



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
INSTITUTO INTERNACIONAL EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE

DIETA Y USO DE HÁBITAT DE LA TORTUGA GIGANTE (*Chelonoidis hoodensis*) Y LA IGUANA  
TERRESTRE (*Conolophus pallidus*) EN LA ISLA SANTA FE, GALÁPAGOS, ECUADOR.

Carlos Alfredo Cano Rodríguez

Heredia, Abril de 2018

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Postgrado de la Universidad Nacional  
para optar al título de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

DIETA Y USO DE HÁBITAT DE LA TORTUGA GIGANTE (*Chelonoidis hoodensis*) Y LA IGUANA TERRESTRE (*Conolophus pallidus*) EN LA ISLA SANTA FE, GALÁPAGOS, ECUADOR.

Carlos Alfredo Cano Rodríguez

Tesis presentada para optar al grado de Magister Scientiae  
en Conservación y Manejo de Vida Silvestre.

Miembros del tribunal Examinador



---

Luis Alfredo Miranda, PhD  
Representante del Consejo Central de  
Posgrado



---

Harold Arias Le Claire, PhD  
Representante de la Dirección  
ICOMVIS



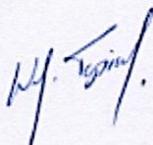
---

Joél Sáenz Méndez, Msc  
Tutor



---

Mónica Retamosa Izaguirre, PhD  
Asesor



---

Washington Tapia Aguilera, Msc  
Asesor



---

Carlos Alfredo Cano Rodríguez  
Sustentante

## RESUMEN

En la Isla Santa Fe existió una especie endémica de tortuga gigante (*Chelonoidis sp.*) hace aproximadamente 150 años, la cual compartió el ecosistema con la iguana terrestre (*Conolophus pallidus*). Con el propósito de lograr la restauración ecológica de la isla, en junio del 2015 se introdujeron 207 tortugas de la especie *Chelonoidis hoodensis*, como análogo ecológico de la especie extinta. El objetivo del presente estudio fue determinar y comparar la dieta de las tortugas y las iguanas y evaluar el uso de hábitat. Se colectaron 118 heces de tortuga y 139 de iguana en la Isla Santa Fe. Para determinar la dieta se identificó las semillas y otros materiales vegetales presentes en las heces de ambos reptiles. Se determinó la amplitud y sobreposición de nicho trófico usando los índices de Levins y Pianka respectivamente. El uso de hábitat se evaluó de manera visual en parcelas de 12.5 m de radio, donde se determinó, dependiendo de la vegetación predominante cuatro tipos de hábitat (abierto, enceliar, leñoso y cactal). Se realizaron modelos lineales generalizados de Poisson, y de acuerdo al criterio de Akaike para encontrar el modelo que explicó la presencia de iguanas y tortugas en la isla y, además, se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico para ver la relación de entre la presencia de especies y los hábitats. Para calcular el uso del espacio de ambas especies se utilizó el estimador no paramétrico de Kernel al 90% y 50% de las localizaciones. El hábitat abierto explicó la presencia de tortugas y, para las iguanas el hábitat leñoso, con una relación positiva en ambos casos. Se identificaron 39 especies de plantas, pertenecientes a 27 géneros y 16 familias en la dieta de ambos reptiles. De las cuales 13 especies vegetales fueron consumidas solamente por las tortugas, 10 por iguanas y 16 por ambas especies. La planta más consumida, por tortugas e iguanas fue la *Opuntia echios var. barringtonensis*, de la cual se encontró restos en el 98.5% de las heces de las iguanas y en el 65% de las tortugas. Sin embargo, las especies con más semillas en las heces fueron: *Panicum alatum var. minus*, *Bastardia Viscosa*, *Crotalaria incana var. nicaraguensis* y *Brachiaria multiculma*. Aunque en las heces de las tortugas se encontró mayor número de especies vegetales, no hubo diferencia entre ambas dietas ( $p=0.472$ ). La amplitud de nicho trófico fue 0.142 y 0.052 para tortugas e iguanas respectivamente, mostrando poca diversidad la dieta, mientras que sobreposición entre dietas fue alta (0.95). Hubo solapamiento en las áreas usadas por ambas especies (Kernel 95%), sin embargo, las áreas núcleo (core area) de ambas especies (54.5 ha iguanas y 7.8 ha tortugas) mostraron total separación. Los resultados sugieren que ambas especies comparten los mismos tipos de alimentos y en las mismas proporciones. Además las tortugas pueden estar jugando un rol en la dispersión de semillas, por lo tanto, contribuyendo al proceso de restauración ecológica.

**Palabras clave:** introducción de especies, alimentación, hábitat, tortugas, iguanas, Santa Fe, Galápagos.

## ABSTRACT

On Santa Fe Island there was an endemic species of giant tortoise (*Chelonoidis* sp.) About 150 years ago, which shared the ecosystem with the land iguana (*Conolophus pallidus*). With the purpose of achieving the ecological restoration of the island, in June 2015, 207 turtles of the species *Chelonoidis hoodensis* were introduced as an ecological analogue of the extinct species. The objective of the present study was to determine and compare the diet of the tortoise and the iguanas and to evaluate the habitat use. 118 turtle feces and 139 iguana feces were collected in Santa Fe Island. To determine the diet, seeds and other vegetable materials present in the feces of both reptiles were identified. The amplitude and superposition of the trophic niche were determined using the Levins and Pianka indices respectively. The use of habitat was evaluated visually in plots of 12.5 m radius, where four types of habitat (open, enceliar, woody and cactal) were determined, depending on the predominant vegetation. Linear generalized Poisson models were made, and according to the Akaike criterion to find the model that explained the presence of iguanas and tortoise in the island and, in addition, a non-metric Multidimensional Scaling analysis was performed to see the relationship between the presence of species and habitats. To calculate the space use of both species, the nonparametric Kernel estimator was used at 90% and 50% of the locations. The open habitat explained the presence of tortoise and, for the iguanas, the woody habitat, with a positive relationship in both cases. We identified 39 species of plants, belonging to 27 genera and 16 families in the diet of both reptiles. Of which 13 plant species were consumed only by the tortoise, 10 by iguanas and 16 by both species. The most consumed plant, by tortoise and iguanas was *Opuntia echios* var. *barringtonensis*, of which remains were found in 98.5% of the iguana feces and in 65% of the tortoise. However, the species with the most seeds in the feces were: *Panicum alatum* var. *minus*, *Bastardia Viscosa*, *Crotalaria incana* var. *nicaraguensis* and *Brachiaria multiculma*. Although a greater number of plant species was found in the feces of the tortoise, there was no difference between the two diets ( $p = 0.472$ ). The amplitude of trophic niche was 0.142 and 0.052 for tortoise and iguanas respectively, showing little diversity in the diet, while superposition between diets was high (0.95). There was overlap in the areas used by both species (Kernel 95%), however, the core areas of both species (54.5 ha iguanas and 7.8 ha tortoise) showed total separation. The results suggest that both species share the same types of food and in the same proportions. In addition, tortoise may be playing a role in the dispersal of seeds, therefore, contributing to the process of ecological restoration.

**Keywords:** Introduction of species, diet, habitat, tortoise, iguanas, Santa Fe, Galapagos.

## AGRADECIMIENTOS

A los miembros mi familia Carla Cano, Lourdes Rodríguez y Hugo Cano por brindarme su apoyo incondicional, el cual fue de gran ayuda durante todo el transcurso de mis estudios. De la misma manera a Ángela Melo por sus observaciones las cuales enriquecieron el presente documento, pero sobre todo por su paciencia.

A la Organización de Estados Americanos (OEA por siglas en inglés) por beneficiarme con la beca número 73872 para realizar el programa de la maestría ICOMVIS.

A la ONG Galapagos Conservancy por todo el apoyo logístico brindado durante la elaboración de este estudio, y al programa restauración de tortugas gigantes (GRTI por sus siglas en inglés) de manera especial a su director Wacho Tapia por la ayuda y predisposición en todo momento y por permitirme asistir a sus giras de campo. A los asesores científicos del GTRI James Gibbs y Linda Cayot por sus valiosos aportes y recomendaciones para la realización de esta investigación.

A la Dirección del Parque Nacional Galápagos por recibirme en sus instalaciones y otorgar los permisos correspondientes para la realización de este estudio, de manera especial a sus guardaparques Galo Quezada del departamento de ecología aplicada por la facilitación del laboratorio y los equipos para el análisis de las muestras y el transporte brindado y, a Wilson Villamar por su valioso conocimiento acerca de estos reptiles los cuales fueron fundamentales durante la colecta de datos.

A la Fundación Charles Darwin y de manera especial a la directora del departamento de botánica Patricia Jaramillo por facilitarme el acceso a la colección de referencia de las plantas de Galápagos y por la ayuda brindada en la identificación de las semillas, de la misma manera a Diana Flores asistente del herbario por su colaboración en todo el proceso.

