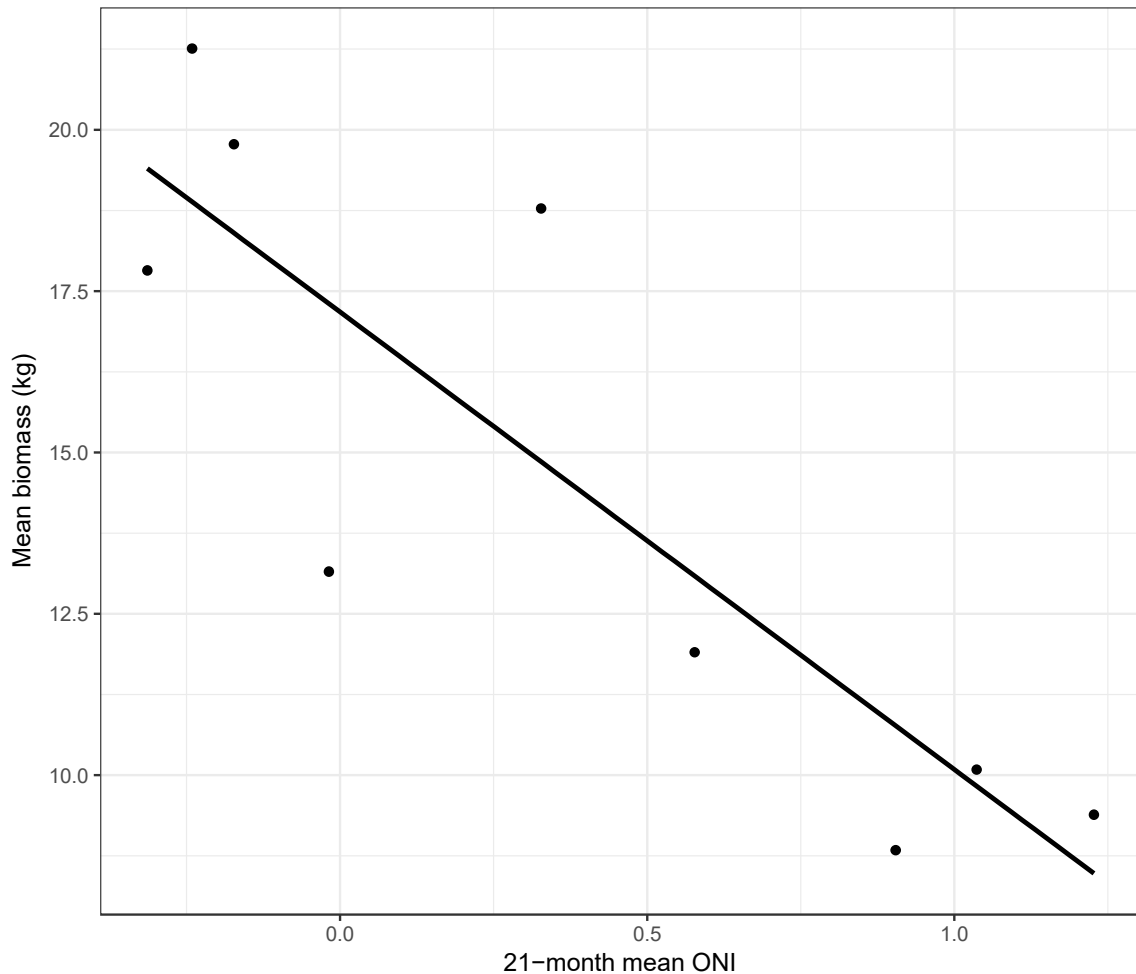
### **Abstract**

A central goal of climate change research is to understand how the distribution of species will be affected by warmer temperatures and more extreme climate events. In the Galapagos Islands, variation in the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) provides a natural experiment to test the effects of rapid ocean warming on marine communities. We examined population trends of 78 species of reef fishes in the Galapagos Islands at 12 sites in the central archipelago using underwater visual censuses and video every six months between July 2014 and January 2019. Sea surface temperature and chlorophyll were measured as predictors of fish community response to both strong El Niño and La Niña periods. We tested the explanatory power of traits related to the biology and ecology of reef fishes: biogeographic province of origin, depth range, latitudinal range, body size, diet, level in the water column, schooling behavior, and home range on population dynamics for each species. Here we show that diet provides the best ability to predict species responses to El Niño-associated warming in 2015-16. In particular, planktivorous species declined by 75% on average in response to sea surface temperature anomalies surpassing 2°C for 9 consecutive months. However, populations nearly doubled their long-term average abundance following the return of cool La Niña conditions, producing a correlation between planktivorous fish biomass and Oceanic Niño Index (a measure of long-term temperature anomaly) averaged over the 21 months prior to sampling. This lagged recovery and shifts in size distributions towards smaller size classes indicated recruitment rescue rather than emigration and recolonization for most planktivorous species. Three of 12 sites studied had cooler overall temperatures and mean positive abundance anomalies during El Niño, suggesting some thermal refugia may exist in the region during extreme El Niño events. However, the 20 °C thermocline indicative of the presence of the cold equatorial undercurrent remained below 55 m, negating the potential for thermal refugia on deep reefs except for the most highly mobile species. The dominance of diet predicting the response of reef fish populations to 2°C warming suggests that the effects of climate change on the provision of limiting resources such as planktonic food, rather than the direct effects of temperature on fish physiology and metabolism, will determine the composition of reef fish communities in a warmer world. The long-term health of Galapagos fish populations is likely dependent on the return time of cool, productive La Niña conditions following extreme El Niño events, which are predicted to increase in frequency with climate change.



**Figura 1: Variación en biomasa de peces por categoría de dieta durante el periodo de estudio.** Nótese diferentes escalas en el eje y, el cual indica el promedio (y error estándar) de biomasa en Kg/50m<sup>2</sup> de peces en 12 sitios. El color del fondo refleja el Índice Oceánico de El Niño (ONI), lo cual mide la anomalía de temperatura de superficie del mar relativo a una línea base de 30 años. Poblaciones de planctívoros bajaron durante El Niño y volvieron a subir después de los periodos de La Niña que siguieron.

**Figure 1: Change in fish biomass by diet category across the study period.** Note the different scales of the y-axis, which indicate mean (standard error) biomass in kg per 50 m<sup>2</sup> transect at 12 sites. Shading of the plot reflects the Oceanic Niño Index (ONI), which is a measure of the sea surface temperature anomaly relative to a 30-year baseline period. Note the decline in planktivore biomass during and immediately after the 2015-16 El Niño (darkest red area) and recovery in the La Niña periods that followed.



**Figura 2: Biomasa de peces planctívoros esta correlacionada con el Índice Oceánico de El Niño.** El

ONI es un índice compuesto por anomalía de temperatura superficie del mar en el Océano Pacífico relativa al promedio de los 30 años anteriores. Usamos el promedio de ONI durante los 21 meses anterior al muestreo de cada 6 meses entre julio 2014 y enero 2019 para predecir biomasa de peces planctívoros en los 12 sitios de estudio en cada muestreo ( $y = -7.09x + 17.18$ ;  $r^2 = 0.71$ ;  $p = 0.003$ ). Esto implica que por cada 1 °C de calentamiento, se pierde 7.09 kg de biomasa de peces planctívoros por 50 m<sup>2</sup> de arrecife.

**Figure 2: Planktivore biomass is predicted by Oceanic Niño Index.** ONI is a composite index of the sea surface temperature anomaly over the central Pacific Ocean relative to the mean of the previous 30 years. We took the average ONI over a rolling 21-month period and used this as the predictive variable for mean planktivore biomass across all study sites during each sampling period ( $y = -7.09x + 17.18$ ;  $r^2 = 0.71$ ;  $p = 0.003$ ). This means that for every 1 °C of warming, 7.09 kg of planktivore biomass per 50 m<sup>2</sup> reef is potentially lost.

***Funciones ecológicas y complementaridad de nicho de tres especies de damisela en la Reserva Marina de Galápagos / Niche complementarity and ecological function of three damselfishes in the Galapagos Marine Reserve***

Maya Greenhill<sup>1\*</sup>, Calvin Munson<sup>1</sup>, Robert W. Lamb<sup>1,2</sup>, and Jon D. Witman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Ecology and Evolutionary Biology, Brown University, 80 Waterman St. Box G-W, Providence, RI 02905, USA*

<sup>2</sup>*Woods Hole Oceanographic Institution, 266 Woods Hole Rd, MS# 50, Woods Hole, MA 02543, USA*

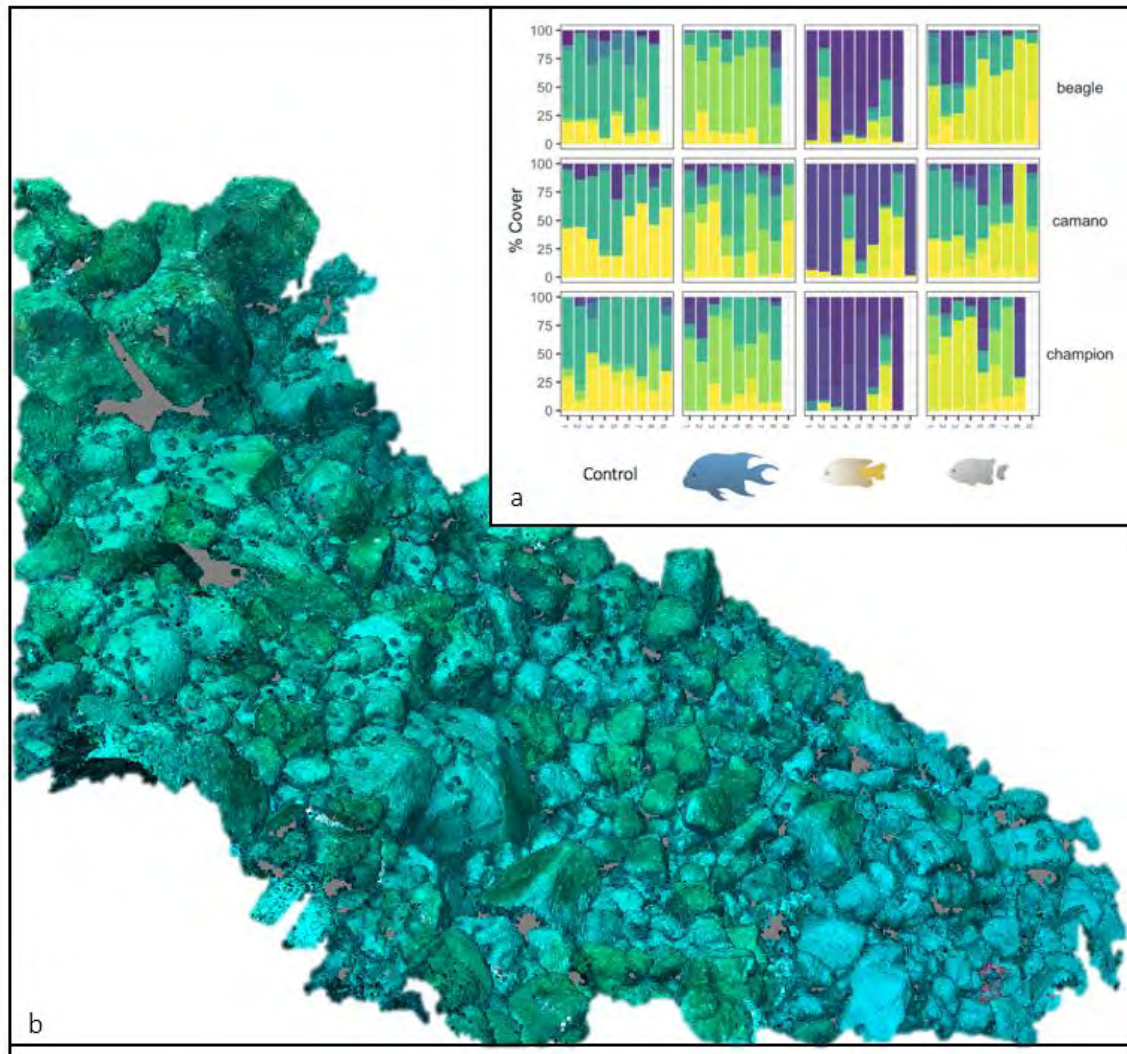
\**Correo electrónico: maya\_greenhill@brown.edu*

**Resumen**

Las damiselas (Pomacentridae) son una familia de peces territoriales que se encuentran en todas partes en las Islas Galápagos. Muchas especies cultivan y defienden parches de algas foliosas y filamentosas, o territorios, que crean un mosaico de alfombras de algas sobre un sustrato dominado por algas coralinas crustosas. Estos territorios son oasis de algas en una comunidad caracterizada por una alta presión de herbívoros y sostienen a un conjunto de niveles tróficos superiores. Nuestro estudio comparó los nichos ecológicos, las interacciones territoriales, y la función en el ecosistema de tres especies de damiselas en la Reserva Marina de Galápagos: *Stegastes beebei*, *Stegastes arcifrons* y *Microspathodon dorsalis*. Estas tres especies conforman un gremio ecológico: explotan recursos similares en formas relacionadas para impulsar la producción primaria en la red alimentaria marina. Por esta razón, las damiselas comúnmente se agrupan, dejando su contribución individual a su función ecológica general desconocida. Para entender esta partición de recursos, también conocida como complementariedad de nicho, utilizamos censos, videografía y experimentos para cuantificar la distribución espacial, la abundancia y la territorialidad de cada especie. Las damiselas de Galápagos exhiben patrones claros de zonificación de profundidad por especie: *S. beebei* tiene una profundidad promedio de 6.6m, *S. arcifrons* esta más somera a 4.3m, y *M. dorsalis* solo vive en la parte más somera (3m). A pesar de ser la especie más abundante, *S. beebei* fue la menos capaz de defender ensayos estandarizados de algas, y sus territorios tenían la biomasa de algas más baja, posiblemente debido a la dependencia parcial de los alimentos planctónicos. Comparamos las comunidades de algas dentro de territorios individuales y encontramos que cada especie de damisela fomenta una comunidad de algas significativamente diferente, creando una "huella digital de algas" única en todo el archipiélago. Esto tiene importantes consecuencias para la biodiversidad de la comunidad, ya que la riqueza de especies de damiselas afecta directamente la diversidad de los productores primarios. Usando censos de transectos de 12 sitios durante 5 años, estimamos que los territorios de damiselas representan aproximadamente el 15% de la superficie de arrecifes rocosos someros en Galápagos. Nuestros resultados demuestran la diferenciación de nichos a través de la partición espacial y de recursos, destacando la importancia de un grupo diverso de peces para el funcionamiento de los ecosistemas en las Galápagos

