



Archivos Académicos

— USFQ —

Memorias del
**1ER SIMPOSIO DE
INVESTIGACIÓN & CONSERVACIÓN
Galápagos GSC–DPNG**



1ST GALÁPAGOS CONSERVATION & RESEARCH SYMPOSIUM | GSC-DPNG



Archivos Académicos USFQ

Número 6

Memorias del 1er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG | Proceedings of the 1st Galapagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG

Editores Generales:

Juan Pablo Muñoz-Pérez, Sofía Tacle

Universidad San Francisco de Quito, Extensión Galápagos, Galapagos Science Center GSC, Ecuador.

Editores Asociados:

Maryuri Yépez¹, Javier Guerrero¹, Leandro Vaca-Pita²

¹Dirección Parque Nacional Galápagos PNG, Ecuador; ²Universidad San Francisco de Quito, Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador.

Diseño del logo: Carolina Elizabeth Velastegui Páez

Editorial USFQ Universidad San Francisco de Quito

Quito, Ecuador

Agosto 2017

ISBN: 978-9978-68-092-6

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

Esta obra es publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



Citación recomendada de toda la obra: Muñoz-Pérez, J. P. & Tacle, S. (Eds.) (2017). Memorias del 1er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG | Proceedings of the 1st Galapagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG. Archivos Académicos USFQ, 6, pp–pp.

Citación recomendada de un resumen: Barriga, N., Decker, T., Leon-Reyes, A., Leon-Reyes, A. (2017) Caracterización molecular y funcional de microorganismos aislados de la Mora invasora (*Rubus niveus*) de las Islas Galápagos. Archivos Académicos USFQ, 6, pp.

Archivos Académicos USFQ

ISSN: 2528-7753

Editor de la Serie: Diego F. Cisneros-Heredia

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 el editor de la serie. La periodicidad de la serie es ocasional y es publicada por la Editorial USFQ Universidad San Francisco de Quito.

Más información sobre la serie monográfica *Archivos Académicos USFQ*:

<http://archivosacademicos.usfq.edu.ec>

Contacto:

Universidad San Francisco de Quito, USFQ

Att. Diego F. Cisneros-Heredia | Archivos Académicos USFQ

Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica

Casilla Postal: 17-1200-841

Quito 170901, Ecuador

Memorias del 1er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG

Proceedings of the 1st Galapagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG



Juan Pablo Muñoz-Pérez | Sofia Tacle
Editores



Editorial USFQ
Universidad San Francisco de Quito

TABLA DE CONTENIDOS

1ER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN & CONSERVACIÓN EN GALÁPAGOS GSC–PNG ... 7	
1ST GALAPAGOS CONSERVATION & RESEARCH SYMPOSIUM GSC–PNG..... 8	
La Red Migramar y los movimientos de especies migratorias en la Reserva Marina de Galápagos The Migramar Network and the movement of migratory species in Galapagos Marine Reserve.....9	
Modelos de zonificación utilizando información geoespacial a través de SIG para establecer categorías de manejo en función de los conflictos de la reserva hídrica y ecológica de San Cristóbal, Galápagos Using zoning models and geospatial GIS information to establish management categories according to conflicts of water and ecological reserve of San Cristóbal, Galapagos..... 12	
Caracterización molecular y funcional de microorganismos aislados de la Mora invasora <i>Rubus niveus</i> de las Islas Galápagos Molecular and functional characterization of microorganisms of the invasive Raspberry <i>Rubus niveus</i> in Galapagos Islands..... 14	
Tortuga Carey <i>Eretmochelys imbricata</i> en Galápagos: ¿Especie residente en las islas? Hawksbill Turtle <i>Eretmochelys imbricata</i> in the Galapagos: Resident species in the islands? 17	
Efectos del uso del suelo en la estructura y funciones ecosistémicas de zonas agrícolas y urbanas en San Cristóbal, Galápagos Effects of land use in ecosystem structure and function in the highlands of San Cristóbal, Galápagos..... 20	
Relacionando los plásticos en el océano con daños ecológicos Relating plastic in the ocean to ecological harm 22	
Identificación y cuantificación de metabolitos fecales de cortisol en <i>Zalophus wolfebaeki</i> en la Isla San Cristóbal, Galápagos Identification and quantification of faecal cortisol metabolites in <i>Zalophus wolfebaeki</i> in San Cristóbal Island, Galápagos..... 24	
Isótopos estables revelan fidelidad a largo plazo en las zonas de alimentación que ocupa el Lobo Marino de Galápagos Stable isotopes reveal long-term fidelity to foraging grounds in the Galapagos Sea Lion 26	
Perturbación de la hidrología del trópico: Un estudio de las Islas Galápagos Disturbance hydrology in the tropics: The Galápagos Islands as a case study..... 28	
Situación poblacional de las principales especies claves en la Reserva Marina de Galápagos Population status of major key species in the Galapagos Marine Reserve..... 30	
Las huellas humanas en Galápagos: Arqueología y ecología histórica en la Isla San Cristóbal Human traces in the Galapagos: Archaeology and historical ecology on San Cristobal Island..... 33	
Monitoreo de ecosistemas nativos y noveles en Galápagos: Qué sabemos, pasos actuales y futuros Monitoring native and novel plant ecosystems in the Galapagos: What we know, current and future steps..... 35	

Evaluación de la salud de Iguanas Marinas <i>Amblyrhynchus cristatus</i> Health assessment of Marine Iguanas <i>Amblyrhynchus cristatus</i>	39
Caracoles terrestres de la Isla San Cristóbal Terrestrial snails of San Cristóbal Island.....	42
Conectividad, origen y conservación de la Tortuga Verde <i>Chelonia mydas</i> en Ecuador continental y Galápagos Connectivity, origin and conservation of Green Sea Turtles <i>Chelonia mydas</i> in continental Ecuador and Galapagos.....	44
Taller Internacional de Arquitectura en Galápagos: Ciudades en áreas naturales protegidas Galapagos International Architecture Studio: Cities in natural preserved areas.....	47
Estado de la poblacional de hembras anidadoras de la Tortuga Verde <i>Chelonia mydas</i> en Quinta Playa, temporada 2010–2015 Green Turtle <i>Chelonia mydas</i> nesting females population status at Quinta Playa, season 2010–2015.....	50
<i>Lantana camara</i> L., una amenaza en letargo para los ecosistemas de Galápagos <i>Lantana camara</i> L., a slumber threat for Galapagos ecosystems.....	53
Entendiendo los efectos de los desechos marinos en Galápagos Understanding the effects of marine debris in the Galapagos.....	56
Conservación de un sitio importante para las iguanas marinas en Isabela, Galápagos Conservation of an important marine iguana site on Isabela Island, Galapagos.....	59
Evaluación de la salud de Tortuga Verde <i>Chelonia mydas</i> y Tortuga Carey <i>Eretmochelys imbricata</i> en Galápagos Health assessment of Green Turtle <i>Chelonia mydas</i> and Hawksbill Turtle <i>Eretmochelys imbricate</i> in the Galapagos.....	62
Modulación de la temperatura y antecedentes de la productividad en la incidencia de pastoreadores intermareales de algas marinas Modulation of temperature and background productivity on the impact of intertidal foragers on marine algae.....	65
Determinación de la diversidad genética del guayabillo (<i>Psidium galapageium</i>) y comparación con la diversidad genética encontrada en la guayaba (<i>Psidium guajava</i>) en la Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador Determination of the genetic diversity of guayabillo (<i>Psidium galapageium</i>) and comparison with the genetic diversity found in guava (<i>Psidium guajava</i>), in San Cristóbal, Galápagos, Ecuador.....	68
El enfoque de ecosistemas en el manejo de pesquerías en la región sureste del Archipiélago de Galápagos: Sostenibilidad y adaptabilidad The ecosystem approach to fisheries management in the southeastern Galapagos Archipelago: Sustainability and adaptability.....	71
Conservación de elasmobranquios de menor tamaño: Conectividad poblacional del Tiburón Gato de Galápagos <i>Heterodontus quoyi</i> Conservation of small-bodied elasmobranchs: Population connectivity of the Galapagos Bullhead Shark <i>Heterodontus quoyi</i>	74
Estructura trófica del Lobo Marino de Galápagos <i>Zalophus wolfebaeki</i> en función de la variabilidad estacional del archipiélago Trophic structure of the Galapagos Sea Lion <i>Zalophus wolfebaeki</i> in function of stational variability in the archipelago.....	77

Examinando los patrones temporales del ciclo del agua y la interacción planta-neblina a través de microclimas en las Islas Galápagos | Examining temporal patterns of water cycling and plant-fog interactions across microclimatic zones in the Galapagos Islands79

Programa de monitoreo de calidad de agua en San Cristóbal, Galápagos | Water quality monitoring program in San Cristobal, Galapagos.....81

Ecología espacial y conservación de neonatos y juveniles del Tiburón Punta Negra *Carcharhinus limbatus* en la Isla San Cristóbal, Reserva Marina de Galápagos | Spatial ecology and conservation of neonate and juvenile Blacktip Reef Shark *Carcharhinus limbatus* at San Cristóbal Island, Galapagos Marine Reserve84

Estudio comparativo en la estructura genética de la población de peces de interés comercial en las aguas de Borneo y las Islas Galápagos | Comparative study on genetic structure structure of selected food fish populations in waters off Borneo and Galapagos Islands86

1ER SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN & CONSERVACIÓN EN GALÁPAGOS GSC–DPNG

El 1er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos es organizado por la Dirección del Parque Nacional Galápagos DPNG y el Galapagos Science Center GSC (USFQ Galápagos). Este es un evento único que reúne participantes interdisciplinarios y multiculturales de todo el mundo con un interés común y objetivo: la investigación aplicada para la conservación de Galápagos y su ambiente.

Durante los últimos tres años, el GSC en un esfuerzo conjunto con la DPNG, se han convertido en el foco de la investigación científica y generación de conocimiento en Galápagos. Este simposio tiene como objetivo compartir este conocimiento con la comunidad. El simposio fomenta la discusión, el debate y el intercambio de ideas, las técnicas y la experiencia de investigación para abordar nuevas preguntas de investigación y desafíos para la genuina conservación de Galápagos.

El 1er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG se lleva a cabo el 23 de junio 2016 en el Centro de Convenciones Charles Darwin de la Isla San Cristóbal, Galápagos. Además de proporcionar los beneficios de estar en la capital del archipiélago, ofrece la oportunidad de estar en estrecho contacto con la extraordinaria flora y fauna de las islas.

El principal objetivo del simposio es "la transferencia de conocimientos" para demostrar la importancia de la investigación nacional y regional como la piedra angular para la búsqueda de soluciones a los problemas que enfrenta Galápagos, y para proporcionar un lugar para el intercambio de investigación y técnicas de conservación de vanguardia.

Los expositores del simposio son todos investigadores activos en Galápagos con amplias redes de colaboración que se extienden más allá las islas y un fuerte compromiso con la formación de la próxima generación de investigadores de Galápagos. Esta reunión también proporcionará una oportunidad única para que los participantes colaboren en proyectos, creen nuevas asociaciones y desarrollen redes internacional, vitales para el éxito de la conservación.

1ST GALAPAGOS CONSERVATION & RESEARCH SYMPOSIUM GSC–DPNG

The First Annual Symposium on Conservation and Research in the Galápagos, organized by the Direction of the Galápagos National Park DPNG and the Galapagos Science Center GSC (USFQ Galapagos), is a unique event that will bring together interdisciplinary and multicultural participants from around the world with a common interest and goal: applied research for the conservation of Galápagos and its environment.

During the past three years, the GSC, in a joint effort with the DPNG, has become the focus of scientific investigation and generation of knowledge in Galápagos. The symposium aims to share this knowledge with the community. The symposium will encourage discussion, debate and exchange of ideas, research techniques and experience to address new research questions and challenges for genuine Galápagos conservation.

The symposium will be held on 23 June 2016 at the Charles Darwin Convention Center in San Cristobal Island-Galápagos. In addition to providing the many benefits of being in the capital of the archipelago, it also offers the opportunity to be in close contact with the extraordinary flora and fauna of the islands.

The symposium's main objective is “transfer of knowledge” to demonstrate the importance of national and regional research as the cornerstone for finding solutions to the issues facing the Galápagos, and to provide a place for the exchange of cutting edge research and conservation techniques.

The presenters at the Symposium are all active researchers in Galápagos with wide collaborative networks that extend beyond the islands and a strong commitment to training the next generation of Galapagos researchers. This meeting will also provide a unique opportunity for participants to collaborate on projects, create new partnerships and create international networks vital for successful conservation.

La Red Migramar y los movimientos de especies migratorias en la Reserva Marina de Galápagos | The Migramar Network and the movement of migratory species in Galapagos Marine Reserve

Alex Hearn^{1,*}, Eduardo Espinoza, James Ketchum, Cesar Peñaherrera, Jonathan R Green, Randall Arauz, Sandra Bessudo, George Shillinger, Todd Steiner, German Soler, Hector Guzman, Ilena Zanella, Felipe Vallejo, Mauricio Hoyos, Bryan Wallace, A. Peter Klimley

¹ *Universidad San Francisco de Quito, Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center, y Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Ecuador*

² *Dirección Parque Nacional Galapagos, Ecuador*

³ *Pelagios-Kakunjá, University of Tasmania, Australia*

⁴ *Fundación Megafauna Marina del Ecuador*

⁵ *PRETOMA.*

⁶ *Fundación Malpelo, Colombia*

⁷ *Leatherback Trust*

⁸ *Turtle Island Restoration Network*

⁹ *University of Tasmania, Australia*

¹⁰ *Smithsonian Tropical Research Institute*

¹¹ *Misión Tiburon*

¹² *Equilibrio Azul, Ecuador*

¹³ *Pelagios-Kakunjá*

¹⁴ *Stratus Consulting*

¹⁵ *University of California, Davis, CA, USA*

* *Correo electrónico | E-mail: ahearn@usfq.edu.ec*

Resumen

Las islas Darwin y Wolf son diferentes al resto del archipiélago tanto en su clima como en sus condiciones oceanográficas. Al estar separadas de la plataforma de Galápagos, son realmente oceánicas, y se encuentran a un extremo de la cordillera de Cocos – una cadena de montañas submarinas que vincula Galápagos con la Isla del Coco (Costa Rica). En 2004, los gobiernos de Ecuador, Costa Rica, Panamá y Colombia se unieron para crear el Corredor Marino, que engloba todas las aguas nacionales de los cuatro países, y tiene como objetivos promocionar la conservación de los recursos marinos y las especies marinas amenazadas, y el desarrollo sostenible de las comunidades humanas que dependen del mar. Migramar es una red de científicos quienes trabajamos dentro y afuera del Corredor Marino, y colaboramos para entender los patrones de movimientos de especies marinas migratorias a lo largo de la región. Contamos con una red de estaciones acústicas submarinas que detectan el paso de animales marinos con marcas cuando se acercan a ellas. Además, usamos marcas satelitales para rastrear animales marinos durante sus movimientos en aguas

abiertas. En Galápagos, instalamos una red de >30 estaciones acústicas que detectan más de 200 tiburones martillo, silky y Galápagos marcados con marcas acústicas. Pusimos marcas satelitales en más de 50 tiburones martillo, silky, puntanegra y ballena. A pesar de las diferencias en su ecología, en general todas las especies prefieren agregarse en puntos alrededor de las islas donde pega la corriente. Hay mayor conectividad entre los “puntos calientes” de cada isla (Darwin y Wolf) que entre sitios dentro de la misma isla. Los tiburones en su mayoría se mueven libremente entre ambas islas. Esto parece ser cierto para la mayoría de especies estudiadas, incluyendo a los tiburones Galapagos, que se alimentan alrededor de las islas, y los martillo, que forrajean en aguas abiertas durante la noche. La excepción es el tiburón ballena, que concentra su actividad en Darwin. Darwin parece ser un centro de actividad con conexión a las otras islas de la región. Tiburones silky marcados allí han sido detectados en Clipperton y en Cocos, mientras que tiburones martillo y Galapagos han movido entre Malpelo, Cocos, Darwin y Wolf. Los tiburones ballena parecen orientarse al Frente Ecuatorial al pasar por Darwin. En general, la distribución de movimientos entre Darwin y Cocos sugieren que los tiburones (y las tortugas) usan la Cordillera de Cocos para navegar entre las dos reservas marinas. Mientras están en las aguas nacionales de Costa Rica y Ecuador que separan las áreas protegidas, son vulnerables a un intenso esfuerzo pesquero. La creación de una “Migravía” en esta zona fortalecería la soberanía de ambas naciones, beneficiaría a las flotas locales, y reduciría la vulnerabilidad de los tiburones durante su migración.

Abstract

The northern islands of Darwin and Wolf are distinct from the rest of the archipelago in both their climate and oceanographic conditions. Separate from the main Galapagos platform, they are truly oceanic, and are at one end of the Cocos ridge – a chain of underwater mountains linking Galapagos with Cocos Island (Costa Rica). In 2004, the governments of Ecuador, Costa Rica, Panama and Colombia joined forces to create the Marine Corridor, which encompasses all their national waters and aims to promote conservation of marine resources and threatened species and sustainable development of human communities that depend on the sea. Migramar is a network of scientists working in the Marine Corridor and beyond, who collaborate to understand the movements of migratory marine species throughout the region. We have a network of underwater listening stations that can detect tagged marine animals when they approach. We also place satellite tags on animals to track their movements in the open ocean. In Galapagos, we installed an array of >30 underwater receivers to detect over 200 hammerhead, silky and Galapagos sharks fitted with acoustic tags. We also placed satellite tags on over 50 hammerhead, silky, blacktip and whale sharks. Despite differences in their ecology, in general the sharks prefer to aggregate at points around each island where the prevailing current impinges on the coast. There was greater connectivity shown between hotspots at the two islands than

between a hotspot and other locations around the same island. Sharks moved back and forth between Darwin and frequently and throughout the year. This appears to be true for all species studied, including Galapagos sharks, which feed around the island, and hammerheads, which make nightly foraging excursions offshore. The exception is the whale shark, which concentrates its activity around Darwin. Darwin appears to be a hub of activity connected to surrounding islands. Silky sharks tagged here have been detected at Clipperton and Cocos, while hammerheads and Galapagos sharks have moved between Malpelo, Cocos and Darwin and Wolf. Whale sharks seem to orient towards the Equatorial Front by passing through Darwin. Overall, the distribution of movements between Darwin and Cocos suggest that sharks (and turtles) use the Cocos Ridge to navigate between the two marine reserves. While in the national waters of Costa Rica and Ecuador that separate the two reserves, they are vulnerable to intensive fishing pressure. The creation of a Swimway in this area would strengthen sovereignty of both nations, benefit local fishing fleets and reduce the vulnerability of the sharks as they migrate.



Modelos de zonificación utilizando información geoespacial a través de SIG para establecer categorías de manejo en función de los conflictos de la reserva hídrica y ecológica de San Cristóbal, Galápagos | Using zoning models and geospatial GIS information to establish management categories according to conflicts of water and ecological reserve of San Cristóbal, Galapagos

Ángel Villa-Caigua

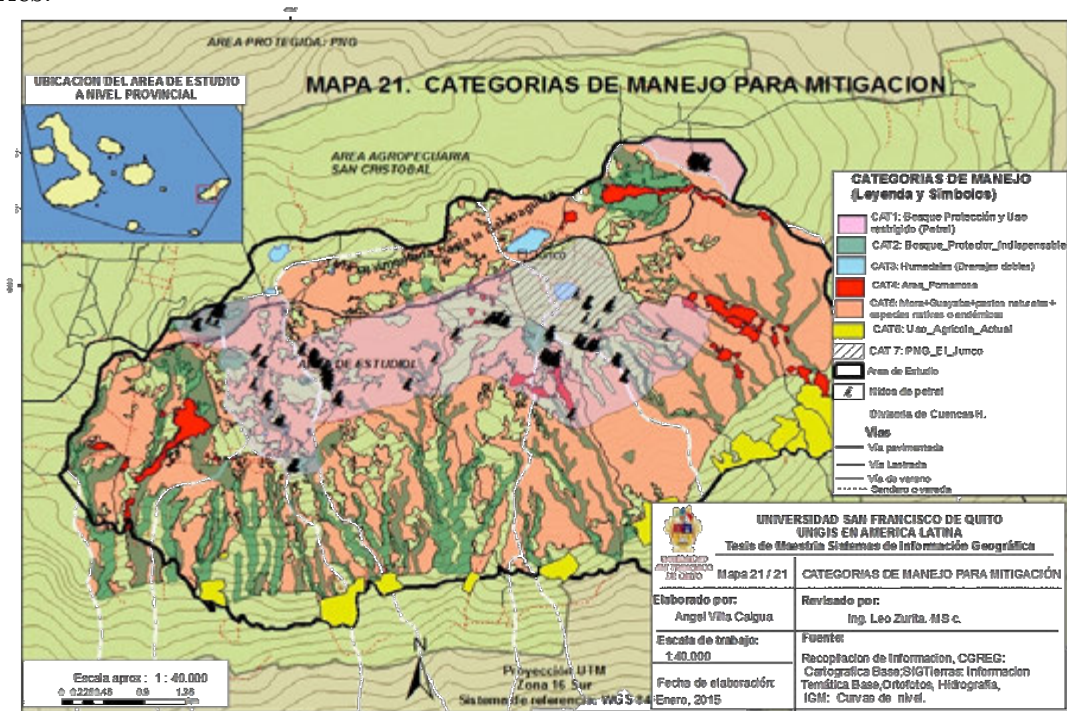
Correo electrónico | E-mail: avillac60@gmail.com

Resumen

En el Archipiélago de Galápagos, se han realizado importantes esfuerzos de zonificación y planificación regional para el manejo de las actividades económicas y de conservación de las islas. Sin embargo, en el área terrestre (zona de uso agropecuario), existen áreas de importante valor ambiental que no fueron consideradas. En estas áreas, existen recursos naturales, donde los usos permitidos no son compatibles con la fragilidad de sus ecosistemas, conformados por microclimas, recursos hidrológicos (encañadas y vertientes, humedales, lagunas) y especies de flora y fauna nativas y endémicas. Esto demuestra una clara necesidad de establecer una microzonificación aplicando y probando modelos de zonificación geo-espaciales ajustados a este requerimiento cuyos resultados de investigación permitan, establecer y diferenciar áreas homogéneas, categorías y protocolos de manejo para garantizar la conservación de recursos de interés público. Por lo expuesto, el objetivo del estudio se orientó a probar la aplicación de procesos interactivos de zonificación, utilizando variables biofísicas y socio-económicas geo-espaciales y las herramientas (álgebra de mapas) de ArcGIS 10, para determinar y diferenciar áreas homogéneas en la zona de estudio de acuerdo con el modelo de zonificación aplicado “Unidades Ecológicas del Pasaje”, que al integrar el análisis con la información socio-económica geo-espacial, se encontró áreas en conflictos por especies invasoras y usos inapropiados del suelo, esto permitió establecer criterios de zonificación (ambientales) para determinar sus categorías de manejo ambiental para el área de estudio. Con el modelo de zonificación obtenido y los criterios de zonificación aplicados, se determinó cinco categorías para el manejo ambiental del área de estudio, en base al uso y aplicación de las herramientas de SIG, lo que permitió demostrar la aplicabilidad del modelo al manejo del área en estudio. Por ejemplo una de las categorías establecidas (CAT1) corresponde a la zona nidos de Petrel *Pterodroma phaeopygia* (ave endémica), están distribuidos en toda la parte superior del área de estudio, se encuentran geo-referenciados y distribuidos en propiedades privadas, interceptando zonas altas de seis cuencas hidrográficas, esto determinará un manejo planificado y acordado con todos los propietarios que se encuentran dentro de esta zona de estudio. En igual forma las demás categorías están definidas de acuerdo con los valores ambientales que las caracterizan como los recursos hidrológicos, especies de flora y fauna y los aspectos socioeconómicos.