A la Universidad Nacional Costa Rica (UNA) y al Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS) por acogerme como estudiante, de manera especial a los profesores Joel Sáenz y Mónica Retamosa por ser parte del comité de tesis y por sus valiosas contribuciones a este estudio.

A los voluntarios Adrián, Jennifer, Patri, Noelia, Ana, Kenza, Marina y Tania por su apoyo en la fase de campo e identificación de semillas, y por los gratos recuerdos durante nuestra estadía en las encantadas.

A los compañeros de la Proción XXVI por todo el apoyo brindado durante este proceso de aprendizaje, y por último a la organización Idea Wild por los equipos otorgados para la realización de este estudio. A todos sin excepción mis más sinceros agradecimientos.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
CONTENIDO.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
ÁREA DE ESTUDIO.....	11
Sitio de Estudio.....	13
MÉTODOS.....	15
Uso de hábitat.....	15
Dieta de las tortugas y las iguanas.....	16
Amplitud y sobreposición de nicho trófico.....	18
Uso del espacio de las tortugas y las iguanas.....	19
Análisis de datos.....	19
RESULTADOS.....	21
Uso de hábitat.....	21
Dieta.....	28
Amplitud y sobreposición de nicho trófico.....	41
Uso del espacio.....	42
DISCUSIÓN.....	43
Uso de hábitat.....	43
Dieta.....	45
Comparación de dieta.....	48
Ampliación y sobreposición de nicho trófico.....	51
Uso del Espacio.....	52
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
LITERATURA CITADA.....	56
ANEXOS.....	70

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro	Página
Cuadro 1. Modelos GLM de Poisson, conteniendo las variables explicativas de la presencia de tortugas en los diferentes hábitats, utilizando el criterio de información de Akaike (AICc), diferencia entre valores del criterio de Akaike (dAICc) y peso de los modelos ( $w_i$ ).....	24
Cuadro 2. Modelos GLM de Poisson, conteniendo las variables explicativas de la presencia de las iguanas en los diferentes tipos de hábitats, utilizando el criterio de información de Akaike (AICc), diferencia entre valores del criterio de Akaike ( $\Delta$ AICc) y peso de los modelos ( $w_i$ ).....	26
Cuadro 3. Tipo, origen, frecuencia de ocurrencia y porcentaje en la dieta de las especies de plantas presentes en las heces de las tortugas y las iguanas en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016.....	29
Cuadro 4. Valores de diversidad, amplitud y sobreposición de nicho trófico de la dieta de las tortugas gigantes y las iguanas terrestres.....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Mapa del Archipiélago de las Islas Galápagos. ....	12
Figura 2. Mapa de ubicación de la Isla Santa Fe. ....	14
Figura 3. Diagrama del recorrido realizado durante la colecta de heces en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016 .....	15
Figura 4. Valores de la mediana, media y las mediciones de los hábitats para las tortugas y las iguanas en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.....	22
Figura 5. Porcentaje de uso de los diferentes tipos de hábitat por las tortugas gigantes y las iguanas terrestres en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.....	23
Figura 6. Relación entre las ubicaciones las heces de tortugas e iguanas con los diferentes tipos de hábitat de acuerdo al análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016 .....	23
Figura 7. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas <i>C. hoodensis</i> , y el porcentaje del hábitat Abierto, de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016. ....	24
Figura 8. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas <i>C. hoodensis</i> , y el porcentaje del hábitat Enceliar, de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016. ....	25
Figura 9. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas <i>C. hoodensis</i> , y el porcentaje del hábitat Cactal, de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016. ....	25

Figura 10. Relación entre la presencia (frecuencia uso) de iguanas <i>C. pallidus</i> , y el porcentaje del hábitat Leñoso, de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016. ....	27
Figura 11. Relación entre la presencia (frecuencia de uso) de iguanas <i>C. pallidus</i> , y el porcentaje del hábitat Enceliliar, de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, 2016.....	27
Figura 12. Mapa de las heces recolectadas y geo-referenciadas de las tortugas y las iguanas, durante la época seca en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016. ....	28
Figura 13. Frecuencia de ocurrencia de las especies de plantas presentes en la dieta de la tortuga gigante ( <i>C. hoodensis</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.....	31
Figura 14. Curva de acumulación de las especies de plantas esperadas en la dieta de la tortuga gigante ( <i>C. hoodensis</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.....	32
Figura 15. Origen de las especies de plantas presentes en la dieta de la tortuga gigante ( <i>C. hoodensis</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.....	33
Figura16. Tipos de vegetación de las especies de plantas presentes en la dieta de la tortuga gigante ( <i>C. hoodensis</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. N.A.....	34
Figura 17. Frecuencia de ocurrencia de las especies de plantas presentes en la dieta de la iguana terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. ....	35
Figura 18. Curva de acumulación de las especies de plantas esperadas en la dieta de la iguana terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. ....	36
Figura 19. Origen de las especies de plantas presentes en la dieta de la iguana terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.....	37
Figura 20. Tipos de vegetación de las especies de plantas presentes en la dieta de la iguana terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. ....	38

Figura 21. Peso de las categorías de alimento de las heces de la tortuga gigantes ( <i>C. hoodensis</i> ) y la iguanas terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, 2016.....	39
Figura 22. Especies de plantas compartidas entre las dietas de la tortuga gigante ( <i>C. hoodensis</i> ) y la iguana terrestre ( <i>C. pallidus</i> ) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.....	40
Figura 23. Áreas de uso de las tortugas y las iguanas con el estimador de Kernel al 90% y 50%, basado en la ubicación de las heces recolectadas y georeferenciadas, en la Isla Santa Fe, Galápagos 2016.....	402

## INTRODUCCIÓN

En el archipiélago de Galápagos ubicado a 1000 km del Ecuador continental se han identificado 15 especies de tortugas gigantes de las cuales se han extinto cuatro (Poulakakis et al. 2015) en las últimas centurias. La especie *Chelonoidis sp.* habitó en la Isla Santa Fe, y se extinguió hace aproximadamente 150 años debido a la acción de los tripulantes de barcos balleneros y piratas que las cazaban como suministro de carne por su facilidad de captura y abundancia (Swingland y Klemens 1989). Posterior a la extinción de esta especie de tortuga, se introdujeron en esta isla cabras (*Capra hircus*), las cuales fueron erradicadas por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) en 1973, sin embargo dejaron el hábitat muy alterado (Hamann 1979a, Márquez et al. 2003).

Se ha comprobado que la extinción de especies en los últimos 100 años se ha alterado debido a las acciones humanas, lo cual ha acelerado este proceso natural (Koh et al. 2004). Cuando la extinción de una especie es generada por causas antrópicas, ocasiona cambios drásticos en la composición y en la estructura de los ecosistemas, lo que incrementa la degradación de los hábitats debido a la pérdida de las funciones ecológicas que cumplían estas especies, lo que a su vez, modifica las redes tróficas y las interacciones con otras especies, como el mutualismo, depredación, competencia (Baena et al. 2008, Estes et al. 2011, Berkunsky-Igor y Giacomo 2015).

Para minimizar los efectos negativos de la extinción de una especie por causas antrópicas, se han aplicado diversos mecanismos y estrategias, entre ellos la introducción de especies de fauna silvestre que actúen como análogos ecológicos en los ecosistemas. Esta estrategia es una de las más usada a nivel mundial y, ha tenido mayor relevancia en los últimos años para garantizar la funcionalidad de los ecosistemas (Seddon et al. 2007). Se ha utilizado principalmente en proyectos de restauración ecológica, los cuales han ayudado a la conservación de los ecosistemas, ya que sus objetivos se plantean para reducir o revertir los procesos de degradación en los hábitats alterados y minimizar el riesgo de extinción de las especies a través del tiempo (Brent y Cushman 2007, Armstrong y Seddon 2008).

Esta estrategia tiene variaciones conceptuales en cuanto a la liberación de especies de fauna en lugares donde existe, existió, o donde nunca existió. Por ejemplo: A) Introducción benéfica, es el intento de establecer una especie con fines de conservación fuera de su área de distribución registrada (Serio 2011). B)

Reintroducción, es la liberación intencional de un organismo dentro del rango nativo o natural de la especie cuando ha desaparecido como consecuencia de actividades humanas o catástrofes naturales. C) Se considera el término “restablecimiento” como sinónimo del anterior pero involucra que la reintroducción sea exitosa (Seddon 2010, Serio 2011, UICN 2013). D) Translocación, consiste en repoblar un hábitat con movimiento de organismos vivientes de un área a otra, donde son liberados (Seddon 2010, Serio 2011, Soorae 2013). La efectividad y el éxito de la introducción de especies se basan principalmente en la sobrevivencia de los individuos y en los cambios en la estructura del ecosistema (Soorae 2013, Gibbs et al. 2014).

Los programas de introducción de especies de fauna silvestre, bajo el concepto mencionado anteriormente, ayudan a mejorar los hábitats alterados, estableciendo una especie con fines de conservación fuera de su área de distribución natural, pero dentro de un hábitat y área geográfica similar (UICN 1998, Serio 2011). Esta estrategia, en algunas ocasiones puede perjudicar las interacciones naturales que se dan en los ecosistemas con especies nativas que habitan en dichas áreas, lo cual puede aumentar el parasitismo, depredación y la competencia (Espunyes-Nozières 2011, Gallina y González 2011).