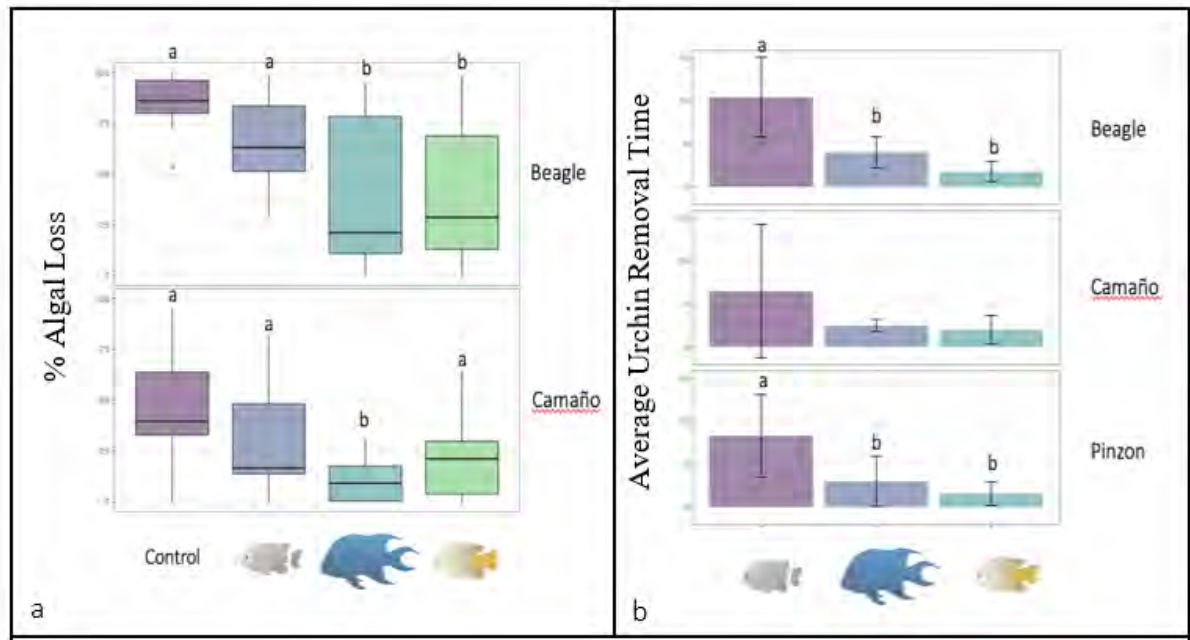
### Abstract

Damselfish (Pomacentridae) are a family of territorial fishes that are ubiquitous in the Galápagos Islands. Many species cultivate and defend patches of foliose and filamentous algae, or territories, which create a mosaic of algal turfs on a substrate dominated by crustose coralline algae. These territories are algal oases in a community characterized by high grazing pressure and support a suite of higher trophic levels. This study compared the niches, interactions, and ecological roles of three damselfish species in the Galapagos Marine Reserve: *Stegastes beebei*, *Stegastes arcifrons*, and *Microspathodon dorsalis*. These three species make up an ecological guild – they exploit similar resources in related ways to drive primary production in the marine food web. For this reason, damselfishes are commonly grouped together, leaving their individual contribution to the group's overall ecological function unknown. In order to understand this partitioning of resources, otherwise known as niche complementarity, we used surveys, videography, and manipulative experiments to quantify the spatial distribution, abundance, and territoriality of each species. Galapagos damselfish exhibit clear patterns of depth zonation by species: *S. beebei* (average depth 6.6m), *S. arcifrons* (4.3m), and *M. dorsalis* (3m). Despite being the most abundant species, *S. beebei* was the least capable of defending pre-weighed algal assays and their territories harbored the lowest standing stock of algal biomass, possibly due to partial reliance on planktonic food. We compared algal communities within individual territories and found that each species of damselfish fosters a significantly different algal community, creating a unique “algal fingerprint” consistent across the archipelago. This has major consequences for community biodiversity, as damselfish species richness directly impacts the diversity of primary producers. Using transect surveys from 12 sites over 5 years, we estimate that damselfish territories make up approximately 15% of Galapagos shallow rocky reefs. Our results demonstrate niche differentiation through resource and spatial partitioning, highlighting the importance of a diverse guild of damselfishes for ecosystem functioning in the Galápagos.



**Figura 1:** a) Porcentaje de cobertura (eje y) de los géneros de algas (por color) para tres especies de damisela y un control en tres sitios: Camaño, Beagle y Champion. Cada especie de damisela cultiva una comunidad de algas completamente diferente dentro de su territorio. b) Mapa de arrecife de 75 m<sup>2</sup> de los territorios de damiselas en los arrecifes rocosos someros.

**Figure 1:** a) Percent cover (y axis) of algal genera (by color) for three species of damselfish and a control across three sites: Camaño, Beagle, and Champion. Each damselfish species cultivates a completely different algal community within its territory. b) 75 m<sup>2</sup> reef map of damselfish territories in the shallow rocky reef.



**Figura 2:** a) Porcentaje de pérdida de algas debido a la herbivoría de peces en dos sitios: Beagle y Camaño. Las damiselas de cola blanca exhiben una capacidad de defensa reducida en comparación con otras especies de damiselas en respuesta a la herbivoría por peces. b) Tiempo promedio que tardan las damiselas en remover los erizos de su territorio en tres sitios: Beagle, Camaño y Pinzon. Las damiselas de cola blanca exhiben una capacidad de defensa reducida en comparación con otras especies de damiselas en respuesta a la herbivoría por erizos.

**Figure 2:** a) Percent algal loss due to fish herbivory at two sites: Beagle and Camaño. Ringtail damselfish exhibit reduced defense capacity compared to other damselfish species in response to fish herbivory. b) Average time it takes for damselfish to remove urchins from their territory at three sites: Beagle, Camaño, and pinzon. Ringtail damselfish exhibit reduced defense capacity compared to other damselfish species in response to urchin herbivory.



***Impactos preliminares de la contaminación por plástico en las tortugas marinas de Galápagos / Preliminary impacts of plastic pollution in Galapagos sea turtles***

Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>1-2\*</sup>, Brendan J. Godley<sup>3</sup>, Mark Hamann<sup>4</sup>, Ceri Lewis<sup>3</sup>, Alice Skehel<sup>1</sup>, Kathy Townsend<sup>5</sup> and Daniela Alarcón-Ruales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

<sup>2</sup>*Fundación Equilibrio Azul, Machalilla Ecuador.*

<sup>3</sup>*University of Exeter, United Kingdom.*

<sup>4</sup>*James Cook University, Australia.*

<sup>5</sup>*University of Sunshine Coast, Australia.*

\**Correo electrónico: jmunozp@usfq.edu.ec*

**Resumen**

13 tortugas marinas (9 tortugas verdes (*Chelonia mydas*), 3 tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*) y 1 carey (*Eretmochelys imbricata*) se registraron como afectadas por residuos plásticos marinos en la Reserva Marina de Galápagos (RMG). Se presenta la siguiente información.

**Caso 1:** El registro fotográfico del contenido estomacal de un individuo de *C. mydas* muerto encontrado en la isla Bartolomé a finales de los años 80 por el profesor Gunter Reck de la USFQ.

**Caso 2:** Se encontraron macro plásticos en el estómago de un juvenil muerto de *C. mydas* en la isla San Cristóbal Galápagos en 2016. El contenido del estómago se lavó a través de un tamiz de 5 mm y las piezas de plástico restantes se identificaron y aislaron visualmente. Se completarán análisis adicionales para identificar microplásticos. Las muestras se han almacenado para análisis futuros mediante espectroscopia. Registro gracias al pescador local José Luis Cuero.

**Caso 3 y 4:** El enredo y cerca de la decapitación / amputación de las extremidades delanteras de un juvenil *C. mydas*. La tortuga fue encontrada y liberada de un tipo de bolsa de plástico (saquillo) por un pescador local Manuel Yépez en 2016 en la isla Española. El enredo y la amputación cercana de las extremidades frontales de una hembra adulta *C. mydas*. La tortuga fue encontrada y liberada de un tipo de red fantasma, cuerdas y boyas por una científica marina de GSC, Cristina Vintimilla-Palacios en 2019 en la isla San Cristóbal.

**Caso 5:** El enredo en las plataformas de pesca fantasma de palangre y en un gran conjunto de redes y boyas de dos *C. mydas*. Individuo encontrado y liberado por un barco turístico (Jonathan Green) en la isla de Darwin en 2016.

**Casos 6 y 7:** La grabación de video gráfico del año 2018 por el guía de buceo Paulo Tobar en la isla de Darwin de 2 individuos de *C. myda*; Uno con una maraña en las aletas traseras, y el otro expulsa una línea de nylon de pesca a través de la cloaca.



**Casos 8 y 9:** Se han encontrado macro plásticos y microplásticos en dos muestras fecales secas de *C. mydas*, una encontrada a fines del año 2017 y otra a principios del año 2018 en la isla San Cristóbal. Las muestras se analizarán mediante una técnica de digestión, eliminando el material orgánico, los macro y microplásticos que se van a contar. Para confirmar la presencia de microplásticos, se realizará una espectroscopia en todos los artículos sospechosos. Registro gracias al guía naturalista local Santiago Isuasti.

**Casos 10, 11 y 12:** El enredo en los aparejos de pesca fantasma de palangre y un gran conjunto de redes y boyas de 3 *L. olivacea*. Encontrado y liberado por un barco turístico en la isla Fernandina en el año 2018, otro encontrado y liberado por pescadores cerca de la isla de Santa Fe (registro gracias a la estudiante de GAIAS Laura Heritage y al capitán Yuri Revelo) en el 2018 y el último encontrado y liberado por naturalistas. Guía (Shinobi Chauca) cerca de la isla San Cristóbal en 2018.

**Caso 13:** El enredo de un individuo de *E. imbricata* juvenil en una bolsa de plástico (saquillo). La tortuga fue encontrada y liberada por un barco turístico en 2018 en la isla San Cristóbal. Registro gracias a Santiago Isuasti.

Los océanos están llenos de nuestro plástico, Galápagos no es una excepción. La RMG alberga a cuatro de las siete especies de tortugas marinas del mundo, tres de estas especies fueron registradas como afectadas por residuos plásticos marinos en el RMG. Se liberó a todos los individuos enredados, y se tomó la documentación durante cada evento, no se pueden recopilar más datos de recuperación de los animales ya que no fueron etiquetados. Los casos presentados son la primera evidencia de impacto plástico (ingestión y enredo) en las tortugas marinas de Galápagos. Esta información se recopiló gracias a nuestros esfuerzos de ciencia ciudadana en los que alentamos a guías naturalistas, estudiantes locales y pescadores a recopilar y compartir esta información crítica en una vasta área como el archipiélago de Galápagos. Se necesitan más esfuerzos de investigación sobre los impactos del plástico en la vida silvestre en este archipiélago de importancia mundial.

**Agradecimientos:** DPNG, GSC, MAE, SharkSky, SENESCYT. Los miembros de TortugaNegraGSC. Personal de GSC: Carlos Mena, Stephen Walsh, Philip Page, Sofia Tacle, Sylvia Sotamba, Karla Vasco. Personal de GNP: Galo Quezada, Daniel Lara-Solís, Jorge Carrión, Ingrid Jaramillo y Maryuri Yépez.

### Abstract

13 sea turtles (9 green turtles (*Chelonia mydas*), 3 olive ridley (*Lepidochelys olivacea*), and 1 hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) were recorded as affected by plastic marine debris in the Galápagos Marine Reserve (GMR). The following information is presented.

**Case 1:** The photographic record of the stomach contents of a dead *C. mydas* founded at Bartolomé Island in the late 1980's by the USFQ professor Gunter Reck.

**Case 2:** Macro-plastics were found in the stomach of a dead juvenile *C. mydas* at San Cristobal Island Galapagos in 2016. The stomach content was washed through a 5mm sieve and the plastic pieces remaining were visually identified and isolated. Further analysis to identify microplastics will be completed. The samples have been stored for future analysis using spectroscopy. Register thanks to the local fishermen Jose Luis Cuero.

**Case 3 and 4:** The entanglement and near decapitation/amputation of the front limbs of one juvenile *C. mydas*. The turtle was found and released from a type of plastic bag (saquillo) by a local fisherman Manuel Yépez in 2016 at Española Island. The entanglement and near amputation of the front limbs of one adult female *C. mydas*. The turtle was found and released from a type of ghost net, ropes and buoys by a GSC marine scientist Cristina Vintimilla-Palacios in 2019 at San Cristóbal Island.

**Case 5:** The entanglement in the ghost fishing rigs of longline and in a large set of nets and buoys of two *C. mydas*. found and released by a tourist boat (Jonathan Green) on Darwin Island in 2016.

**Cases 6 and 7:** The 2018 graphic video recording by the dive guide Paulo Tobar on Darwin Island of 2 *C. mydas* individuals 1 with a tangle at the rear fins. And the other ejecting a nylon fishing line through the cloaca.

**Cases 8 and 9:** Macro-plastics and microplastics have been found in two dry *C. mydas* fecal samples, one found in late 2017 and the other one in early 2018 at San Cristobal Island. Samples will be analyzed using a digestion technique, removing organic material the macro and microplastics to be counted. To confirm the presence of microplastics spectroscopy will be completed on all suspected items. Register thanks to the local naturalistic guide Santiago Isuasti.

**Cases 10, 11 and 12:** The entanglement in ghost long-line fishing gear and large set of nets and buoys of 3 *L. olivacea*. 1 found and released by a tourist boat at Fernandina Island in 2018, another found and released by fishermen near Santa Fe Island (register thank to the GAIAS student Laura Heritage and the Captain Yuri Revelo ) in 2018 and the last one found and released by naturalistic guide (Shinobi Chauca) near San Cristóbal Island in 2018.

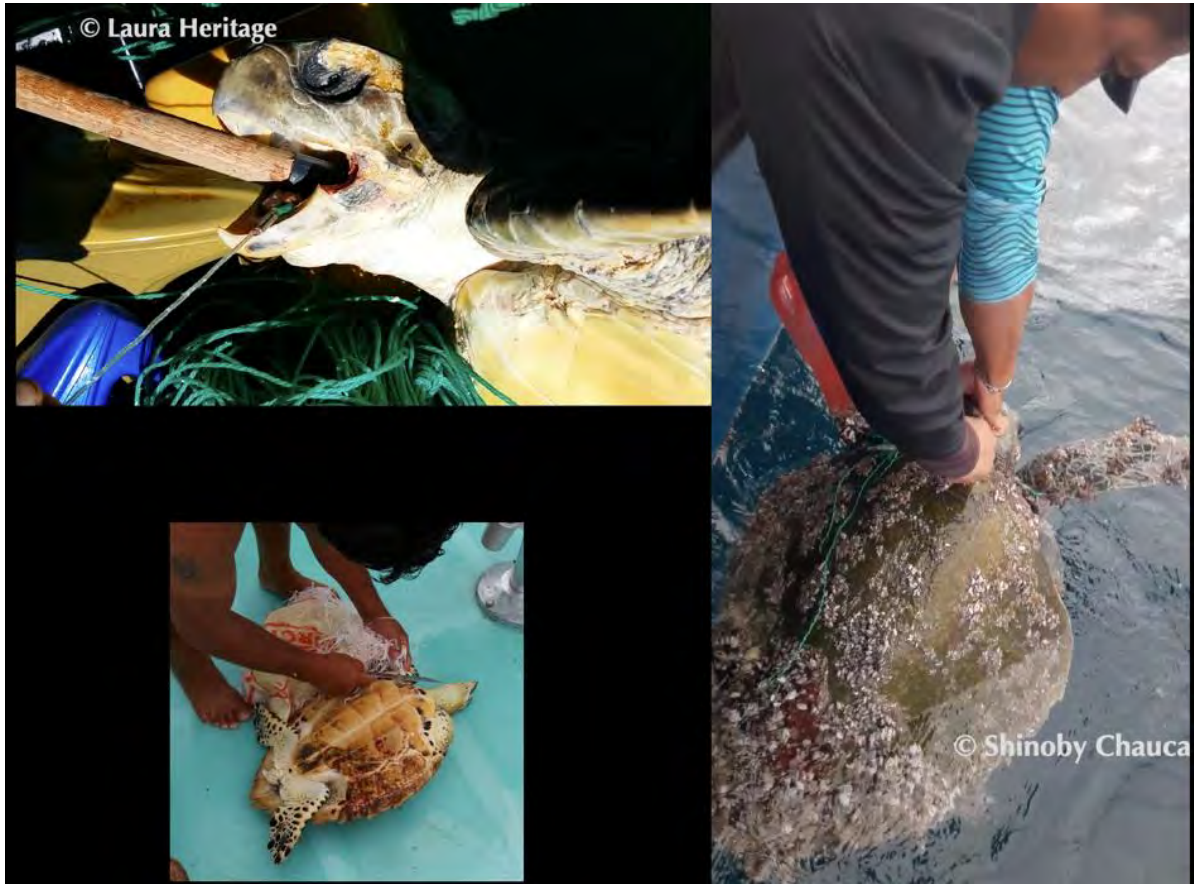
**Case 13:** The entanglement of a juvenile *E. imbricata* in a plastic bag (saquillo). The turtle was found and released by a tourist ship in 2018 at San Cristóbal Island. Register thanks to Santiago Isuasti.