Abstract

Despite significant efforts on zoning and regional planning for the management of land and the marine area of the Galapagos archipelago, at the terrestrial level, certain smaller areas of significant environmental value were not considered. In these areas, the permitted uses are not compatible with the fragility of smaller ecosystems, made up of microclimates, water resources (springs, wetlands, and lagoons) and species of native and endemic flora and fauna. There is a clear need for a micro-zoning plan and to test models adjusted to this requirement, and whose results will enable stakeholders to establish and distinguish homogeneous areas, categories and management protocols to ensure the conservation of resources in the public interest. For these reasons, the objective of the study to test the application of interactive zoning processes, using geo-spatial, biophysical and socio-economic variables and ArcGIS 10tools (map algebra), to identify and distinguish homogeneous areas in the study area according to the Zoning Model "Ecological Landscape Units" obtained. By integrating the analysis with the socio-economic geo-spatial information, conflict areas (invasive species and inappropriate land use) we identified and used to establish environmental zoning criteria and management categories. The results were made possible by generating zoning models and validation of geo-referenced information in the field visits. Five categories for environmental management were established, based on the zoning model and the land use conflicts information, and taking into account the zoning criteria. Use of GIS tools demonstrated the applicability of the management model of the study area. For example within the first category (CAT1), which is the nesting area of the endemic Galapagos Petrel *Pterodroma phaeopygia*, the geo-referenced nest locations are distributed across the top of the study area intercepting the six watersheds. This fine scale information enables the development of a differentiated management plan in comparison with the other categories.



Caracterización molecular y funcional de microorganismos aislados de la Mora invasora *Rubus niveus* de las Islas Galápagos | Molecular and functional characterization of microorganisms of the invasive Raspberry *Rubus niveus* in Galapagos Islands

Noelia Barriga¹, Tia Decker², Andrés Leon-Reyes³, Antonio Leon-Reyes^{1,*}

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingeniería El Politécnico, Departamento en Ingeniería en Agroempresas, Laboratorio de Biotecnología Agrícola y de Alimentos, Quito, Ecuador*

² *Environmental Sciences, University of North Carolina, Chapel Hill, NC 27599, USA*

³ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Extensión Galápagos, Ecuador*

*Correo electrónico | E-mail: aleon@usfq.edu.ec

Resumen

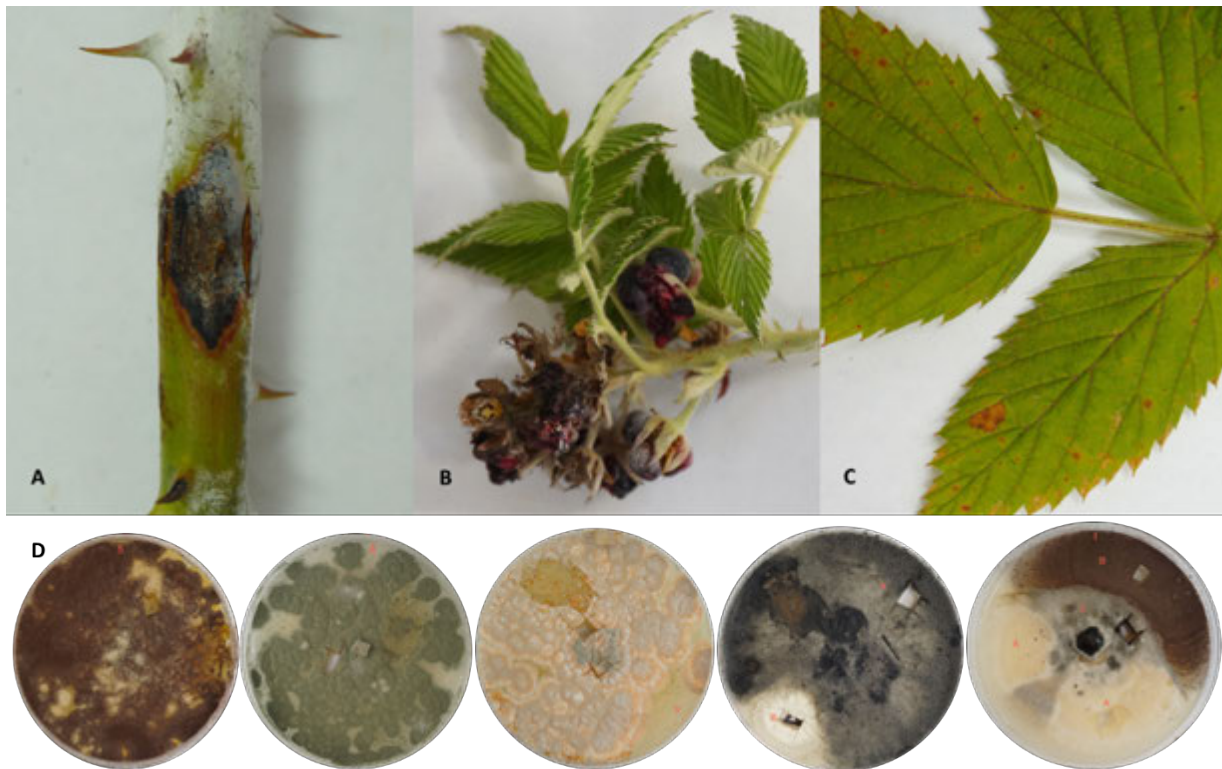
Desde que las Islas Galápagos fueron descubiertas, los seres humanos han introducido muchas especies de plantas y animales al archipiélago. Algunas especies se han convertido en invasoras, como esta especie de Mora *Rubus niveus*, que ha invadido la mayoría de las partes más húmedas de las islas y se estima que cubre más de 35.000 hectáreas. En la actualidad, el control se los realiza con la erradicación manual y la aplicación de herbicidas, pero el rápido crecimiento de la mora y diseminación de las semillas hacen que estos métodos sean demasiado caros y, en última instancia, no sean exitosos. Se estima que esta planta (no nativa) se introdujo a finales de los años 1960s la cual ha causado graves problemas para la biodiversidad local y la agricultura. Actualmente, se considera una de las peores malezas que afectan a las islas. Altos arbustos espinosos densos de mora pueden crecer hasta tres a cuatro metros de altura, formando barreras impenetrables para el hombre. El control biológico clásico (o biocontrol) se utiliza en todo el mundo para suprimir la población de especies invasoras no nativas distribuidas ampliamente. Este método utiliza organismos vivos - enemigos naturales de las especies invasoras, tales como insectos para reducir el problema. La selección del agente usado para el control biológico debe solamente colonizar a las especies invasoras o de destino reduciendo su impacto. Un agente de control biológico exitoso mantendrá la planta invasora bajo control, sobre todo, mantener los costos del control de la mora significativamente menor. Además, no sólo reducirá el costo de la gestión de los agricultores y el Parque Nacional Galápagos, sino que también se podría recuperar la vegetación nativa y su fauna asociada. El control biológico no es una tecnología nueva para las islas Galápagos. En un proyecto anterior se introdujo la mariquita australiana para controlar la cochinilla algodonosa, dando lugar a resultados muy convincentes. En la actualidad nos encontramos colectando muestras de *Rubus niveus* de la zona alta de la isla San Cristóbal. Las muestras que presentan síntomas de ataque de

patógenos son llevadas al Galapagos Science Center (GSC) para el posterior aislamiento de especies fúngicas en medios selectivos. Estas especies están siendo caracterizadas microscópicamente y posteriormente identificadas usando tecnología de ADN. Además, los aislados fúngicos están siendo evaluados en pruebas de patogenicidad en hojas de *Rubus* sanas mediante cámaras húmedas. Con estas técnicas podemos evaluar primeramente que microorganismos se encuentran presentes en *Rubus*, y segundo, si alguno de ellos tendría algún potencial como controlador biológico. Resultados preliminares de esta investigación serán presentados.

Abstract

A major threat to the Galapagos ecosystem is the introduction of invasive plant species that often results in the displacement of native and endemic species. There are a total of 238 endemic plant species on the Galapagos and out of 190 species of the endemic flora, 60% is threatened by the introduction of invasive plant species introduced by anthropogenic activities. *Rubus niveus* is an invasive plant species that poses one of the greatest threats to the Galapagos ecosystem with the potential to damage the archipelago economic system. *Rubus niveus* (commonly known as mysore or hill raspberry) is an invasive plant species originally from Asia that poses an extreme threat to the native plant species on several of the islands in the Galapagos archipelago. It was first introduced to the island of Santa Cruz in the 1960's and *R. niveus* has been covering an estimated 35,000 hectares throughout the archipelago; exhibiting that the plants ability to spread and reproduce is extremely high when given suitable climate conditions. *R. niveus* invades bracken, grass, shrub land and forests by forming dense thickets up to four meters high. Its quick ability to grow allows *R. niveus* to displace native vegetation and threaten native communities of plants including *Scalesia pedunculata* forests found on Santa Cruz, which costs the Galapagos National Park Service approximately \$400 US ha/yr to manage. Currently, *Rubus niveus* is unsuccessfully being managed by manual removal and herbicide application. Therefore, it is necessary to find alternative ways to control the spread of *Rubus niveus* with the intentions of removing it entirely from the ecosystem of the Galapagos Islands. Classical biological control (CBC or biocontrol) is used throughout the world to suppress the population of non-native invasive species, distributed widely, such as weeds. This method uses living organisms - natural enemies of invasive species, such as fungal pathogens - to reduce the problem. Since 1972, over 25 introductions of fungal pathogens have been made worldwide in an effort to control invasive weeds - with results showing the reduction of the impact of the invasive. A successful biological control agent will keep the invasive plant under control and above all, reduce costs of controlling mora significantly. In addition, it will not only reduce the cost of the management of the farmers and the Galapagos National Park, but it would revitalize the native vegetation and its associated fauna. The research being proposed seeks the identification and evaluation of the use of a pathogen that is native to the Galapagos, which

would bring an endemic alternative to the control of the invasive plant *Rubus niveus*. The pathogen that has been seen occasionally growing on the fruit or leaves the raspberry plant, could be brought to GSC Galapagos Science Center for further studies. The goal of this study is to collect samples of infected mora plants and then identify/characterize microorganisms using microscopy, DNA techniques and pathogenicity bioassays, with the intent to study and evaluate their potential as biological control agents of *R. niveus* in Galapagos Islands.



Muestras de *Rubus niveus* que presentan aparente daño causado por fitopatógenos, A) en tallo, B) en fruto y C) en hoja. D) Aislamientos de microorganismos provenientes de muestras que presentan posible daño por fitopatógenos en medios de cultivo selectivo para hongos (Potato Dextrose Agar, PDA).

Tortuga Carey *Eretmochelys imbricata* en Galápagos: ¿Especie residente en las islas? | Hawksbill Turtle *Eretmochelys imbricata* in the Galapagos: Resident species in the islands?

Daniela Alarcón-Ruales^{1,*}, Jason G. Castañeda¹, Maximilian Hirschfeld¹, Alexander Gaos², Judith Denking¹, Leandro Vaca-Pita¹, Jaime A. Chaves¹, Juan García², Gregory A. Lewbart³, Kenneth J. Lohmann⁴, Paulo Tobar⁵, Juan Pablo Muñoz-Pérez^{1,4}

¹ Universidad San Francisco de Quito, USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA y Extensión Galápagos, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

² ICAPO

³ Dirección del Parque Nacional Galápagos, Ecuador

⁴ Fundación Equilibrio Azul, Quito, Ecuador

⁵ Universidad Central de Ecuador, Sede Galápagos, Ecuador

*Correo electrónico | E-mail: dani_a55@hotmail.com

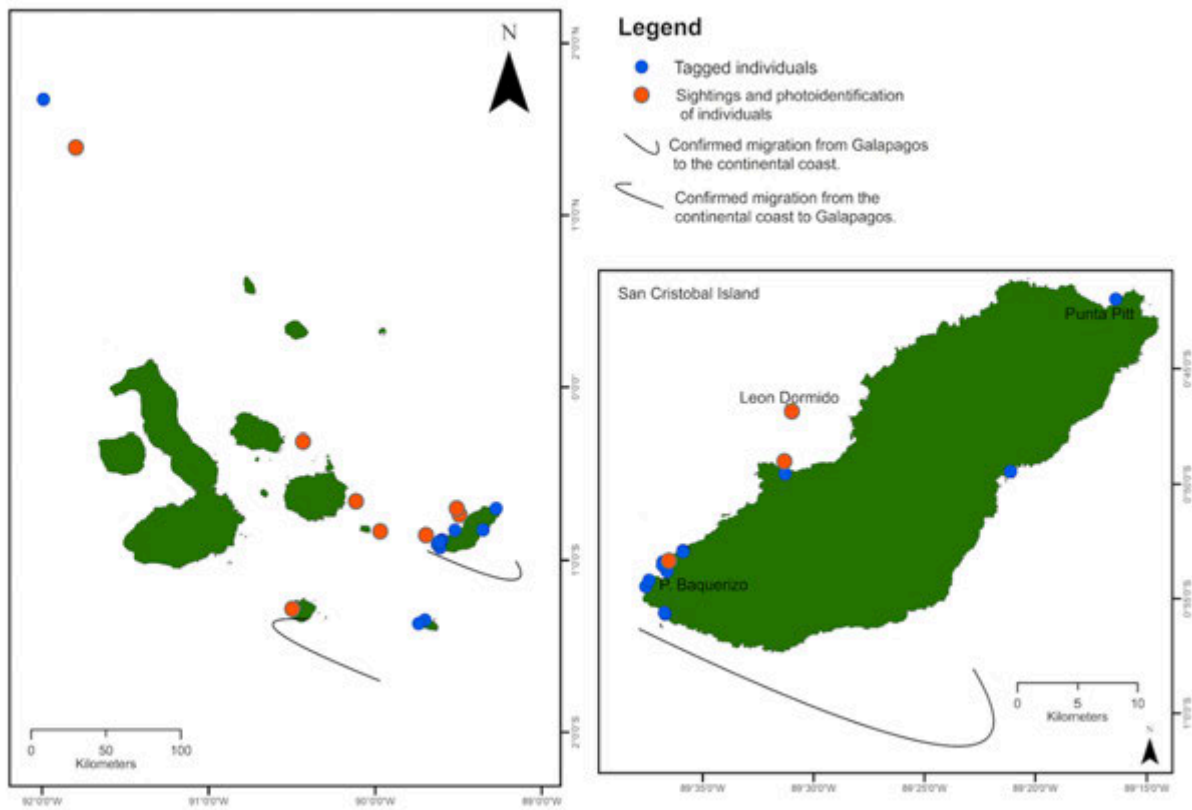
Resumen

La Tortuga Carey *Eretmochelys imbricata* se encuentra en la lista de especies en peligro crítico en la Lista Roja de la UICN, y bajo la prohibición del uso comercial en CITES Apéndice I. En 2008, las poblaciones de tortugas carey del Pacífico Oriental fueron consideradas como una población no viable y nuevos discernimientos sobre la población del Pacífico oriental se encuentra actualmente en desarrollo. *Eretmochelys imbricata* ha sido descrita como un visitante ocasional en las Galápagos. Individuos han sido encontrados esporádicamente en las áreas de alimentación y no hay registros de anidación de esta especie en el archipiélago. Recientemente, desde la creación del primer programa de monitoreo a largo plazo de tortugas marinas en zonas de alimentación y reproducción desarrollado por el Centro de Ciencias de Galápagos (GSC) y la Universidad San Francisco de Quito (USFQ); pudimos identificar varios individuos que permanecen en las islas durante largos períodos de tiempo. A través de diferentes metodologías que cubren programas de marcaje y recaptura (21 individuos de *E. imbricata*; 1 macho LCC = 88, 4 hembras LCC = 72.13 SD: 6,7 y 17 juveniles LCC = 49,7 SD: 8.01) fueron capturados), además se aplicó marcas satelitales (4) y acústicas (4), y se robusteció la información con la foto-identificación de individuos y entrevistas a guías naturalistas locales. También se corrobora una alta fidelidad a las áreas de alimentación, con registros durante al menos cinco años de permanencia en la misma región de ciertos individuos. 13 sitios fueron identificados como importantes para las tortugas carey, donde los registros son constantes y durante muchos años. Además, durante el primer semestre de 2015 hemos encontrado neonatos de *E. imbricata* en San Cristóbal, siendo el primer registro de un evento de anidación en Galápagos para la especie. Trabajando en conjunto con otras instituciones a nivel regional en marzo de 2016 registró

una tortuga Carey marcadas en San Cristóbal, Galápagos en 2014, que fue recapturada por unos pescadores locales en San Lorenzo, costa norte del Ecuador continental, siendo el primer registro de esta especie que presenta un movimiento desde Galápagos recorriendo más de 1000 km hacia la costa continental. Para tener una evaluación completa de la población, la genética, línea base en salud y análisis de la dieta para *E. imbricata* son el siguiente paso en conjunto con su bioquímica y los efectos que tiene en la especie la contaminación por plástico. Nos gustaría dar las gracias al proyecto Tortuga Negra y toda la gente implicada, el Galápagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito, el Parque Nacional Galápagos, Ecofondo, ICAPO y Equilibrio Azul.

Abstract

The Hawksbill Turtle *Eretmochelys imbricata* is currently listed as critically endangered on the IUCN Red List, and no commercial use is permitted under CITES Appendix I. In 2008 the Eastern Pacific Hawksbills were considered as a non-viable population and new discernments about the eastern Pacific population is currently in development. *Eretmochelys imbricata* has been described as occasionally in the Galápagos. Sporadically has been found at feeding areas and there are no nesting records of this species in the archipelago. Recently, since the establishment of the first long-term sea turtle monitoring program by the Galapagos Science Center (GSC) and Universidad San Francisco de Quito (USFQ) focus at the feeding and breeding areas of the Galapagos Sea Turtles; we could identify many individuals remaining in the islands for long periods. Through different methodologies covering mark and recapture programs (21 individuals of *E. imbricata* (1 male CCL=88, 4; females CCL = 72.13 SD: 6.7 and 17 juveniles CCL = 49.7 SD: 8.01) were captured, additionally satellite tags (4) and acoustic (4) telemetry tags were applied, and reinforced with photo-identification and anecdotic interviews to local naturalistic guides. We corroborate a high fidelity to feeding areas, with records during at least five years of permanency in the same region of certain individuals. 13 sites were identified as important for hawksbills, where registers are constant and during many years. Additionally during the first semester of 2015 we have found neonates of *E. imbricata* in San Cristóbal, being the first record of a nesting event in the Galápagos for the species. Working in conjunction with other institutions regionally, in March 2016 we registered a Hawksbill turtle tagged in San Cristóbal, Galápagos in 2014, which was recaptured by some local fishermen in San Lorenzo, north coast of mainland Ecuador, been the first register of this species moving from Galápagos and travelling more than 1000 km to the continental coast. To have a complete evaluation of the population genetics, baseline health and diet analysis for *E. imbricata* are the next step in conjunction with biochemistry and plastic pollution risk assessment. We would like to thank the Tortuga Negra project and all the people involved, the Galapagos Science Center, Universidad San Francisco de Quito, Parque Nacional Galapagos, Ecofondo, ICAPO, Equilibrio Azul.



Efectos del uso del suelo en la estructura y funciones ecosistémicas de zonas agrícolas y urbanas en San Cristóbal, Galápagos | Effects of land use in ecosystem structure and function in the highlands of San Cristóbal, Galápagos

Stella de la Torre*, Isabel Villarruel

*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales
COCIBA, Quito, Ecuador*

**Correo electrónico | E-mail: sdelatorre@usfq.edu.ec*

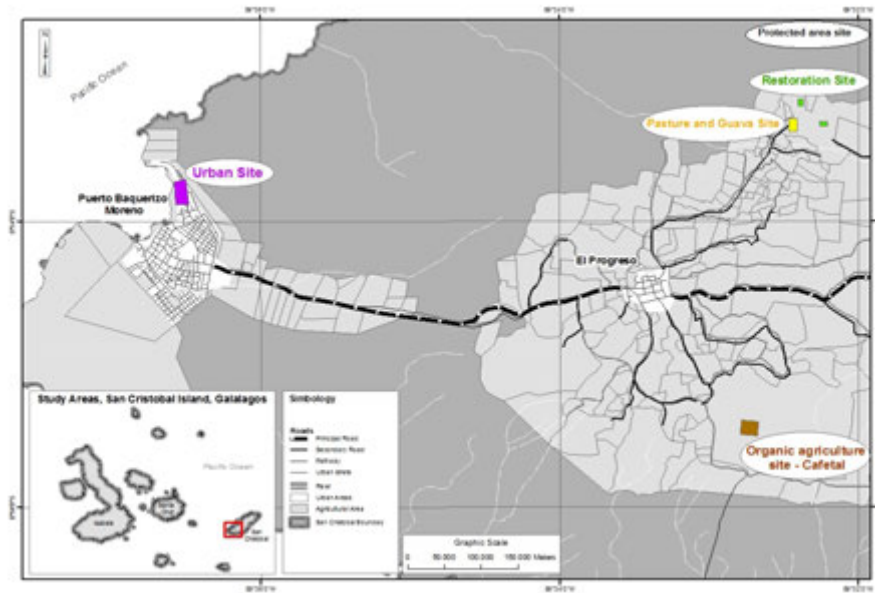
Resumen

Las áreas agrícolas y urbanas representan apenas un 3% de los ambientes terrestres en Galápagos, pero su influencia sobre la conservación de las islas es enorme. Estas áreas son el epicentro de las actividades humanas que afectan a los ecosistemas naturales. Estas actividades han causado complejos cambios ambientales que deben ser entendidos para mejorar el manejo del archipiélago. En nuestra investigación en áreas agrícolas y urbanas de la isla San Cristóbal, buscamos evaluar los efectos del cambio en el uso del suelo sobre la dinámica de nutrientes y la diversidad de la comunidad de invertebrados edáficos. Nuestros resultados sugieren que el tipo de uso del suelo tiene un efecto importante sobre la concentración de carbono y nitrógeno del suelo y la vegetación. Sin embargo, estas diferencias en la concentración de nutrientes no se traducen en diferencias claras en la diversidad de macroinvertebrados de suelo, posiblemente porque todas las áreas de estudio han sido afectadas por la introducción de especies exóticas que actualmente dominan las comunidades biológicas estudiadas. El estudio de las complejas interacciones que existen entre los organismos nativos e introducidos en las islas es una prioridad sobre la que enfocaremos nuestros esfuerzos en las próximas fases de nuestra investigación.