En el continente americano el uso de esta estrategia de conservación ha dado buenos resultados. Uno de ellos es la reintroducción de lobos (*Canis lupus*) en el Parque Nacional Yellowstone, donde se ha comprobado el beneficio que ha tenido para el ecosistema, como la recuperación y estabilización de las riberas de los ríos, el restablecimiento de plantas herbáceas, entre otros, debido al efecto cascada que ha producido la presencia del lobo (Smith et al. 2003, Dobson 2014).

En Ecuador se realizó la reintroducción de tortugas gigantes (*Chelonoidis hoodensis*) en la Isla Española en el Parque Nacional Galápagos en 1973, la cual ha sido catalogado como un hito en la conservación internacional, pues solo quedaban 12 individuos y su probabilidad de extinción era muy alta (Márquez et al. 1991, Cayot 2008). Con ayuda de la reproducción en cautiverio de los individuos se ha dado un aumento paulatino de la población, la cual se estima que actualmente alcanza más de 2000 individuos en estado natural, de los cuales algunos ya se están reproduciendo (Márquez et al 2003, Gibbs et al. 2014). Debido a los buenos resultados en esta reintroducción, la estrategia fue aplicada en otras especies de tortugas gigantes del género *Chelonoidis* que habitan en otras islas del archipiélago de Galápagos (Hansen et al. 2010, Rivera 2016).

Es importante destacar que para evaluar el éxito de una introducción (crecimiento poblacional, sobrevivencia, competencia, uso de hábitat, alimentos, etc.) y determinar si la estrategia utilizada es beneficiosa para una especie, es necesario realizar estudios sobre la distribución y movimiento de los individuos liberados en un área, así como las interacciones ecológicas intra e interespecíficas, tales como la competencia por alimentos (dieta) y el uso de hábitat (Seddon 2010). En el caso de la Isla Santa Fe, evaluar el éxito de la introducción de las tortugas como “análogo ecológico”, implica determinar las interacciones que se dan entre la especie de tortuga gigante introducida con las especies de la isla, en especial con las iguanas terrestres, ya que la interacción entre estas especies, podría cambiar el comportamiento y las actividades ecológicas de ambas por efecto de la competencia, lo que a futuro podría generar una reducción en alguna de las poblaciones (Tapia et al. 2015).

La competencia inter-específica ejerce presión evolutiva a los organismos para que estos puedan adaptarse y sobrevivir más allá de las restricciones ecológicas (Poling et al. 2006). Por lo tanto, las especies que coexisten en un mismo hábitat y compiten por los recursos similares, al tener un alto solapamiento de nicho ecológico, pueden verse forzadas a mejorar su habilidad para forrajear y proteger los recursos que son compartidos con otras especies (Morris y Dupuch 2012). En consecuencia, la segregación en uno de los componentes del nicho ecológico, se convierte en un mecanismo para contrarrestar, reducir o evitar los efectos negativos de la competencia intra e inter-específica (García 2009).

La segregación se fundamenta en que las características bióticas y abióticas como el tamaño corporal, la edad, el sexo, la geografía, el clima, los rasgos genéticos, la depredación, los sitios de refugio y la cantidad de recursos alimentarios, pueden incidir en que los recursos del hábitat sean usados en periodos de tiempo y formas diferentes, lo que aumenta la probabilidad de coexistir y sobrevivir (Bonnet et al. 2015). En ese contexto, una de las estrategias empleadas para establecer los nichos ecológicos de las especies y así determinar fenómenos como la segregación, son las investigaciones acerca de la dieta y el uso de hábitat (Kie et al. 2010).

Los estudios sobre dieta y uso de hábitat en especies de fauna silvestre tienen importantes implicaciones para la planificación a corto, mediano y largo plazo en la conservación de las especies, ya que los resultados y conclusiones nos permiten conocer cómo los diferentes individuos hacen uso del espacio (Storch 2003). Así mismo, nos ayudan a entender las relaciones tróficas entre las especies, y comprender si el hábitat ha sufrido algún cambio en su estructura, lo cual provee información

básica y necesaria para aplicar medidas de manejo (Lavoie et al. 2007, Loyola 2014, Gallina 2015).

En la actualidad, los estudios de dieta abarcan varios aspectos, que en conjunto definen el nicho trófico que cada especie ocupa en el ecosistema, entre ellos se encuentran la determinación de los elementos consumidos, su variabilidad estacional y espacial, la adaptación a los recursos disponibles, la competencia intra e inter-específica por alimentos, la fisiología y energía de la alimentación y el impacto producido en el propio ecosistema (Korschgen 1980, Andreu 1987). Los estudios de dieta son importantes porque permiten conocer cuáles son los alimentos que ingieren las especies y, nos brinda información de cómo, cuándo y dónde son obtenidos (Gallina 2015). Así mismo se puede demostrar la incidencia de patógenos, enfermedades relacionadas a la alimentación, calidad del alimento y su influencia en el crecimiento, comportamiento y reproducción (Páez 2008).

Para realizar este tipo de estudios se han usado diferentes métodos, sin embargo el método post-ingestión (heces, regurgitaciones y lavados estomacales) ha cobrado mayor relevancia en la actualidad, ya que la calidad de los resultados permiten hacer mejores inferencias, sobre todo en especies aisladas que por distintas razones (logísticas, legales, climáticas y costos) no se pueden observar alimentándose en su espacio natural (Gallina y González 2011). Los análisis de heces fecales de fauna silvestre a través del uso de técnicas micro o macro histológicas son efectivos, debido a que la epidermis vegetal generalmente es resistente a la digestión y, a menudo presenta características particulares y propias de cada especie o grupo de planta, lo cual facilita su identificación taxonómica (Gallina y González 2011).

Este método consiste en examinar los tejidos vegetales al igual que las semillas, hojas, frutos, flores y raíces encontrados en las excretas para identificar las especies vegetales mediante microscopio o estereoscopio y/o compararlas con colecciones botánicas pre-existentes y con la ayuda de un experto botánico (Gallina 1993, Blake et al. 2012, Traveset et al. 2016). Una de las ventajas en este método es que permite realizar los análisis usando muestras frescas o secas, lo cual sirve para determinar qué consume un organismo en un determinado tiempo, también nos permite obtener un gran número de muestras sin necesidad de sacrificar a los individuos (Gallina y González 2011).

En las Islas Galápagos, esta técnica fue usada en estudios de dieta de las especies *Chelonoidis nigra*, *Chelonoidis becki*, iguanas del género *Conolophus sp*, *Geospiza magnirostris*, *Mimus parvulus* (Heleno et al. 2011, Blake et al. 2012, Blake et al.

2015b), en los cuales se han identificado los elementos de su dieta hasta en un 70%, debido a que estos animales ingieren su alimento sin triturarlo. Traveset et al. (2016) y Blake et al. (2012) realizaron estudios de dieta en iguanas (*Conolophus subscristatus*) y en tortugas (*Chelonoidis porteri*), en las cuales identificaron la presencia de 36 y 64 especies de plantas respectivamente.

La dieta está relacionada estrechamente con el tipo de hábitat que usan las especies, debido a que la abundancia y la accesibilidad de los recursos dentro los hábitats son variables (Manly et al. 2002). En consecuencia, el comportamiento en el uso de hábitat de un individuo o población está influenciado por la disponibilidad de recursos y por el número de competidores de similares condiciones tróficas (Gallina y González 2011). Generalmente los métodos utilizados para análisis del uso de hábitat se basan en la caracterización a diferentes escalas y tipos de vegetación o recursos presentes en la zona donde habitan las especies, lo cual se puede realizar a través de observaciones directas o indirectas (Garshelis 2000).

El concepto de hábitat en el contexto de manejo de fauna silvestre es uno de los más importantes, ya que es el espacio que cumple con las condiciones apropiadas y provee alimento, refugio, cobertura, asociaciones vegetales, calidad de agua y aire los cuales son esenciales para que un organismo, población o especie pueda sobrevivir a las variaciones cíclicas de estos elementos (Mitchell 2005, Marines - Macías 2014). En este sentido, la relación de la fauna silvestre con la dieta y sus hábitats es un componente central de la ecología y un área importante de la investigación, ya que implica entender el comportamiento de los animales y cómo utilizan los hábitats distribuidos a través del espacio heterogéneo (Hutto 1985, Palacios - Román y Valencia 2015, Hull et al. 2016).

Los ecosistemas continentales en general presentan diferentes tipos de hábitat por lo cual son catalogados como heterogéneos, y teóricamente proporcionan más recursos y nichos ecológicos, lo cual influye en la forma en cómo las especies de fauna silvestre explotan esos recursos para sobrevivir (Luiselli 2006, Edwards et al. 2014). Sin embargo, las islas oceánicas debido a su aislamiento geográfico, han evolucionado de forma independiente a los ecosistemas continentales, creando condiciones más homogéneas, lo cual es una limitante para las especies que habitan estos hábitats, ya que restringe el uso de los recursos al no existir diversidad de los mismos, lo cual genera que en algunas especies ocupen el mismo nicho ecológico (Fernández-Palacios y Morici 2004).