The oceans are full of our plastic Galapagos is no exception. The GMR hosts four of the world seven sea turtle species, three of this species were recorded as affected by plastic marine debris in the GMR. All the entangled individuals were released, and documentation was taken during each event, further recovery data cannot be collected from the animals since they were not tagged. The cases presented are the first evidence of plastic impact (ingestion and entanglement) on Galapagos sea turtles. This information was collected thanks to our citizen science efforts where we encourage naturalistic guides, local students and fishermen to collect and share this critical information in a vast area like the Galapagos archipelago. More research efforts are needed into the impacts of plastic on wildlife across this globally important archipelago.

**Acknowledgments:** GNP, GSC, MAE, SharkSky , SENESCYT. The TortugaNegraGSC members. GSC staff: Carlos Mena, Stephen Walsh, Philip Page, Sofia Tacle, Sylvia Sotamba, Karla Vasco. GNP staff: Galo Quezada, Daniel Lara-Solis, Jorge Carrión, Ingrid Jaramillo and Maryuri Yépez.



**Figura 1:** Ejemplo de los registros foto gráficos y video gráficos de los eventos  
**Figure 1:** Example of graphic photos and graphic videos records of the events



**Figura 2:** Ejemplo de los registros foto gráficos y video gráficos de los eventos.  
**Figure 2:** Example of graphic photos and graphic videos records of the events.

***Mapeo de los agroecosistemas y zonas altas húmedas de las islas Galápagos /  
Mapping agroecosystems and humid highlands of the Galapagos islands***

Francisco Laso<sup>1</sup>, Lorena Benitez<sup>2</sup>, Carolina Sampedro<sup>2</sup>, Gonzalo Rivas-Torres<sup>2,3</sup>, Javier Arce-Nazario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill.

<sup>2</sup>Universidad San Francisco de Quito.

<sup>3</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

\*Correo electrónico: laso@live.unc.edu

**Resumen**

Las tierras altas húmedas de las Islas Galápagos son los territorios más productivos y biológicamente diversos de este archipiélago tropical. También son un hábitat de forraje insustituible para tortugas gigantes de Galápagos y hábitat de anidación crucial para varias especies de aves endémicas. Más allá de la fauna y la flora únicas que albergan, el

aumento de las precipitaciones en las tierras altas significó que se utilizarían para la producción agrícola desde principios del siglo XIX, lo que lo convierte en uno de los principales motores económicos y fundamental para la seguridad alimentaria de la región. Los seres humanos introdujeron cientos de especies de plantas exóticas para la producción de alimentos, algunas de las cuales se han convertido en invasoras. Las colecciones de imágenes satelitales de libre disponibilidad y los vehículos aéreos no tripulados (UAV) nos permiten superar las limitaciones que nos han impedido cartografiar esta región en detalle. Realizamos una clasificación de cobertura terrestre basada en objetos utilizando imágenes fusionadas de alta resolución (PlanetScope, Sentinel-2) de las tierras altas húmedas habitadas de Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana utilizando el algoritmo RandomForest. Las imágenes nos ayudan a identificar los ecosistemas nativos restantes, la distribución de plantas invasoras en expansión (*Cedrela odorata*, *Psidium guajava*, *Rubus niveus*, *Zygosium jambos*) y la distribución de cercas vivas (*Erythrina smithiana*) que interrumpen los patrones migratorios de tortugas gigantes. Además, podemos estimar las extensiones dedicadas a actividades económicamente importantes como la ganadería, los cultivos comerciales valiosos como el café, así como a los cultivos anuales y perennes. El objetivo de estos mapas es proporcionar datos recientes y precisos para ayudar con objetivos individuales del Parque Nacional Galápagos, de los grupos de investigación y conservación, y de las instituciones gubernamentales como el ministerio del medio ambiente. Sin embargo, los mapas también resaltan el potencial para que los sectores de conservación y agrícolas colaboren en objetivos comunes.

### Abstract

The humid highlands of the Galapagos Islands are the most productive and biologically diverse territories of this tropical archipelago. They are also an irreplaceable foraging habitat for Galapagos giant tortoises and crucial nesting habitat for several endemic bird species. Beyond just the unique fauna and flora they harbor, the increased precipitation of the highlands meant that they would be used for agricultural production since the early 1800s, making it one of the main economic engines and central to the region's food security. Humans introduced hundreds of alien plant species for food production, some of which have since become invasive. Freely-available satellite image collections and unmanned aerial vehicles (UAV) allow us to overcome the limitations that have prevented us from mapping this region in detail. We performed an object-based land cover classification on fused high-resolution images (PlanetScope, Sentinel-2) of the inhabited humid highlands of Santa Cruz, San Cristobal, Isabela and Floreana using a RandomForest algorithm. Images help us identify remaining native ecosystems, the distribution of sprawling invasive plants (*Cedrela odorata*, *Psidium guajava*, *Rubus niveus*, *Zygosium jambos*), and the distribution of living fences (*Erythrina smithiana*) that disrupt the migratory patterns of giant tortoises. Additionally, we can estimate the extents dedicated to economically-important activities like cattle ranching, valuable cash crops like coffee, as well as to annual and perennial crops. These maps aim to provide recent and accurate data to aid the individual goals of the Galapagos National Park, conservation research groups, and government institutions like the Ministry of Agriculture. However, they also highlight the potential for the conservation and agricultural sectors to collaborate on common goals.

***¿Altos y bajos? los impactos sociales del crecimiento ecoturístico en las prácticas de pesca artesanal y la gastronomía insular en Galápagos / Boom or bust? the social impacts of eco-tourism growth on Galapago's artisanal fishing practice and local cuisine***

*Adam Burke, Ph.D.\**

*<sup>1</sup> Program Director & Assistant Professor, Global Leadership and Sustainable Development M.A. program, Hawaii Pacific University, 1188 Fort Street Mall, Suite 314, Honolulu, HI 96813*

*\*Correo electrónico: aburke@hpu.edu*

**Resumen**

El diseño e implementación de gobernación ambiental en Galápagos es un esfuerzo arduo y refleja varias características consistentes con la noción de ‘problemas malvados’ de Rittel y Weber (1973). En una mano, la industria del ecoturismo provee a las comunidades locales una estabilidad económica en corto tiempo. En la otra, un alza reciente en la entrada anual de turistas y el acompañamiento de la huella del turismo amenaza con erosionar la base ecológica de la industria y potencialmente resultar en colapso ambiental. Mientras que actores e instituciones han desarrollado y actualizado soluciones tecnocráticas para aumentar la resiliencia de ecosistemas locales contra el riesgo ecológico (Ej. El Niño), literatura académica en y sobre Galápagos con frecuencia ha marginalizado estudios socio-ecológicos que apuntan a concientizar sobre las maneras en que las iniciativas del ‘desarrollo sostenible’ han impactado a las identidades, normas culturales y valores de comunidades locales. ¿Cómo, entonces, diseñamos estudios en las ciencias sociales para tomar nuevas direcciones que contribuyen a un análisis holístico de gobernación ambiental, y, específicamente, entender los efectos del crecimiento de ecoturismo a lo que González (2008) refiere como un sistema socio-ecológico? Este trabajo cuestiona cómo el boom de turismo en el archipiélago ha influido indirectamente en la demanda de pescado y las consecuencias sociales externas, como cambios en la gastronomía local, prácticas culturales y redes de parentesco, identidades y aspiraciones. El estudio recolectó datos cualitativos por medio de trabajos de campo antropológicos, como observación-participativo, más de 100 entrevistas, e historias de vida para explorar percepciones de cambios en las prácticas de pescadores artesanales, sus identidades, y acoplarse al ‘desarrollo sostenible.’ Mientras los datos etnográficos informan un rango de recomendaciones específicas para el sector pesquero y los esfuerzos de la Junta de Manejo Participativa (JMP) que permiten manejar pesquerías locales de forma colectiva, esta presentación ilustra un conjunto de vínculos sorprendidos que llegaron a ser evidentes al analizar el crecimiento anual de entradas turísticas y cambios en el consumo de pescado a través del tiempo. Los datos indican (1) un boom reciente de entradas anuales de turistas globales al archipiélago; (2) que turistas globales comúnmente desconocen las especies de peces demersales y los nombres que aparecen en los menús de restaurantes; (3) los restaurantes locales han cambiado sus menús a las preferencias culinarias de un masa crítica de turistas globales para consumir pescado pelágico; (4) los pescadores han respondido a la demanda de los dueños de restaurantes para obtener pescado pelágico capturando albacora y pez espada en aguas profundas y en incrementadas cantidades, así



invirtiendo menos tiempo en puerto y con sus familias; (5) la captura del pez pelágico por parte de los pescadores ha provocado controversia sobre la zonificación de pesca permitida y ambos, la cantidad y tratamiento de captura incidental, y también ha cambiado fundamentalmente los sustentos, la dinámica familiar y las identidades de muchos pescadores artesanales; y (6) preocupaciones entre miembros de la JMP sobre prácticas de pesca ‘predatorias’ que contribuyen a un grupo de usuarios divididos quienes son los encargados de manejar pesquerías con soluciones tecnocráticas. Es recomendable que futuros estudios (1) exploren cómo el boom de ecoturismo es asociado con otras externalidades socio-culturales, incluso pero no limitado a la educación y adquisición de conocimiento tradicional, la crianza y las redes de parentesco, la masculinidad y aspiraciones vocacionales, el crecimiento de identidades espirituales, y (2) anticipar posibles resultados ecológicos si un límite fijo de entradas anuales de turistas fuera ‘sostenible’ y administrado en el archipiélago, el cual, si diseñado críticamente, puede promover diversas prácticas de pesca y proteger gastronomía tradicional.

### Abstract

The design and implementation of environmental governance in Galapagos is a tricky endeavor and reflects several characteristics consistent with Rittel & Weber’s (1973) notion of ‘wicked problems.’ On one hand, the eco-tourism industry provides local communities with economic stability in the short-term. On the other, a recent spike in annual tourism entries and the attendant tourism footprint threatens to erode the industry’s ecological base and potentially lead to environmental collapse. While actors and institutions have developed and actualized technocratic solutions to boost local ecosystem’s resiliency to ecological shocks (i.e. el Niño), scholarship in and on Galapagos has often sidelined socio-ecological studies that aim to make sense of ways ‘sustainable development’ initiatives have impacted on local communities’ sense of identity, cultural norms, and values. How, then, may new directions in social science scholarship contribute to a holistic analysis of environmental governance, and, specifically, the effects of eco-tourism growth on what González et al. (2008) refers to as a social-ecological system? This work questions how the archipelago’s eco-tourism boom has influenced indirectly local demand for fish and the attendant social externalities, such as changes in local cuisine, cultural practices and kinship networks, identities and aspirations. The study captured qualitative data by implementing anthropological fieldwork methods such as participant-observation, over 100 interviews, and life histories to explore perceptions of change in artisanal fishermen’s identities, practices and engagement with ‘sustainable development.’ While the ethnographic data led to a range of recommendations specific to the fishing sector and the PMC’s efforts to manage local fisheries collectively, this presentation illustrates a surprising set of links that became apparent when analyzing growth in annual tourist entries and changes in fish consumption over time. The data indicate (1) a recent spike in annual entries of global tourists to the archipelago, (2) that global tourists are commonly unfamiliar with demersal fish species and names that feature in traditional *Galapagueño* cuisines and on restaurant menus; (3) local restaurants have changed their menus to accommodate a critical mass of global tourists’ culinary preference to consume pelagic fish, especially tuna and swordfish, which is a shift from traditional consumption habits; (4) fishermen have responded to restaurant owners’ demand for pelagic fish by sourcing tuna and swordfish in increasing quantities and in deep waters, thus spending less time on shore and with their nuclear families; (5) fishermen’s sourcing of pelagic fish has sparked controversy over fishing zones, both the quantity and treatment of bycatch, and has fundamentally changed the livelihoods,

familial dynamics and identities of many artisanal fishers; and (6) concerns among PMC members over fishermen's 'predatory' practices contribute to a fragmented set of stakeholders whom are tasked with producing technocratic solutions to the management of fish stocks. It is recommended that future studies (1) explore how the eco-tourism boom is associated with other socio-cultural externalities, including but not limited to, education and traditional knowledge acquisition, parenting and kinship networks, masculinity and vocational aspirations, and spiritual identities and growth, and (2) anticipate potential ecological outcomes if a 'sustainable' hard cap on annual tourist entries were to be administered in the archipelago, which, if designed critically, may very well promote diversified fishing practices and protect traditional gastronomy.

### ***Primeras observaciones de la naturaleza de Galápagos (siglos XVII y XVIII)***

Sebastián Ignacio Donoso Bustamante. Abogado (USFQ), Máster en Relaciones Internacionales (FLACSO – Ecuador); Candidato a Doctor en Historia de los Andes (FLACSO – Ecuador, convocatoria 2018 – 2021). Profesor de Ser y Cosmos en USFQ.

*\*Correo electrónico: sdonosob@hotmail.com*

### **Resumen**

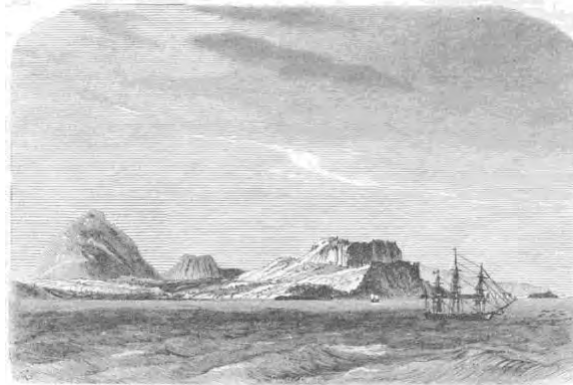
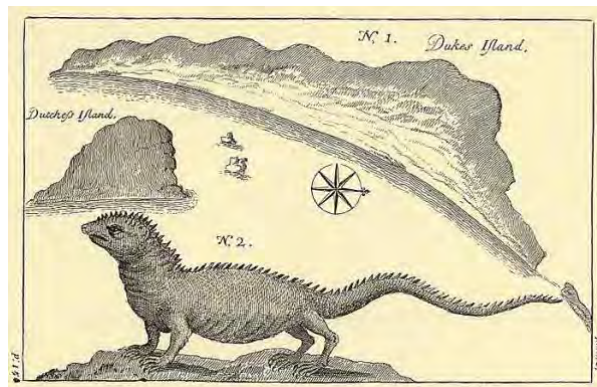
Ciento cincuenta años antes de que Charles Darwin llegara a Galápagos en busca de pistas para su teoría de la evolución, la mayoría de las islas fueron visitadas por vez primera por piratas y corsarios, que hallaron refugio en ellas. La mayoría de esos hombres eran rudos e iletrados. Sin embargo, hubo unos pocos que dejaron interesantes descripciones de la geografía, geología, zoología y botánica del archipiélago. Si bien estos hombres no eran científicos formalmente hablando, podemos considerarlos inteligentes observadores naturalistas, precursores del pensamiento científico. En efecto, hombres como William Dampier, William A. Cowley, François Massertie, Jouhan de la Guilbaudiere, Edward Cooke y Woodes Rogers dejaron ricas descripciones de la naturaleza hallada en Galápagos, mucho antes de que los científicos de los siglos XIX y XX como Darwin llegaran al archipiélago. Es más, las observaciones pre-científicas que piratas y corsarios dejaron del archipiélago, orientaron y sirvieron de inspiración para los profesionales que vinieron después. Esta ponencia rescata y relata con ejemplos aquellas observaciones de la naturaleza de Galápagos que entre los siglos XVII y XVIII maravillaron a viajeros pre-científicos y sirvieron de inspiración para Charles Darwin y otros durante los siglos posteriores.