Abstract

Agricultural and urban areas in Galapagos only represent about 3% of the terrestrial environments in Galápagos. However, their impact on the conservation of the archipelago is huge. These areas are the epicenter of human activities affecting natural ecosystems and causing complex environmental changes that must be understood to improve islands management. In our research in agricultural and urban areas in San Cristóbal, we aim to evaluate the effects on land use change on nutrient dynamics and on the diversity of soil invertebrates. Our results suggest that land use patterns have a significant effect on the concentration of carbon and nitrogen in soil and plants. However, differences in the concentration of these nutrients in areas with different land use are not clearly related to

differences in the diversity of soil invertebrates. These results may be partly explained by the fact that all the study areas have been affected by the introduction of exotic invertebrate species that are currently dominant in all the communities studied. In future research, we will focus on understanding these complex relationships between native and introduced organisms in the islands.



Ubicación de las áreas de estudio en la isla San Cristóbal / Study areas in San Cristóbal Island

Relacionando los plásticos en el océano con daños ecológicos | Relating plastic in the ocean to ecological harm

Britta Denise Hardesty^{1,*}, Chris Wilcox¹, Qamar Schuyler², Kathy Townsend²,
Nicholas Mallos³, George Leonard³, Erik van Sebille⁴

¹ *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Oceans and Atmosphere*

² *University of Queensland, Australia*

³ *Ocean Conservancy*

⁴ *Imperial College London, UK*

*Correo electrónico | E-mail: denise.hardesty@csiro.au

Resumen

La contaminación por plástico en el océano se está convirtiendo en una preocupación ambiental global. Las estimaciones sugieren que vertimos 8,4 millones de toneladas de plástico en el océano cada año. Este plástico alcanza concentraciones sustanciales, con densidades en el mar de muestreo que midan más de 580.000 artículos por kilómetro cuadrado. Sin embargo, es difícil relacionar esta exposición con impactos ecológicos. Los animales que mueren debido a la ingestión de plásticos o enredo no llegan a tierra, y el muestreo en el mar es caro y poco frecuente. Pruebas de una relación directa entre el plástico en el medio ambiente y daños a la fauna marina es un reto. Aquí se revisan los avances actuales en la evaluación de los impactos en la fauna marina de la contaminación por plástico. Los análisis van desde una gama de deducciones de expertos, a modelos estadísticos y físicos integrados. Su alcance se extiende ampliamente, a partir de estimaciones a nivel individual hasta análisis de taxones completos. Algunos de los análisis muestran la presión a la exposición, mientras que otros llegan a estimar los impactos demográficos e incluso la mortalidad debida a la ingestión de plásticos o enredos en los desechos plásticos en el océano. Se resumen los resultados de estos estudios, y se proporciona una hoja de ruta para futuras contribuciones para estimar el impacto ecológico real de la contaminación por plástico.

Abstract

Plastic pollution in the ocean is emerging as a global environmental concern. Estimates suggest that we dump on the order of 8.4 million tons of plastic in the ocean each year. This plastic reaches substantial concentrations, with at sea sampling measuring densities over 580,000 items per square kilometer. However, it is difficult to relate this exposure to resulting ecological impacts. Animals dying due to plastic ingestion or entanglement may not wash ashore, and sampling at sea is expensive and infrequent. Thus demonstrating a

direct relationship between plastic in the environment and harm to marine wildlife is challenging. Here we review current progress on risk assessment for impacts to marine wildlife from plastic pollution. The analyses reviewed range from expert elicitation to integrated statistical and physical models. They range widely in scope, from estimates at the individual level to whole taxa analysis. Some of the analyses reach only to exposure to the pressure, while others carry through to estimate demographic impacts and even mortality due to ingestion of or entanglement in plastic debris in the ocean. We summarize the results of these studies, and provide a roadmap for future contributions toward estimating the actual ecological impact of plastic pollution.



Identificación y cuantificación de metabolitos fecales de cortisol en *Zalophus wollebaeki* en la Isla San Cristóbal, Galápagos | Identification and quantification of faecal cortisol metabolites in *Zalophus wollebaeki* in San Cristóbal Island, Galápagos

Diana P. Ochoa Castro^{1,*}, Diego Páez-Rosas^{1,2}, Rupert Palme³

¹ Universidad San Francisco de Quito, USFQ, Extensión Galápagos, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA y Galapagos Science Center GSC, Ecuador

² Dirección del Parque Nacional Galápagos, Oficina Operativa Técnica de San Cristóbal, Galápagos, Ecuador

³ University of Veterinary Medicine, Vienna, Austria

*Correo electrónico | E-mail: dianaechoac@googlemail.com

Resumen

El Lobo Marino de Galápagos *Zalophus wollebaeki* es una de las especies más emblemáticas del archipiélago. Esta especie ha sido clasificada en peligro por la IUCN debido a grandes pérdidas poblacionales durante las últimas tres décadas. En la isla de San Cristóbal, la segunda más poblada de la provincia, las colonias de lobos marinos están expuestas a distintos grados de interacción con humanos. Este, por los varios efectos directos e indirectos, se presenta como un factor de estrés que puede alterar el bienestar de la población y potencialmente amenazar con su supervivencia. Se compararon dos colonias en la isla de San Cristóbal (Grupo 1: Punta Pitt; Grupo 2: Puerto Baquerizo Moreno). Punta Pitt es una colonia completamente aislada de la visitación turística y no comparte su hábitat con el ser humano; mientras que la colonia de Puerto Baquerizo Moreno, la colonia reproductiva de mayor tamaño en la isla, comparte su hábitat con una población humana en constante crecimiento. Los glucocorticoides son los efectores fisiológicos del eje Hipotalámico-Pituitario-Adrenal (HPA) en la respuesta al estrés; es un sistema altamente conservado en la evolución y puede ser analizado como un indicador del bienestar. La metodología de investigación permite cuantificar glucocorticoides de cortisol de forma estandarizada y no invasiva; facilita el análisis a las distintas poblaciones sin un sesgo de manipulación y permite a las mismas colonias servir como su propio control. Las concentraciones basales obtenidas indican que hay una diferencia significativa entre las dos colonias correspondiente con su nivel de exposición antropogénica: Punta Pitt (847 ng/g) y Puerto Baquerizo Moreno (373 ng/g). Estos resultados sugieren que la colonia de Puerto Baquerizo Moreno presenta una respuesta atenuada del eje HPA a comparación de la población control. Resultados similares han sido reportados para otras especies bajo exposición a contaminantes persistentes y cautiverio, donde las respuestas fisiológicas han sido alteradas de acuerdo a alteraciones en su ambiente físico y social. Esto sugiere que la

presencia y cohabitación con el humano presenta una respuesta de cortisol consistente con la exposición al estrés crónico que puede manifestarse en una reducida aptitud física de esta y futuras generaciones; altera la efectividad y respuesta de otros sistemas fisiológicos y afecta a la capacidad de los individuos a reaccionar adecuadamente a nuevos factores impredecibles.

Abstract

The Galápagos Sea Lion *Zalophus worlbeaeki* is one of the most emblematic species of the archipelago. It has been classified as endangered by the IUCN due to considerable population losses over the last three decades. The island of San Cristobal, the second most populated island in the province, the rookeries of sea lions are exposed to different degrees of human interaction. This, due to the various direct and indirect effects, presents itself as a stress factor that can alter the wellbeing of wild populations and threaten their survival. Two rookeries were compared on the island of San Cristóbal (Group 1: Punta Pitt; Group 2: Puerto Baquerizo Moreno). Punta Pitt holds a rookery that is completely isolated from tourist visitation and does not share its habitat with humans; whereas on Puerto Baquerizo Moreno, the largest reproductive rookery on the island, extensively shares its habitat with an ever-increasing human settlement. Glucocorticoids are the physiological effectors of the Hypothalamic–Pituitary–Adrenal (HPA) axis in response to stress. It is highly conserved throughout evolutionary paths and can be quantified as a proxy to wellbeing. The research methodology allows us to quantify cortisol metabolites in a standardized, non-invasive manner; it facilitates the analysis of the different rookeries without manipulation bias and allows for the same rookeries to serve as their own controls. The basal concentrations obtained indicate that there is a significant difference between the two rookeries analysed, correspondent to the degree of anthropogenic exposure. Punta Pitt (847 ng/g) and Puerto Baquerizo Moreno (373 ng/g). These results suggest that the rookery on Puerto Baquerizo Moreno presents an attenuated response of the HPA axis in comparison to the control. Similar results have been reported in other species under exposure to persistent contaminants and captivity, where physiological responses have been altered due to changes in their physical and social environment. This suggests that the presence and cohabitation with humans produces a physiological response of cortisol consistent with chronic stress and it can manifest itself as a loss of fitness of this and future generations; it alters the effectiveness in the response of other physiological systems and it can affect the individual's capacity to respond adequately to new unpredictable stress factors.

Isótopos estables revelan fidelidad a largo plazo en las zonas de alimentación que ocupa el Lobo Marino de Galápagos | Stable isotopes reveal long-term fidelity to foraging grounds in the Galapagos Sea Lion

Diego Páez-Rosas^{1,*}, Massimiliano Drago², Valentina Franco-Trecu³, Luis Cardona², Washinton Tapia⁴, Pablo Inchausti³

¹ *Universidad San Francisco de Quito, USFQ, Extensión Galápagos, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA y Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

² *Universidad de Barcelona, España*

³ *Universidad de la Republica, Uruguay*

⁴ *Parque Nacional Galápagos, Ecuador*

*Correio electrónico | E-mail: dpaez@usfq.edu.ec

Resumen

La mayoría de los otáridos presentan áreas de alimentación específicas durante la época de reproducción, mismas que están ligadas a sus sitios reproductivos. Sin embargo, suelen dispersarse a otras regiones al terminar estos periodos, provocando que los individuos de diferentes regiones compartan las zonas de alimentación en determinado momento. En el presente estudio se midió la señal isotópica de carbono y nitrógeno presente en los huesos del cráneo de individuos adultos de Lobo Marino de Galápagos *Zalophus wollebaeki*; con la finalidad de evaluar su fidelidad a las zonas de alimentación por parte de las hembras y machos que habitan las diferentes regiones del archipiélago. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre sexos, sin embargo los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ fueron estadísticamente diferentes entre los individuos de las distintas regiones. Por otra parte utilizamos un análisis de inferencia bayesiana (SIBER) como un aproximado del tamaño de su nicho trófico, logrando observar una superposición significativa entre los animales que habitan las regiones centro y sur, y una clara separación entre los del oeste y sur. De tal forma que nuestros resultados sugieren que los machos y hembras de una misma región utilizan las mismas zonas de alimentación a lo largo de toda su vida. Además, sugieren que el intercambio de individuos adultos entre regiones es limitado, revelando cierto grado de filopatría trófica a escala regional dentro del archipiélago. Las restricciones observadas en los machos podrían asociarse al extenso periodo reproductivo de la especie (~6 meses), mientras que el comportamiento de las hembras estaría ligado a su extenso periodo de lactancia (2-3 años); características que puede explicar la escasa movilidad de los lobos marinos adultos de ambos sexos en todo el Archipiélago.

Abstract

Most otariids have colony-specific foraging areas during the breeding season, when they behave as central place foragers. However, they may disperse over broad areas after the breeding season and individuals from different colonies may share foraging grounds at that time. Here, stable isotope ratios in the skull bone of adults Galapagos Sea Lion *Zalophus wollebaeki* were used to assess the long-term fidelity of both sexes to foraging grounds across the different regions of the Galapagos archipelago. Results indicated that the stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of sea lion bone significantly differed among regions of the archipelago, without any significant difference between sexes and with a non-significant interaction between sex and region. Moreover, standard ellipses, estimated by Bayesian inference and used as a measure of the isotopic resource use area at the population level, overlapped widely for the sea lions from the southern and central regions, whereas the overlap of the ellipses for sea lions from the central and western regions was small and non-existing for those from the western and southern regions. These results suggest that males and females from the same region within the archipelago use similar foraging grounds and have similar diets. Furthermore, they indicate that the exchange of adults between regions is limited, thus revealing a certain degree of foraging philopatry at a regional scale within the archipelago. The constraints imposed on males by an expanded reproductive season (~ 6 months), resulting from the weak reproductive synchrony among females, and those imposed on females by a very long lactation period (at least one year but up to three years), may explain the limited mobility of adult Galapagos sea lions of both sexes across the archipelago.



Perturbación de la hidrología del trópico: Un estudio de las Islas Galápagos | Disturbance hydrology in the tropics: The Galápagos Islands as a case study

D.A. Riveros-Iregui¹, S.R. Schmitt¹, M. Percy², J. Hu³, K. Singha⁴, B.B. Mirus⁵

¹ *Department of Geography, University of North Carolina, Chapel Hill NC, USA*

² *Department of Geological Sciences, University of North Carolina, Chapel Hill NC, USA*

³ *Department of Ecology, Montana State University, Bozeman MT, USA*

⁴ *Department of Geology and Geological Engineering, Colorado School of Mines, Golden CO, USA*

⁵ *Landslides Hazard Program, U.S. Geological Survey, Denver CO, USA*

*Correo electrónico | E-mail: diegori@email.unc.edu

Resumen

Las zonas tropicales de América Latina han mostrado la aceleración más grande del mundo en el cambio de uso del suelo en las últimas décadas. Está bien establecido que los cambios en la cobertura vegetal pueden conducir a cambios en la demanda de agua, evapotranspiración, y las características texturales del suelo. Teniendo en cuenta los cambios previstos en la intensidad y la distribución de las lluvias en las regiones tropicales en las próximas décadas, es fundamental caracterizar cómo los cambios en el cambio de uso del suelo en diferentes zonas climáticas pueden modificar fundamentalmente la disponibilidad y el almacenamiento de agua, la composición y propiedades hidráulicas del suelo, y el comportamiento hidrológico general de las cuencas hidrográficas. Este estudio evalúa el papel de las perturbaciones antropogénicas sobre los procesos hidrológicos a través de diferentes zonas climáticas de los trópicos. Nos centramos específicamente en la isla San Cristóbal, la segunda isla más poblada del archipiélago de Galápagos, que actualmente está sufriendo una transformación antropogénica severa. La isla contiene un espectro de climas, que van desde muy húmedo al árido, y ha visto un aumento dramático en el turismo y en su población permanente en los últimos 40 años. Nuestro estudio identifica las complejas interacciones entre las variables hidrológicas, geológicas, económicas y sociales que los sistemas tropicales de la isla se enfrentarán en los próximos años, y el papel del ciclo hidrológico a varias escalas.

Abstract

Tropical Latin America has shown the largest acceleration in land use change in recent decades. It is well established that changes in vegetation cover can lead to changes in water demand, evapotranspiration, and eventually soil textural characteristics. Given the projected changes in the intensity and distribution of rainfall in tropical regions in the coming decades, it is critical to characterize how changes in land use change across different climatic zones may fundamentally reshape water availability and storage, soil composition and associated hydraulic

properties, and overall watershed hydrologic behavior. This study evaluates the role of anthropogenic disturbance on hydrological processes across different climatic zones in the tropics. We focus specifically on San Cristobal Island, the second most populated island of the iconic Galapagos archipelago, which is currently undergoing severe anthropogenic transformation. The island contains a spectrum of climates, ranging from very humid to arid, and has seen a dramatic increase in tourism and an increase in the permanent population of greater than 1000% in the last 40 years. Over 70% of the landscape of San Cristobal has been altered by land use change and invasive species. Our study identifies the complex interactions among hydrological, geological, economic, and social variables that tropical island systems will face in the years ahead, and the role and effects of a dynamic hydrologic cycle across multiple scales.

Situación poblacional de las principales especies claves en la Reserva Marina de Galápagos | Population status of major key species in the Galapagos Marine Reserve

Eduardo Espinoza¹, Diego Paez-Rosas²

¹ Dirección Parque Nacional Galápagos, Isla Santa Cruz, Galápagos

² Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

*Correo electrónico | E-mail: eespinoza@galapagos.gob.ec

Resumen

La Dirección del Parque Nacional Galápagos tiene a su cargo la administración tanto del Parque Nacional como su Reserva Marina; mediante la ejecución de su plan de manejo y sus estrategias se han iniciado programas de monitoreo conjuntos con otras instituciones, un ejemplo de estas iniciativas ha sido el trabajo conjunto con instituciones como el Galapagos Science Center, centro de investigación que pertenece a la Universidad San Francisco de Quito y a la Universidad North Carolina at Chappel Hill. Con quienes con el fin de generar información referente al estado poblacional de especies emblemáticas del archipiélago (lobos, iguanas, aves tortugas marinas, etc.), además de valores de temperatura del océano y estimación de los niveles de productividad de la región entre otros, se estableció un programa de monitoreo conjunto para estudiar dichos aspectos. Este trabajo multidisciplinario se desarrolló en un crucero de investigación anual iniciado en el año 2014 bajo un Memorando de entendimiento ente estas instituciones, donde se establecieron varias metas de monitoreo para conocer el estado poblacional de las principales especies claves en la Reserva Marina de Galapagos como son: el Lobo Marino *Zalophus wolfebaeki*, el Lobo Peletero *Arctocephalus galapagoensis*, la Iguana Marina *Amblyrinchus cristatus*, y la Tortuga Marina Verde *Chelonia mydas*. Además de otros aspectos de la dinámica poblacional como los patrones de alimentación las dos especies de lobos marinos y su relación con la variabilidad ambiental, la ecología trófica de las aves marinas mediante el uso de isotopos estables, variables como la diversidad presente en la zona inter-mareal, combinados con los niveles de productividad, cambios en la temperatura del océano, midiendo por otro lado el impacto de la contaminación por micro y macro plásticos en diferentes playas y zonas de la Reserva Marina de Galápagos (RMG). Los resultados de estas investigaciones han entregado varios hallazgos importantes, entre ellos información que no había sido compilada por muchos años anteriormente (el primer censo de lobos total después de casi 12 años) así como la interacción de la información oceanográfica y toma de datos simultáneos de una variedad de especies, hizo de este trabajo interdisciplinario un desafío constante. Durante el desarrollo de estas actividades se hizo un trabajo conjunto entre todas las instituciones, logrando una sinergia pionera en el campo de la

investigación y el manejo, la complejidad de conjugar Instituciones y técnicos de diferentes ramas, además de la diversidad de procesos y procedimientos, así como de protocolos y manuales de campo que tuvieron que ser establecidos para el desarrollo de este colosal trabajo, ha traído consigo importantes frutos para la ciencia, conservación pero principalmente para el manejo. Poniendo así un gran paso en poner la ciencia a trabajar en pro de la conservación, desembocando muchos de estos resultados en medidas de manejo tangibles como el establecimiento de la última y novedosa zonificación de la RMG.

Abstract

The Galapagos National Park Direction is responsible for the administration of both the National Park and Marine Reserve where it has initiated monitoring programs along with other institutions by implementing its management plan and strategies. An example of these initiatives has been the work with the Galapagos Science Center (USFQ-UNC at Chapel Hill) to establish a joint monitoring program in order to generate information on the population status of the emblematic species of the archipelago (sea lions, iguanas, birds, sea turtles, etc.) as well as ocean temperature values, estimated levels of productivity in the region among others. This multidisciplinary study was carried out on an annual research cruise initiated in 2014 under an agreement of mutual benefit for these institutions, where several monitoring targets were established to determine the population status of the main key species in the Galapagos Marine Reserve such as: Galapagos Sea Lion *Zalophus wolfebaeki*, Galapagos Fur Seal *Arctocephalus galapagoensis*, Marine Iguana *Amblyrinchus cristatus*, and Green Sea Turtle *Chelonia mydas*. Several other aspects of population dynamics were to be determined, e.g. feeding patterns of two species of sea lions and its relation to environmental variability, the trophic ecology of seabirds by using stable isotopes, variables such as the diversity present in the intertidal zone combined with productivity levels, changes in ocean temperature. Another important variable measured was the impact of contamination by micro and macro plastics in different areas of the Galapagos Marine Reserve (GMR). The results of these investigations have delivered several important findings, including information that had not been compiled for many years before (e.g. the first total census of sea lions after almost 12 years). The interaction of oceanographic information and the simultaneous data sampling of a variety of species turned this interdisciplinary work into a constant challenge. During the development of these activities, a joint effort among all institutions was carried out, achieving a pioneering synergy in the field of research and management. The complexity of combining institutions and technicians from different areas in addition to the diversity of processes and procedures, as well as protocols and field manuals that had to be established for the development of this colossal work has brought important benefits for science and conservation but mostly for management; thus taking a big step in putting science to work for conservation with many of these results leading to tangible management measures such as the establishment of the latest and innovative zoning of the RMG.



Las huellas humanas en Galápagos: Arqueología y ecología histórica en la Isla San Cristóbal | Human traces in the Galapagos: Archaeology and historical ecology on San Cristobal Island

Florencio Delgado-Espinoza^{1,*}, Fernando J. Astudillo², Peter W. Stahl³

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Sociales y Humanidades COCISOH, Centro de Investigaciones Socioculturales CIS, Quito, Ecuador*

² *Department of Archaeology, Simon Fraser University*

³ *Department of Anthropology, University of Victoria*

*Correo electrónico | E-mail: fdelgado@usfq.edu.ec

Resumen

La creación del Parque Nacional Galápagos estuvo sustentada en conceptos científicos sobre conservación ecológica y en la preocupación por los posibles efectos negativos para la naturaleza por parte de los habitantes humanos. Aunque la colonización de Galápagos es relativamente reciente, las islas han tenido diversos encuentros con los seres humanos durante los tres últimos siglos. La Isla San Cristóbal, por ejemplo, fue el lugar escogido para desarrollar una gran plantación dedicada al cultivo de caña y refinamiento de azúcar, a la cría de ganado, a la producción de café, y al cultivo de otros productos. Estas actividades han transformado gran parte de la isla en un hábitat de sustitución, el cual con certeza es un hábitat destinado a no promover la diversidad biológica aunque si proporciona un funcionamiento ecosistémico.

Abstract

The creation of the Galápagos National Park was based on scientific concepts of conservation and growing concern over the possible negative effects on natural habitats by the island's human inhabitants. Although human colonization of the Galápagos is relatively recent, the Islands have encountered humans over the last three centuries. San Cristobal Island, for example, was the site of a large plantation dedicated to sugar cane and refining, as well as livestock breeding, coffee production, and agriculture. These activities have transformed much of the island into a "substitution habitat" (Martínez-Abraín and Jiménez 2016), which was certainly not intended to promote biological diversity, yet incidentally supported some ecosystemic functioning.