Existen conceptos relacionados con el uso de hábitat, que son importantes en la dinámica de las poblaciones. 1) Selección de hábitat, es un proceso en el cual el animal elige un hábitat entre distintas alternativas disponibles, en este caso, cuando el o los hábitat(s) usado(s) no son proporcionales a su disponibilidad (Litvaitis et al. 1994). 2) Preferencia de hábitat, se refiere a la probabilidad de que un recurso disponible (hábitat, refugio, alimento) sea elegido, cuando el animal tiene varios recursos disponibles en igual cantidad e independiente de la disponibilidad, lo cual casi nunca ocurre en condiciones naturales, por tal razón, este tipo de estudios está restringido a animales confinados al cautiverio (Manly et al. 2002). 3) El uso de hábitat, se entiende como la cantidad de dicho recurso utilizado por un animal o población en un periodo de tiempo y espacio, y a la vez indica una asociación con dicho recurso (Manly et al. 2002).

Los estudios de uso de hábitat presentan ciertas ventajas, ya que nos permiten conocer cuánto tiempo pasan los individuos en áreas particulares, ayuda a localizar los recursos en los diferentes tipos de hábitat y como estos son empleados con respecto a su disponibilidad (McDonald et al. 2012). También proveen de información acerca de qué esfuerzos o medidas de manejo se deben efectuar, máxime en especies en peligro de extinción o en áreas con un alto valor ecológico, lo cual brinda un mayor enfoque para la conservación (Hull et al. 2016).

En el archipiélago de Galápagos se ha determinado que las distintas especies de tortugas gigantes e iguanas terrestres utilizan de forma diferente los distintos tipos de hábitats presentes en cada isla donde habitan (Gentinele y Snell 2009). Este uso diferencial del hábitat depende de la época (lluviosa o seca) y la cantidad de recursos alimentarios disponibles (Hunter et al. 2013, Gibbs et al. 2014, Blake et al. 2015b). Para el caso de la tortuga gigante (*C. hoodensis*) se demostró que se encuentra mejor adaptada para ocupar hábitats áridos, en comparación con otras especies de tortuga (morfortipo cúpula), las cuales seleccionan zonas más húmedas (Hunter et al. 2013). Los resultados de estos estudios han permitido a la Dirección del Parque Nacional Galápagos implementar medidas de manejo para mejorar los hábitats que ocupan estos reptiles (López–Arturo y Rueda 2013, Jaramillo et al. 2014).

Por otra parte el nicho ecológico se define como un hipervolumen con base en tres dimensiones: hábitat, alimento y temporalidad, sin embargo puede incluir otras más (Kie et al. 2010). El nicho de cada especie cumple con ciertas condiciones para que los organismos pueda desarrollarse de acuerdo los recursos existentes y a la forma en cómo los utilizan (Sexton et al. 2017). Sin embargo el uso de un nicho entre especies

con alta similitud ecológica y/o morfológica puede generar competencia interespecífica (Sloan y Yoshimura 1994).

Las consecuencias de una alta sobreposición de nicho alimentario, pueden conllevar a las especies a adaptarse y evolucionar en largos periodos de tiempo, por ejemplo aumentando su tamaño corporal como forma de contrarrestar la competencia, caso contrario podría conducir a la extinción o el desplazamiento de una de las especies, lo cual a su vez influye en la estructura del hábitat (Bonnet et al. 2015). Cuando una especie es introducida con fines de restauración ecológica y presenta una sobreposición de nicho trófico con especies originarias del hábitat, es posible que se perjudique el proceso de adaptación de la especie introducida, lo cual conllevaría a la pérdida en la eficacia de sus funciones ecológicas (Soorae 2016).

Un mecanismo para contrarrestar los efectos negativos de la competencia intra o inter-específica es la segregación, espacial o temporal en el uso de alimentos o hábitat, el cual va a depender de la amplitud del nicho, a partir de si la especie es generalista o especialista a cierto recurso (Sexton et al. 2017). La amplitud del nicho trófico es un parámetro importante para la evaluación del nivel de especialización y adaptación de las especies, debido a que actúan de forma diferente (Sexton et al. 2017). Por ejemplo, los reptiles comparten el proceso de termorregulación y los lugares donde la realizan, debido a la eficiencia de absorción de calor (Rojas et al. 2016). Si un determinado ecosistema no tiene condiciones favorables para las especies, estas harán uso del recurso en alta proporción lo cual aumentará la competencia.

En las Islas Galápagos las especies de fauna comparten los mismos hábitats, por lo cual es de suponer, que exista competencia por la poca variedad de recursos, principalmente alimentarios (Gibbs et al. 2014). Sin embargo, algunas especies se han adaptado y mostrado afinidad por cierto recurso específico, lo cual ha permitido que convivan de forma simpátrica (Lawson y Petren 2017). Algunos estudios acerca de la dieta y el uso de hábitat han permitido priorizar sitios para restauración ecológica con el objetivo, que en el largo plazo, las islas recuperen su forma más prístina posible (Landázuri–Ondina 2010, Heleno et al. 2011). Sin embargo, en la mayoría de los casos, las investigaciones de dieta y uso de hábitat han sido realizados con poca coordinación y de forma separada para una misma especie.

Galápagos ha tenido cambios en sus ecosistemas, principalmente por acciones antropogénicas, lo que ha contribuido a la pérdida de especies y al cambio en la cobertura vegetal, dando como resultado la alteración del paisaje (Jaramillo–Díaz y

Cueva 2014). Estas condiciones repercuten en la respuesta del amoldamiento de las distintas especies para hacer uso de los recursos, lo cual podría aumentar aún más la competencia que en condiciones normales. Las tortugas gigantes y las iguanas terrestres en las islas Galápagos comparten el mismo espacio geográfico, por lo cual es de suponerse que tienen estrategias diferentes para adaptarse a los recursos que son limitados.

En la Isla Santa Fe perteneciente al archipiélago de Galápagos, existe una especie de iguana terrestre endémica (*Conolophus pallidus*), la cual es de color amarillo pálido y puede pesar hasta 30 libras y medir más de 92 cm (Gentinele y Snell 2009, Anexo A). Son herbívoros y su dieta se basa principalmente en cactus y plantas herbáceas. Se ha estimado una población de 6500 individuos con una densidad de 2.7 ind./ha, está catalogada en la lista roja de especies como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Jiménez et al. 2012). Es una de las tres especies de iguana terrestres que habitan en el Archipiélago de Galápagos (Bisconti et al. 2001, Márquez et al. 2010), las cuales morfológicamente tienen características muy similares, sin embargo difiere en su hocico, que es más alargado y cónico, además presenta espinas dorsales más pronunciadas.

La tortuga terrestre gigante (*Chelonoidis hoodensis*) es otro reptil endémico del archipiélago de Galápagos que habita en la Isla Española en zonas rocosas y abiertas, es herbívora y dispersora de semillas de varias especies de plantas, principalmente de la especie de cactus *Opuntia echios. var. gigantea*, planta igualmente endémica del archipiélago (Coronel-Villavicencio 2002, Márquez et al. 2003). Su cuello es de color gris y largo, su caparazón es de tipo de montura y mide en promedio 70 cm de largo, los machos de mayor tamaño miden hasta 90 cm (Anexo B), siendo la tortuga más pequeña en comparación con otras especies de tortugas de Galápagos (Caccone et al. 1999). Pueden almacenar grasa en su cuerpo para sobrevivir en épocas de escasez de agua y alimento (Ernst y Barbour 1989). Las hembras anidan en áreas secas abiertas con poca presencia de rocas, y ponen entre 6 a 10 huevos los cuales eclosionan entre los cuatro y seis meses (Caccone et al. 1999).

Las iguanas terrestres y las tortugas gigantes extintas *Chelonoidis sp* compartieron el ecosistema de la isla Santa Fe hasta hace aproximadamente 150 años (Keith et al. 1984a, Barrel y Etheridge 1989). La extinción de la tortuga, produjo cambios en el ecosistema, afectando las relaciones tróficas entre especies, incluyendo la iguana. Cuando una especie se extingue por causas antrópicas, los efectos en el ecosistema se visualizan en las relaciones de herbivoría y en la alteración de la cadena trófica, lo

cual genera cambios en la estructura vegetal, así como reducción y alteración en los procesos simbióticos con otras especies de fauna (Tambutti et al. 2002, Broswimmer 2005, Traveset - Anna y Santamaría 2004, Morales - Betancourt y Estévez 2006).