### **Abstract**

One hundred and fifty years before Charles Darwin arrived in the Galapagos for clues to his theory of evolution, most of the islands had only been visited by pirates and privateers, who found refuge in them. The majority of these men were rude and illiterate. However, there were a few who left interesting descriptions of the geography, geology, zoology and botany of the archipelago. Although these men were not formal scientists, they are considered intelligent observers of nature, and precursors of scientific thought. In fact, long before scientists of the 19th and 20th centuries as Darwin arrived in Galapagos, men



like William Dampier, William A. Cowley, François Massertie, Jouhan de la Guilbaudiere, Edward Cooke and Woodes Rogers left rich descriptions of the nature they found in the islands. Moreover, the pre-scientific observations that pirates and privateers left of the islands guided and served as inspiration for the professional scientists who came later. This paper rescues and recounts, with examples, those observations of the Galapagos nature which between the 17th and 18th centuries amazed pre-scientific travelers and served as an inspiration for Charles Darwin and others during the following centuries



***El Suministro de Alimentos en Galápagos: enlazando agricultura, importaciones y turismo para crear escenarios futuros***

*Carlos F. Mena, Carolina Sampedro, Francesco Pizzitutti*

*Universidad San Francisco de Quito.  
Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of  
North Carolina at Chapel Hill UNC.*

**Resumen**

Como muchas otras islas oceánicas en todo el mundo, en Galápagos, las condiciones ambientales, las circunstancias sociales y las fuerzas de la globalización se combinan para desafiar la sostenibilidad. Esta presentación describe el sistema de suministro de alimentos en Galápagos que es principalmente controlada por el crecimiento de la población local, la débil agricultura local, las importaciones desde el Ecuador continental y la influencia de una creciente industria turística. Utilizamos Sistemas Dinámicos (SD) como una técnica de modelado para identificar las principales fuerzas que controlan el sistema y para crear una serie de escenarios futuros y examinar sus implicaciones para el año 2035. Encontramos que el perfil de consumo de los habitantes locales de las Galápagos es en promedio más alto que el consumo en el continente ecuatoriano. Este hecho, más el rápido crecimiento de la población local, la presión de la industria turística y la débil producción local de alimentos per cápita generará el aumento en la dependencia de las importaciones de alimentos que desafía la sostenibilidad del Archipiélago. Aproximadamente el 75% del suministro de alimentos agrícolas se transportó desde Ecuador continental en 2017. Nuestros modelos de proyectos que esta fracción aumentará al 95% para 2037 sin cambios en la política alimentaria. Lo que implica que, cualquier el plan para aumentar las llegadas de turistas debe ir acompañado de un plan para abordar la subsistencia necesidades de la nueva población local que atrae la industria turística. La seguridad alimentaria debe ser central para la estrategia de desarrollo implementada en las Galápagos.

***El origen de la guayaba (Psidium guajava), especie invasora en las Galápagos, y evaluación de su posible hibridación con el guayabillo (Psidium galapaegium), especie endémica / Origins of the invasive guava (Psidium guajava) on the Galapagos islands and assesment of its possible hybridzation with the endemic guayabillo (Psidium galapaegium)***

*María de Lourdes Torres<sup>1,2\*</sup>, Diego Urquía<sup>1</sup>, Bernardo Gutiérrez<sup>1,3</sup>, Alison Reinoso<sup>1</sup>,  
Ricardo Campoverde<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

<sup>3</sup> University of Oxford, Oxford, Inglaterra.

\*Correo electrónico: ltorres@usfq.edu.ec

### Resumen

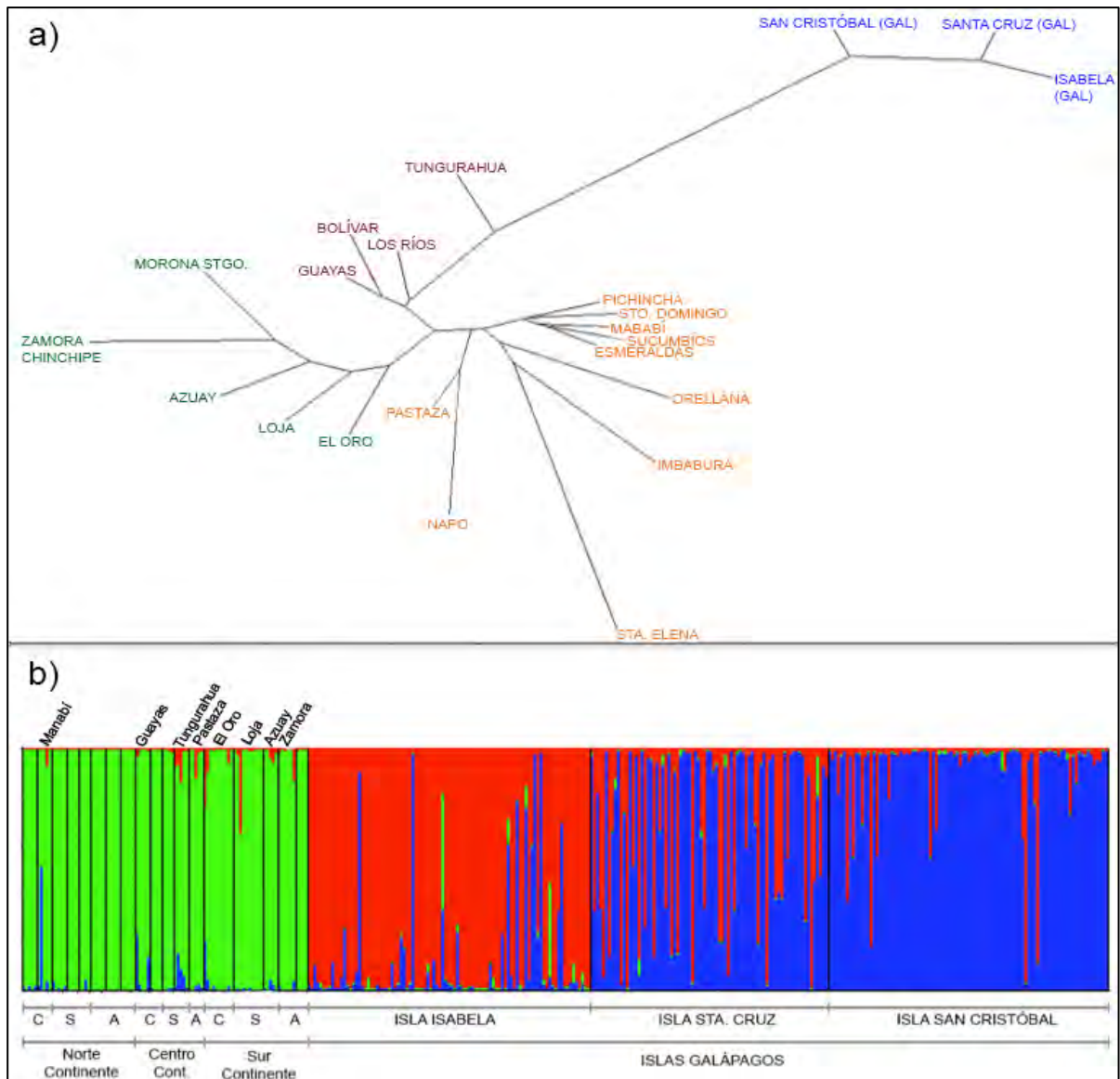
La guayaba (*Psidium guajava*) es una de las plantas invasoras más agresivas en las islas Galápagos, y su estudio genético es importante para poder tomar acciones de control. Previamente, demostramos que la diversidad genética de *P. guajava* en las islas es relativamente baja. Además, identificamos dos linajes principales (uno dominante en San Cristóbal y otro dominante en Isabela, estando ambos presentes en igual proporción en Santa Cruz), que sugieren al menos dos orígenes distintos de esta planta invasora. Para completar con este análisis, analizamos muestras de guayaba provenientes del Ecuador continental para ver si podemos establecer de donde procede la guayaba que encontramos en las Islas Galápagos. Analizamos también individuos del cercanamente emparentado guayabillo (*Psidium galapageium*), con el fin de determinar si han ocurrido eventos de hibridación entre estas dos especies. Se emplearon 12 marcadores SSRs para genotipar 96 individuos de *P. guajava* provenientes de distintas provincias del Ecuador continental, cubriendo las tres regiones naturales del país tanto en el norte, centro y sur. Estos mismos marcadores fueron previamente empleados para genotipar plantas provenientes de las islas Isabela, Santa Cruz, y San Cristóbal. Además, se emplearon 9 de esos mismos marcadores SSRs para obtener los respectivos genotipos de 97 individuos de *P. galapageium* provenientes de Isabela y Santa Cruz, muestreados en localidades donde también estuvo presente *P. guajava*. En la población continental de *P. guajava* se encontró una diversidad genética (medida por heterocigosidad esperada,  $H_e$ ) superior a lo encontrado en las poblaciones de Galápagos ( $H_e$  Continente=0.65;  $H_e$  Galápagos=0.36). Esto sustenta la idea de que la población insular sufrió un efecto fundador, llegando a las islas solo una parte de la diversidad encontrada en la población continental. De igual manera, nuestros resultados sugieren tentativamente que el origen de la guayaba de Galápagos estaría entre las provincias de Tungurahua, Los Ríos, Bolívar y Guayas, puesto que encontramos menores distancias genéticas entre los individuos de dichas provincias y los de las islas (Fig. 1a). Mediante análisis bayesianos, encontramos que el linaje de *P. guajava* dominante en San Cristóbal estaría genéticamente vinculado con los individuos provenientes de Guayas, Manabí, El Oro y Tungurahua. Por otro lado, el linaje dominante en Isabela estaría más relacionado con los individuos de Loja, Azuay, Tungurahua, Zamora, Pastaza y El Oro (Fig.1b). Varios de estos posibles orígenes coinciden con los de los primeros migrantes que llegaron a Galápagos entre la segunda mitad del s. XIX y la primera del XX. Por ejemplo, está el caso de Manuel J. Cobos, quien fue originario del Azuay y llevó varios empleados y productos del Guayas a San Cristóbal. Asimismo, hubo varios migrantes de Loja y Tungurahua, que llegaron a las islas Galápagos escapando de los desastres naturales que afectaron a estas dos provincias (sequías en Loja y terremoto en Tungurahua). En cuanto a la hibridación entre *P. guajava* y *P. galapageium*, nuestros análisis no detectan eventos de hibridación en los sitios estudiados. Las dos especies se muestran como dos grupos separados y bien definidos (Fig. 2). Sin embargo, no podemos descartar que no hayan sucedido cruces entre estas

dos especies. Se debe profundizar estos análisis, y complementarlos con estudios morfológicos para poder conocer si ha ocurrido hibridación entre la guayaba y el guayabillo en las Islas Galápagos. La información derivada de estos estudios apoyará sin duda el monitoreo y control de la especie invasora que continúa siendo una amenaza para *P. galapageium* y otras especies endémicas en términos de competencia por espacio y recursos.

### Abstract

Guava (*Psidium guajava*) is one of the most aggressive invasive plants in the Galapagos Islands, and its genetic assessment is very important before taking any action for pest control. Previously, we showed that *P. guajava* has a low genetic diversity in the islands. Moreover, we identified two main lineages (one dominant in San Cristobal Island and another dominant in Isabela Island, both lineages being present in an equal proportion on Santa Cruz Island), which suggests at least two different origins for this invasive plant. In order to complete this analysis, we analyzed *P. guajava* individuals from mainland Ecuador to determine the origin of those found in the Galapagos Islands. We analyzed individuals of the closely related guayabillo (*Psidium galapageium*) as well, to determinate whether hybridization events have occurred between this species and *P. guajava*. Thus, we used 12 SSRs molecular markers to genotype 96 *P. guajava* individuals from different provinces of mainland Ecuador, covering the three natural regions of the country along the north, center and south. The same markers were previously used to genotype plants from Isabela, Santa Cruz and San Cristobal, in the Galapagos. Furthermore, we employed 9 of the same SSRs to obtain the genotypes of 97 *P. galapageium* individuals from Isabela and Santa Cruz, sampled in locations where this species coexisted with *P. guajava*. The overall genetic diversity of *P. guajava* (measured as expected heterozygosity,  $H_e$ ), was higher in the mainland than in the Galapagos ( $H_{e\text{ mainland}}=0.65$ ;  $H_{e\text{ Galapagos}}=0.36$ ). This supports the idea that the insular population experienced a founder effect, where only a fraction of the whole diversity found in the mainland population could reach the islands. Our results also tentatively suggest that the origin of the Galapagos guava could be among the mainland provinces of Tungurahua, Los Rios, Bolivar and Guayas, since the smallest genetic distances were found between the individuals of the islands and those from the mentioned provinces (Fig. 1a). Through Bayesian analysis, we also found that the *P. guajava* lineage that dominates in San Cristobal could be genetically linked with the individuals from Guayas, Manabi, El Oro and Tungurahua. On the other hand, the lineage that dominates in Isabela could be linked with the individuals from the provinces of Loja, Azuay, Tungurahua, Zamora, Pastaza and El Oro (Fig. 1b). Most of these proposed origins match with those of the first settlers that arrived to Galapagos between the second half of the XIX century and the first half of the XX century. For instance, Manuel J. Cobos, one of the most famous settlers, was born in Azuay and brought with him several workers and products from Guayas and took them to San Cristobal. Similarly, there were several immigrants from Loja and Tungurahua that arrived to the Galapagos after those provinces were seriously affected by natural disasters (droughts in Loja and earthquake in Tungurahua). Regarding the hybridization