Monitoreo de ecosistemas nativos y noveles en Galápagos: Qué sabemos, pasos actuales y futuros | Monitoring native and novel plant ecosystems in the Galapagos: What we know, current and future steps

Gonzalo Rivas-Torres^{1,2,*}, Maria Gloria Rivas³, Bette Loiselle^{4,5}, Luke Flory⁶,
Christian Sevilla⁷, Danny Rueda⁷

¹ Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

² Courtesy Faculty, Wildlife Ecology and Conservation, 110 Newins-Ziegler Hall, University of Florida, Gainesville, FL, USA

³ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador

⁴ Department of Wildlife Ecology and Conservation, University of Florida, Gainesville, FL, USA

⁵ Center for Latin American Studies, 319 Grinter Hall, University of Florida, Gainesville, FL, USA

⁶ Agronomy Department, 3105 McCarty Hall B, University of Florida, Gainesville, FL, USA

⁷ Dirección de Ecosistemas, Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Ecuador

*Correo electrónico | E-mail: grivast@usfq.edu.ec

Resumen

Mediante el estudio de casos representativos referentes a especies invasoras de plantas, actualmente entendemos que por ejemplo, el árbol invasor *Cedrela odorata* L. (Meliaceae: Magnoliidae), introducida por su madera hace más de 50 años y que ahora abarca ~800 hectáreas de la isla Santa Cruz en Galápagos, está sustituyendo al árbol endémico y altamente amenazado *Scalesia pedunculata* (Asteraceae : Magnoliidae), formando lo que se considera un "ecosistema novel" (es decir, que presenta una comunidad de plantas y condiciones abióticas distintas en comparación con los ecosistemas históricos) en esta isla (Figura 1). También sabemos, a partir de los censos en parcelas experimentales y permanentes, que la extracción de *Cedrela* no solo beneficia a algunas especies nativas y endémicas importantes, como la propia *Scalesia*, sino que también promueve un mayor establecimiento y crecimiento de otras plantas invasoras problemáticas. Sin embargo, a pesar de conocer más sobre los impactos ecológicos de *Cedrela*, los mecanismos que este árbol invasor está utilizando para reemplazar a *Scalesia* y otras especies endémicas no han sido explicados por completo. Este conocimiento es necesario para tomar mejores y más eficientes decisiones para el manejo y control de plantas invasoras. Por el momento, nuestro trabajo de varios años está permitiendo saber que las estrategias invasivas de *Cedrela* son particularmente interesantes y diversas, ya que abarcan desde la tolerancia a la sombra y baja presión de herbívoros, hasta el uso de químicos exudados por este árbol con el fin de reducir el crecimiento de las plántulas endémicas con las que compite. De hecho, esta última estrategia común en plantas invasoras (también conocida como alelopatía) se registró por primera vez en las islas mediante el uso de un experimento de invernadero que se realizó

para probar los posibles efectos inhibitorios de los extractos de hojas y raíces derivadas del árbol invasor *Cedrela* sobre la germinación y el crecimiento de cuatro especies nativas y endémicas (incluyendo *Scalesia*) y cuatro plantas invasoras de las Galápagos. A pesar de que la germinación no se vio afectada por los tratamientos, se encontró que los extractos de hojas y raíces de *Cedrela* tuvieron un efecto negativo –y estadísticamente significativo– en el crecimiento (altura y peso seco) de el árbol endémico *Scalesia*, que es el principal competidor de *Cedrela* en Santa Cruz. Las plántulas de *Scalesia* irrigadas con extracto de hoja de *Cedrela* crecieron en promedio $\sim 33\%$ menos que en los controles (riego de agua de lluvia), mientras que aquellas plantas de este árbol endémico regadas con extractos de raíz del árbol invasor pesaron en promedio $\sim 14\%$ menos que aquellas bajo el régimen de agua de riego (Figura 2). Además de presentar los resultados que evidencian a la alelopatía como uno de los mecanismos que explican la colonización de los bosques endémicos de Galápagos por parte de *Cedrela*, aquí también presentamos los resultados de otras investigaciones paralelas que hemos desarrollado en nuestro programa de monitoreo a largo plazo, los mismos que, cuando son conceptualmente agrupados, ayudan a describir mejor el éxito de *Cedrela* como un invasor biológico de este archipiélago del Pacífico. También, estos resultados derivados de estudios a largo plazo e investigaciones experimentales, demuestran los múltiples umbrales que las especies de plantas en peligro de extinción en Galápagos deben superar para establecerse nuevamente en los recientemente formados “ecosistemas noveles” y, cómo algunas de estas barreras biológicas podrían ser revertidas con prácticas de restauración adecuadas y una ayuda humana apropiada. En forma paralela, estamos, por un lado, obteniendo información sobre la distribución de los ecosistemas nativos y noveles en las islas (mediante el uso de aviones no tripulados o drones, e imágenes de satélite de las Galápagos); y por el otro, continuamos estableciendo parcelas permanentes en todos estos ecosistemas, para analizar la dinámica de la vegetación dentro de estas unidades ambientales en respuesta al cambio climático. Todos estos resultados, además de nuestros experimentos en curso, ayudarán a desarrollar medidas de manejo con base científica para controlar las especies invasoras y mitigar los efectos del cambio climático que impactan la flora única de Galápagos.

Abstract

By using representative case-studies regarding invasive plants, now we understand for example that the very invasive tree *Cedrela odorata* L. (Meliaceae: Magnoliidae), introduced for timber more than 50 years ago and presently covering ~ 800 hectares of Santa Cruz island in Galápagos, is replacing the highly threatened and endemic tree *Scalesia pedunculata* (Asteraceae: Magnoliidae), forming what is considered a “novel ecosystem” (i.e. presenting new community and abiotic trajectories when compared to historical ecosystems) in this oceanic island (Figure 1). We also know, from censuses of experimental permanent plots, that *Cedrela* removal benefited some important native species such as the own

Scalesia, but also promoted increased growth and establishment of other problematic invasive plants. However, in spite of knowing *Cedrela* ecological impacts, the mechanisms that this invasive tree is using to outcompete *Scalesia* and other endemic species are not completely explained. This knowledge is necessary to take better and more efficient management regulations regarding control of invasive plants. At the moment, our multiyear work is allowing to know that the invasive strategies of *Cedrela* are particularly interesting and diverse, because they range from shade tolerance and low herbivores pressure, to the use of chemicals to reduce endemic seedlings growth. Indeed, this last strategy (a.k.a. allelopathy) was first reported for invasive plants on the islands by using a greenhouse experiment we conducted to prove the potential inhibitory effects of the leaf and root extracts derived from the *Cedrela* invasive tree on germination and growth of four native (including *Scalesia*) and four invasive plants of the Galápagos. Despite germination was not affected by treatments, we found that the leaf and root extracts of *Cedrela* caused significant -and statistically supported- negative effect on growth (height and dry weight) of the endemic *Scalesia*, which is *Cedrela*'s main tree competitor in Santa Cruz. *Scalesia* seedlings irrigated with *Cedrela* leaf extract grew on average $\sim 33\%$ less than controls (rainwater irrigation) while those endemic plants irrigated with root extracts of this invasive tree weighted $\sim 14\%$ less than water irrigated (Figure 2). In addition to present results evidencing allelopathy as one of the mechanisms explaining *Cedrela* colonization of Galápagos' endemic forests, here we are also presenting the results of other parallel investigations we developed in our long term monitoring program, which when are conceptually grouped together, better describe the success of *Cedrela* as a biological invader of this Pacific archipelago. Also such results, derived from long-term and experimental investigations, demonstrate the multiple thresholds Galápagos endangered plant species must overcome to regain novel ecosystems and how some of these biological barriers could be reverted with adequate restoration practices and proper human help. In a parallel fashion, we are on one hand, collecting information about native and novel ecosystems distribution in the islands (by using drones and satellite images of the Galápagos); and on the other, establishing permanent plots to analyze vegetation dynamics within these environmental units in response to climate change. All these information, in addition to our on-going experiments, will help to develop more scientifically based managerial actions to control invasive species and mitigate climate change impacts over the unique Galápagos flora.

Figure 1. Location of novel *Cedrela* and endemic *Scalesia*

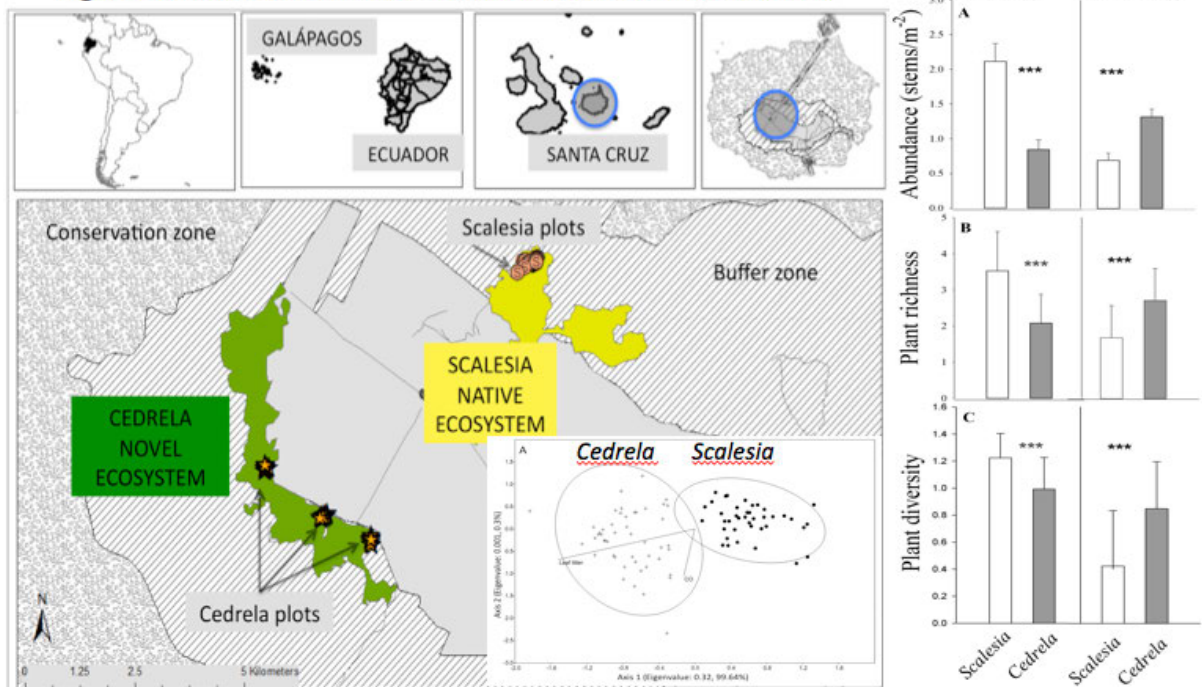
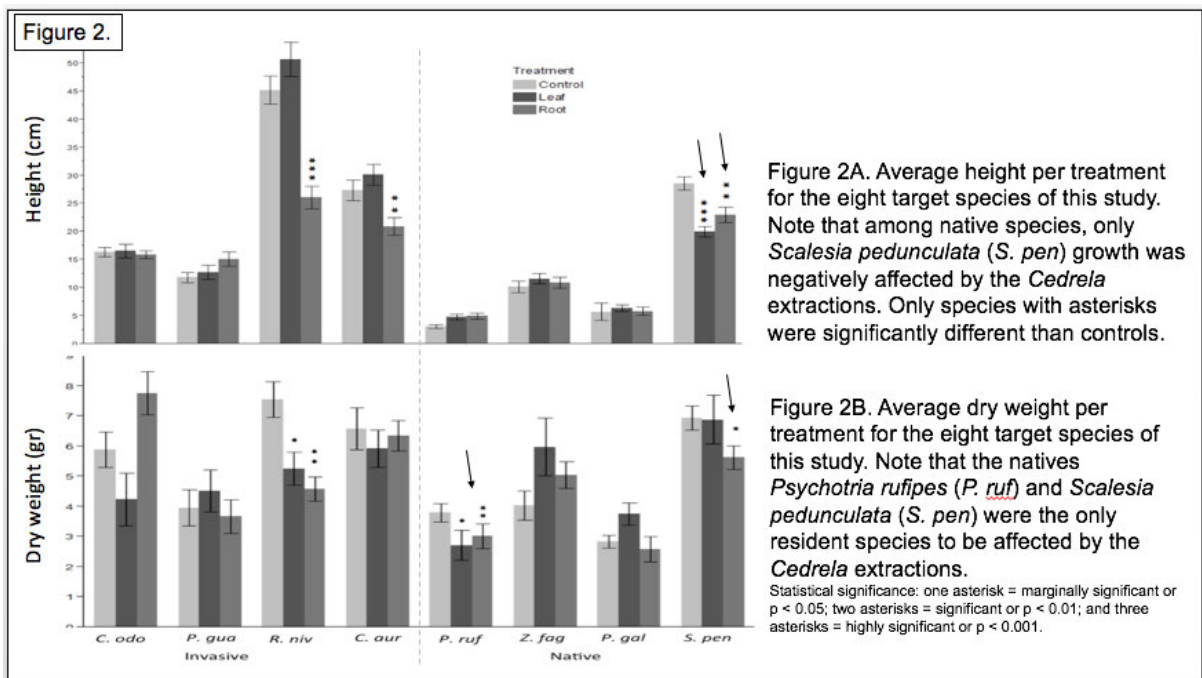


Figure 2.



Evaluación de la salud de Iguanas Marinas *Amblyrhynchus cristatus* | Health assessment of Marine Iguanas *Amblyrhynchus cristatus*

Gregory A. Lewbart^{1*}, Maximilian Hirschfeld², Juan Pablo Muñoz-Pérez², Judith Denkinger², Luís Vinuesa², John Roger Brothers⁴, Juan García³, Kenneth J. Lohmann⁴

¹ North Carolina State University, College of Veterinary Medicine, Raleigh, NC 27601, USA

² Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

³ Dirección, Parque Nacional Galápagos, oficina técnica San Cristobal, Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos, Ecuador

⁴ University of North Carolina, Department of Biology, Chapel Hill, North Carolina, 27599, USA

*Correo electrónico | E-mail: greg_lewbart@ncsu.edu

Resumen

La Iguana Marina *Amblyrhynchus cristatus* es la única lagartija marina en el mundo y es endémica para las Islas Galápagos en Ecuador. Las mayores amenazas para las poblaciones de esta especie van desde la destrucción de su hábitat, contaminación, enfermedades, depredación por animales introducidos, hasta el enredarse con aparejos de pesca. Por lo tanto la evaluación de salud de iguanas marinas podría tener implicaciones para la biología de vida silvestre y la conservación de especies. Una considerable investigación sobre la historia natural y fisiología ha sido llevada a cabo en esta especie, pero estudios en los parámetros de salud no son comúnmente realizados. Los intervalos de referencia de los parámetros sanguíneos, que incluyen parámetros hematológicos, bioquímicos, y valores de gas en la sangre, fueron publicados primeramente para el año 2015 por nuestro grupo. Los análisis fueron realizados en muestras de sangre tomadas de 35 iguanas marinas capturadas en tres sitios de la isla San Cristóbal. Un analizador de química sanguínea portátil (iSTAT) fue utilizado para obtener resultados inmediatos para valores de pH, ácido láctico, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, Hct, Hb, Na (sodio), K, iCa y Glucosa. Técnicas de laboratorio estándar para el análisis hematológico fueron usadas para conteos diferenciales de células blancas (glóbulos blancos) y determinación de hematocritos, los cuales también fueron comparados con los valores de hematocrito generados por el iSTAT. El descubrimiento más notable fue relativamente los altos valores de Na, el iSTAT solo mide hasta 180 mg/dl y en muchos casos los niveles de sodio excedieron este valor, la media para Na fue de 176 mg/dl, este es el valor más alto reportado para niveles de Na en la sangre para cualquier reptil. Para conteo de hematocritos, el analizador de química sanguínea iSTAT produjo resultados significativamente más bajos que los obtenidos con centrifugación. La temperatura corporal, ritmo cardíaco, ritmo respiratorio y medidas de tamaño y peso también fueron anotados. Los valores reportados en este estudio proveen datos de línea base que serían útiles para comparaciones entre poblaciones y para la detección de cambios en el estado de salud entre

las iguanas marinas, éstos descubrimientos deberían también ser de ayuda en futuros esfuerzos para demostrar las asociaciones entre parámetros bioquímicos específicos y enfermedades. La investigación en curso de nuestro equipo está enfocada en las poblaciones de iguanas marinas en Isla Lobos, una pequeña isla de menos de 1 km de tamaño en la Isla San Cristóbal. Hemos desarrollado una valoración completa de 65 animales en este sitio desde Septiembre de 2014, y hemos colocado microchips a cada animal para poderlos identificar, por lo tanto estamos en capacidad de hacer un seguimiento individual a cada animal y monitorear su salud a largo plazo. Los resultados preliminares sugieren que las condiciones climáticas causadas por el Evento de El Niño afectan de manera adversa el estado de salud de las iguanas marinas en Isla Lobos. Durante el verano de 2016 se planea visitar nuevamente los sitios de estudio en las Islas Isabela, Santa Cruz, San Cristóbal y Española para conducir una valoración de salud post El Niño de las poblaciones muestreadas en el 2014.

Abstract

The marine iguana *Amblyrhynchus cristata* is the world's only marine lizard and is endemic to the Galápagos Islands of Ecuador. Major threats to marine iguana populations include habitat destruction, pollution, disease, predation by feral animals, and fishing gear entanglement. Health assessments of marine iguanas may therefore have implications for wildlife biology and species conservation. Considerable research on natural history and physiology has been performed in this species but studies on health parameters are uncommon. Reference blood parameter intervals, including hematology, biochemical, and blood gas values, were first published for this species in 2015 by our group. Analyses were done on blood samples drawn from 35 marine iguanas captured in three locations on San Cristóbal Island. A portable blood analyzer (iSTAT) was used to obtain near immediate field results for pH, lactate, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, Hct, Hb, Na, K, iCa, and Glu. Standard laboratory hematology techniques were employed for white cell differential counts and hematocrit determination, which was also compared to the hematocrit values generated by the iSTAT. The most notable finding was the relatively high Na levels. The iSTAT only measures to 180 mg/dl and in many cases the Na level exceeded this value. The mean Na was 176 mg/dl. This is the highest reported blood Na level for any reptile. For hematocrit count, the iSTAT blood analyzer yielded results significantly lower than those obtained with high-speed centrifugation. Body temperature, heart rate, respiratory rate, and size/weight measurements were also recorded. The values reported in this study provide baseline data that may be useful in comparisons among populations and in detecting changes in health status among marine iguanas. The findings might also be helpful in future efforts to demonstrate associations between specific biochemical parameters and disease. Our group's ongoing research efforts are focused on a population of iguanas on Isla Lobos, a small island less than 1 km from San Cristóbal Island. We have performed complete health

assessments of 65 animals there since September 2014 and have microchipped each animal for identification purposes. We are therefore able to track individual animals and monitor their health over time. Preliminary results suggest that El Niño weather adversely affects health status of marine iguanas on Isla Lobos. During the summer of 2016 we plan to revisit field sites on Isabela, Santa Cruz, San Cristóbal, and Española to conduct post El Niño health assessments from populations sampled in 2014.



Caracoles terrestres de la Isla San Cristóbal | Terrestrial snails of San Cristóbal Island

Isabel Villarruel*, Stella de la Torre

*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales
COCIBA, Quito, Ecuador*

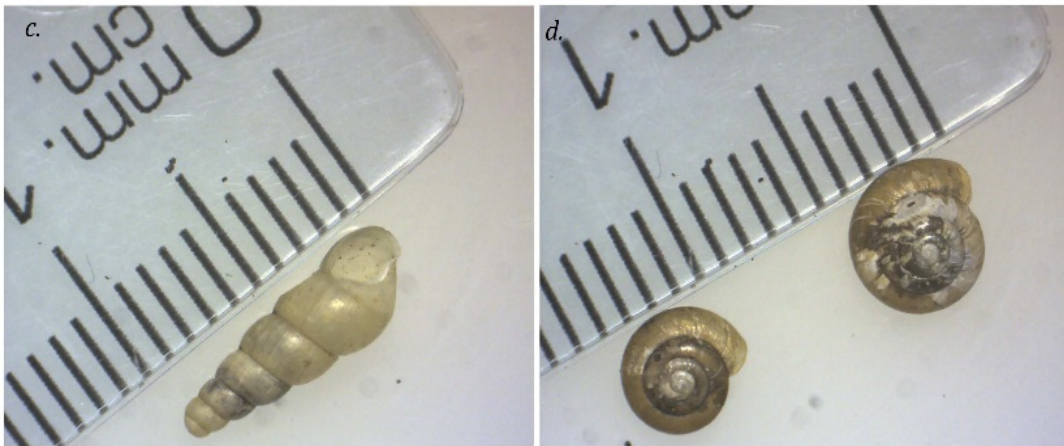
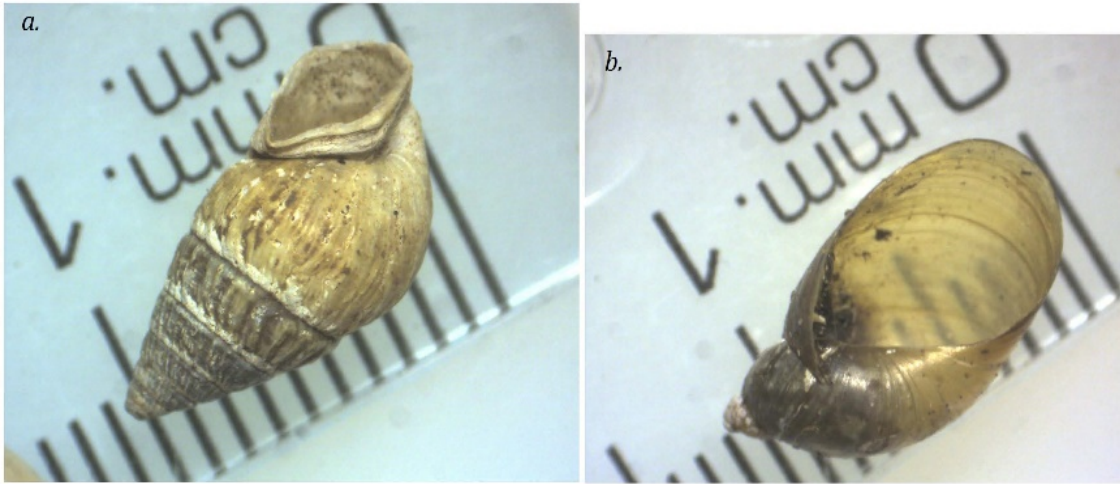
**Correo electrónico | E-mail: isabel_v30@yahoo.com*

Resumen

Los caracoles nativos de las islas Galápagos son el resultado de complejos procesos de radiación adaptativa. La diversidad de este grupo es notable pero poco conocida, en especial en la isla San Cristóbal. Se sabe, sin embargo, que muchas especies están afectadas por la introducción de especies exóticas y la destrucción de su hábitat. En nuestro estudio evaluamos cómo el uso del suelo afecta a la diversidad de caracoles. Realizamos censos no invasivos de caracoles en cuatro áreas en San Cristóbal. Identificamos 2 especies introducidas de caracoles; estas fueron las más abundantes en todas las zonas muestreadas. Registramos también 7 especies nativas o endémicas, algunas se encuentran en categoría de amenaza según la UICN. Encontramos la mayor abundancia de caracoles en la plantación de café, y la mayor diversidad en el área de restauración. En el área de pasto con guayaba encontramos los valores más bajos de diversidad y abundancia. Actualmente estamos realizando un experimento de ingestión de hojas para evaluar si es que hay competencia entre caracoles introducidos y nativos y en qué medida esta estaría afectando a la diversidad de caracoles nativos en esta isla.