En la Isla Santa Fe existió una población de tortugas gigantes, con un linaje genético propio, lo que permitió que sea considerada como una especie diferente con respecto a las demás especies de tortugas (Caccone et al. 2002, Poulakakis 2012). Sin embargo, solo se logró clasificarla a nivel de género (*Chelonoidis sp.*) debido a que solo se encontraron restos de heces, huevos, caparazones y huesos (VanDenburgh 1914). Esta especie, como las otras especies de tortuga gigante vivientes, tuvo una estrecha relación con la flora endémica de la isla, debido al rol ecológico que cumplía, por lo que su extinción y la introducción de especies exóticas (cabras, posteriormente erradicadas) han tenido efectos en algunos procesos ecológicos, principalmente sobre el síndrome de dispersión de semillas, lo que generó cambios en el paisaje y el establecimiento de plantas leñosas en áreas que deberían ser abiertas u ocupadas por plantas herbáceas, ya que otros dispersores como la iguana terrestre (*Conolophus pallidus*) parecen no cumplir este rol ecológico en su totalidad como las tortugas gigantes en el pasado ( Hamann 1979b, Tapia et al. 2015).

Así mismo, un estudio genético determinó que la especie de tortuga extinta de la Isla Santa Fe *Chelonoidis sp* está emparentada con la tortuga de la Isla Española *Chelonoidis hoodensis* (Caccone et al. 2002, Russello et al. 2010). Debido a la similitud genética, ecológica y, al cambio en la estructura del hábitat de la isla, la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) e investigadores de la ONG Galapagos Conservancy desde el año 2015 iniciaron un programa de restauración ecológica, con la introducción de 207 individuos juveniles de la especie *Chelonoidis hoodensis* para que actuara como “análogo ecológico” de la tortuga gigante extinta, y así minimizar los impactos generados por la extinción a largo plazo.

Por lo expuesto, el presente estudio evaluó la dieta y el uso de hábitat de las tortugas y las iguanas, estableciendo la relación entre estas especies de reptil, como un "proxi" para evaluar la introducción de la tortuga gigante a la Isla Santa Fe. Hay que mencionar que los resultados de este estudio generaron información, la cual puede ser usada como criterio de manejo en torno al proceso de restauración ecológica de la isla, ya que esta investigación es la primera realizada, posterior a la liberación (introducción) de las tortugas gigantes: Por lo tanto, los objetivos del estudio fueron:

**Objetivo general**

Evaluar la dieta y el uso de hábitat de las tortugas gigantes (*Chelonoidis hoodensis*) introducidas y las iguanas terrestres (*Conolophus pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos.

**Objetivos específicos:**

- Cuantificar el uso de hábitat de las tortugas introducidas y las iguanas en la Isla Santa Fe.
- Analizar la dieta de las tortugas introducidas y las iguanas en la Isla Santa Fe.
- Determinar la amplitud y sobreposición del nicho trófico temporal entre las tortugas introducidas y las iguanas en la Isla Santa Fe.
- Estimar el uso del espacio de las tortugas introducidas y las iguanas en la Isla Santa Fe.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Archipiélago de Galápagos está situado en el Océano Pacífico a 972 km de las costas ecuatorianas, entre los 89°16" y 92° 01' de longitud oeste, 1° 40" de latitud norte y 1° 36" de latitud sur. La superficie total del archipiélago es de 7985 km<sup>2</sup>, y se encuentra formado por 7 islas mayores, 12 islas menores, 42 islotes y 26 rocas, y su punto más alto es el volcán Wolf (1707 msnm) en la Isla Isabela (DPNG 2014). Estas islas son de origen volcánico y se asientan sobre la cordillera submarina de Carnegie, y está sobre la placa tectónica de Nazca, la cual se mueve en dirección noreste. Por esta razón, las islas tienden a acercarse al continente 2 cm al año por el fenómeno llamado subducción. La edad geológica de las islas está entre los 3 y 5 millones de años, siendo las islas occidentales las más jóvenes del archipiélago (DPNG 2014).

Las Islas Galápagos fueron anexadas al Ecuador en 1832 y actualmente constituye una de las 24 provincias que tiene el país, la provincia fue creada el 18 de Febrero de 1973. Políticamente está dividida en tres cantones que corresponden a las islas de San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela donde viven 25 124 personas (INEC 2010). Las actividades económicas que se realizan en las islas son principalmente el turismo, seguido de pesca, agricultura, ganadería y servicios profesionales.

La creación del Parque Nacional Galápagos fue el 4 de Julio 1959 bajo decreto ejecutivo N° N-17 el cual contempla el 97% de la superficie terrestre de todas las islas, con una extensión de 799 540 ha, además fue la primera área protegida del Ecuador (DPNG 2014, MAE 2010). Adicionalmente en el año 1984 Galápagos fue declarada por la UNESCO como Reserva de la Biósfera. La razón fundamental para declarar las islas como parque nacional y reserva de biosfera fueron el alto grado de endemismo de las especies de flora y fauna que están presentes (MAE 2010).

En 1998 entró en vigencia la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de Galápagos donde se da la creación de la Reserva Marina de Galápagos con 138 000 km<sup>2</sup> de aguas oceánicas. Esta categoría de manejo permite realizar actividades de interés comercial, conservación y protección de especies y ecosistemas marinos (DPNG 2014).

El clima de las islas está influenciada y determinada por factores como: posición geográfica, corrientes marinas, vientos alisos, precipitación y temperatura. A pesar de encontrarse atravesado por la línea ecuatorial, el archipiélago tiene un clima seco y sub tropical.

Las Islas Galápagos tienen dos estaciones climáticas:

- Cálida / Húmeda: Se da entre enero y mayo, presenta altas temperaturas y fuertes lluvias con vientos escasos y el mar calmo.
- Fría / Seca: Se presenta entre junio y diciembre, las precipitaciones son bajas en forma de llovizna, la temperatura del ambiente es menor a la temperatura del mar, generalmente el cielo está cubierto y el mar agitado.

Las dos estaciones climáticas presentan diferentes características, la estación cálida muestra temperaturas medias entre 24 °C y 26 °C y las precipitaciones están entre 100 - 300 mm al mes. En la estación fría la temperatura media está entre 20 °C y 22 °C, y la precipitación oscila entre 50 - 100 mm mensuales. (FCD 2016)

Existen tres zonas de vida diferenciadas en las islas Galápagos. 1) Zona Árida: tiene lugar en las partes bajas y norte de las islas, presenta vegetación arbustiva y espinosa, además el suelo presenta poca humedad. 2) Zona de Transición: esta zona presenta características de las zonas árida y húmeda. 3) Zona Húmeda: Tiene una alta fertilidad por los altos niveles de humedad del suelo debido a la constante presencia de garúa, se encuentra en alturas mayores a los 600 msnm, y es utilizada como zona agrícola en las islas habitadas (DPNG 2014).

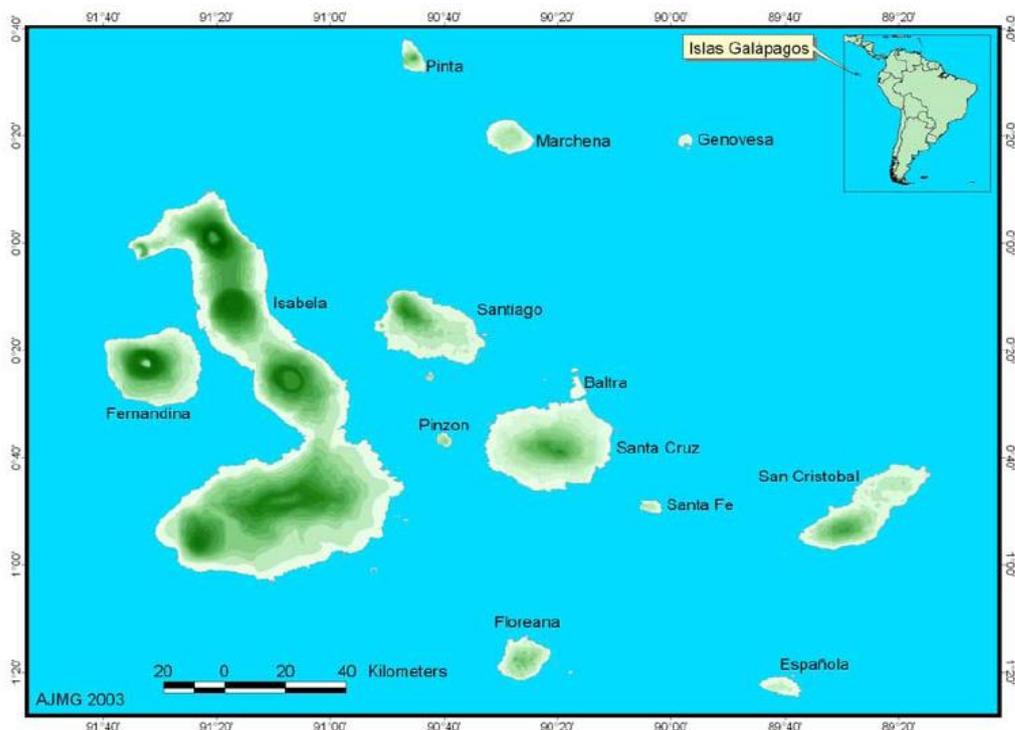


Figura 1. Mapa del Archipiélago de las Islas Galápagos, Ecuador, mostrando las principales islas.