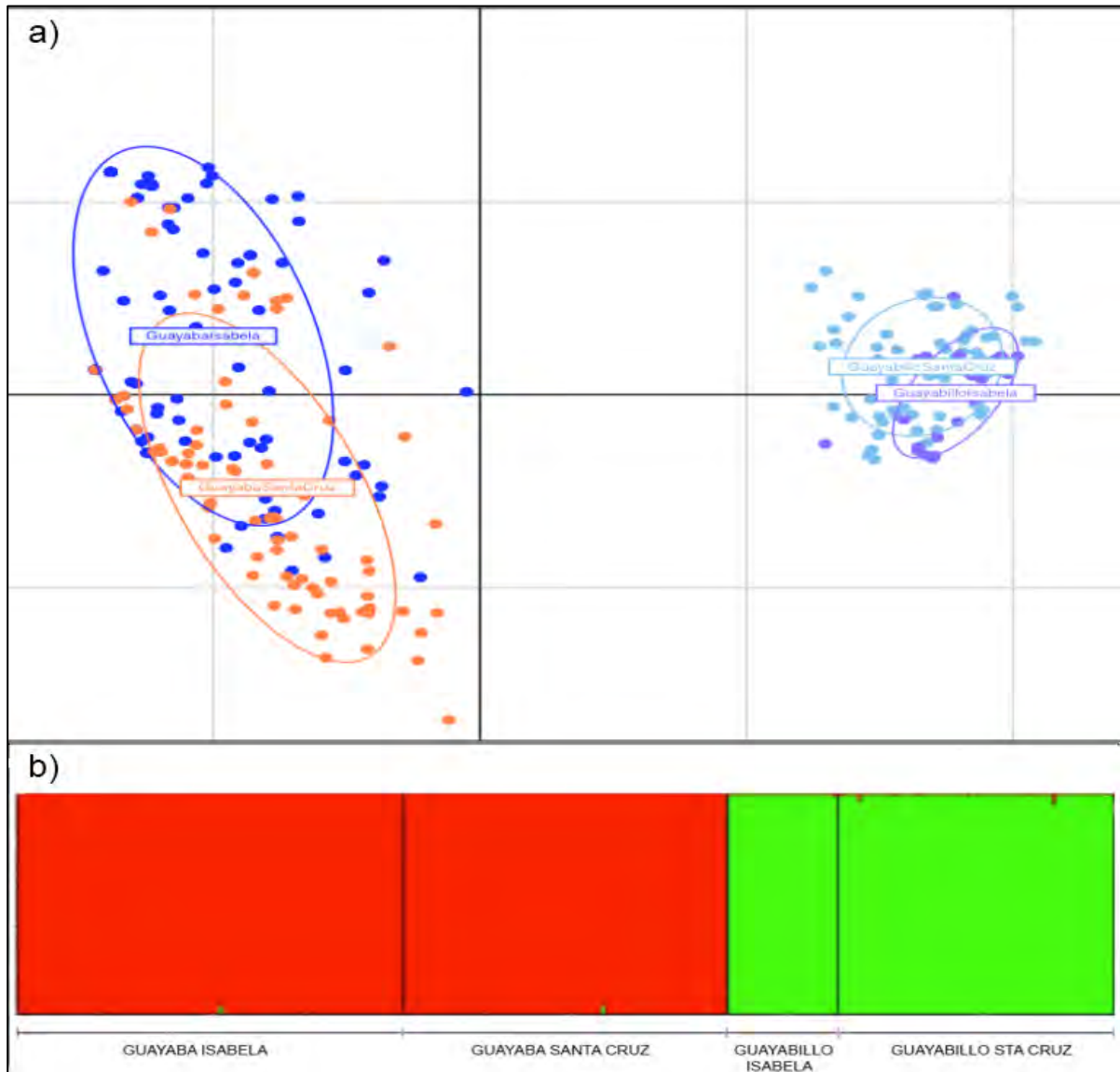
between *P. guajava* and *P. galapageium*, our analysis did not detect such kind of events within the study locations. Both species appear as two separated and well-defined groups (Fig. 2). Nevertheless, we cannot completely discard the occurrence of crosses between these two species. This analysis should be deepened and completed with morphological assessments in order to know whether a hybridization event has truly happened between guava and guayabillo in the Galapagos Islands. The information gathered from this research will undoubtedly support the monitoring and control of the invasive species that continue to be a threat to *P. galapageium* and other endemic species in terms of space and resource competition.



**Figura 1.** Ilustraciones de la distribución de la diversidad genética en las poblaciones de *P. guajava* en el Ecuador continental y en las islas San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela (Galápagos). a): Árbol Neighbor Joining que representa a través de la longitud de las ramas, las distancias genéticas halladas entre los individuos de las distintas provincias del Ecuador continental y de las tres islas de Galápagos estudiadas (GAL, texto azul) b): Resultados del análisis bayesiano de estructura poblacional (Software STRUCTURE) bajo el modelo Admixture. Se indican los resultados para  $K=3$ , siendo éste uno de los valores óptimos de  $K$  ( $\Delta K=100.97$ ). Los valores de  $K$  corresponden al número de linajes o grupos ancestrales (representados por diferentes colores) en los cuales se agrupan los individuos analizados. En la parte inferior del gráfico están señaladas las poblaciones estudiadas, tanto continentales (C: Costa; S: Sierra; A: Amazonía) como de las Islas Galápagos. En la parte superior del



gráfico, se señalan las provincias que aportarían genéticamente a las poblaciones de *P. guajava* de Galápagos. **Figure 1.** Results of the genetic diversity distribution analysis of the *P. guajava* populations from mainland Ecuador and San Cristobal, Santa Cruz and Isabela Islands (Galapagos). a): Neighbor Joining Tree that shows, through the length of its branches, the genetic distances found among the individuals from different provinces of mainland Ecuador and the three studied islands in the Galapagos (GAL, blue font). b): Results of the Bayesian analysis of population structure (STRUCTURE Software) using the Admixture model. The picture shown corresponds to  $K=3$ , which is one of the optimum  $K$  values ( $\Delta K=100.97$ ).  $K$  values represent the number of lineages or ancestral groups (represented by different colors) in which the analyzed individuals are clustered. The lower part of the picture is labeled with the studied populations, both from the mainland (C: Coastal Region, S: Sierra-Highlands, A: Amazonian Region) and the Galapagos Islands. In the upper part of the picture, we show those provinces that would be genetically linked to the Galapagos *P. guajava* populations.



**Figura 2.** Resultados de los análisis preliminares de hibridación entre *P. guajava* y *P. galapageium* en las islas Isabela y Santa Cruz. a) PCoA que indica el agrupamiento, según las distancias genéticas, de los individuos de ambas especies en las dos islas (Puntos Azules: *P. guajava* de Isabela; Puntos Naranjas: *P. guajava* de Santa Cruz; Puntos Púrpura: *P. galapageium* de Isabela; Puntos Celestes: *P. galapageium* de Santa Cruz). b) Resultados del análisis bayesiano de estructura poblacional (Software STRUCTURE) bajo el modelo Admixture. Se indican los resultados para  $K=2$  ( $\Delta K=4013.92$ ), que correspondería a las dos especies en cuestión (representadas por distintos colores).

**Figure 2.** Preliminary results of the hybridization analysis between *P. guajava* and *P. galapageium* in Isabela and Santa Cruz Islands. a) PCoA showing the clustering, according to genetic distances, of the individuals from both species within the two islands (Blue Dots: Isabela *P. guajava*; Orange Dots: Santa Cruz *P. guajava*; Purple Dots:

Isabela *P. galapageium*; Cyan Dots: Santa Cruz *P. galapageium*). b) Results of the Bayesian analysis of population structure (STRUCTURE Software) using the Admixture model. The picture shown corresponds to  $K=2$  ( $\Delta K=4013.92$ ), which represents the two study species (represented by different colors).

***Análisis de la interferencia reproductiva entre la Guayaba (Psidium guajava) y el Guayabillo (P. galapageium) / Analysis of reproductive interference between Guava (Psidium guajava) and Guayabillo (P. galapageium)***

Bryan Reatini<sup>1</sup>, Maria de Lourdes Torres<sup>2,3</sup>, Hugo Valdebenito<sup>2,3</sup>, Todd Vision<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, USA.

<sup>2</sup> Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>3</sup> Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

**Resumen**

La hibridación entre especies nativas e introducidas que son cercanamente emparentadas puede representar un problema para la conservación, amenazando la integridad genética de la especie endémica o desperdiciando el esfuerzo reproductivo en la producción de híbridos de bajo rendimiento. En las Islas Galápagos existe la posibilidad de que ocurra hibridación entre múltiples especies de plantas invasoras y endémicas del mismo género, pero no se conoce con certeza en qué medida esto puede ocurrir. En un estudio previo investigamos a nivel genómico, la posibilidad de que haya ocurrido hibridación entre el guayabillo (*Psidium galapageium*), especie endémica protegida, y su congénere invasor, la guayaba (*Psidium guajava*) ampliamente distribuida en las Islas Galápagos, y encontramos poca evidencia de que la hibridación sea un hecho común. Sin embargo, aunque no se produzcan híbridos, la interferencia reproductiva entre especies endémicas e invasoras en los sitios de simpatria todavía puede presentar una amenaza para las poblaciones endémicas si la transferencia de polen entre especies conlleva a la pérdida de gametos. En este estudio, usamos cruces controlados para evaluar directamente si se puede o no producir híbridos entre estas dos especies y determinar si la interferencia reproductiva en sitios de simpatria puede o no presentar una amenaza por la conservación del guayabillo.

**Abstract**

Hybridization between closely related native and introduced species can pose problems for conservation by threatening the genetic integrity of protected endemics or by wasting reproductive effort on the production of unfit hybrids. In the Galápagos, there is the potential for hybridization between multiple congeneric invasive and endemic plants, but

the extent to which it is occurring remains largely unknown. Previously we have investigated the genomic evidence for hybridization between the protected Galápagos endemic guayabillo (*Psidium galapageium*) and the widespread invasive guava (*Psidium guajava*) and found little evidence for widespread hybridization. However, even if hybrids are not being produced, reproductive interference between invasive and endemic species in areas of sympatry still may present a threat to endemic populations if interspecific pollen transfer leads to gametic wastage. Here we use controlled crosses to directly evaluate whether or not hybrids can be produced between these species and determine whether or not reproductive interference within regions of sympatry may pose a conservation threat for endemic guayabillo.

***Guava, expert invader: insights into plant water use in the Galápagos Islands***

*Riveros-Iregui, D.A<sup>1\*</sup>, Schmitt, S.R<sup>1</sup>, Hu, J<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Department of Geography, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, United States of America*

*<sup>2</sup>School of Natural Resources and the Environment, University of Arizona, Tucson, AZ, United States of America*

*\*Correo electrónico: diegori@unc.edu*

**Abstract**

Invasive species have the capacity to profoundly alter the structure and function of the ecosystems they invade, and often ultimately result in the loss of native species and ecosystem diversity. The effects of such alien species have been described as “immense, insidious and usually irreversible”, and annual global economic losses due to species invasions are more than an order of magnitude higher than all natural disasters combined. This study seeks to examine how *Psidium guajava* (PSGU, or guava) utilizes different water sources and how it can potentially impact the ecohydrology of the Galápagos Islands and other ecosystems around the globe. The study poses two questions: 1) Do PSGU plants use water differently than do co-occurring native plant species? and 2) Does PSGU water use vary across hydroclimatic gradients? We summarize three lines of evidence that PSGU is an adept invader via its expert use of water that enables it to invade, and in some instances, outcompete, its co-occurring native counterparts. First, PSGU exhibited high water use plasticity, demonstrating its capacity to partition water from both shallow and deep water stores that some of the co-occurring native species likely couldn't access. Second, PSGU appears to be able to intercept fog water, particularly under drier conditions. And third, PSGU exhibited a more consistent degree of water stress than did its native counterparts under very dry conditions, suggesting consistency of water acquisition and potentially higher capacity to survive under drought conditions. These findings have significant implications for conservation managers moving forward, as



PSGU may propagate more quickly and efficiently than ever before under future hydroclimatic regimes imposed by a changing climate.

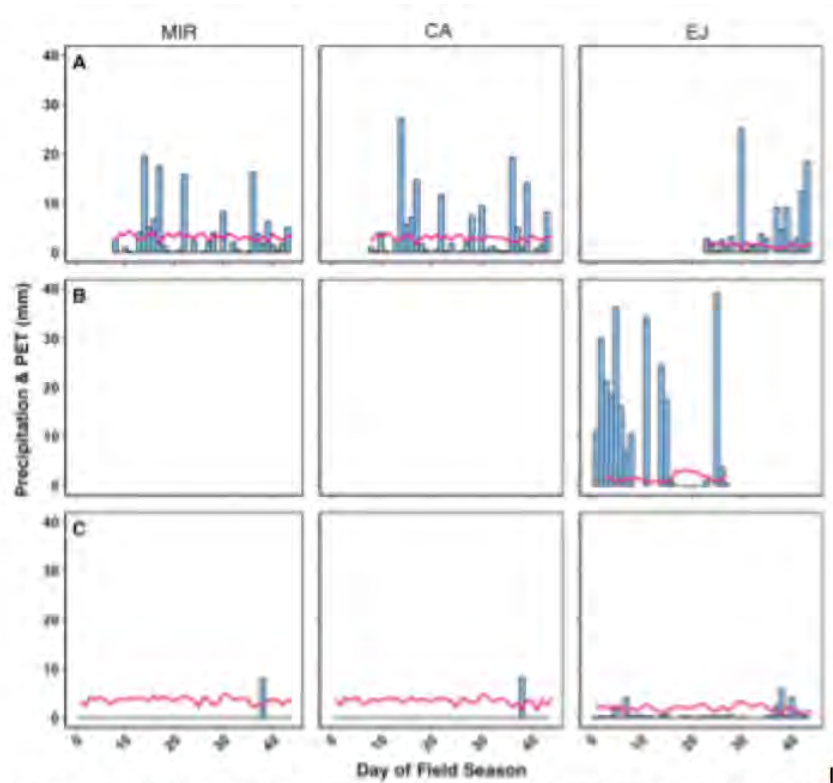


Figure 1. Daily total precipitation (blue bars) and potential evapotranspiration (PET, pink lines) for all three field sites (located at 320, 520, and 670 m, respectively). Panels A, B and C represent field seasons one, two and three, respectively. This graphic visually represents plant water supply (blue bars) versus plant water demand (pink lines). Note that meteorological data is missing from MIR/CA for FS2 so no graphics could be rendered.

***La historia demográfica de las especies de tomate en las islas Galápagos: las consecuencias genómicas de una invasión biológica / Demographic histories of tomato species on the Galapagos islands: genomic consequences of a biological invasion***

Matthew J.S. Gibson<sup>1</sup>, Maria de Lourdes Torres<sup>2,3</sup>, Leonie C. Moyle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Indiana University, Bloomington, Indiana, United States.