Abstract

The Galapagos native snails are the result of complex processes of adaptive radiation. The diversity of this group is high but poorly known, particularly in San Cristóbal Island. Most native snails are affected by the introduction of exotic species and habitat loss. In our study, we evaluated how land use affects snail diversity. We carried out invasive censuses in four areas in San Cristóbal. We identified two introduced snail species that were the most abundant in all the studied areas. We also registered seven native or endemic species. Some of them are considered as threatened by IUCN. Snail abundance was higher in the coffee plantation, whereas the highest snail diversity was found in the restoration habitat. In the pasture and guava area we found the lowest diversity and abundance. Currently we are carrying out an experiment of leaf ingestion, to evaluate if competition exists between native and introduced snails and to what extent it is affecting the diversity of native snails in the island.



Caracoles endémicos: *Bulimulus (Naesiotus)* sp.; *Succinea* sp.
Caracoles introducidos: *Subulina octona*, *Zonitoides arboreus*.

Conectividad, origen y conservación de la Tortuga Verde *Chelonia mydas* en Ecuador continental y Galápagos | Connectivity, origin and conservation of Green Sea Turtles *Chelonia mydas* in continental Ecuador and Galapagos

Jaime A. Chaves¹, Micaela Peña², Jhonnattan A. Valdés-Uribe¹, Juan Pablo Muñoz-Pérez^{1,2}, Felipe Vallejo², Maike Heidemeyer^{3,4}, Omar Torres-Carvajal⁵

¹ Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

² Fundación Equilibrio Azul, P.O. Box 17116025, Quito, Ecuador

³ Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular CIBCM, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

⁴ Centro de Restauración de Especies Marinas Amenazadas CREMA

⁵ Museo de Zoología, Escuela de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Avenida 12 de Octubre y Roca, Apartado 17-01-2184, Quito, Ecuador

*Correo electrónico | E-mail: jchaves@usfq.edu.ec

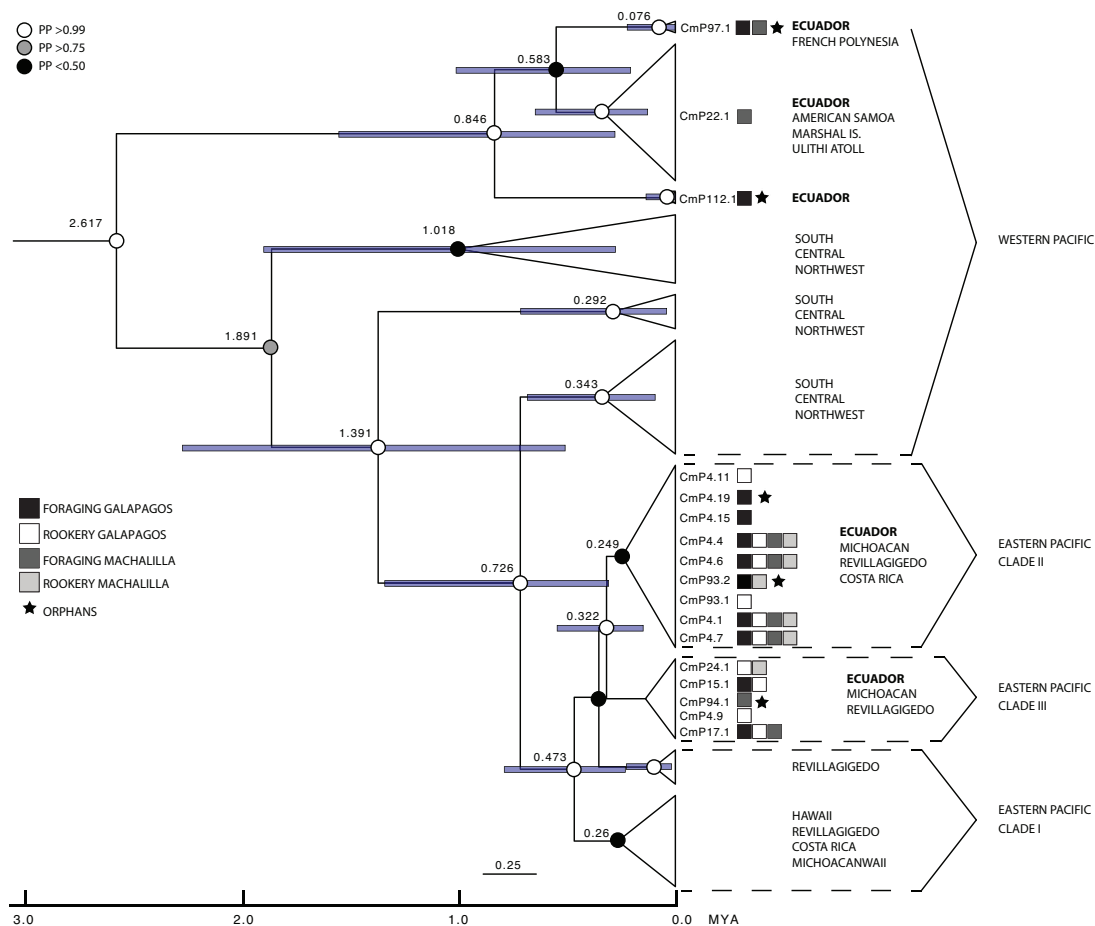
Resumen

Nuevos estudios de poblaciones de especies altamente migratorias aumentan nuestra comprensión del origen de la diversidad genética, rutas migratorias, y la conectividad genética, esencial para acciones efectivas de conservación. Datos de genética de la población de Tortuga Verde *Chelonia mydas* en Ecuador sólo han estado disponibles en playas de anidación de las Islas Galápagos (GPS), pero no de sus agregaciones de forrajeo. Por otra parte, zonas de alimentación y anidación de las tortugas verdes de las playas y aguas de la parte continental de Ecuador (Parque Nacional Machalilla; MNP) no se han muestreado con anterioridad. Para evaluar la estructura de la población y la conectividad genética entre estas dos regiones, 133 tortugas se muestrearon para análisis genéticos de la región de control de ADN mitocondrial. Complementada con los datos genéticos publicados de 126 muestras de hembras anidadoras de GPS, la prueba de diferenciación genética se realizó utilizando ambos análisis convencionales F_{ST} , utilizando frecuencias-haplotipo, así como secuencia de bases (Φ_{ST}) que mide la distancia genética. Ambas estimaciones fueron bajas y no significativas, lo que sugiere una alta similitud genética y potencialmente alta conectividad entre estos sitios de anidación a 1.000 km de distancia. Para evaluar la composición de reserva de dos nuevas agregaciones de forrajeo de GPS y MNP, los datos publicados a partir de playas de anidación fueron utilizados en una Mezcla de Análisis (MSA). Se encontró una alta contribución GPS - MNP de dos zonas de alimentación (media = 93,8 al GPS; 94,1 a MNP), y contribuciones más pequeñas de otras colonias de la región (es decir, Costa Rica y México). Aunque no se utiliza en el MSA, una gran parte de estas agregaciones de forrajeo ecuatorianos correspondió a los haplotipos huérfanos del Pacífico occidental y central ($\sim 20\%$ a $5\% \sim$ GPS y MNP), lo que sugiere eventos de migración

transoceánicas. Estos resultados ponen de manifiesto los vínculos genéticos entre las poblaciones anidadoras de *C. mydas* de Galápagos y la costa de Ecuador, y se sugiere por lo tanto la inclusión de las poblaciones anidadoras de la costa de Ecuador dentro de la Unidad de Gestión Regional de Galápagos, en futuros esfuerzos de conservación.

Abstract

New studies of populations of highly migratory species increase our understanding of the origin of genetic diversity, migratory routes, and genetic connectivity, essential for effective conservation actions. Genetic population data for Green Turtles *Chelonia mydas* from Ecuador have only been available from rookeries of the Galápagos Islands (GPS), but not from their foraging aggregations. Furthermore, nesting and foraging green turtles from mainland Ecuadorean beaches and waters (Machalilla National Park; MNP) have not been previously sampled. To assess population structure and genetic connectivity between these two regions, 133 turtles were sampled for genetic analyses of the mitochondrial DNA control region. Complemented by published genetic data from 126 samples of nesting females from GPS, we tested for genetic differentiation using both conventional F_{ST} analyses using haplotype-frequency, as well as sequence-based (Φ_{ST}) measures of genetic distance. Both estimates were low and non-significant, suggesting genetic similarity and potentially high connectivity between these nesting sites located ca. 1,000 km apart. To assess the stock composition of two new foraging aggregations from GPS and MNP, published data from several rookeries were used in a Mixed Stock Analysis (MSA). We found a high GPS - MNP contribution for both foraging grounds (mean = 93.8 to GPS; 94.1 to MNP), and smaller contributions from other rookeries in the region (i.e., Costa Rica and Mexico). Although not used in the MSA, a large portion of these Ecuadorean foraging aggregations corresponded to orphan haplotypes from the West and Central Pacific (~20% to GPS and ~5 % to MNP), suggesting transoceanic migration events. These results reveal the genetic links between nesting populations of *C. mydas* from Galápagos and coastal Ecuador, and we therefore suggest the inclusion of nesting populations from coastal Ecuador within the Galápagos Regional Management Unit in future conservation efforts.



Phylogenetic reconstruction of green turtles mitochondrial control region haplotypes. Labeled haplotypes at tips of the tree are from Ecuador. Orphan haplotypes are marked with a star and colored boxes next to haplotypes depict their association to either foraging aggregations in the GPS (black squares) or MNP (dark grey squares), and to rookeries in GPS (white squares) or MNP (light grey squares). Mean marginal means for age estimates are shown as blue bars on nodes. Scale at bottom in millions of years.

Taller Internacional de Arquitectura en Galápagos: Ciudades en áreas naturales protegidas | Galapagos International Architecture Studio: Cities in natural preserved areas

Jaime Eduardo López-Andrade, John Alejandro Dunn-Insua

Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Arquitectura y Diseño Interior CADI, Campus Cumbayá, edificio Miguel de Santiago, oficina MS004, Casilla Postal 17-1200-841, Quito 170901, Ecuador

**Correo electrónico | E-mail: jlopez@usfq.edu.ec y jdunn@usfq.edu.ec*

Resumen

La nueva visión del archipiélago de Galápagos como un “socio-ecosistema”. Establece la necesidad de estudiar la ciudad como parte integral de Galápagos. La ciudad, es la expresión física de las variaciones económicas y sociales de una sociedad, en el caso de Galápagos, es el resultado de éstas variaciones en interacción con las condiciones de preservación del ecosistema. Los elementos urbanos del archipiélago son tan dispersos como sus masas terrestres. En la actualidad, la forma urbana de Galápagos contiene 3 parroquias urbanas, 5 parroquias rurales, 4 zonas agrícolas, 5 zonas portuarias y 3 aeropuertos, conectados por rutas terrestres y marítimas distribuidos en 5 islas, además de casi 150 atractivos turísticos distribuidos por todo el archipiélago. Si contamos las conexiones de las rutas marinas no turísticas, las interacciones entre las poblaciones galapagueñas se esparcen en un área de aproximadamente 6.000km². Además, el mantener separadas la capital administrativa de la capital económica aumenta la movilidad de los habitantes y visitantes entre las islas de Santa Cruz y San Cristóbal. Las ciudades del archipiélago mantienen una especialización de funciones en su distribución, los servicios relacionados con el turismo se concentran frente a la línea costera, mientras que el espacio comunitario de la ciudad se ubica al interior de las islas. La dinámica de funcionamiento de los operadores de tour hace que los turistas utilicen las ciudades exclusivamente como dormitorios, provocando zonas de ocupación temporal y el abandono de ciertas áreas durante el día. El incremento de visitantes es entendido por los insulares como una oportunidad de modernización, induciendo procesos de transformación apresurados que dejan espacios urbanos incapaces de consolidarse degenerados por la aglomeración de construcciones inconclusas, escombros abandonados y lotes vacíos. Por tres años consecutivos la USFQ desarrolla un taller internacional de arquitectura en Galápagos. En su primera sesión, el taller plantea la apropiación del borde urbano para eliminar la posibilidad de espacios residuales en los límites con el área protegida. Además, plantea reorganizar la concentración de eventos espaciales, distribuyendo el movimiento económico hacia los sectores residenciales. La segunda sesión planteó la idea de “evolución” arquitectónica y urbana, proponiendo permitir

áreas de regeneración ecológica al interior de la ciudad sin alterar los límites urbanos. La tercera sesión especuló sobre estrategias de desarrollo que transformen las limitaciones de vivir en un área natural protegida en potencialidades de desarrollo económico y social. El Taller internacional de Arquitectura es un esfuerzo académico entre profesores y estudiantes de diferentes universidades internacionales junto con la USFQ, para encontrar el rol que tiene la arquitectura y el urbanismo en la conservación del archipiélago. Parte de la premisa que la conservación de Galápagos es esencial para el desarrollo de su comunidad, y viceversa, el desarrollo comunitario es esencial para la conservación del archipiélago descartando que desarrollo signifique expansión o dispersión urbana.

Abstract

The new vision of the archipelago as a “socio-ecosystem” establishes the need to study the urban settlements as comprehensive part of the Galapagos. The city is the social and material expression of and group of people. In the case of the Galapagos Islands, the city is the product of these variations, in interaction with the ecosystem and its preservation. The urban settlements in the Galapagos are as disperse as the archipelago’s landmasses. Today, the Galapagos contains 3 urban parishes, 5 rural parishes, 4 agricultural zones, 5 ports and 3 airports; all connected by roads and maritime routes, connecting 5 inhabited islands. Besides, that, the islands also contain 150 places which result attractive for the tourists to visit. This whole non-touristic infrastructure covers an area of 6.000 Km². Another problem for the archipelago is the split between the political capital and the most important city of touristic and economic development. This increases the local population’s mobilization between San Cristobal and Santa Cruz. The cities in the Galapagos have developed and specific function to strength their economy. Touristic services are located mostly beside the coastline; while communal activities are located in the inner lands. Because of the way tourist companies tend to work, visitors use cities only as dormitories. This causes the abandon of huge urban areas during daytime. The increase of tourists is understood by locals as their chance to improve their way of living; which provoke unstable processes of urban transformations, inhibiting the cities to consolidate and leaving a city environment composed by unfinished buildings, empty lots and abandoned debris. For three years, the USFQ has developed an international studio of architecture in the Galapagos Islands. During its first session, the studio proposed the intervention in the urban limits to eliminate the presence of residual spaces beside protected areas. This also helped to redistribute the spatial events in the city; relocating economic activities near residential areas. The studio’s second year searched an urban and architectonic “evolution”, proposing the ecological “regeneration” in areas within the city, without affecting its urban boundaries. During the third year, the studio explored different strategies of development turn the actual limitations into a positive economic and social development for the archipelago’s inhabitants. The Galapagos International Architecture Studio is an academic effort,

produced between teachers and students from different universities abroad, working together with the USFQ to find the role that architecture and planning must play in order to achieve the archipelago's conservation. It departs from the idea that nature and community rely on each other to last in the future. Galapagos is essential for the community, and there's no option for preservation, without community development. This does not understand development as urban expansion; neither urban dispersion.



**Estado de la poblacional de hembras anidadoras de la Tortuga Verde
Chelonia mydas en Quinta Playa, temporada 2010–2015 | Green Turtle
Chelonia mydas nesting females population status at Quinta Playa, season
2010–2015.**

Jenifer Suarez, Alberto Proaño

Dirección Parque Nacional Galápagos, Isla Santa Cruz, Galápagos, Ecuador

Resumen

Las Islas Galápagos son el segundo sitio más importantes para la anidación de la Tortuga Marina Verde *Chelonia mydas* en el Pacífico Este tropical. La Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) establece en la estrategia 1.2.2.2 de su plan de manejo: “Evaluar y fortalecer los planes de monitoreo de especies nativas y endémicas, especialmente las catalogadas como en peligro o vulnerables”, siendo esta una actividad importante para la conservación de esta especie dentro de la Reserva Marina de Galápagos (RMG). El sitio más importante para la anidación de esta especie en Galápagos es Quinta Playa ya que es donde mayor cantidad de hembras arriban a anidar en comparación con al resto de playas, ubicada al suroeste de Isabela con una longitud de 1.98 km aproximadamente, cuenta con una pendiente muy leve y un promedio de franja para anidación de unos 5m. El estudio preliminar presenta resultados de la temporada 2010 al 2015 con un promedio de 5 meses acampando y monitoreando en el sitio, registrando datos de la población mediante marcaje-recaptura, toma de medidas morfométricas e identificación de individuos remigrantes, consiguiendo monitorear un total de 11618 tortugas marinas entre nuevas hembras anidadoras y remigrantes que fueron marcadas en temporadas anteriores y recapturas, teniendo un promedio de 1050 nidos puestos en el Playa por temporada. Una de los intereses que surgió a lo largo del proyecto, fue observar si las tortugas monitoreadas presentaban daños por interacción antropogénicas, identificando que uno de los daños más comunes eran los de golpe con los cascos de las embarcaciones o con las hélices de las mismas, permitiéndonos elaborar herramientas para tomar medidas en el manejo con esta especie, creando así la norma de no permitir la navegación dentro de 5 millas a partir de la línea de costa, debido a que en estas áreas se encuentran las hembras esperando para salir a anidar en la noche. Así mismo existen registros de tortugas que fueron monitoreadas y marcadas en el proyecto fueron recapturadas y avistadas en otras áreas de la Región, demostrando la conectividad que existe entre la parte continental y las islas reafirmando la importancia de mantener una protección dentro del archipiélago así como también fuera de la RMG. Mantener este proyecto a largo plazo es una de las prioridades de la DPNG, ya que la recolección de estos datos ayudaran a reconocer los amenazas que enfrentan estas especies frente a factores como el cambio climático u otras afectaciones sobre las tortugas marinas,

Tanto dentro de la RMG como fuera de ella, así como la conectividad entre las islas Galápagos y la costa oeste de América, lo que podría causar una disminución en la población mundial de la tortuga verde, especie que está considerada por la UICN como en peligro de extinción.

Abstract

The Galapagos Islands are the second most important nesting site for the green sea turtle *Chelonia mydas* in the Eastern Tropical Pacific. The Galapagos National Park Directorate (DPNG) set within its management plan the strategy 1.2.2.2. that establishes: "Evaluate and strengthen monitoring plans of native and endemic species, especially those listed as endangered or vulnerable", being this activity an important tool for the conservation of this species within the Galapagos Marine Reserve (RMG). The most important nesting site for this species within the Galapagos is Quinta playa as it is where the greatest number of females arrives to nest compared to the other beaches. It is located southwest of Isabela and measures about 1.98 km long; it has a very slight slope and an average nesting strip of about 5 m. The preliminary study for the seasons of 2010 to 2015 consisted of an average of 5 months camping and monitoring at the site per year, recording data of the population through mark-recapture, making morphometric measurements and identification of remigrant individuals. A total of 11618 sea turtles, between new nesting females and remigrants (marked in previous seasons), were monitored with an average of 1050 nests laid on the beach season. One of the interests that arose during the project was to see if the monitored turtles were damaged by human interaction. We could identify that one of the most common injuries were caused by collisions with boat hulls or propellers. This allowed us to develop tools to take action in the management of this species, thus creating the policy of not allowing navigation within 5 miles of the coastline, because this area is where the females wait until the night to go to nest. Likewise, there are records of turtles that were monitored and marked in the project but also were recaptured and sighted in other areas of the region, demonstrating the connectivity between the mainland and the islands, thus reaffirming the importance of maintaining protection within the archipelago as well as outside the RMG. Keeping this project in the long-term is one of the priorities of the DPNG, as the collection of this data will help to recognize the threats that this species face, considering factors such as climate change, both within the RMG and beyond, as well as the connectivity between the Galapagos islands and the west coast of America. Those threats could cause a decline in the world population of green turtles, a species that is considered by IUCN as endangered.



Lantana camara L., una amenaza en letargo para los ecosistemas de Galápagos | *Lantana camara* L., a slumber threat for Galapagos ecosystems

Jorge Carrión-Tacuri¹, Jesús M. Castillo²

¹ Dirección del Parque Nacional Galápagos, Dirección de Gestión Ambiental, Ecuador

² Universidad de Sevilla, Departamento de Biología Vegetal y Ecología, España

*Correo electrónico | E-mail: jcarrion@galapagos.gob.ec

Resumen

Las invasiones biológicas refieren a la introducción, establecimiento y dispersión de especies no nativas provenientes de áreas geográficamente distintas. Los archipiélagos oceánicos como Galápagos son susceptibles y muy vulnerables ante la introducción de nuevas especies, las mismas que fácilmente pueden irrumpir las delicadas tramas ecológicas alcanzadas evolutivamente sobre escalas de tiempo. *Lantana camara* una especie invasora de Galápagos es considerada entre las 10 peores amenazas a nivel global, invadiendo un amplia gama de ecosistemas desde los trópicos hasta regiones templadas globalmente. Con la finalidad de conocer los impactos y desvelar el potencial invasivo de *L. camara* en los ecosistemas de Galápagos, se efectuó una evaluación ecológica y fisiológica de sus interacciones y características respectivamente, haciendo una comparación con su congénere endémico de Galápagos *Lantana peduncularis*. La invasora *L. camara* con un sistema de raíces profundas se comporta como una especie evitadora de la sequía, mostrando mayores niveles de crecimiento foliar, contenido hídrico y un mejor funcionamiento de su aparato fotosintético. Por el contrario, la endémica *L. peduncularis*, con un sistema de raíces superficiales, se comportó como una especie tolerante a la sequía, mostrando menores niveles de crecimiento foliar y contenido hídrico, y mayores niveles de estrés fotosintético. En consecuencia y debido a las diferentes estrategias para enfrentar la sequía, *L. camara*, además de una producción de flores de manera permanente, más abundante y llamativa, también posee un mayor volumen de néctar en sus flores, a diferencia de *L. peduncularis* que florece dependiendo de la disponibilidad hídrica con bajos volúmenes de néctar aunque con mayor concentración en comparación con *L. camara* en las zonas áridas. Una de las primeras interacciones/competencias entre plantas invasoras y nativas es por los servicios de los polinizadores, lo cual conduce a consecuencias negativas generalmente para las especies autóctonas. *L. camara* y *L. peduncularis*, comparten características florales, sus períodos de floración se solapan y habitan en condiciones simpátricas. El principal polinizador para ambas especies fue el Lepidóptero endémico *Urbanus galapagensis*, con visitas más frecuentes y mayor tiempo de permanencia en las flores de *L. camara*. Adicional a esto, se demostró que *L. peduncularis* es incapaz de autopolinizarse, de tal manera que la competencia por polinizadores con *L. camara* especialmente en condiciones simpátricas

impactaría negativamente a la *Lantana* endémica debido a que su éxito reproductivo depende completamente de los servicios de polinizadores. Las características y estrategias evidenciadas en *L. camara*, exponen los potenciales impactos que esta invasora puede ejercer sobre los ecosistemas de Galápagos. Actualmente, *L. camara*, no muestra los impactos como en otras localidades a nivel mundial, debido a la falta de agentes dispersores, por el contrario, se evidenció que los pinzones terrestres de Galápagos actúan como predadores de los frutos de la invasora. El potencial impacto de *L. camara* puede desarrollarse con la introducción de una nueva especie que pueda dispersar sus frutos, de tal manera que los manejadores de las áreas protegidas debemos prever dicha situación, formular y ejecutar planes para el control y/o erradicación de esta especie invasora cuando aún estamos a tiempo.