Los ecosistemas terrestres se dividen por la distribución de las comunidades vegetales y la presencia de precipitaciones. En las tres zonas de vida, la biodiversidad varía entre islas. Así mismo, la diversidad de flora y fauna a escala global no se considera alta, sin embargo, el porcentaje de endemismo y el estado de conservación en la mayor parte del archipiélago es alto. Algunos ejemplos representativos de la fauna endémica terrestre constituyen las trece especies de pinzones de Darwin, las tortugas gigantes, iguanas terrestres, las *Opuntias* endémicas y plantas de la familia de los girasoles (*Scalesia sp.*) entre otras (DPNG 2014).

### **Sitio de Estudio**

La colecta de datos para este estudio se llevaron a cabo en la Isla Santa Fe, la cual se encuentra a 15.69 km de la Isla Santa Cruz que es la más poblada, se ubica en las coordenadas 0°49'S 90°04'O en parte central del archipiélago, tiene una superficie de 24.01 Km<sup>2</sup>, presenta una topografía muy irregular debido a la presencia de algunos acantilados, sus elevaciones no superan los 260 msnm, su vegetación presenta características de zonas áridas, con especies vegetales como *Opuntia echios var. barringtonensis*, *Cordia lutea*, *Bursera graveolens* (Wiggins y Porter 1971).

Esta isla no tiene asentamientos humanos, ni cuerpos de agua dulce permanente durante todo el año, a excepción de la temporada de lluvias cuando el agua se estanca en pequeñas lagunas. Su origen data de hace 3.9 millones de años aproximadamente siendo una de las más antiguas de todo el archipiélago, sus suelos son de origen volcánico, aunque actualmente está considerada como un volcán extinto a diferencia de otras islas. (DPNG 2014). En la zona árida de Galápagos se ha registrado una temperatura máxima de 29.9 °C y una mínima de 18.2 °C, y la precipitación desde 0 mm hasta 194 mm lo cual incluye a Santa Fe (FCD 2016). En relación a otras islas del centro del archipiélago, presenta un índice de alteración de 0.11 y un índice de endemismo 0.45 lo cual se traduce en un mejor estado de conservación (FCD 2017).

Esta isla tiene dos sitios de visita turística, la botella y bahía Barrington, en los cuales se permiten realizar actividades como caminatas por senderos, avistamiento de aves y reptiles, snorkel, kayak, buceo de superficie y profundidad, además pesca vivencial (DPNG 2014). Políticamente es administrada por el Cantón San Cristóbal (Isla San Cristóbal) y su uso marítimo y terrestre es limitado, forma parte del área núcleo del PNG y está catalogada como área testigo o área control para medir los

efectos de los impactos en relación con otras islas, así mismo se permite realizar estudios relacionados a la biodiversidad, ecología y calentamiento global en ausencia de humanos.

Varias especies de fauna habitan en esta isla, lobos marinos (*Zalophus wollebaeki*), varios pinzones de Darwin del género *Geospiza*, cucuves (*Nesomimus parvulus*), ratón endémico de Santa Fe (*Aegialomys galapagoensis*), lagartijas de lava (*Microlophus albemarlensis*), gavilán de galápagos (*Buteo galapagoensis*), palomas de galápagos (*Zenaida galapagoensis*), iguanas amarillas (*Conolophus pallidus*), búho de galápagos (*Asio flammeus galapagoensis*), gaviota de galápagos (*Larus fuliginosus*), papa moscas (*Myiarchus magnirostris*) y ostrero pío de galápagos (*Haematopus palliatus galapagoensis*) (DPNG 2014) .

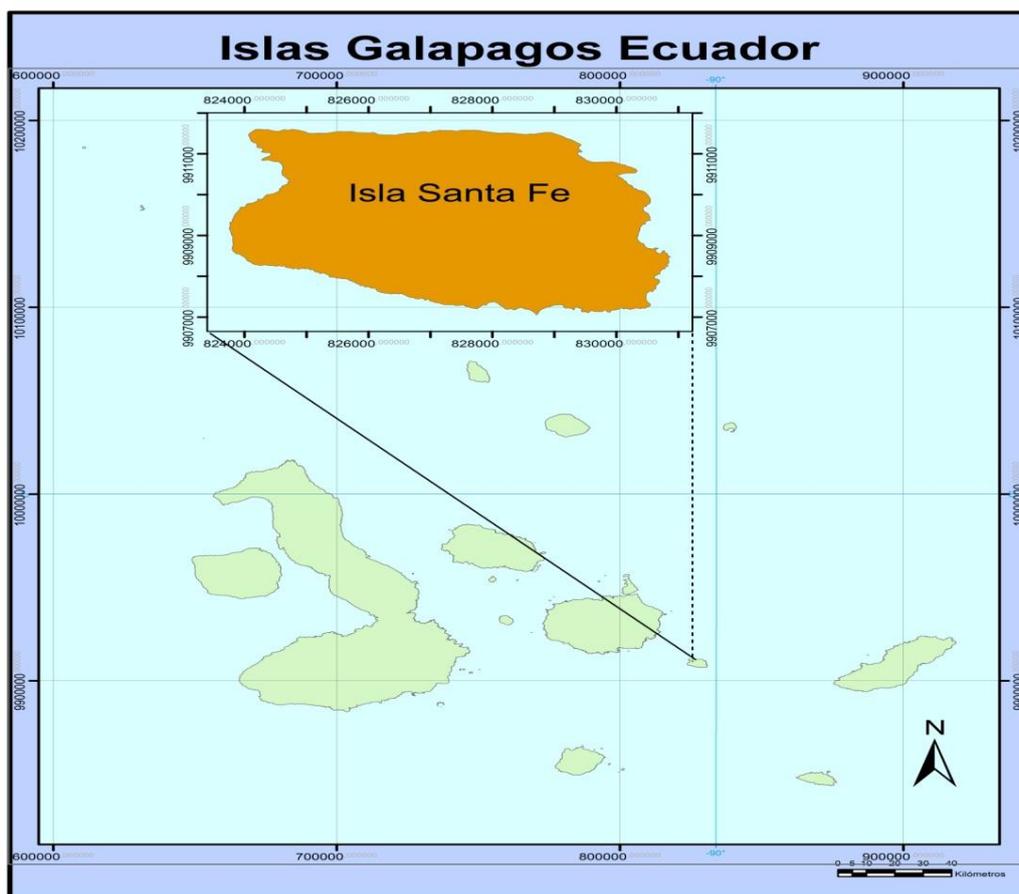


Figura 2. Isla Santa Fe. Fuente: Wilson Cabrera, Dirección Parque Nacional Galápagos, 2016.

## MÉTODOS

### Uso de hábitat

Para evaluar el uso del hábitat de las tortugas y las iguanas, se establecieron 63 transectos en la parte central de la isla en un área superior a los 5.14 km<sup>2</sup>, los cuales tenían una distancia máxima de 3.5 km de longitud, y estuvieron separados cada 25 m uno de otro. Estos transectos fueron recorridos de forma *ad libitum* (por conveniencia) para cubrir la mayor cantidad de área posible, y por las características topográficas irregulares que presentaba el terreno. En los sitios donde se ubicaron las heces de cada una de las especies de reptil, se instaló una parcela circular de 12.5 m de radio, y en dicha área se realizaron medidas del hábitat (Figura 3).

Los hábitats se determinaron de acuerdo a la cobertura de la vegetación predominante en cada parcela usando el método de observación directa, el cual consiste en cuantificar el porcentaje de cobertura a través del criterio del observador. Los hábitats establecidos fueron: 1) Abierto: sitios con mayor presencia de rocas volcánicas, arena, grava, arcilla y plantas herbáceas de hasta 40 cm de altura. 2) Enceliar: área donde destaca la presencia de la especie de planta *Encelia hispida*. 3) Leñoso: presencia de plantas del género *Cordia* y las especies *Bursera graveolens* y *Castela galapageia*. 4) Cactal: sitios con mayor presencia de individuos adultos de la especie de planta *Opuntia echios* var. *barringtonensis* (Anexo C). Cabe resaltar que la colecta de estos datos fue realizada por la misma persona para minimizar el sesgo.