<sup>2</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

<sup>3</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

\*Correo electrónico: gibsomat@indiana.edu

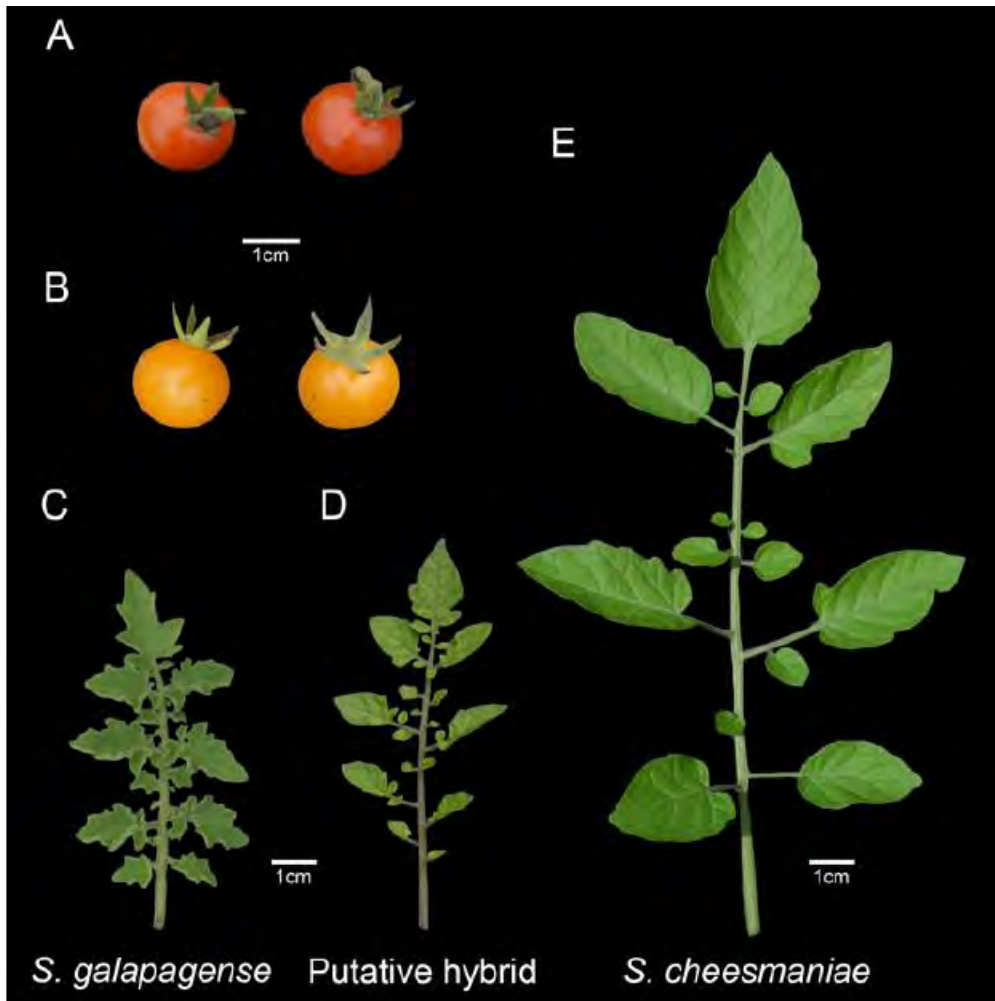
## Resumen

Las islas Galápagos albergan una increíble biodiversidad endémica de gran interés para la conservación. Sin embargo, a pesar de grandes esfuerzos, muchas especies de plantas insulares permanecen poco estudiadas en términos de sus estados de conservación. Los tomates de Galápagos *Solanum cheesmaniae* y *Solanum galapaguense* son dos de estas especies endémicas que actualmente están categorizadas bajo "preocupación menor" por la IUCN, pero observaciones recientes sugieren que podrían estar en riesgo de extinción local. Estas especies de plantas endémicas se enfrentan a varias amenazas, pero las más importantes son amenazas impuestas por sus parientes invasores de América del Sur: *Solanum lycopersicum* (el tomate domesticado) y *Solanum pimpinellifolium*. La invasión probablemente ocurrió después de la colonización humana (ca. 1500) y ambas especies introducidas son ahora abundantes en áreas urbanas. Por otro lado, las poblaciones endémicas son cada vez más raras, potencialmente debido al desplazamiento competitivo por las especies invasivas y/o hibridación interespecífica. Para entender mejor los procesos evolutivos complejos que contribuyen a las amenazas de conservación actuales, estamos complementando estas evaluaciones observacionales con análisis genéticos de poblaciones e inferencia demográfica. Generamos datos genómicos para 116 individuos invasores y 57 individuos endémicos de 24 poblaciones silvestres en Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela. Hicimos secuenciación RAD con doble digestión para obtener genotipos de individuos en aproximadamente 45,000 marcadores de genoma completo, haciendo de esta la evaluación genética más extensa hasta ahora de los tomates de Galápagos. Estamos utilizando estos datos para evaluar la evidencia genética de mezcla entre poblaciones invasivas y endémicas, incluso en individuos y poblaciones identificadas como morfológicamente intermedias durante el muestreo de campo. En segundo lugar, estamos comparando los espectros de frecuencia de alelos observados con modelos demográficos básicos de expansión de población, contracción y varios escenarios de dispersión invasiva para comprender cómo la diversidad genética endémica fue afectada por la urbanización y el contacto con parientes invasores en el pasado reciente. Por último, utilizando 160 muestras continentales sudamericanas de *S. pimpinellifolium* genotipadas con los mismos marcadores, inferimos el origen geográfico continental de las poblaciones invasoras, y el número mínimo de eventos de introducción.

Juntos, nuestros análisis reconstruyen el proceso de invasión y proporcionan un examen sin precedente de las consecuencias genómicas de la invasión biológica por parte de un pariente evolutivo cercano.

### Abstract

The Galapagos Islands are home to incredible endemic biodiversity that is of high conservation interest. However, despite extensive efforts, many insular plant species remain understudied in terms of their conservation statuses. The Galapagos tomatoes—*Solanum cheesmaniae* and *Solanum galapagense*—are two such endemic species which are currently designated as “least concern” by the IUCN, but which recent observational reports suggest may be at risk of local extinction. These endemic plant species face several threats, but most important are those imposed by their invasive South American relatives: *Solanum lycopersicum* (domesticated tomato) and *Solanum pimpinellifolium*. Invasion likely occurred following human colonization (ca. 1500) and both introduced species are now abundant in urban areas. In contrast, endemic populations have become increasingly rare, potentially as a result of competitive displacement by invasives and/or interspecific hybridization. To better understand the complex evolutionary processes contributing to current conservation threats, we are complementing these observational assessments with population genetic analyses and demographic inference. We generated genomic data for 116 invasive individuals and 57 endemic individuals from 24 wild populations on Santa Cruz, San Cristobal, and Isabela. We performed double-digest RAD sequencing to genotype individuals at approximately 45,000 genome-wide markers, making this the most extensive genetic assessment of the Galapagos tomatoes to date. We are using these data to assess genetic evidence for admixture between invasive and endemic populations, including in individuals and populations identified as morphologically intermediate during field sampling. Second, we are comparing observed allele frequency spectra against basic demographic models of population expansion, contraction, and several invasive dispersal scenarios to understand how endemic genetic diversity has been impacted by urbanization and contact with invasive plant relatives in the recent past. Last, using 160 continental South American *S. pimpinellifolium* samples genotyped at the same markers, we also infer the mainland geographical origin of invasive populations, as well as the minimum number of introduction events. Together, our analyses reconstruct the invasion process and provide an unprecedented examination of the genomic consequences of biological invasion by a close evolutionary relative.



**Figure 1:** Morphological diversity of Galapagos tomatoes (A)fruits of *Solanum pimpinellifolium* and (B) fruits of a putative *S. pimpinellifolium* X *Solanum cheesmaniae* hybrid. Both A and B are from a polymorphic population at Mina Roja, Santa Cruz (C, D y E) representative leaves of *Solanum galapagense*, a putative endemic-endemic hybrid, and *S. cheesmaniae*, respectively from the well (El Pozo) on Isabela.

## ***Mortalidad de aves en la carretera de la Isla Santa Cruz, Galápagos***

*Galo Quezada<sup>1</sup>, Gustavo Jiménez-Uzcátegui<sup>2</sup>, Andrea Loyola<sup>1</sup> & Christian Sevilla<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Dirección Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.*

<sup>2</sup>*Estación Científica Charles Darwin, Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.*

*\*Correo electrónico: gquezada@galapagos.gob.ec*

### **Resumen**

Los resultados expuestos a continuación involucran 3 actores principales: aves terrestres<sup>1</sup>, la carretera<sup>2</sup> y los automóviles<sup>3</sup>. 70 especies de aves (1) han sido registradas en la isla Santa Cruz mismas que están recibiendo un alto impacto por la presencia de humanos. Geográficamente la carretera (2) atraviesa de manera longitudinal la isla Santa Cruz, como principal arteria de circulación desde Puerto Ayora hasta el Canal de Itabaca desde 1974. Y los automotores (3) en la isla que desde los años ochenta hasta la actualidad han incrementado de 28 unidades a más de 1100 automotores, considerados únicamente aquellos vehículos livianos y pesados. Las carreteras son muy importantes para el desarrollo de la economía local y provincial, pues estas sirven para las operaciones logísticas entre sur y norte de la isla permitiendo de esta manera la ejecución de actividades productivas, en tanto para las aves son una fuente recursos alimenticios, de agua y descanso. No obstante, estas causan efectos negativos como la segmentación de hábitats, reducción de poblaciones, contaminación y arrollamiento. Desde los años 1980, 2001, 2003 y 2004-2006, se han desarrollado varios estudios sobre colisiones de los automotores sobre la avifauna. Pero en el 2018 se utilizó la metodología del año 2006, pues los resultados indicaron que fue la más efectiva para conocer el impacto actual de los automotores sobre las aves que interactúan en la carretera Puerto Ayora – Canal de Itabaca, más aun, cuando la dinámica de uso de la misma ha cambiado y el parque automotor ha incrementado dramáticamente en la última década.

Durante el año 2018, dos días cada mes, se realizaron salidas de campo, la metodología aplicada consistió en viajar a bordo de un automotor desde el Canal hacia Puerto Ayora a 30km/h con 2 observadores en la parte posterior de la camioneta. Una vez localizadas las aves muertas, la camioneta se detenía al lado derecho de la calzada, hasta que los investigadores tomen datos como punto gps, hora, conteo y levantamiento de los cadáveres. La información utilizada para los análisis correspondió a los datos del segundo día (monitoreo). Durante las 23 salidas de campo se registraron 739 individuos muertos, de forma global se encontraron aves, reptiles y mamíferos. De este hallazgo se evidenció que el grupo más afectado con 708 individuos fueron las aves. Durante los 11 días de monitoreo se colectaron 294 individuos, denotando que la especie más afectada es el canario María con el 57.8%. Asimismo, se pudo determinar que el mes con la mayor afectación fue mayo con 32.7%. Según la edad no existió mayor diferencia, mientras que se notó más diferencia según el sexo (macho vs hembra). Los kilómetros 5, 11, 14, 15 y 32 fueron los puntos donde se observaron mayor cantidad de aves muertas. Para el presente año se ha planificado la implementación de dos acciones específicas que ayudarán a disminuir el impacto, una campaña de comunicación a largo plazo y un corte

vegetacional paralelo a la carretera en los kilómetros antes descritos, con esto se espera comparar con las zonas donde la vegetación está sobre la calzada. Monitoreos realizados durante los primeros meses de estudio ha permitido observar que la implementación es efectiva, pero debemos obtener mayor cantidad de datos para que los resultados sean concluyentes. Para esto se debe mantener la campaña de concienciación, controles más intensos de velocidad, implementar señalización, e incentivo de transporte institucional masivo, así como el uso de la bocina acompañado de las luces encendidas al observar aves son claves para disminuir la mortalidad de estas.



**Figura 1:** Porcentaje de especies afectadas en la carretera Puerto Ayora-Canal de Itabaca, isla Santa Cruz, Galápagos, 2018.



**Figura 2:** Monitoreo de mortalidad de aves en la carretera Puerto Ayora-Canal de Itabaca, isla Santa Cruz, Galápagos.

***Ecología de forrajeo y conservación de la lechuza y el búho de las islas Galápagos***

Galo Quezada<sup>1</sup>, Daniel Lara<sup>1</sup>, Katherine Albán<sup>2</sup>, Paolo Piedrahita<sup>2</sup>, Hermann Wagner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Dirección del Parque Nacional Galápagos.*

<sup>2</sup>*Facultad de Ciencias de la Vida, Escuela Superior Politécnica del Litoral.*

<sup>3</sup>*Instituto de Zoología, Facultad de Biología, Universidad de RWTH Aachen.*

**Resumen**

En Galápagos habitan dos especies de búhos, la lechuza de campanario *Tyto alba punctatissima*, y el búho campestre *Asio flammeus galapagoensis*. La lechuza de campanario de hábitos nocturnos se la encuentra en las islas de mayor superficie del archipiélago, mientras que el búho campestre, de hábitos nocturnos y algunas veces diurnos está presente en todas las islas menores. Existe poca información sobre la ecología de ambas especies de aves, el último estudio de la dieta del búho y la lechuza fue realizado hace más de 30 años. Durante este tiempo se esperaba que existan cambios en el ambiente tanto en islas habitadas como en las no habitadas. Por ende, una de las preguntas que surgen es si la lechuza y el búho ha modificado su dieta acorde al cambio de su ambiente. El presente estudio tiene como objetivo investigar la ecología de forrajeo de ambas especies por medio del análisis de egagrópilas. Entre marzo 2016 y 2017, septiembre 2018 se colectó egagrópilas de lugares identificados como dormitorios y sitios de reproducción principalmente en la isla Santa Cruz, para la lechuza de campanario, y otras islas para el búho campestre. De esta manera el estudio analizó más de 500 egagrópilas de la lechuza de campanario, y más de 100 egagrópilas del búho campestre. El análisis de las egagrópilas muestra que la lechuza de campanario se alimenta principalmente de roedores (93%) e insectos (7%). En contraste, el búho campestre se alimenta mayoritariamente de aves (56%) y roedores (44%). En general estos datos son similares a los reportados en estudios anteriores, lo cual indica que la dieta de ambas especies de aves aparentemente no se ha modificado en los últimos 30 años. Adicionalmente, reportamos que al menos un cuarto de las egagrópilas de la lechuza de campanario contiene restos de roedores y artrópodos especialmente Coleoptera y Tettigonidae en la misma egagrópila, lo cual no se había documentado en estudios anteriores. Esto muestra que las lechuzas pueden combinar su dieta con mamíferos e insectos. Referente al comportamiento de caza de aves de corral, hemos encontrado pocos restos de huesos de gallinas en pocas egagrópilas de la lechuza de campanario. Sin embargo, es difícil determinar si se trata de aves de corral de fincas o de gallinas silvestres. Para esto se necesitará focalizar la búsqueda de egagrópilas de la lechuza en sitios cercanos a las fincas.





Foto: Inrry Rodriguez de *Asio flammeus galapagoensis* y *Tyto alba punctatissima*

### ***Crossmatching the Galápagos Tortoise, *Chelonoidis chathamensis*, on the island of San Cristóbal***

*Ashley Sousa<sup>1</sup>, Amanda Huffman<sup>1</sup>, Juan Pablo Muñoz-Pérez<sup>3</sup>, Rafael Diaz<sup>2</sup>, Gabriel Vasquez<sup>2</sup>, Shelly Vaden<sup>1</sup>, Gregory A. Lewbart<sup>1</sup>\*, Diego Pérez-Rosas<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA.*

<sup>2</sup>*Galapagos National Park, Isla San Cristobal, Galápagos, Ecuador.*

<sup>3</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

*\*Correo electrónico: greg\_lewbart@ncsu.edu*

#### **Abstract**

Crossmatching of the giant tortoise, *Chelonoidis chathamensis*, on the island of San Cristobal was used to determine if blood transfusions between tortoises would be possible in the event of severe disease or injury. Many of the Galapagos islands are inhabited by unique species of tortoises. The island of Isabela possesses multiple species separated by volcanic formation separated ecosystems. With the recent re-discovery of the Fernandina tortoise (*Chelonoidis phantasticus*), appropriate veterinary care is paramount, and having every medical contingency under consideration is important. Crossmatching the San Cristobal giant tortoise was an important first step in exploring the compatibility of blood between conspecifics, and perhaps one day, between species. Blood was drawn from the jugular vein of juvenile tortoises and each sample was numbered from 1 to 20. The blood was centrifuged and the red blood cell pellet and plasma were used for the crossmatching



procedure. The red blood cells represented the “donor” tortoise and the plasma represented the “recipient” tortoise. Each tortoise was crossmatched against itself for completeness (to confirm the tortoise was not agglutinating against itself) and then a random number generator was used to determine which recipients would be crossmatched against which donor. No agglutination was found in any of the trials. Some fibrin and platelet clumps, which is deemed normal for chelonian species, occurred in some of the trials. Additional research to include different species of tortoises would be important to enhance our knowledge of blood types and the potential risk of a blood transfusion reaction among and between species. Based on this work we feel it is safe to transfuse a San Cristóbal giant tortoise utilizing the blood of a conspecific.