Abstract

Biological invasions refer to introduction, establishment and spreading of non-native species coming from foreign geographical areas. The oceanic archipelagos as Galapagos are susceptible and vulnerable to the introduction of new species, due they can easily disrupt ecological interactions that have arisen over evolutionary timescales. *L. camara* an invasive species of Galapagos is considered on the top 10 worst threats globally, by invading a wide range of ecosystems from the tropics to temperate regions worldwide. In order to understand the impacts and reveal the invasive potential of *L. camara* for Galapagos ecosystems, ecological and physiological assessment of their interactions and characteristics, respectively, were carried out, comparing with its endemic congener from Galapagos *Lantana peduncularis*. The invasive *L. camara* with a deep root system behaved as a drought-avoider species, showing higher levels of leaf growth, water content and better functioning of its photosynthetic apparatus. In contrast, the endemic *L. peduncularis* with a shallow root system, behaved as a drought-tolerant species, showing lower levels of leaf growth, water content and higher levels of photosynthetic stress. Consequently, due different strategies to cope with drought, *L. camara*, besides a permanent, abundant and showy floral production, also has a major volume of nectar by flower, instead *L. peduncularis* that flowering depends on water availability and showed low volumes of nectar, although higher concentration compared to *L. camara* in lowland arid zones. One of the first interactions/competitions between invasive and native plant species is caused by pollinator services, which generally leads to negative consequences for native species. *L. camara* and *L. peduncularis*, share floral characteristics, their flowering periods are overlapped and inhabit in sympatric conditions. The main pollinator for both *Lantana* species was the endemic Lepidoptera *Urbanus galapagensis*, with more frequent visits and a major time remaining in the flowers of *L. camara*. In addition, *L. peduncularis* was unable to self-pollinate, then, the competition for pollinators with *L. camara* especially in sympatric conditions will impact negatively to the endemic *Lantana* due its fruit set

depends entirely of pollinator services. Characteristics and strategies of *L. camara*, show the potential impacts that can produce on the Galapagos ecosystems. Currently, *L. camara*, does not show the impacts such as in other locations worldwide, due the lack of dispersal agents, by contrast, it was shown that terrestrial Galapagos finches act as predators of its fruits. Potential impacts of *L. camara* may be developed with the introduction of a new species that can disperse their fruits, so that managers of protected areas must anticipate this situation, formulate and implement control and/or eradication plans for this invasive species, when we are still on time.



Entendiendo los efectos de los desechos marinos en Galápagos | Understanding the effects of marine debris in the Galapagos

Juan Pablo Muñoz-Pérez¹ y Britta Denise Hardesty²

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

² *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Oceans and Atmosphere*

**Correo electrónico | E-mail: jmunozp@usfq.edu.ec*

Resumen

Los desechos marinos son un problema ambiental global de creciente preocupación. Los ecosistemas marinos de todo el mundo están siendo afectados por artículos de origen humano, muchos de los cuales son plástico. Los impactos potenciales de la mala gestión de residuos son amplios y profundos. La basura marina proviene de fuentes tanto terrestres como marinas, y pueden viajar distancias inmensas. Pueden ser un peligro para la navegación, sofocar a los arrecifes de coral, servir de transporte para especies invasoras y afectar negativamente el turismo. También dañan y matan la vida silvestre, pueden transportar contaminantes químicos y pueden representar una amenaza para la salud humana. Los desechos marinos son artículos fabricados de consumo, tales como botellas de plástico, latas, bolsas, globos, caucho, metal, fibra de vidrio, cigarrillos entre otros, los cuales terminan en el mar y en la costa. También incluyen artes de pesca como líneas, cuerdas, ganchos, boyas y otros materiales desechados en el mar con o sin intención. Este seminario se enfocará en el conocimiento actual del problema a nivel global. Así como también una breve descripción de los avances del entendimiento del problema en Galápagos el cual tiene como objetivo principal responder las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las fuentes, distribución y destino final de los desechos marinos? ¿Cuáles son las principales percepciones de la gente acerca de la producción mundial indiscriminada de plásticos y como esto está afectando al ecosistema marino a nivel global? ¿Cuál es la exposición de la fauna marina de Galápagos a los desechos? ¿Cuál es el efecto de la ingestión, exposición y enredos en las poblaciones de fauna marina de Galápagos?

Abstract

Marine debris is a global environmental issue of increasing concern. Marine ecosystems worldwide are affected by human-made refuse, much of which is plastic. The potential impacts of waste mismanagement are broad and deep. Marine debris comes from both land and sea-based sources and can travel immense distances. It can pose a navigation hazard, smother coral reefs, transport invasive species and negatively affect tourism. It also injures

and kills wildlife, can transport chemical contaminants and may pose a threat to human health. Marine debris includes consumer items such as glass or plastic bottles, cans, bags, balloons, rubber, metal, fiberglass, cigarettes and other manufactured materials that end up in the ocean and along the coast. It also includes fishing gear such as line, ropes, hooks, buoys and other materials lost on or near land, or intentionally or unintentionally discarded at sea. This seminar will focus on current knowledge of the problem globally. As well as a brief description of the progress of understanding the problem in Galapagos which main objective is to answer the following questions: What are the sources, distribution, and ultimate fate of marine debris? What are the main perceptions of people about the issue of producing and being affected by plastic debris in the ecosystem? What is the exposure of Galapagos marine wildlife to debris? What is the effect of ingestion, expose and entanglement on the Galapagos marine wildlife populations?



Conservación de un sitio importante para las iguanas marinas en Isabela, Galápagos | Conservation of an important marine iguana site on Isabela Island, Galapagos

Kathryn Tosney

University of Miami, Florida, USA. | Intercultural Outreach Initiative, Isla Isabela, Galapagos, Ecuador

**Correo electrónico | E-mail: ktosney@miami.edu*

Resumen

La Iguana Marina *Amblyrhynchus cristatus*, especie endémica para Galápagos, está listada en la UICN en la categoría de Vulnerable debido a los eventos de El Niño, actividades humanas y depredadores introducidos. Se ha documentado que los perros depredan a individuos adultos, y en islas con presencia de gatos, muestran una “conspicua ausencia de individuos juveniles” lo cual podría significar una extinción local. El pueblo de Puerto Villamil en la Isla Isabela tiene una población de perros y gatos que andan sueltos. Sin embargo, hay un sitio “El Mirador” en el cual he demostrado que existe una población sostenible de iguanas juveniles. Por ejemplo al comparar un sitio cercano al Parque Nacional con el Mirador, en Julio de 2015 ninguno de los individuos de iguanas que nacieron cerca del área del Parque Nacional sobrevivieron por más de un mes, en contraste, en el Mirador nacieron 250 iguanas bebés, muchas emigraron, 150 bebés de las cuales 140 tenían edades entre 2 y 4 años, permanecieron. El aumento en la supervivencia en el Mirador se da a través de características especiales que respaldan a las iguanas juveniles, su ligera pendiente con el mar, ofrece una zona de forrajeo segura para las iguanas jóvenes, las cuales son muy pequeñas para bucear en el mar, las grietas en las rocas ofrecen refugio, además de que una grieta llena de agua minimiza la depredación por gatos, con esto, este es un sitio preferido para anidar. Las hembras preñadas migran kilómetros hacia zonas de anidación adyacentes a zonas arenosas estabilizadas con pasto. Desafortunadamente ha sido por mucho tiempo una playa pública, y debido a que los huevos son puestos a un nivel casi superficial, el paso de las personas puede matar a los embriones. Los últimos seis años, gracias a una colaboración entre IOI, la Ilustre Municipalidad de Isabela, y la Oficina técnica de la Dirección del Parque Nacional Galápagos de Isabela, la zona de anidación ha sido protegida por una cerca temporal. Además se planea educar a la siguiente generación, la DPNG ahora usa mi documental sobre el Mirador en las escuelas de verano. Sin embargo la conservación de este grupo de iguanas aún es precaria, y hay la presión de hacer que toda la playa sea de uso humano, removiendo manglares donde las iguanas hembras adultas residen. De todas formas, a pesar del desarrollo de los impactos humanos, este estudio documenta las características del Mirador y de cómo exitosamente respalda a las iguanas juveniles. Esas características nos ayudan a identificar más sitios importantes de

conservación para las iguanas. En colaboración con el profesor Luís Vinueza de la USFQ, tales sitios serán observados en la Isla San Cristóbal.

Abstract

Marine Iguana *Amblyrhynchus cristatus*, endemic to the Galápagos, is listed by the IUCN as Vulnerable because of El Niño, human activities and introduced predators. Dogs have been documented to prey on adults, and Islands with cats show “a conspicuous absence of juveniles” thought likely to presage local extinction. The town of Puerto Villamil on Isabela Island has many free-ranging dogs and cats. However, it also has a site “El Mirador,” that I have shown to sustain young iguanas successfully. An example compares a site in the nearby National Park with El Mirador. In July 2015, none of the baby iguanas that hatched at a nearby National Park survive for more than a month. In contrast, at El Mirador ~250 baby iguanas hatched, and although many emigrated, ~150 babies and ~140 two-to-four year-old iguanas remained. The enhanced survival at El Mirador is due to its special characteristics that support young iguanas. Its gentle slope to the sea offers safe intertidal foraging for young iguanas, which are too small to survive a dive into the sea. Its rock crevices offer shelter, and a water-filled crevasse minimizes predation by cats. It has a preferred nesting site. Large gravid females migrate for kilometers to contend for nesting sites in the adjacent sandy area that is stabilized by grass. Unfortunately, this nesting area has long been a public beach. Because these iguana eggs are laid shallowly, human foot traffic can kill embryos. Over the last six years, however, the nesting area has been protected by a temporary fence, thanks to a coalition between IOI, the Municipio and the Isla Isabela office of the National Park. Moreover, to train the next generation, the Park now uses my video about El Mirador in its summer school. Nevertheless, conservation of this iguana group remains precarious. There is pressure to return the beach fully to human use and to remove nearby mangroves in which many adult females reside. Regardless of such ongoing human threats, this study documents the characteristics of El Mirador that successfully support young iguanas. Those characteristics can help us identify more sites of conservation importance for iguanas. In collaboration with Professor Luis Vinueza, of USFQ, such sites will be sought on San Cristobal.



Sitio de muestreo El Mirador



Individuos juveniles de iguana marina

Evaluación de la salud de Tortuga Verde *Chelonia mydas* y Tortuga Carey *Eretmochelys imbricata* en Galápagos | Health assessment of Green Turtle *Chelonia mydas* and Hawksbill Turtle *Eretmochelys imbricate* in the Galapagos

Kenneth J. Lohmann^{1,*}, Maximilian Hirschfeld², Juan Pablo Muñoz-Pérez², Daniela Alarcón-Ruales², Judith Denking², Karla Vasco², Nataly Guevara², Juan García³, Jason Guillermo Castañeda², Gregory A. Lewbart⁴

¹University of North Carolina, Department of Biology, Chapel Hill, North Carolina, 27599, USA

²Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

³Dirección Parque Nacional Galápagos, oficina técnica San Cristobal, Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos, Ecuador

⁴North Carolina State University, College of Veterinary Medicine, Raleigh North Carolina, 27601, USA.

*Correo electrónico | E-mail: : klohmann@email.unc.edu

Resumen

La Tortuga Verde *Chelonia mydas* es un quelonio marino que habita todos los océanos del mundo. Actualmente, la tortuga verde esta listada como “Amenazada” en la Lista Roja de la UICN y ningún uso comercial es permitido bajo el apéndice I de la CITES. Las principales amenazas para las poblaciones de tortugas verdes incluyen la destrucción de su hábitat, la polución, enfermedades, el consumo de su carne y huevos por poblaciones humanas locales, enredamiento en equipos de pesca y por ingerir plástico y otros materiales antropogénicos. Por lo tanto la evaluación de salud de tortugas verdes podría tener implicaciones para la biología de vida silvestre y la conservación de especies. Considerables esfuerzos se han alocado a la investigación sobre la vida natural de esta especie y parámetros de salud, y aunque relativamente limitado, estos estudios se han incrementado drásticamente en los últimos 5 años. En el 2014, nuestro grupo de investigación publicó los resultados de nuestro monitoreo del 2013. Gases sanguíneos, parámetros bioquímicos y hematología fueron evaluados en 28 tortugas marinas capturadas en dos áreas de forrajeo en la isla San Cristóbal. De estas tortugas, 20 fueron inmaduros y de sexo desconocido; de las demás tortugas ocho fueron machos (cinco maduros y tres inmaduros). Un analizador de sangre portátil (iSTAT) fue usado para obtener resultados instantáneos de valores del pH, ácido láctico, pO₂, pCO₂, BE_{ecf}, HCO₃⁻, Hct, Hb, Na, K, iCa, y Glucosa. Parámetros que son afectados por la temperatura corporal de los animales fueron corregidos con fórmulas estándar y fueron comparados con los valores generados por el analizador iSTAT. Técnicas de laboratorio estándar para el análisis hematológico fueron usadas para el conteo diferencial de células sanguíneas rojas y blancas y la determinación del hematocrito. El

último, también fue comparado con los valores de hematocrito generado por el analizador iSTAT. De todos los parámetros únicamente el ácido lácteo fue correlacionado con el tamaño de las tortugas. Los demás valores demostraron ninguna diferencia entre los sitios de muestreo, tampoco correlacionaron con el tamaño corporal o la temperatura corporal interna. La Tortuga Carey *Eretmochelys imbricata* es un quelonio marino críticamente amenazado con una distribución circo-global. Esta especie ha desaparecido del Pacífico Oeste tropical casi por completo. Aunque intervalos de referencia para parámetros sanguíneos han sido publicados para algunas especies de quelonios, ninguna línea base de valores bioquímicos y de gases sanguíneos ha sido reportado para tortugas carey silvestres. Los análisis fueron realizados con muestras obtenidos de 9 tortugas carey, capturados en diferentes ubicaciones dentro del archipiélago de Galápagos. De estas tortugas, cinco fueron inmaduros y de sexo desconocido y los otros cuatro individuos fueron hembras. Adicionalmente a los análisis del iSTAT como descritos arriba, se usó un analizador de laboratorio IDEXX 8008 VetTest para medir creatinina, CK, TP, ALKP, ALT, AMYL, Urea, y AST. Técnicas de laboratorio estándar para la hematología fueron usadas para el conteo diferencial de células sanguíneas rojas y blancas y la determinación del hematocrito. El último también fue comparado con los valores de hematocrito generado por el analizador iSTAT. Los valores reportados en este estudio proveen una línea base que podría ser utilizada para la comparación entre poblaciones y en detectar un cambio en el estatus de salud de tortugas marinas en Galápagos. Además podrían ser útiles en el futuro, para demostrar la asociación entre parámetros bioquímicas específicas e ciertas enfermedades.

Abstract

The Green Turtle *Chelonia mydas* is a marine chelonian inhabiting oceans throughout the world. The green turtle is currently listed as Endangered on the IUCN Red List, and no commercial use is permitted under CITES Appendix I. Major threats to green turtle populations include habitat destruction, pollution, disease, consumption of meat and eggs by local populations, fishing gear entanglement, and consumption of plastics and other anthropogenic materials. Health assessments of green turtles may therefore have implications for wildlife biology and species conservation. Considerable research on natural history has been performed in this species and studies on the health parameters of green turtles, while still relatively limited, have increased dramatically in the last 5 years. Our group published results of our 2013 San Cristóbal survey in 2014. Blood gases, biochemical parameters, and hematology were evaluated in 28 green turtles captured in two foraging locations on San Cristóbal Island. Of these turtles, 20 were immature and of unknown sex; the other eight were males (five mature, three immature). A portable blood analyzer (iSTAT) was used to obtain near immediate field results for pH, lactate, pO₂, pCO₂, BE_{ecf}, HCO₃⁻, Hct, Hb, Na, K, iCa, and Glu. Parameter values affected by temperature were corrected with standard formulas, and were compared with the iSTAT's internal corrected

numbers. Standard laboratory hematology techniques were employed for the red and white blood cell counts and resulting hematocrit was compared to the values generated by the iSTAT. Of all blood analytes, only lactate concentrations were positively correlated with body size. All other values showed no significant difference between the two sample locations nor were they correlated to body size or internal temperature. The hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, is a critically endangered marine chelonian with a circum-global distribution. The species has nearly vanished from the Eastern Pacific. Although reference blood parameter intervals have been published for some chelonian species, no such baseline biochemical and blood gas values have been reported for wild hawksbill turtles. Analyses were done on blood samples drawn from nine hawksbill turtles captured in foraging locations within the Galápagos archipelago. Of these turtles, five were immature and of unknown sex, and the other four were females. In addition to the iSTAT protocol mentioned above, an IDEXX 8008 VetTest bench top analyzer was used to measure creatinine, CK, TP, ALKP, ALT, AMYL, Urea, and AST. Standard laboratory hematology techniques were employed for the red and white blood cell counts and the hematocrit determination, which was compared to the hematocrit values generated by the iSTAT. The values reported in these studies provide reference data that may be useful in comparisons among populations and in detecting changes in health status among Galápagos sea turtles. The findings might also be helpful in future efforts to demonstrate associations between specific biochemical parameters and disease.

Modulación de la temperatura y antecedentes de la productividad en la incidencia de pastoreadores intermareales de algas marinas | Modulation of temperature and background productivity on the impact of intertidal foragers on marine algae

Luis R. Vinueza^{1,*} Kathryn Tosney²

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

² *University of Miami, Florida, USA*

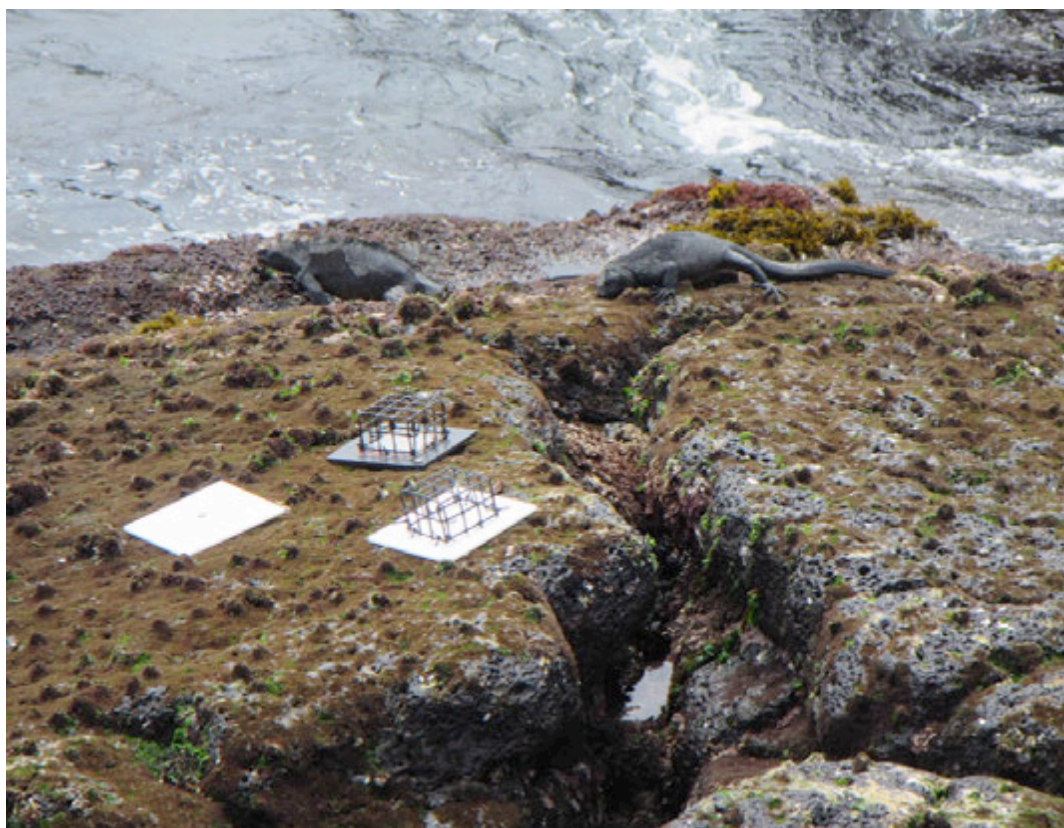
*Correo electrónico | E-mail: lvinueza@usfq.edu.ec

Resumen

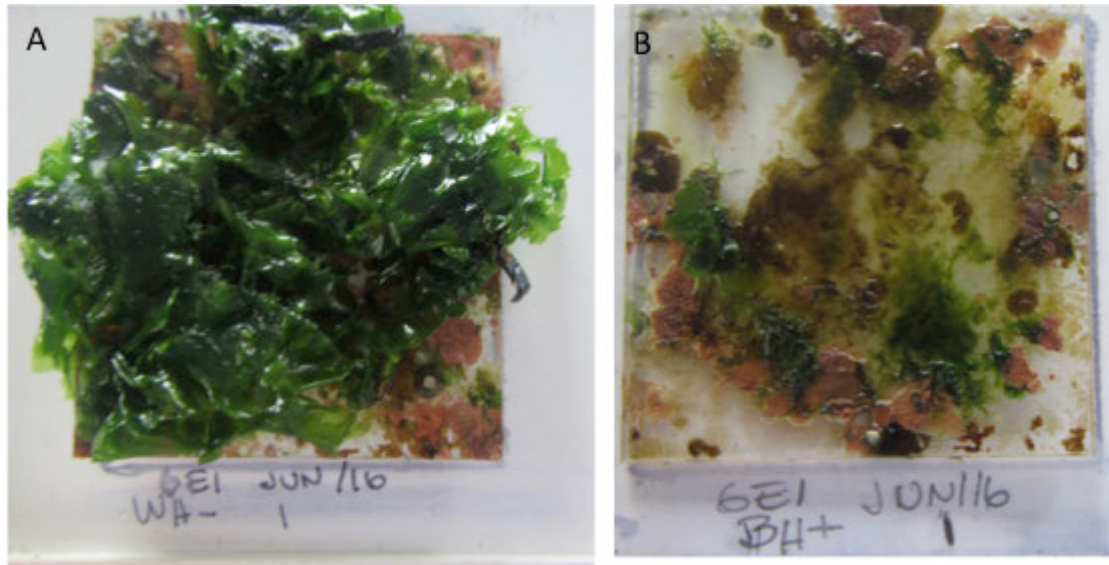
Desde febrero de 2016 comenzamos un proyecto de manipulación para comprender el impacto de los herbívoros y cómo este papel fue modulado por variación natural en la temperatura y los niveles de nutrientes alrededor del Archipiélago. Con este fin hemos elegido los puntos más extremos que representan a esta variación en el Archipiélago, Cabo Douglas, Isla Fernandina, en la parte occidental del Archipiélago (aguas ricas en nutrientes frío) y Salvaje de Corazón en la Isla Genovesa, en la parte extrema noreste Archipiélago caracterizado por aguas pobres en nutrientes (cálidos). Además, manipulamos la temperatura en cada sitio mediante el uso de placas blanco (frío) y negras (caliente) que irradian rayos solares de manera diferente. Ambos, blanco y negro placas experimentaron temperaturas más frías y más cálidas en ambos sitios, respectivamente, y esto se tradujo en nuestros resultados. Contrario a nuestras expectativas, los resultados fueron más evidentes en la Isla Genovesa que en Fernandina. En Genovesa, las placas blancas que excluían a los herbívoros obtuvieron la cobertura más alta de algas comestibles, seguido de placas negras con vallas que impedían el acceso a los herbívoros, y las placas blancas y negras abiertas a los herbívoros, respectivamente. En Fernandina, la presencia de algas comestibles fue mínima y se asoció con un menor nivel del mar y mares más tranquilos. Esto sugiere que las placas se colocaron en el intermarial medio y no la zona intermareal inferior debido a la inaccesibilidad de las costas bajas comparables a las de Genovesa en el inicio del experimento debido a un nivel más elevado del mar asociado con el episodio de El Niño de este año. A partir de julio tenemos la intención de ampliar nuestro trabajo y manipular ambos nutrientes y temperatura en sitios alrededor de San Cristóbal.