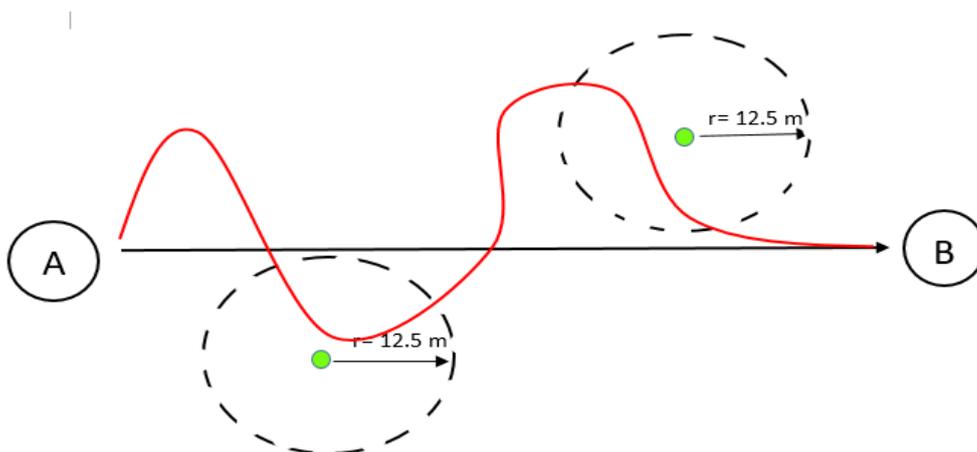


Figura 3. Diagrama del muestreo. La línea continua de color negro= distancia entre puntos equidistantes en un transecto. Línea continua de color rojo = recorrido de forma *ad libitum* (a conveniencia) para recolectar las heces de tortugas e iguanas. Línea discontinua negra= sitio de medición de las variables de hábitat  $r$  de cada excremento

## Dieta de las tortugas y las iguanas

Se determinó un tamaño de muestra adecuado para el análisis de heces, para lo cual se utilizó la fórmula descrita abajo ajustada con error de 5% y nivel de confianza del 90% para obtener una muestra representativa para las tortugas y las iguanas.

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n= tamaño de muestra

z= nivel de confianza 90 % (1.65)

p\*q = varianza (0.25)

e=error (0.05)

Según Gallina y González (2011) para conocer la dieta de una especie, el tamaño de muestra debe encontrarse entre 50 y 100 heces para que el resultado sea robusto y confiable. En este estudio el tamaño de muestra teórico calculado fue de 272 heces, sin embargo se recolectaron en 257 heces debido al tiempo de muestreo.

Para la colecta de heces y medición de las parcelas, se contó con ocho personas entre investigadores de Galapagos Conservancy, guardaparques, técnicos y voluntarios de la Dirección del Parque Nacional Galápagos. Los muestreos se realizaron entre las 07.00 y las 17.00 horas correspondiente a la época seca. Una vez localizada la excreta se procedió a identificarla y se geo-referenció este punto con receptor de GPS (GARMIN modelo Map 78).

Para diferenciar las heces de tortugas y las iguanas se utilizaron como criterios el tamaño (menor o mayor a 12 cm), la condición (fresca- seca) y forma (con o sin curvatura en el extremo). Las heces de tortuga presentaron un tamaño inferior a 12 cm, en su mayoría se encontraban secas (poco contenido de agua) y no presentaban curvatura en uno de los extremos. A diferencia de las heces colectadas de iguanas las cuales tuvieron un tamaño superior a los 14 cm, casi en su totalidad fueron frescas (alto contenido de agua) y presentaban curvatura en uno de los extremos (Anexo D). Al momento de la colecta de las heces, identificarlas fue relativamente sencillo ya que la diferencia en sus características era notable.

Las muestras colectadas fueron preservadas de acuerdo al criterio de bioseguridad de la Dirección del Parque Nacional Galápagos, el cual consistió en colocar las muestras en bolsas ziploc o de papel para que se mantengan secas. Cada muestra

fue etiquetada con la fecha, hora, coordenada y especie a la que pertenecía. Posteriormente todas las muestras fueron rociadas con insecticida de marca Baygon para evitar la presencia de insectos, después fueron colocadas en bolsas Biohazard con cinta adhesiva con tres niveles de seguridad para evitar riesgos cuaternarios (transporte de organismos de una isla a otra sin seguir el procedimiento correspondiente) (DPNG 2008).

Las muestras fueron transportadas a los laboratorios de la DPNG donde estuvieron sometidas a un proceso de secado térmico en una estufa a 45°C durante ocho días seguidos para deshidratarlas. Una vez secas las muestras se las pesó en una balanza analítica BOHECO de 250 g. Posteriormente, las heces fueron desmenuzadas y pasadas en un tamiz de cuatro niveles con apertura de malla de 5, 3, 1.5 y 0.5 mm. En los dos primeros niveles se encontraron diferentes elementos los cuales fueron separados con pinzas quirúrgicas de 2 mm x 16 cm, pesados y categorizados en las siguientes clases: cactus, herbáceas, material leñoso y material no identificado, utilizando el criterio de experto mediante la contextura, color, forma de los restos de tallos, hojas, raíces y flores encontradas en las heces. Luego se procedió a contar las semillas retenidas en los diferentes tamices y se las separó de acuerdo a sus características de color y tamaño. Posteriormente las semillas fueron colocadas en una caja petri de plástico y, para su observación se usó un estereoscopio Zeiss modelo Stemi DV4 el cual amplía la imagen x 32 y da mayor detalle del morfotipo de la semilla que se estuvo identificando.

Finalmente, se procedió a contrastar cada ítem encontrado en las heces, usando la guía fotográfica de semillas de las plantas de Galápagos (Jaramillo-Díaz y Heleno 2012) y el libro de claves taxonómicas de la flora de Galápagos de Wiggins y Porter et al. (1971), con este último se identificaron las especies de plantas a través de las hojas y flores principalmente. Cuando estos recursos no permitieron identificar las especies de plantas, se utilizó la colección de semillas y plantas secas de las Islas Galápagos perteneciente al herbario de la Fundación Charles Darwin. Además se contó con la ayuda de un profesional botánico para la comparación de las semillas presentes en las heces con las del herbario.

Para comparar la dieta entre las tortugas y las iguanas se utilizaron las especies de plantas identificadas (mediante las semillas, hojas y flores) en las heces de ambos reptiles. También se emplearon los datos de frecuencia de ocurrencia de las mismas, así como el origen y tipo de hábito al que pertenecían.

### Amplitud y sobreposición de nicho trófico

La amplitud de nicho trófico indica la variedad de recursos que consume cada especie y, la sobreposición de nicho trófico si los recursos alimentarios son utilizados en igual cantidad y proporción por ambas especies (González et al. 2006).

Se analizaron los recursos alimentarios que consumieron ambas especies de reptil en la isla, para lo cual fue necesario medir primero, la amplitud de nicho trófico, que es una manera de determinar la diversidad de la dieta. Segundo, se calculó la sobreposición de nicho trófico, con el fin de ver qué proporción de esta dieta estuvo traslapando, esto nos dará una idea sobre la competencia (proxi) entre las especies.

Se calculó la amplitud trófica de nicho trófico para las tortugas y las iguanas para lo cual se usó el índice de Levins estandarizado (Krebs 2014). Este índice es relativamente fácil de interpretar e indica si la especie es generalista o especialista en el uso de recursos, y en cierta medida permite determinar la diversidad de alimentos que consume una especie. Se calcula como:

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

Donde

B: es el inverso de la sumatoria del cuadrado de las proporciones de los componentes de la dieta  $p$ .

Para una lectura más sencilla del índice se utiliza la amplitud de nicho de Levins estandarizada en el cual el resultado se expresa de 0 a 1. Donde 0 es una dieta poco diversa y 1 es una dieta muy diversa (Krebs 2014).

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

Donde:

B: Amplitud de nicho de Levins

n: Número de presas

Este índice es una buena aproximación del uso de los recursos alimentarios, basados en la teoría de la información. Así mismo sus valores permiten comparaciones con estudios de similares características, considerando atributos como la riqueza y la abundancia los cuales los resume en valores numéricos. El índice de amplitud trófica de Levins ha sido usado en diversos estudios como descriptor de los hábitos alimentarios de diferentes especies de reptiles (Pianka 1986, Maneyro – Landó 2000).

Para calcular la sobreposición de nicho trófico entre tortugas y las iguanas en la Isla Santa Fe, se usó el índice simétrico de Pianka, el cual indica que el traslape en la dieta de la especie j sobre k es equivalente al de k sobre j. Este índice está simbolizado por  $O$  y se calcula:

$$O_j = O_k = \frac{\sum(p_{ij} * \sum p_{ik})}{(\sum p_{ij}^2 - \sum p_{ik}^2)^{0.5}}$$

Donde:

$p_j$  y  $p_k$ : proporciones del recurso i utilizadas por las especies j y k.

Al igual que el índice de Levins el valor numérico es simétrico entre 0 a 1, donde 0 significa ausencia solapamiento, y 1 solapamiento total de los recursos consumidos por las especies.

### **Uso del espacio de las tortugas y las iguanas**

Para estimar el uso del espacio se utilizaron las coordenadas georeferenciadas de todas las heces recolectadas de ambos reptiles, asumiendo que cada una de las heces encontradas en cada hábitat significó que el animal utilizó dicho hábitat, además se asumió independencia en cada ubicación de las heces, tomando como supuesto que cada una de ellas pertenecía a individuos diferentes.