### ***Los reptiles de las islas Galápagos***

Alejandro Arteaga<sup>1\*</sup>, Lucas Bustamante<sup>1</sup>, José Vieira<sup>1</sup>, Washington Tapia<sup>2</sup>, Juan M Guayasamin<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> *Tropical Herping, Quito, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Galapagos Conservancy, Giant Tortoise Restoration Initiative, Galápagos, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Instituto de Investigaciones Biológicas y Ambientales-BIOSFERA, Laboratorio de Biología Evolutiva, Universidad San Francisco de Quito-USFQ, Diego de Robles S/N e Interoceánica, Quito, Ecuador.*

<sup>4</sup> *Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

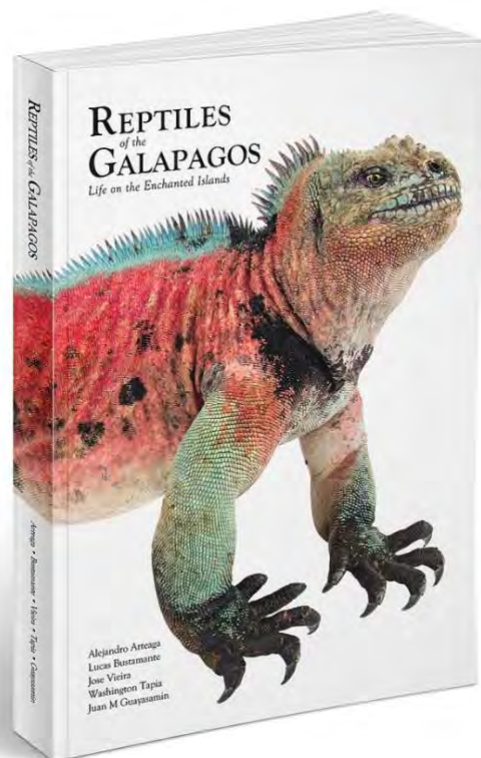
\*Correo electrónico: [af.arteaga.navarro@gmail.com](mailto:af.arteaga.navarro@gmail.com) y [jmguayasamin@usfq.edu.ec](mailto:jmguayasamin@usfq.edu.ec)

### **Resumen**

Las islas Galápagos, desde la visita de Charles Darwin en 1835, se han convertido en uno de los lugares más atractivos del mundo desde el punto de vista científico y turístico. Es difícil concebir un paraje tan dramático, contrastante y lleno de sorpresas como este archipiélago. Aunque su diversidad no es especial en términos numéricos, muchas de las especies que han evolucionado en estas islas son realmente excepcionales. Nuestro estudio se enfoca en uno de los grupos más dominantes y representativos de las Galápagos, los reptiles. Presentamos el compendio más exhaustivo hasta ahora realizado de las 55 especies de reptiles presentes en las islas (nativas, endémicas e introducidas). La belleza de cada una de las especies se exhibe mediante fotografías y dibujos originales. También se incluyen mapas de distribución detallados y comentarios sobre la conservación y amenazas que afectan a este grupo. Esperamos que este libro constituya una herramienta de educación, conservación y fascinación de todos hacia la complejidad y fragilidad de los reptiles en las Galápagos. Finalmente, como productos paralelos al libro, hemos elaborado afiches divulgativos de los geos y las iguanas de las islas.

### **Abstract**

Since Charles Darwin's visit in 1835, the Galapagos Islands have become one of the most attractive locations in the world, both from the scientific and touristic perspectives. It is difficult to conceive a more dramatic, contrasting, and surprising landscape. Although the species diversity of the Archipelago is not particularly high, many of its species have evolved truly exceptional traits. Herein we present the most complete compendium of the 55 reptile species that are present in the islands (natives, endemic, introduced). The beauty of each of the species is illustrated through original photographs and drawings. The book also includes detailed distribution maps and comments on the conservation threats that reptiles face in the Archipelago. We hope that this book becomes a tool for education, conservation and fascination towards the complexity and fragility of reptiles in the Galapagos. Finally, as parallel products, we have elaborated posters of the geckos and iguanas of the islands.



**Figura 1.** Portada preliminar del libro *Reptiles of the Galapagos*.

**Estado poblacional y conservación de las iguanas terrestres de Galápagos  
(*Conolophus subcristatus*) / Population status of the Galapagos land iguana  
(*Conolophus subcristatus*)**

*Kirtana Kumar<sup>1\*</sup>, Danny Rueda<sup>2</sup>, Christian Sevilla<sup>2</sup>, Wilson Cabera<sup>2</sup>, Carlos Gaona<sup>2</sup>,  
Marcelo Gavilanes<sup>2</sup>, Johannes Ramirez<sup>2</sup>, Walter Chimborazo<sup>2</sup>, Bolivar Guerrero<sup>2</sup>,  
Alizon Llerena<sup>3</sup>, Luis Ortiz-Catedral<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Escuela de Ciencias Naturales y Computacionales, Universidad Massey, Campus  
Auckland, Apartado Postal 102-904 Centro de Correos North Shore, Auckland, Nueva  
Zelandia.*

<sup>2</sup>*Dirección de Ecosistemas, Dirección del Parque Nacional Galápagos, Av. Charles  
Darwin S/N, Puerto Ayora, Santa Cruz, Islas Galápagos, Ecuador.*

<sup>3</sup>*Ministerio de Agricultura y Ganadería, Puerto Ayora, Santa Cruz, Islas Galápagos,  
Ecuador.*

*\*Correo electrónico: kirtana.k93@gmail.com*

**Resumen**

El conocimiento sobre la demografía básica de poblaciones en el ámbito geográfico de especies sujetas a conservación ofrece oportunidades para identificar y priorizar acciones encaminadas al mejoramiento tanto de las poblaciones como de la especie. La Iguana terrestre de Galápagos (*Conolophus subcristatus*), endémica a las Islas Galápagos, es un modelo ideal para explorar esas ideas y para generar información que pueda asistir en su conservación. Actualmente, la especie está clasificada como IUCN: Vulnerable. Las poblaciones de Iguana terrestre están amenazadas por los efectos de las especies introducidas y pérdida de hábitat, pero la intensidad de esas amenazas varía entre las diferentes poblaciones. Los tamaños poblacionales en el ámbito de la especie son parcialmente conocidos y se sospecha que están relacionados con la presencia/ausencia de depredadores introducidos. Aunque las tendencias demográficas son virtualmente desconocidas, se sospecha que las poblaciones en áreas perturbadas tienen un menor reclutamiento de juveniles y crecimiento poblacional limitado. En general esos vacíos en el conocimiento de la especie representan un reto para la evaluación formal del status de conservación de la iguana terrestre. Históricamente, las reintroducciones de iguanas terrestres a sitios libres de depredadores, o donde estos son manejados han jugado un papel importante en la conservación de la especie. Desde la década de 1970 ha habido sugerencias para la reintroducción de la especie a la Isla Santiago, que se considera tuvo una de las poblaciones de iguana más grandes en el archipiélago hasta el comienzo de los 1900. Aunque el mecanismo de extinción de la población de iguanas terrestres en Santiago se desconoce, esta probablemente ligado a los cambios en el hábitat producidos por humanos y los efectos de las especies depredadoras introducidas, mismos que son los denominadores comunes de reducciones significativas en poblaciones y especies de otras iguanas a nivel mundial. Al inicio de la década de los 2000, depredadores introducidos fueron erradicados en la Isla Santiago, y la posibilidad de reintroducción para la iguana terrestre ha resurgido con mayor intensidad. Mientras que el hábitat en la Isla Santiago se

considera adecuado para las iguanas terrestres, y la experiencia para manejar y transferir estos organismos existe, hay vacíos significativos de información. En la investigación aquí presentada, tuvimos dos objetivos: 1) Evaluar el impacto de la presencia de gatos ferales en la estructura poblacional de iguanas terrestres y 2) estimar la capacidad de carga para esta especie en la Isla Santiago. Examinamos los efectos de los gatos ferales en dos poblaciones comparando datos demográficos históricos de poblaciones donde habitan gatos ferales y donde no habitan. En las poblaciones donde coexisten gatos ferales e iguanas terrestres, se verifica una estructura poblacional diferente y también hay diferencias significativas en morfología respecto a poblaciones donde no hay gatos ferales. Específicamente, una proporción menor de juveniles como resultado de la depredación por gatos. En la Isla Fernandina (642 km<sup>2</sup>), donde no se encuentran gatos ferales, estimamos una población de aproximadamente 220000 iguanas. Además, estimamos que la Isla Santiago (585 km<sup>2</sup>) tiene una capacidad de carga para iguanas terrestres de aproximadamente 830000 individuos considerando la actual distribución de vegetación en la isla. Entre enero y febrero de 2019, más de 2000 iguanas terrestres fueron reintroducidas a la Isla Santiago y se ha dado inicio a un análisis de los patrones de dispersión de la especie.

### Abstract

Knowledge on the basic demography of populations across the range of species of conservation concern offers opportunities to identify and prioritise actions aimed at improving both population and species status. The Galapagos Land Iguana (*Conolophus subcritatus*), endemic to the Galapagos Islands, represents an ideal model to explore these ideas and to generate information that can contribute to its conservation. Currently the species is classified as vulnerable by the IUCN. The Land iguana populations are threatened by introduced species and habitat loss but the intensity of these threats varies across populations. The population sizes across the geographic range of the species are only partially known and it is suspected that these are related to the presence/absence of introduced predators. Although the demographic trends are virtually unknown, it is suspected that populations in disturbed areas have a lower recruitment of juveniles and a limited population growth. In general, these gaps in knowledge represent a challenge for the formal assessment of the species and its conservation status. Historically, the reintroductions of land iguanas to predator-free sites or to areas where these are managed, have played an important role in the conservation of the species. Since the 1970s there have been suggestions to reintroduce land iguanas to Santiago Island, which historically had one of the largest populations of land iguanas in the archipelago up until the early 1900s. Although the mechanism of the extinction of this population is unknown, it is likely related to the habitat changes inflicted by humans and the effects of introduced predators, which are common denominators among population reductions of this and other species of iguanas worldwide. At the start of the 2000s, introduced predators were eradicated from Santiago Island, and the possibility of reintroducing the land iguana there has resurfaced with greater intensity. While the habitat on Santiago Island is considered adequate for land iguanas, and the expertise to handle and transfer these animals exist, there are significant gaps in knowledge. For this investigation, we had two objectives: 1) To evaluate the impact of the presence of feral cats and the population structure of land iguanas; 2) to estimate the carrying capacity for this species on Santiago Island. We examined the effects of feral cats in two populations, comparing demographic data from populations that have never experienced cat predation and from populations where feral cats are present. In populations where iguanas and cats coexist, we confirmed a different

population structure and also significant differences in morphology relative to cat-free populations. Specifically, there is a lower proportion of juveniles resulting from depredation. On Fernandina Island (642 km<sup>2</sup>), where there are no feral cats, we estimated a population of land iguanas of approximately 220,000 individuals. Further we estimate that Santiago Island (585 km<sup>2</sup>) has the capacity to sustain 830000 iguanas considering the actual distribution of vegetation on the island. From January to February 2019 over 2000 land iguanas were reintroduced to Santiago Island and a study looking at their movement and dispersal has begun.

***Ecología térmica de lagartijas de lava de San Cristóbal (Microlophus bivittatus) /  
Thermal Ecology of San Cristóbal Lava Lizards (Microlophus bivittatus)***

John W. Rowe<sup>1</sup>, David L. Clark<sup>1</sup>, and Carlos Valle<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biology, Alma College, Alma, MI 48801, USA.*

<sup>2</sup>*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas &  
Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.*

<sup>3</sup>*Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University  
of North Carolina at Chapel Hill UNC.*

**Resumen**

Es probable que los ectotermos en los trópicos se termoregulen de manera efectiva dada la relativamente alta calidad térmica del ambiente. Sin embargo, a menudo pueden enfrentar temperaturas ambientales menos favorables durante las épocas más cálidas o más frías del año. Estudiamos la termorregulación en las lagartijas de lava de San Cristóbal (*Microlophus bivittatus*) en la época de reproducción máxima (febrero-marzo) y en agosto durante dos años consecutivos. El punto de ajuste de la termorregulación ( $T_{set}$ ) determinado por el laboratorio fue de 35.5-40.4 ° C y no varió entre los sexos. Las lecturas de la temperatura corporal superficial ( $T_s$ ) de las lagartijas, utilizados como un indicador de la temperatura corporal, estuvieron en promedio dentro del rango  $T_{set}$  entre las 0900-1700 h, excepto en los machos en agosto de 2016, cuando las temperaturas operativas fueron bajas durante todo el día y cuando algunos machos tendieron a permanecer en grietas de roca, a veces durante varios días consecutivos. Sobre la base de las temperaturas operativas promedio ( $T_e$ ) medidas por los registradores de datos térmicos de HOBO Tidbit, las lagartijas mantuvieron los valores de  $T_s$  por encima de  $T_e$  mediante el desplazamiento entre hábitats sombreados (por ejemplo, grietas de roca o caras de roca sombreadas) y caras de roca soleadas sin cobertura vegetal. El índice de exactitud térmica (db) indicó que las lagartijas termoregularon efectivamente durante la mayor parte del día, evitando las temperaturas ambientales más extremas de la tarde. No detectamos diferencias inter-sexuales en la temperatura de la superficie corporal entre las lagartijas durante ningún período de tiempo diurno o estación. Concluimos que *M. bivittatus* tiene la capacidad de llevar a cabo una termorregulación efectiva durante la mayor parte de las horas del día y durante la mayoría de los meses, excepto durante

periodos prolongados cuando las condiciones climáticas impiden alcanzar el punto de ajuste de termorregulación ( $T_{set}$ ).

### Abstract

Ectotherms in the tropics are likely to effectively thermoregulate given relatively high thermal quality of the environment but may often face less favorable environmental temperatures during the warmest, or coolest, times of the year. We studied thermoregulation in San Cristobal Lava Lizards (*Microlophus bivittatus*) during peak reproduction (February-March) and during August for over each of two consecutive years. Laboratory-determined thermoregulatory set point ( $T_{set}$ ) was 35.5-40.4 °C and did not vary between the sexes. Lizard surface temperature ( $T_s$ ) values, used as a proxy for body temperature, were on average within the  $T_{set}$  range between 0900-1700 h except in males during August, 2016, when operative temperatures were low throughout the day and when some males tended to remain in rock crevices, sometimes for several consecutive days. Based on average operative temperatures ( $T_e$ ) as measured by HOBO Tidbit thermal data loggers, lizards maintained  $T_s$  values above  $T_e$  by shuttling between shaded habitats (e.g. rock crevices or shaded rock faces) and sunny rock faces without canopy. The index of thermal accuracy ( $d_b$ ) indicated that lizards effectively thermoregulated throughout most of the day avoiding the most extreme afternoon environmental temperatures. We did not detect inter-sexual differences in lizard surface temperature during any diurnal time period or during any season. We conclude that *M. bivittatus* effectively thermoregulate throughout most of the daylight hours and throughout most months except during protracted times when weather conditions precluded the attainment of  $T_{set}$ .

***Rol del tamaño corporal de lagartijas de lava de San Cristóbal (Microlophus bivittatus) en selección sexual: análisis de comportamiento mediante modelos robóticos / Role of chatham island lava lizards (Microlophus bivittatus) body size in sexual selection: behavior analysis using robot displays***

Emilio J. Mancero<sup>1\*</sup>, Carlos A. Valle<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador

<sup>2</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

\*Correo electrónico: [ejmancero@gmail.com](mailto:ejmancero@gmail.com)

### **Resumen**

La relación directa entre el tamaño del individuo y su éxito reproductivo es un patrón que ha sido ampliamente enfatizado en múltiples especies. Las explicaciones propuestas a este patrón generalizado incluyen selección ecológica y selección sexual como la defensa del territorio, atracción de parejas y las consecuentes mayores oportunidades de apareamiento. En *Microlophus bivittatus* cuya comunicación social está basada en señales visuales que involucran un patrón de movimientos de cabeza y de cabeza y cuerpo (flexiones de pecho), el tamaño corporal especialmente de los machos, podría ser una característica bajo un régimen de fuerte selección intrasexual y posiblemente intersexual y de selección ecológica. El propósito de esta investigación fue testear la importancia del tamaño del macho en el contexto de la selección sexual por ambos sexos. Usando modelos robóticos representando a machos de *M. bivittatus* de tres tamaños diferentes que mecánicamente emulaban el patrón de exhibición sexual propio de la especie, medimos las respuestas que estos provocaron entre las lagartijas del mismo sexo (machos-confrontación) y entre las lagartijas del sexo opuesto (hembras-atracción).