Abstract

Since February 2016 we started a manipulative project to understand the impact of grazers on marine algae and how this role was modulated by natural variation in temperature and nutrient levels. For this purpose we chose the most extreme points that represent this variation within the Archipelago, Cabo Douglas, Fernandina Island in the Western part of the Archipelago (cold nutrient rich waters) and Salvaje de Corazón in Genovesa Island, in the North East extreme part of the Archipelago (warm nutrient poor waters). In addition, we manipulated temperature at each site by using white (cool) and black (warm) plates that irradiate solar rays at different rates. Both, black and white plates experience warmer and cooler temperatures at both sites respectively and this was translated in our results. Contrary to our expectations, results were more apparent in Genovesa than in Fernandina, with white plates that excluded grazers having the highest percent cover of edible algae, followed by black plates with fences, and white and black plates open to grazers respectively. On Fernandina, the presence of edible algae was minimal and was associated with lower sea level and calmer seas after the onset of the experiment. This suggest that the plates were placed in the mid and no the lower intertidal zone due to the inaccessibility of low shores comparable to those on Genovesa at the onset of the experiment due to higher sea level experience during the last El Niño event. From July we intend to expand our work and manipulate both nutrients and temperature in sites around San Cristóbal.



Experimental set up to manipulate both nutrients and grazers. Picture taken at Cabo Douglas, June 2016.



Pictures of (a) (WH-) white, and (b) (BH+) black plates that excluded and included grazers respectively. Plates were bolted to the rock in February 2016 and retrieved in June 2016

**Determinación de la diversidad genética del guayabillo (*Psidium galapageium*) y comparación con la diversidad genética encontrada en la guayaba (*Psidium guajava*) en la Isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador |
Determination of the genetic diversity of guayabillo (*Psidium galapageium*) and comparison with the genetic diversity found in guava (*Psidium guajava*), in San Cristóbal, Galápagos, Ecuador**

María de Lourdes Torres^{1,2,*} y S. Ponce²

¹ Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Laboratorio Biotecnología Vegetal, Ecuador

² Universidad San Francisco de Quito USFQ, Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Laboratorio Microbiología y Biología Molecular, San Cristóbal, Galápagos

*Correo electrónico | E-mail: ltorres@usfq.edu.ec

Resumen

Las Islas Galápagos, en Ecuador, representan es un ecosistema frágil en el que las plantas introducidas pueden convertirse fácilmente en plantas invasivas y amenazar a las especies endémicas. El guayabillo *Psidium galapageium* es un ejemplo de especie endémica de estas islas que podría verse amenazada por *Psidium guajava*, la guayaba, debido a que esta especie introducida tiene capacidad de propagación rápida y es de fácil dispersión. En un estudio previo se analizó la diversidad genética de *Psidium guajava* en la Isla San Cristóbal usando marcadores microsatélites. En el presente estudio se analizó la diversidad genética de *Psidium galapageium* en la misma isla utilizando primers diseñados para los estudios con guayaba (primers heterólogos). Se estudiaron 77 muestras de guayabillo de 7 diferentes localidades. Se probó un total de 17 primers de los cuales únicamente 9 mostraron transferibilidad a la especie estudiada. De estos 9 primers, 2 mostraron ser monomórficos para todas las muestras analizadas. Se encontró un total de 45 alelos en todas las muestras analizadas. En el fenograma (Neighbor Joining) y en el análisis de coordenadas principales PCoA, se identificaron cuatro agrupaciones, las cuales contienen individuos de los diferentes sitios de recolección, por lo que no se pudo establecer una diferenciación relacionada con la ubicación geográfica. El índice de Nei mostró valores cercanos a cero (0.039 el menor, 0.537 el mayor), lo cual indica una baja distancia genética en la muestra estudiada. Los índices FST encontrados (el menor 0.018) indican que existe elevado flujo génico. De manera general, y comparando los resultados obtenidos en este estudio con el guayabillo y aquellos obtenidos con la guayaba en la Isla San Cristóbal, se puede decir que tanto la guayaba

como el guayabillo presentan una diversidad genética moderada. Los índices de Nei, para las dos especies reflejan valores cercanos a cero y esto indica poca divergencia genética entre los individuos analizados. Los resultados del PCoA para las dos especies también indican ciertas agrupaciones específicas pero que no están relacionadas necesariamente con los sitios de recolección. Finalmente los valores F_{ST} encontrados reflejan un flujo génico elevado para las dos especies. Actualmente se lleva a cabo un análisis para identificar si han ocurrido eventos de hibridación entre la guayaba y el guayabillo en la Isla San Cristóbal; resultados que sin duda ayudarán a entender mejor la relación de coexistencia de estas dos especies en un ecosistema insular.

Abstract

The Galapagos Islands, in Ecuador, represent a fragile ecosystem where introduced plants can easily become invasive plants and might threaten the endemic species. "The Galapagos guava", or "guayabillo", *Psidium galapageium*, is an example of a species endemic to these islands that could be threatened by *Psidium guajava*, the guava, because the introduced species is capable of rapid spread and easy dispersion. In a previous study, the genetic diversity of *Psidium guajava* in San Cristóbal Island was analyzed using microsatellite markers. In the present study, the genetic diversity of *Psidium galapageium* was also analyzed using SSR heterologous primers. 77 samples of guayabillo from 7 different localities were studied. A total of 23 primers were tested, of which only 9 showed transferability. Of these 9 primers, 2 proved to be monomorphic for all samples analyzed. A total of 45 alleles were found in the analyzed population. In the phenogram (Neighbor Joining) and the principal coordinate analysis PCoA, four groups were identified; each group contains individuals from all the collection sites, so a differentiation related to geographical location could not be established. Nei index showed values that were close to zero (the lowest was 0.039 and the highest was 0.537), which indicate a low genetic distance between the analyzed samples. The F_{ST} indexes found indicate that there is a high gene flow (lowest value was 0.018). In general terms, and comparing the results obtained in this study with those obtained with guava in San Cristobal Island, we can say that both guava and guayabillo have moderate genetic diversity. Nei indexes, for the two species, also showed low genetic divergence between the analyzed individuals. PCoA results for the two species showed that individuals from different locations from San Cristobal joined, forming different clusters, which are not necessarily related to the geographical distribution. Finally, the F_{ST} values found reflect a high gene flow inside the two species. Currently, an analysis to identify whether hybridization events between guava and guayabillo have occurred in San Cristobal Island, is being performed. These results will undoubtedly help to better understand the relationship of coexistence between these two species in an island ecosystem.



Muestra de una planta de guayaba en San Cristóbal y cómo se recolectan sus hojas para su posterior estudio.

El enfoque de ecosistemas en el manejo de pesquerías en la región sureste del Archipiélago de Galápagos: Sostenibilidad y adaptabilidad | The ecosystem approach to fisheries management in the southeastern Galapagos Archipelago: Sustainability and adaptability

Marjorie Riofrio-Lazo^{1,2}, Francisco Arreguín-Sánchez², Gunter Reck³, Diego Páez-Rosas⁴

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Galapagos Science Center, Ecuador*

² *Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México*

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

⁴ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

*Correo electrónico | E-mail: marjorieriofrio@gmail.com

Resumen

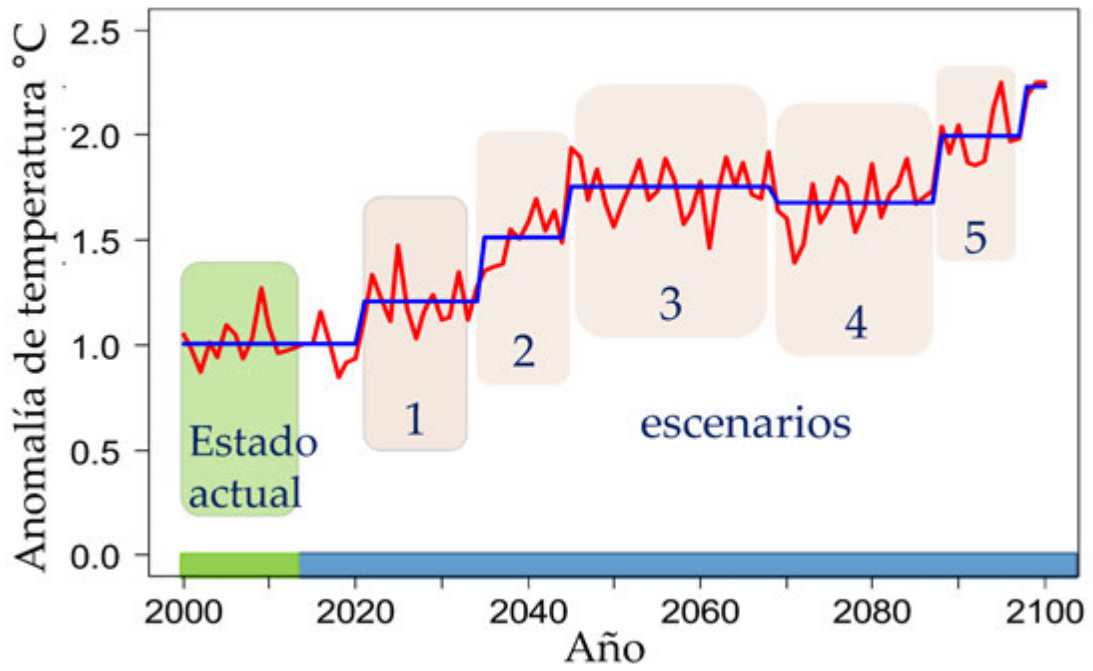
El enfoque de ecosistemas para el manejo de las pesquerías constituye un enfoque integral que considera todos los componentes del ecosistema, incluyendo la población humana, y busca alcanzar la sostenibilidad de los recursos naturales, manteniendo al ecosistema en una condición saludable, productiva y resiliente para que pueda proveer los servicios que los humanos desean y necesitan. Las Islas Galápagos, Ecuador, son ejemplo de un insuficiente manejo pesquero, ya que recursos sobre-explotados continúan sin recuperar su nivel óptimo de abundancia. Grandes perturbaciones derivadas de la sobrepesca y del cambio climático afectan la estructura de las comunidades marinas del archipiélago, potencialmente creando estados alternos del ecosistema con diferente organización y estructura, por lo que requieren estrategias de manejo adaptativo que permitan la sostenibilidad en la explotación de los recursos en el tiempo. En este estudio, mediante la construcción de un modelo trófico estático (ECOPATH) y dinámico (ECOSIM), se analiza la dinámica del ecosistema del sureste del archipiélago de Galápagos (9,300 km²) en su estado actual; se esperan posibles estados alternos y como consecuencia se identificarán estrategias de manejo adaptativo basadas en criterios ecosistémicos. Los 72 grupos funcionales (GFs) del modelo comprenden alrededor de 164 especies, y se conformaron por especies de similar rol trófico y hábitat, estado de conservación, grado de explotación y origen. Para cada GF se recopiló parámetros biológicos y de crecimiento, y se estimaron los datos de entrada al modelo (B, P/B, Q/B, EE, capturas pesqueras, dietas) mediante ecuaciones específicas para cada caso. Hasta el momento, el modelo ECOPATH se está balanceando; posteriormente, se calibrará mediante series de tiempo (2000-2015) de abundancia relativa y esfuerzo pesquero de 32 GFs recolectadas en la zona de estudio, usando como factor forzante anomalías regionales de temperatura superficial del mar y se hará una simulación a 100 años. Los resultados de

ECOPATH son una serie de indicadores de la estabilidad y estrés del ecosistema. Las simulaciones en ECOSIM permiten estimar indicadores holísticos que caracterizan la evolución del ecosistema y permiten la aplicación de estrategias de manejo adaptativo para una pesca sostenible y para conservación y recuperación de poblaciones endémicas o en peligro.

Abstract

The ecosystem approach to fisheries management is a holistic approach that considers all components of the ecosystem, including the human population, and seeks to achieve sustainability of natural resources while maintaining the ecosystem in a healthy, productive and resilient condition so that can provide the services that humans want and need. The Galapagos Islands, Ecuador, are an example of an insufficient fisheries management, since the overexploited resources still do not recover their optimum level of abundance. Major disturbances resulting from overfishing and climate change affect the structure of marine communities of the archipelago, potentially creating alternative ecosystem states with different organization and structure, thus requiring adaptive management strategies that enable sustainability in the exploitation of resources along the time. In this study, the ecosystem dynamic of the southeastern of the Galapagos archipelago (9,300 km²) is analyzed in its current state by building a static (ECOPATH) and dynamic (ECOSIM) trophic model; possible alternate states are expected and as a result, adaptive management strategies based on ecosystems criteria will be identified. The 72 functional groups (GFs) of the model comprise about 164 species, and were formed by species of similar trophic role and habitat, conservation status, exploitation level and origin. For each GF biological and growth parameters were collected, and the input data of the model (B, P/B, Q/B, EE, fisheries catches, diets) were estimated using specific equations for each case. At the moment, the ECOPATH model is being balanced; subsequently, it will be calibrated by time series (2000-2015) of relative abundance and fishing effort of 32 GFs collected in the study area, using as a factor forcing the regional sea surface temperature anomalies, and a simulation of 100 years will be conducted. ECOPATH results are a series of indicators of ecosystem stability and stress. ECOSIM simulations enable to estimate holistic indicators that characterize the evolution of the ecosystem and enable the application of adaptive management strategies for sustainable fisheries and conservation and recovery of endemic or endangered populations.

Manejo adaptativo



Conservación de elasmobranquios de menor tamaño: Conectividad poblacional del Tiburón Gato de Galápagos *Heterodontus quoyi* | Conservation of small-bodied elasmobranchs: Population connectivity of the Galapagos Bullhead Shark *Heterodontus quoyi*

Maximilian Hirschfeld^{1,2,*}, Jaime Chaves¹, Marcus Sheaves², Adam Barnett²

¹ *Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

² *Estuary and Coastal Wetland Ecosystems Research group, TropWATER (Centre for Tropical Water & Aquatic Ecosystem Research), James Cook University, Australia.*

*Correo electrónico | E-mail: maxh@enphocus.net

Resumen

Las islas Galápagos son conocidos mundialmente por su gran abundancia de tiburones. Dentro de la Reserva Marina de Galápagos los peces depredadores grandes están bien protegidos de la pesca industrial. Sin embargo, los esfuerzos de investigación y conservación se han enfocado principalmente en las especies grandes y carismáticas, desatendiendo a las especies pequeñas y menos comunes. Al mismo tiempo, los elasmobranquios pequeños y bentónicos que ocurren en localidades geográficamente recónditas, como son las Islas Galápagos, tienen más probabilidad de exhibir una conectividad poblacional limitada. El tiburón gato de Galápagos (*Heterodontus quoyi*) es una especie poco conocida que habita el archipiélago de Galápagos y la costa norte del Perú. Pero su menor tamaño y una vida asociada al fondo marino podrían impedir la migración y el flujo de genes a través de barreras geográficas como corrientes oceánicas y grandes profundidades. Por lo tanto, este proyecto busca determinar la estructura y la conectividad de la población de tiburones gato de Galápagos, información necesaria para evaluar el estatus de conservación y su resiliencia a potenciales impactos antropogénicos y naturales. Se usará una combinación de muestreo en campo y análisis de genética para descubrir la distribución geográfica, el tamaño y la estructura poblacional y la conectividad genética de los tiburones gato de Galápagos. Resultados preliminares sugieren una distribución heterogénea de los tiburones gato en el archipiélago, posiblemente producto de un sistema complejo de corrientes y afloramiento localizado. Para confirmar este patrón, se combinarán datos de colaboradores científicos, muestreos de buceo y científicos ciudadanos. En junio del 2016, se lanzará una página web de ciencia ciudadana para recolectar datos fotográficos sobre la ocurrencia e identificación de individuos de tiburones a través del tiempo. Estos datos fotográficos de marcaje y recaptura podrían detectar movimientos entre localidades a varias escalas geográficas y podrían ser usadas para estimar el tamaño de la población. Para revelar la estructura demográfica de la población, se usará la técnica de fotogrametría, la medición de los

individuos mediante la proyección de una longitud de referencia en imágenes digitales de los tiburones. Además, se puede identificar el sexo de los individuos durante los buceos según la presencia o ausencia de órganos reproductivos masculinos y se medirán niveles de hormonas reproductivas para estimar la edad de madurez sexual. Finalmente, se analizará la estructura genética de la población de tiburones gato y la conectividad entre localidades en las islas Galápagos y la costa del norte del Perú. Los resultados del proyecto revelará la distribución de los tiburones gato de Galápagos en el archipiélago e identificarán puntos calientes para esta especie. Conociendo este patrón permitirá evaluar el nivel de protección que brinda la nueva zonificación de la Reserva Marina de Galápagos para la especie. El nivel de conectividad genética entre localidades en Galápagos y el norte del Perú identificarán distintas unidades de la población, por considerar en acciones de manejo. En general los resultados podrían usarse para evaluar el estatus de conservación de los tiburones gato de Galápagos y brindar una guía en el manejo de la conservación regional e internacional.

Abstract

The Galapagos Islands are world renown for their high abundance of sharks. Within the Galapagos Marine Reserve large predatory fish are well protected from industrial fisheries. Nevertheless, research and conservation efforts have been directed towards large charismatic species, neglecting small less common species. At the same time, small benthic elasmobranchs, which occur at geographically secluded locations such as the Galapagos, are likely to exhibit limited population connectivity. The Galapagos bullhead shark (*Heterodontus quoyi*) is a little known shark species inhabiting the Galapagos archipelago and the northern coast of Perú. However, small body size and a benthic life style potentially hinder migration and the exchange of genes across geographic barriers like ocean currents and great depths. Therefore, this project aims to determine the population structure and connectivity of Galapagos bullhead sharks needed to assess the species' conservation status and evaluate its resilience to human and climatic impacts. A combination of field research and genetic techniques will be used to uncover the bullhead sharks' geographic distribution, population size and structure, and genetic connectivity. Preliminary results suggest a patchy distribution of the sharks in the Galapagos, which may be driven by a complex system of ocean currents and localized upwelling. To confirm this pattern, we will combine data obtained from collaborators, dive surveys and citizen scientists. In June 2016, we will launch a citizen science web page to gather photographic data on the occurrence and identification of individual sharks over time. The photographic mark-recapture data may give insight into movements between locations at various geographic scales and may be used to estimate population size. To reveal the demographic structure, photogrammetry, the measurement of individuals by projecting a reference length into a digital image of the sharks, will be used. Further, the sharks' sex can be determined during dives based on the

presence or absence of the male reproductive organs and reproductive hormones will be used to estimate age at maturity. Finally, we will analyze the genetic structure of the bullhead shark population and the connectivity between locations in the Galápagos and the northern coast of Perú. The project's results will reveal the distribution of Galapagos bullhead sharks in the archipelago and identify geographic hotspots for this species. This pattern will allow us to evaluate the level of protection of the species in the new Galapagos Marine Reserve zoning. The level of genetic connectivity between locations in the Galapagos archipelago and the northern coast of Perú will identify distinct stocks of the population to be considered as independent units for management purposes. Overall, the results may be used to assess the species' conservation status and guide regional and international conservation management.



Estructura trófica del Lobo Marino de Galápagos *Zalophus wollebaeki* en función de la variabilidad estacional del archipiélago | Trophic structure of the Galapagos Sea Lion *Zalophus wollebaeki* in function of stational variability in the archipelago

Sara Carranco*, Diego Páez-Rosas

Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

*Correo electrónico | E-mail: sara.carranco@estud.usfq.edu.ec

Resumen

El Lobo Marino de Galápagos *Zalophus wollebaeki* se distribuye alrededor de todo el archipiélago, con mayor proporción en las islas de la región central y sur, asentando una de las principales colonias en la isla San Cristóbal. Se lo ha catalogado como un depredador oportunista con tendencia al especialismo, debido a que tiende a seleccionar sus presas de acuerdo a la abundancia en el ecosistema. Al ser una especie endémica del Archipiélago su distribución se restringe a un sistema tropical, situación que lo obliga a adquirir estrategias que le permitan adaptarse a los diversos eventos climáticos característicos de la región como el evento de EL NIÑO. El objetivo de este trabajo es conocer los hábitos alimenticios, para identificar su dieta, medir el nivel trófico, amplitud trófica y omnivoría entre 3 años con diferentes condiciones ambientales, para relacionar estos datos con los cambios poblacionales, y así entender sus mecanismos de supervivencia en condiciones ambientales como ENOS(El NIÑO oscilación del sur). El estudio se realizó durante los años 2014- 2015 - 2016, donde se recolectaron 540 excretas de la colonia El Malecón, los análisis de su dieta se realizaron en base a los contenidos fecales, donde se recuperaron estructuras duras de sus presas como otolitos sagitales de peces y picos de cefalópodos que no han sufrido deterioro durante el proceso digestivo. En el 2014 las principales presas fueron los peces *Opisthonema berlangai* y *Symphurus* sp., especies de ambientes epipelágicos y bentónicos. En el 2015 las presas principales fueron *Synodus* sp. y *Vinciguerrria lucetia*, de ambientes bentónicos y mesopelágicos. Mientras que en el año 2016 las presas principales fueron *Synodus* sp. y *Opisthonema berlangai*, especies bentónicas y epipelágicas. El nivel trófico varió entre NT= 4,6 y 4,7, ubicando a la especie como un depredador carnívoro secundario-terciario, mientras que la amplitud trófica y grado de omnivoría sugieren una conducta de tipo especialista (AT= 0,30, OM= 0,41 respectivamente). Este estudio sugiere que el lobo marino de Galápagos presenta cierta flexibilidad en su dieta, dependiendo de las condiciones ambientales presentes en el Archipiélago. La importancia de los estudios tróficos en los depredadores marinos permite conocer el rol ecológico que desempeñan en el ecosistema y así poder definir medidas de conservación que beneficien a la especie.