Los resultados muestran que la diferencia de tamaño entre el individuo emisor (modelo robótico) y el individuo receptor (lagartija) tuvo efecto en el tipo de respuesta exhibida por las lagartijas de ambos sexos. El modelo que representó lagartijas de mayor tamaño recibió más respuestas agresivas de machos y mayor número de respuestas asertivas de las hembras. El modelo de menor tamaño recibió respuestas agresivas de otros machos, pero de menor intensidad que las que recibió el modelo de mayor tamaño, a la vez que recibió señales asertivas de parte de las hembras. En contraste, el modelo de tamaño intermedio fue el que recibió el menor número de respuestas tanto de parte de los machos como de las hembras.

### **Abstract**

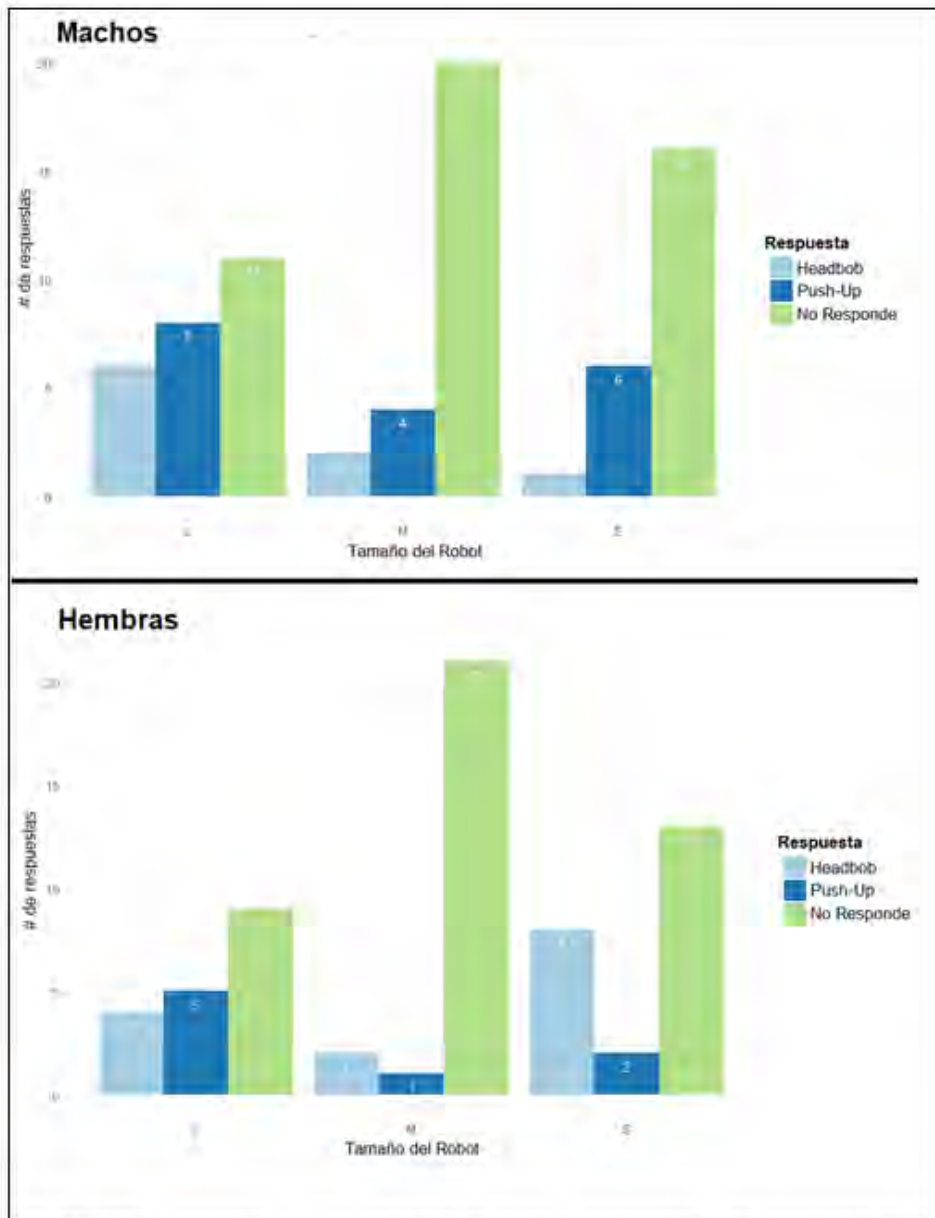
A direct relationship between individual body size and reproductive success is a pattern that has been widely emphasized in multiple species. The proposed explanations for this prevalent pattern include both ecological and sexual selection, such as territory defence, mate attraction and consequent greater opportunities for mating. In *Microlophus*

*bivittatus* whose social behaviour is based on visual cues that involve movement patterns using its head or both head and body (push-ups), body size especially among males could be a trait under a regime of strong intrasexual selection and possibly intersexual and ecological selection. The purpose of this research was to test the importance of male body size in the context of sexual selection by both sexes. Using robotic models representing males of *M. bivittatus* of three sizes that mechanically emulated the species pattern of sexual display, we measured the responses that the models elicited among lizards of the same sex (males-confrontation) and among lizards of the opposite sex (females - attraction).

Results show that the size difference between the displaying individual (the robotic model- transmitter) and the lizard (the recipient) influenced the type of response exhibited by the lizards (receptors) of both sexes. The model representing larger lizards received more aggressive responses from males and higher number of assertive responses from females. The smaller model received aggressive responses from other males but of less intensity than those received by the larger model, while receiving assertive signals from the females. In contrast, the intermediate size model received the least number of responses from both males and females.







**Figura 2:** Gráfico de barras correspondiente al número de respuestas emitidas por lagartijas macho (arriba) y lagartijas hembra (abajo) en respuesta a modelos robóticos de tamaño Grande (L), Mediano (M) y Pequeño (S).

**Figure 2:** Bar graph depicting the number of responses performed by male lizards (up) and female lizards (down) in response to Large (L), Medium (M) and Small (S) robotic models.

***Estimado de la población de gatos vagabundos en Puerto Baquerizo Moreno, San Cristóbal, Galápagos/ Free roaming cats population estimate in Puerto Baquerizo Moreno, San Cristobal, Galapagos***

C. Jaime Grijalva Rosero<sup>1,2</sup>, Yasmania Llerena<sup>3</sup>, Marc H Hanke<sup>4</sup>, Marilyn Cruz<sup>3</sup>, Viviana Duque<sup>3</sup>, Erin Miller<sup>4</sup>, Michelle Tran<sup>4</sup>, Elena Klein<sup>4</sup>, Rebecca Fracek<sup>4</sup>, Valentina Gachet<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito, Escuela de Medicina Veterinaria, Diego de Robles s/n y Pampite, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup>Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito USFQ & University of North Carolina at Chapel Hill UNC.

<sup>3</sup>Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos, Galápagos, Ecuador.

<sup>4</sup>University of Houston, College of Natural Sciences and Mathematics, Honors College, Houston, Texas, USA.

<sup>5</sup>Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas & Ambientales COCIBA, Quito 170901, Ecuador.

\*Correo electrónico: cgrijalva@asig.com.ec

## **Resumen**

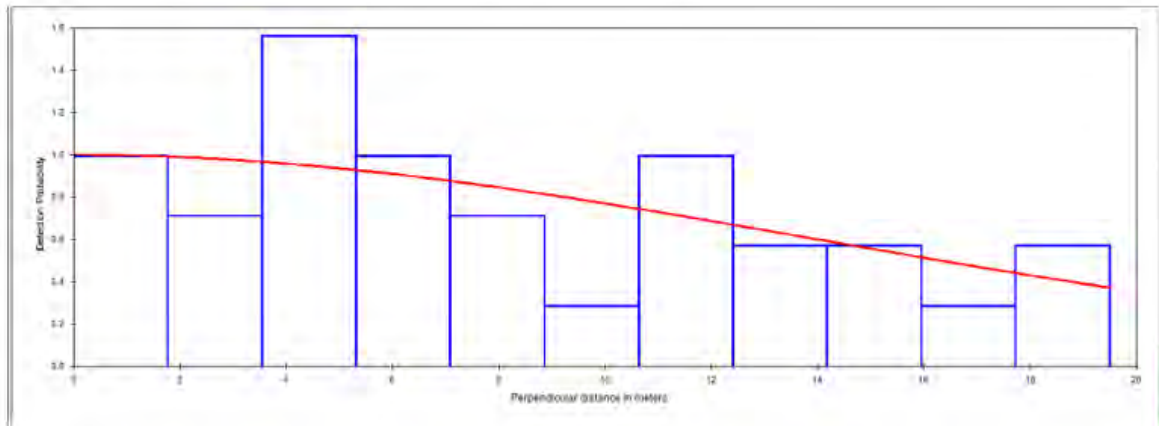
En el Siglo 19, el ser humano introdujo por primera vez el gato doméstico (*Felis catus*) a las islas Galápagos, iniciando su introducción en las islas Floreana e Isabela. El boom migratorio de los 1980s desde el continente hacia las Galápagos produjo la introducción del gato a Santa Cruz y San Cristóbal. Los gatos constituyen un problema para especies nativas y endémicas como las lagartijas de lava, las iguanas marinas y las diversas especies de aves, ya que su instinto predatorio, produce una reducción en la población de estas importantes especies. Pese a la importancia del problema, no existen estudios previos publicados que hayan estimado la población de gatos vagabundos en las Galápagos. Nuestro objetivo fue estimar la población de gatos vagabundos en Puerto Baquerizo Moreno (PBM), San Cristóbal. Para esto, se seleccionaron tres transectos compuestos por 6 barrios urbanos previamente escogidos al azar como parte de un estudio poblacional de perros realizado en los veranos (junio y julio) de 2016 y 2017. Los barrios seleccionados fueron recorridos desde las 5 hasta las 7 de la mañana por diez ocasiones para contar perros y gatos vagabundos. En una de las 10 ocasiones, se registraron los gatos avistados acompañados del registro de los rumbos de la brújula hacia el gato y hacia la línea del transecto, y la distancia en metros desde el observador hacia el gato utilizando un medidor de rangos laser. Los datos colectados fueron procesados utilizando Excel® y analizados posteriormente utilizando el programa Distance®. Se escogió el mejor modelo para cada año conforme a lo sugerido por el Akaike Information Criterion (AIC). En 2016, el mejor modelo sugerido fue el medio normal/coseno, con un estimado poblacional de 1.34 (95% CI 0.32-5.57) gatos vagabundos por hectárea (Figura 1). En 2017, el mejor modelo sugerido fue uniforme/coseno, con un estimado poblacional de 1.09 (95% CI 0.49-2.42) gatos vagabundos por hectárea (Figura 2). Utilizando el área de PBM como

referencia (10 960 ha), bajo este modelo podría existir entre 5 371 y 26 960 gatos vagabundos en la zona urbana de San Cristóbal. En consecuencia, se requieren incrementar medidas que incluyen mayor investigación del problema y generar un programa de control basado en evidencia. Finalmente, los gobiernos autónomos descentralizados a cargo de esta actividad deberían elaborar ordenanzas que eviten un crecimiento desproporcionado de la población de gatos vagabundos e inicie su reducción.

### Abstract

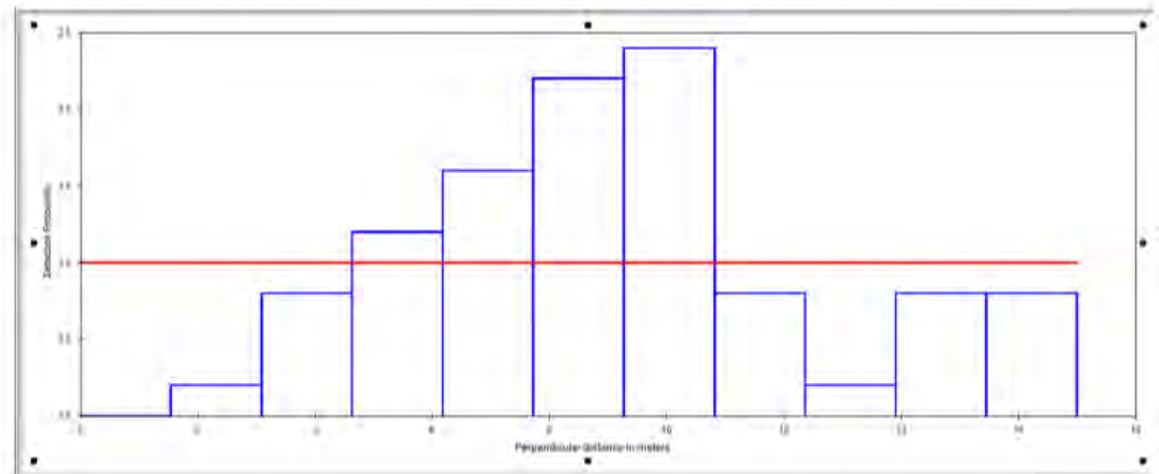
During the 19th century, humans introduced the domestic cat (*Felis catus*) to the Galapagos Islands. Cats introduction was first reported in the islands of Floreana and Isabela. The migratory boom of the 1980s from the mainland Ecuador to the Galapagos produced the introduction of the cat to Santa Cruz and San Cristobal. Cats are a problem for native and endemic species in the Galapagos such as lava lizards, marine iguanas and various species of birds. Their predatory instinct produces a reduction in the population of these important species. Despite the importance of the problem, there are no previous published studies that have estimated the population of free-roaming cats in the Galapagos Islands. Our objective was to estimate the population of free-roaming cats in Puerto Baquerizo Moreno (PBM), San Cristobal. For this study, three transects composed by 6 urban neighborhoods previously randomly selected for a dog demographic study were surveyed in the summers (June and July) of 2016 and 2017. The selected neighborhoods were walked from 5 to 7 am for ten times for free-roaming dog and cat survey. Only one of the 10 occasions, sighted cats were recorded. In addition, the compass bearings to the cat, towards the line of the transect and the distance in meters from the observer to the cat were recorded. A compass and a range finder were used to obtain these values. The data collected were processed using Excel® and subsequently analyzed using program Distance®. The best model was chosen for each year as suggested by the Akaike Information Criterion (AIC) provided by program Distance®. In 2016, the best model suggested was half normal /cosine, with a population estimate of 1.34 (95% CI 0.32-5.57) stray cats per hectare (Figure 1). In 2017, the best model suggested was uniform/cosine, with a population estimate of 1.09 (95% CI 0.49-2.42) stray cats per hectare (Figure 2). Using the PBM area as a reference (10 960 ha), we estimate a population between 5,371 and 26,960 stray cats in the urban area of San Cristobal. Consequently, urgent measures are needed that include further investigation of the problem and generate an evidence-based control program that prevents a disproportionate growth of the cat population and initiates its reduction. Finally, the municipalities should approve and implement ordinances to reduce the population growth in a way to reduce the free-roaming cat population.

	Estimado	%CV	df	95% Intervalo de Confianza	
Half-normal/Cosine					
D	1.3422	40.07	2.40	0.32349	5.5686



**Figura 1.-** Estimado de la población de gatos, 3 transectos urbanos 6 barrios 2016, modelo: Medio-normal/Coseno.

	Estimado	%CV	df	95% Intervalo de Confianza	
Uniform/Cosine					
D	1.0937	18.62	2.00	0.49430	2.4202



**Figura 2.-** Estimado de la población de gatos, 3 transectos urbanos 6 barrios 2017, modelo: Uniforme/Coseno.

Con el apoyo de:



Parque Nacional  
**GALÁPAGOS**  
Ecuador



THE UNIVERSITY  
of NORTH CAROLINA  
at CHAPEL HILL

Presentado por:



Parque Nacional  
**GALÁPAGOS**  
Ecuador

ISBN: 978-9978-68-170-1



9 789978 681701