Abstract

The Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*) can be found around the whole archipelago, but is concentrated predominantly in the central and south islands, especially San Cristobal Island. The sea lion has been catalogued as an opportunist since it selects its prey based on abundance. In this way, if prey is diminished, the sea lion can leverage other resources that are available. Being an endemic species of the archipelago, its distribution is restricted to a tropical system situation that forces it to acquire strategies that allow him to adapt to the different characteristic of the region climatic events, such as El Niño. The aim of this study was to identify eating habits of his diet, measure the trophic level, trophic amplitude and omnivorous, between 3 years with different environmental conditions, to relate population changes, and understand their survival mechanisms in environmental conditions such as ENSO (El Niño Southern Oscillation). The study was conducted during the years 2014-2015-2016, where 540 samples of feces were collected on the colony El Malecon. Analysis of the diet was conducted based on their fecal contents, were hard structures of their prey, as sagittal otoliths of fish and cephalopod peaks that have no suffered damage during the digestive process, were recovered. In 2014, fishes like *Opisthonema berlangai* and *Symphurus* sp, species of epipelagic and benthic environments, were the principal preys to be found. In 2015, *Synodus* sp. and *Vinciguerria lucetia*, species of benthic and mesopelagic environments. While in 2016 the main prey founded were *Synodus* sp. and *Opisthonema berlangai*, species of epipelagic and benthic environments. The trophic level varied between $NT=4.6$ and 4.7 , placing the species as a secondary – tertiary carnivorous predator, while the trophic amplitude and the degree of omnivory suggested a specialist behavior ($AT=0,30$, $OM=0,41$ respectively). This study suggests that the Galapagos sea lion shows some flexibility in their diet depending on environmental conditions in the archipelago. The importance of trophic studies in marine predators allows us to know the ecological role they play in the ecosystem and thus to define conservation measures that benefit the species.

Examinando los patrones temporales del ciclo del agua y la interacción planta-neblina a través de microclimas en las Islas Galápagos | Examining temporal patterns of water cycling and plant-fog interactions across microclimatic zones in the Galapagos Islands

S.R. Schmitt¹, D.A. Riveros-Iregui¹, J. Hu²

¹*Department of Geography, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA*

²*Department of Ecology, Montana State University, Bozeman, MT, USA*

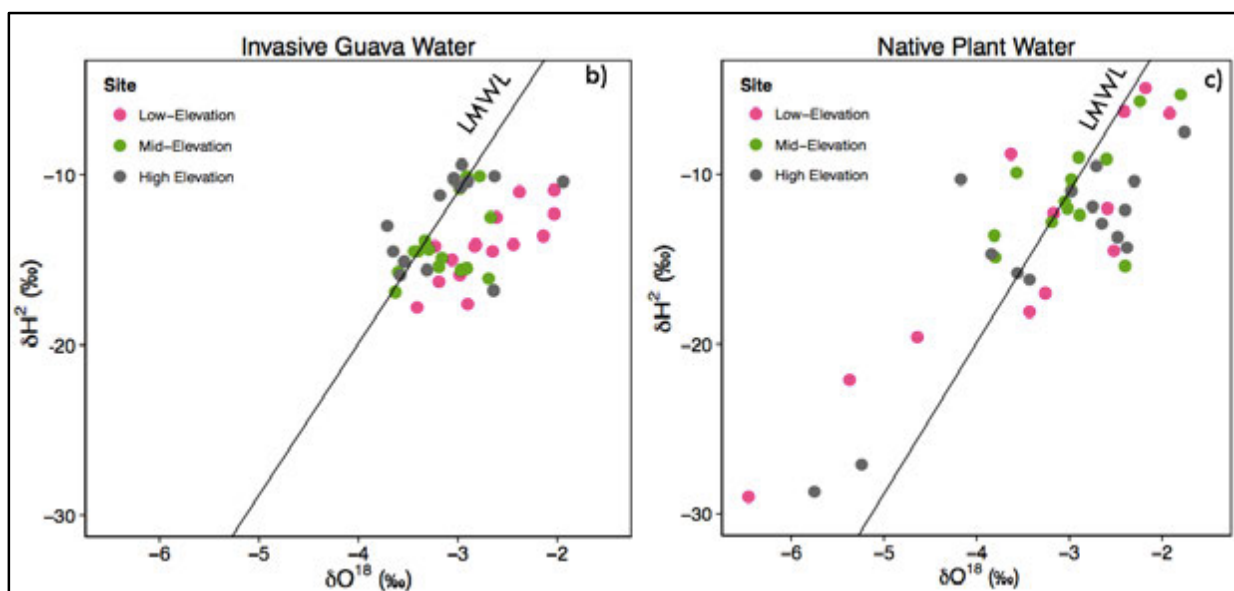
Resumen

Los cambios en el uso del suelo suponen una increíble amenaza para el frágil ecosistema de los trópicos, las consecuencias del cambio en el uso del suelo en los trópicos, es la propagación de especies de plantas invasoras. Las Islas Galápagos, un ecosistema sujeto a una presión antropogénica significativa por actividades de turismo y crecimiento de la población, es amenazada especialmente por especies de plantas invasoras, más de 800 especies de plantas han sido introducidas en Galápagos, comprendiendo el 60% de la flora total. Para investigar el impacto de las plantas invasoras en el ciclo del agua en diferentes microclimas, examinamos el uso del agua por parte de las especies de plantas nativas e invasivas en diferentes microclimas, realizando análisis de isótopos estables del agua de neblina, agua superficial y agua del xilema de las plantas. Se realizaron estos análisis, iniciando al final de la temporada lluviosa y a mediados de la temporada seca, y nuevamente durante el pico del Evento de El Niño. Para datar, observamos un efecto isotópico claro del agua en las precipitaciones desde barlovento a sotavento de la isla. Además, nuestros resultados sugieren que la guaba invasora utiliza consistentemente el agua con una señal isotópica similar, mientras que las especies nativas hacen uso del agua con un rango isotópico más largo en todos los microclimas. Nuestros resultados representan un esfuerzo inicial para caracterizar los efectos del cambio de la cubierta vegetal en el ciclo del agua de islas tropicales y con esto se podrá tener una percepción de la interacción entre plantas, agua superficial y aguas freáticas en varias escalas tanto espaciales como temporales.

Abstract

Changes in land use pose an incredible threat to the fragile ecosystems in the tropics. One such consequence of land use change in the tropics is the propagation of invasive plant species. The Galapagos Islands, an ecosystem subject to significant anthropogenic pressure by both increasing tourism and a growing native population, are especially threatened by

invasive plant species. More than 800 plant species have been introduced in Galapagos, comprising over 60% of the total flora. To investigate the impact of invasive plants on water cycling in different microclimates, we examined water use by both native and invasive plant species across different microclimatic zones using stable isotope analysis of cloud water interception, surface water, and plant xylem water. We conducted these measurements starting at the end of the rainy season and through the middle of the dry season, and again during the peak of the current El Niño. To date, we observed a clear isotopic rainout effect in precipitation from windward to leeward sides of the island. Furthermore, our results suggest that invasive guava consistently utilizes water with a similar isotopic signal while native species use water with a larger isotopic range in all microclimatic zones. Our results represent an initial effort to characterize the effects of a changing vegetative cover on the water cycling of tropical islands and provide insight into the interactions between plants, surface water, and groundwater at various spatial and temporal scales.



Programa de monitoreo de calidad de agua en San Cristóbal, Galápagos | Water quality monitoring program in San Cristobal, Galapagos

Valeria Ochoa-Herrera^{1,*}, Jill R. Stewart², Alexis Valenti³, Jared Moscoso¹,
María Fernanda Salazar¹

¹*Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías El Politécnico, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador*

²*Galapagos Science Center, San Cristobal Island, Galapagos*

⁴*Department of Environmental Sciences and Engineering, The University of NC at Chapel Hill, Chapel Hill, NC, USA.*

*Correo electrónico | E-mail: vochoa@usfq.edu.ec

Resumen

El estado de la calidad de agua en San Cristóbal es un problema serio de salud pública debido al incremento del número de turistas y pobladores. Pocos estudios han sido reportados en la literatura sobre la calidad del agua en las Islas Galápagos. Muestras de agua de las fuentes de consumo, plantas de tratamiento de agua potable, sistema de distribución y agua recreacional han sido analizadas desde el año 2014 dentro del Programa de Monitoreo de Calidad de Agua. Este Programa ha sido desarrollado por investigadores y estudiantes del Galapagos Science Center (GSC), la Universidad San Francisco de Quito y la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill en colaboración con el Parque Nacional Galapagos (PNG) y el Municipio de Puerto Baquerizo Moreno. Un Programa Piloto de Monitoreo de Calidad de Agua de 3 meses fue implementado en el verano del 2014 y actualmente se está llevando a cabo un Programa de Monitoreo continuo desde mayo del 2015. La calidad de 18 muestras de agua está siendo analizada mensualmente en base a parámetros físico-químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Calidad de Agua construido para este propósito en las instalaciones del GSC. Nuestros resultados indican que los parámetros físico-químicos de calidad de agua de las fuentes de consumo cumplen con las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la legislación ambiental ecuatoriana (TULSMA). De la misma manera, en las muestras de las plantas de tratamiento de agua potable y del sistema de distribución, todos los parámetros físico-químicos cumplen con la legislación ecuatoriana y las muestras son aptas para consumo humano. Las muestras de las playas deben ser analizadas en detalle para establecer si estas cumplen con los criterios de calidad para recreación. Los datos microbiológicos indican que las plantas de tratamiento reducen significativamente la concentración de coliformes totales y *E.coli*. Esta reducción de los contaminantes microbiológicos se corrobora al examinar los datos obtenidos de las muestras de las fuentes y los puntos finales del sistema de distribución. Un análisis exhaustivo de los datos revela desviaciones estándares relativamente altas que son comunes cuando se miden puntos finales

microbiológicos y probablemente se deben a variaciones temporales de los niveles de contaminación. La participación de la comunidad se ha logrado a través del involucramiento de estudiantes locales en diferentes actividades del Programa que incluyen conferencias, entrenamiento en el laboratorio y análisis de muestras. El PNG ha participado activamente facilitando apoyo técnico para la recolección de muestras en las playas. El Municipio de Puerto Baquerizo Moreno también ha participado de manera activa mediante la firma de un convenio con el GSC y aportando con apoyo técnico para la colección de muestras en las fuentes de agua, plantas de agua potable y sistema de distribución. Finalmente, el establecimiento de este Program Participativo representa una contribución tangible hacia la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos en San Cristóbal, y puede servir como un modelo de colaboración entre los investigadores, la comunidad y las instituciones locales hacia la conservación de los recursos naturales de las Islas Galápagos.

Abstract

The status of the water quality on San Cristobal Island is a serious public health issue, due to a rise in tourism and population growth. Few studies have been reported in the literature regarding water quality in the Galápagos Island. Samples from drinking water sources, drinking water treatment plants, distribution system and recreational water at San Cristobal, Galapagos have been analyzed since 2014 within a Participatory Water Quality Monitoring Program. This program has been run by academics and students from Galapagos Science Center (GSC), Universidad San Francisco de Quito and University of North Carolina – Chapel Hill in collaboration with local community, the Galapagos National Park and the Municipality of Puerto Baquerizo Moreno. A 3-month Participatory Pilot Program on water quality was conducted over the summer of 2014 and currently a long-term monitoring program has been implemented since May of 2015. The quality of 18 water samples has been analyzed monthly based on physical-chemical and microbiological parameters at the Water Quality Laboratory built for this purpose at Galapagos Science Center (GSC). Our results indicate that physical-chemical parameters for drinking water sources are in compliance with the recommendations made by the World Health Organization (WHO) and by the national Ecuadorian environmental legislation (TULSMA). In the same manner, water samples from treatment plants and distribution system, all physical-chemical parameters are in agreement with the values reported in the Ecuadorian legislation and samples are acceptable for human consumption. For samples from the beaches, the physical-chemical data needs to be analyzed in more detail in order to establish if these samples are in agreement with the quality criteria for water used for recreation purposes. Microbial data show that the treatment plants result in a significant reduction of total coliforms ($p < 0.05$) and *E. coli* ($p < 0.05$). This reduction of microbial contaminants is further exemplified by examining the data gathered from the source water and the final points in the distribution system. Further examination of the data revealed relatively high

standard deviation, which is common when measuring microbial endpoints and was caused by temporal variation of contamination levels. Community participation has been achieved by the enrollment of local students in different activities of the Monitoring Program, which included conferences, laboratory training and sample analysis. The Galapagos National Park has participated actively in the Monitoring Program by providing technical support for beach sampling. The Municipality of Puerto Baquerizo Moreno has signed an inter-institutional agreement with GSC and has provided technical support for water sampling at sources and within the distribution system. Finally, the establishment of this Participatory Program represents a tangible contribution to the long-term sustainability of water resources in San Cristobal, and can serve as a model of collaboration between academia, community and local institutions towards the conservation of water resources in the Galapagos Islands.



La Toma, fuente de agua de consumo humano, San Cristóbal, Galápagos

Ecología espacial y conservación de neonatos y juveniles del Tiburón Punta Negra *Carcharhinus limbatus* en la Isla San Cristóbal, Reserva Marina de Galápagos | Spatial ecology and conservation of neonate and juvenile Blacktip Reef Shark *Carcharhinus limbatus* at San Cristóbal Island, Galapagos Marine Reserve

Yasuní Chiriboga, Alex Hearn

Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías El Politécnico, y Extensión Galápagos USFQ, Galapagos Science Center GSC, Ecuador

**Correo electrónico | E-mail: yasuni.chiriboga@hotmail.com*

Resumen

El rol que cumplen los tiburones dentro del ecosistema marino es de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecológico. Esto debido a que se encargan de controlar la distribución y abundancia de muchas especies que actuarán como presas, situándose como uno de los depredadores tope de la cadena alimenticia marina. Debido a sus hábitos alimenticios, estos ayudan a eliminar a todos aquellos animales muertos o enfermos, impidiendo la propagación de enfermedades y permitiendo el fortalecimiento de la composición genética de las poblaciones de presas. Las zonas de crianza de tiburones neonatos y juveniles son de gran importancia para la sobrevivencia de las distintas especies de tiburones, muchas de ellas en estado de amenaza, que utilizan estas áreas en sus ciclos de vida. Dentro de las Islas Galápagos, estas zonas son áreas costeras de manglar poco profundas y con gran productividad, donde los recién nacidos y juveniles encuentran protección de los depredadores y gran cantidad de alimento para su desarrollo. Es importante mencionar que el 75% de las líneas costeras de las Islas se caracterizan por ser rocosas, siendo estas áreas de crianza poco comunes. Además, estas áreas costeras están zonificadas desde el año 2001, separando la actividad pesquera de la turística, y protegiendo ciertas áreas clave. Aún así, el 77% de las líneas costeras están abiertas a la pesca, existiendo muchas áreas potenciales para la cría de tiburones que se encuentran sin protección, lo que conlleva una alta mortalidad de neonatos y juveniles debido a la pesca incidental. En el año 2009 se llevó a cabo una investigación piloto, por parte de la bióloga marina Yasmania Llerena, en la cual se pudieron identificar varias zonas de crianza del Tiburón Punta Negra *Carcharhinus limbatus* alrededor de la Isla San Cristóbal. Los principales lugares en los que se observaron tiburones neonatos y juveniles de esta especie fueron Manglecito, La Tortuga y Puerto Grande, indicando que estas áreas son de crianza primaria para *C. limbatus*. La importancia de comparar la abundancia de tiburones punta negra en estos sitios después de siete años, incentiva nuestra investigación. El objetivo de la misma radica en la evaluación del estado de las poblaciones, y en la evaluación de la conectividad que existe entre las zonas costeras anteriormente evaluadas; todo esto utilizando telemetría acústica y una red de receptores. Al llevar a cabo este estudio dentro de los meses en los que se ha predicho la llegada del Fenómeno del Niño, la investigación permitirá evaluar cuáles son los cambios que se

registran en las poblaciones de neonatos y juveniles de *C. limbatus*, permitiendo conocer cómo el cambio climático puede afectar a las zonas de crianza de tiburones. El principal aporte de esta investigación es comenzar un programa de monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de la nueva zonificación que se encuentra en fase de desarrollo, todo esto con el fin de conservar aquellas áreas clave para el desarrollo de los tiburones punta negra, especie establecida como Casi Amenazada en la Lista Roja de la UICN.

Abstract

Sharks have a specific role in the marine ecosystem being really important for the maintenance of the ecological balance. Sharks are responsible for controlling the distribution and abundance of prey species, because they are top predators on the marine food chain. Besides, sharks help to eliminate all sick and dead animals in the ocean because of their eating habits, preventing the spread of diseases and allowing the genetic composition of prey populations to strengthen. Neonate and juvenile shark nursery grounds have a huge importance for the survival of different kind of shark species. A significant number of these sharks are in a threatened status; therefore, they use these areas to complete their lifecycles. In the Galápagos Islands, these areas are shallow coastal mangrove lagoons with great productivity, where newborns and juvenile sharks find protection from predators and plenty of food for their development. It is important to emphasize that 75% of the coastlines of the Islands are rocky shores, being nursery grounds uncommon habitats. Coastlines in the Marine Reserve were divided into zones since 2001, separating extractive activities from touristic ones, and protecting certain key areas. Although, 77% of coastlines are open to fishing, including a lot of potential shark nurseries, causing a high rate of neonate and juvenile mortality produced from by-catch. In 2009, a pilot survey carried out by the marine biologist Yasmania Llerena, identified important nursery grounds of Blacktip Reef Shark *Carcharhinus limbatus* around San Cristobal Island. Being the representative places: Manglecito, La Tortuga and Puerto Grande, showing that these are key nursery areas for *C. limbatus*. The importance of comparing the abundance of blacktip reef sharks in these zones after seven years encourages our research. The objective is to evaluate the status of the population and the connectivity between the coastal areas that were studied; all of this using acoustic telemetry and a receiver array. Our fieldwork is scheduled to take place during the current El Niño Event, which let us evaluate the changes in the population of neonates and juvenile blacktip reef sharks. Considering this important event we can know how climate change is affecting shark's nursery grounds. The main contribution of our work is to start a long term monitoring program to evaluate the effectiveness of the new zonation scheme under development, being the main objective to conserve those key nursery areas for the development of *C. limbatus*, placed on the Near Threatened category of the IUCN Red List.

Estudio comparativo en la estructura genética de la población de peces de interés comercial en las aguas de Borneo y las Islas Galápagos | Comparative study on genetic structure structure of selected food fish populations in waters off Borneo and Galapagos Islands

Z. Sulaiman^{1,2}., A. Habib^{2,4}., H.Taha²., H. Timbang., M. A. Lim²., H. H. Haji².,
S. H. Zainal Abidin²., N. H. A. Hamid², E. L. Vaca Pita³

¹*Universiti Teknologi Brunei, Tungku Highway, Gadong BE1410, Brunei Darussalam*

²*Environment and Life Sciences Program, Faculty of Science, Universiti Brunei Darussalam, Jalan Tungku, Gadong BE1410, Brunei Darussalam.*

³*Galapagos Science Center, Isla San Cristobal, Galapagos Islands, Ecuador*

⁴*Department of Fisheries and Marine Science, Noakhali Science and Technology University, Noakhali, Bangladesh*

*Correo electrónico | E-mail: zohrah.sulaiman@utb.edu.bn

Resumen

La isla de Borneo está rodeada por el mar del Sur de China en el Norte y Oeste, los mares de Java y Bali en el Sur, el estrecho de Makassar en el Sureste, los mares de Sulu y Celebes en el Noreste. El mar del Sur de China es el más grande, cubriendo un área de 3.4 millones de kilómetros cuadrados y es el hábitat de 3.365 especies de peces. Las Islas Galápagos están en el Océano Pacífico y el número de peces que rodea las islas es de 460, con un 11% de endemismo. En este estudio, se usó D-loop mitochondrial y Cyt *b* para inferir en la estructura genética de las poblaciones de peces seleccionadas de Borneo y las Islas Galápagos, entre los cuales están *Scomberomorus commerson* (Bonito), especies del género *Epinephelus* (Dusky tail y Six bar groupers), *Thunnus albacares* (Atún aleta amarilla o albacora), *Myxotoxopterygia olfax* (bacalao), *Pontinus strigatus* (Brujo), *Acanthocybium solandri* (wahoo) y *Seriola rivoliana* (Palometa). Sin embargo, solo resultados de *Scomberomorus commerson*, *Thunnus albacares*, *Pontinus strigatus*, *Acanthocybium solandri* y *Seriola rivoliana* están reportados. Cierta evidencia del estudio demostró que no hubo estructuración genética usando Cyt *b* en las poblaciones de *Scomberomorus commerson* del Mar del Sur de China, mar de Java y Bali, pero si las hubo en las poblaciones que le sigue en la división este-oeste a lo largo de la línea Wallace (D-loop). Los resultados de Cyt *b* de *Acanthocybium solandri* en Galápagos, no mostraron evidencia de estructuración genética (Fig.1). Las poblaciones de *Thunnus albacares* constan de Borneo-Galápagos y los stocks de Galápagos (Fig.2). Los descubrimientos en las especies *Pontinus strigatus* y *Seriola rivoliana* en Galápagos usando D-loop sugieren dos stocks separados por una pequeña distancia total de 0.009 y 0.027 respectivamente. En conclusión, el resultado de este estudio será usado para entender la estructura genética de las poblaciones y la conexión

intra-genética de éstas especies en las aguas de Borneo y las Islas Galápagos. También servirá como una guía en la conservación en el manejo de los peces marinos en ambas regiones, por ejemplo, la conectividad genética puede definir de forma espacial y de manera explícita un manejo de regímenes para peces de arrecife, como en las áreas marinas protegidas (AMP).

Abstract

Borneo island is surrounded by South China Sea in the north and west, Java and Bali Seas in the south, Makassar strait in the southeast, Sulu and Celebes Seas in Northeast. South China Sea is the largest, covering an area of 3.4 million sq. km and is the habitat of 3,365 species of marine fish (Allen, 2000). Galapagos Islands is in the Pacific Ocean and the number of marine fish surrounding the islands is 460 and 11% is endemic (Grove and Lavenberg, 1997). In this study, we used mitochondrial D-loop and Cyt *b* to infer the genetic structure of food fish populations from Borneo and Galapagos Islands viz., *Scomberomorus commerson* (Spanish mackerel), *Epinephelus* species (dusky tail and six-bar groupers), *Thunnus albacares* (yellow fin tuna), *Myxotoxoptera olfax* (bacalao, grouper species), *Pontinus strigatus* (Brujo, scorpion fish), *Acanthocybium solandri* (Peto or wahoo) and *Seriola rivoliana* (Huayaípe). However, only results on *Scomberomorus commerson*, *Thunnus albacares*, *Pontinus strigatus*, *Acanthocybium solandri* and *Seriola rivoliana* are reported. Some evidence from the study showed that there was no genetic structuring using cyt *b* in *Scomberomorus commerson* population from South China Sea, Java and Bali Seas but the population followed east-west division along Wallace's line (D-loop). Results from *Acanthocybium solandri* cyt *b* in Galapagos showed no evidence of genetic structuring (Fig.1). *Thunnus albacares* populations may consist of Borneo-Galapagos and Galapagos stocks (Fig.2). Findings on *Pontinus strigatus* and *Seriola rivoliana* in Galapagos using D-loop seem to suggest separate stocks with small overall distances of 0.009 and 0.027, respectively. In conclusion, the outcome of the study will be used to understand population genetic structure and intra-genetic connectivity of food fish in waters off Borneo and Galapagos Islands. It will also serve as a guide in managing conservation of marine fish in both regions for example, genetic connectivity can define spatially explicit management regimes for reef fish, like in Marine Protected Areas (MPA).