### **Análisis de datos**

El uso de hábitat se analizó considerando las localizaciones de las heces de ambos reptiles de manera independiente en cada hábitat. Se elaboraron modelos GLM de tipo Poisson en el programa R studio v3.3.2 (R core Team 2016) y, de acuerdo al criterio de información de Akaike se eligió el mejor modelo que se ajustó a los datos, explicando la presencia de tortugas e iguanas en los diferentes hábitats. Así mismo, se hizo un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS) con el programa PAST versión 2.17.C para conocer la asociación entre la presencia de las tortugas y las iguanas con los diferentes tipos de hábitats. Este análisis realiza un agrupamiento de los datos en un espacio geométrico de pocas dimensiones (Krzanowski 2006).

La dieta fue analizada mediante la frecuencia de ocurrencia de las especies de plantas presentes en las heces de las tortugas y las iguanas. Esta es una métrica

apropiada para estandarizar los datos y evitar sesgo en los mismos, cuando los elementos presas tienen diferentes valores y no pueden cuantificarse (Denton et al. 2016). Además, en el análisis de heces se determinó el origen de las plantas (endémicas, nativas o introducidas) y el tipo de planta (arbustos, herbáceas o árboles). También se realizó una curva de acumulación de especies al 95% con el paquete Vegan en el programa estadístico R Studio v3.3.2 (R core Team 2016) para calcular el número de especies de plantas esperadas en las heces de ambos reptiles.

Para comparar la dieta entre las tortugas y las iguanas se realizó una prueba estadística para dos muestras de Mann-Whitney con la función `Wilcox.test` (R Studio v3.3.2, R core Team 2016). Esta prueba compara dos grupos o poblaciones que tienen el mismo tamaño de muestra y observaciones independientes para saber si difieren una de la otra (Wilcoxon 1945, Juárez et al. 2001). Así mismo se realizó un análisis de similitud usando el índice de Jaccard con el programa PAST versión 2.17.C, para evaluar la relación en la composición de la dieta de ambas especies (Maechler et al. 2017, Oksanen et al 2017). Para obtener el valor de los índices de amplitud y sobreposición trófica de Levins y Pianka se utilizó el Software Ecological Methodology versión 7.2 con la función `Niche overlap` (Krebs 2014).

Por otra parte, para calcular el área de uso del espacio de las tortugas y las iguanas, se utilizaron las coordenadas geo-referenciadas de las heces colectadas, estas se ingresaron en el programa estadístico R Studio v3.3.2 (R core team 2016) y con el paquete `Rhr` se generaron capas (shapes) a partir del estimador no paramétrico de Kernel al 50 y 95% de las localizaciones de las heces (Signer y Balkenhol 2015). Estas capas fueron analizadas en el programa QGIS versión 2.12 generando mapas del uso del espacio, donde se calcularon las áreas ocupada (área total y área núcleo) para ambos reptiles usando el estimador de Kernel (Barrows et al. 2016).

## RESULTADOS

### Uso de hábitat

No se observó una diferenciación entre el porcentaje de cobertura de los hábitats Abierto, Leñoso y Cactal para explicar la presencia de las tortugas y las iguanas. Sin embargo, el hábitat Enceliar presentó una marcada diferencia a favor de la presencia de iguanas (Figura 4).

El hábitat con mayor uso por las tortugas fue el Abierto (57.9%, IC  $\pm$  6.23) seguido del Leñoso (54.6%, IC  $\pm$  6.05) y en menor medida los hábitats Enceliar y Cactal, en este último hábitat se observó que esta especie de reptil utilizó más sitios con un bajo porcentaje de cobertura. Por otro lado, las iguanas usaron mayormente cactales (90.5%, IC  $\pm$  0.91) y enceliar (82.2%, IC  $\pm$  5.61). La figura 5 muestra los valores promedio de los usos de hábitat de tortugas e iguanas.

El análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS) no mostró relación fuerte entre la presencia conjunta de tortugas e iguanas y los distintos hábitats, lo cual indica que hubo separación en cuanto al uso del hábitat. Sin embargo, existe un ligero solapamiento en los hábitats Enceliar y Cactal. El valor de stress para representación de los datos en tortugas fue buena ( $< 0.1$ ) y para iguanas muy buena ( $< 0.05$ ), por lo tanto, se considera que los datos son adecuados para este tipo de análisis (Figura 6).

### Uso de hábitat por las tortugas

De todos los modelos ajustados (GLM), el modelo 1 fue el que mejor explicó la presencia de tortugas en los diferentes hábitats según el criterio de Akaike (AICc = 2508.1) y un peso de 0.81. El cuadro 1 muestra los modelos evaluados y en las figuras 7, 8, 9 se aprecia la respuesta a los hábitats del mejor modelo. Donde a mayor porcentaje de hábitat abierto mayor es mayor la probabilidad de encontrar tortugas (correlación positiva). Sin embargo para los hábitats Cactal y Enceliar la relación fue inversa, ya que a mayor cantidad de estos hábitats, es menor la probabilidad de encontrar heces de tortugas (relación negativa) (Anexo E).

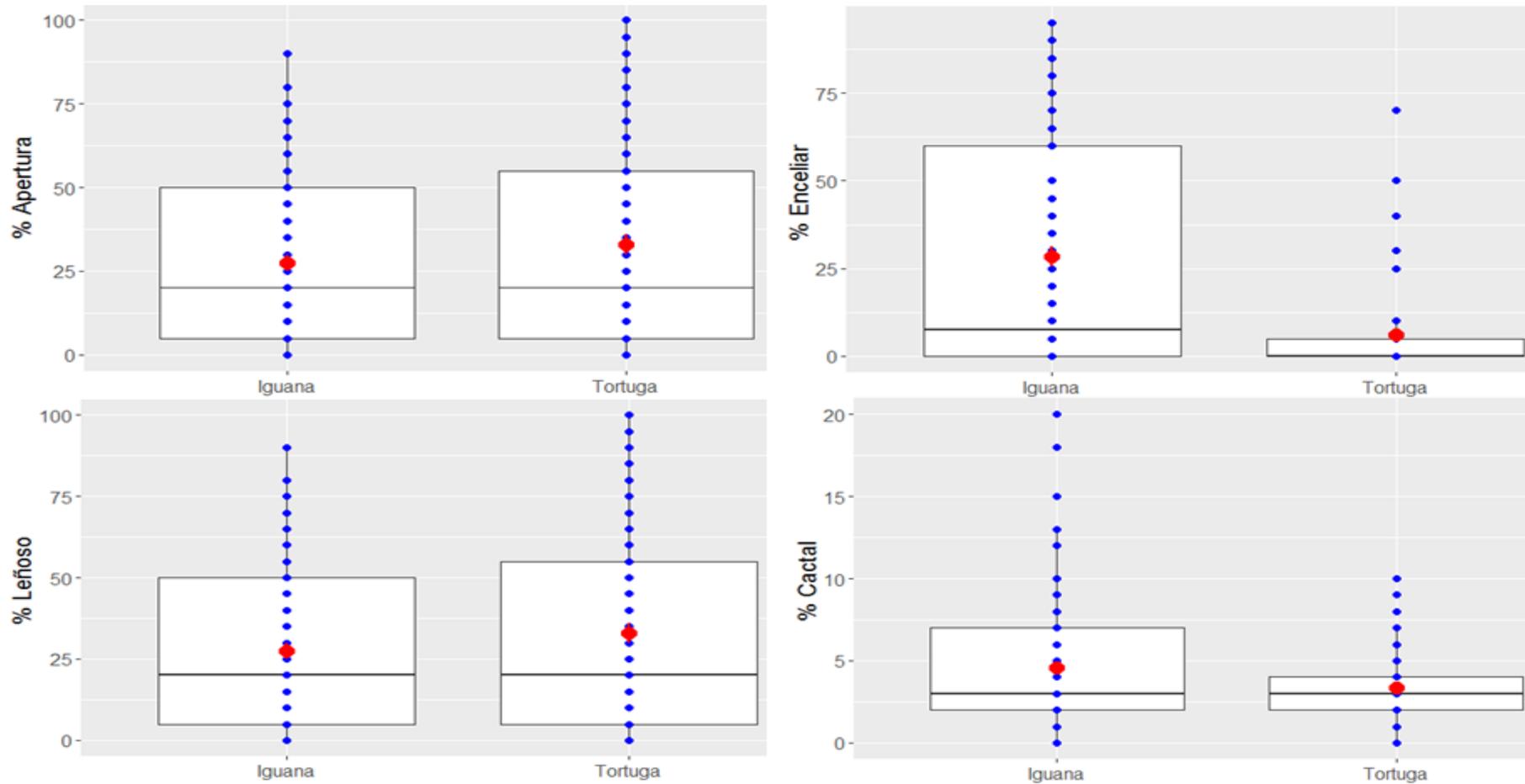


Figura 4. Valores de la mediana (línea horizontal en la caja, primer cuartil línea inferior y tercer cuartil, línea superior), promedio (punto rojo), localizaciones (puntos azules) del uso de los hábitats Abierto, Encelciar, Leñoso y Cactal por las tortugas y las iguana en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.

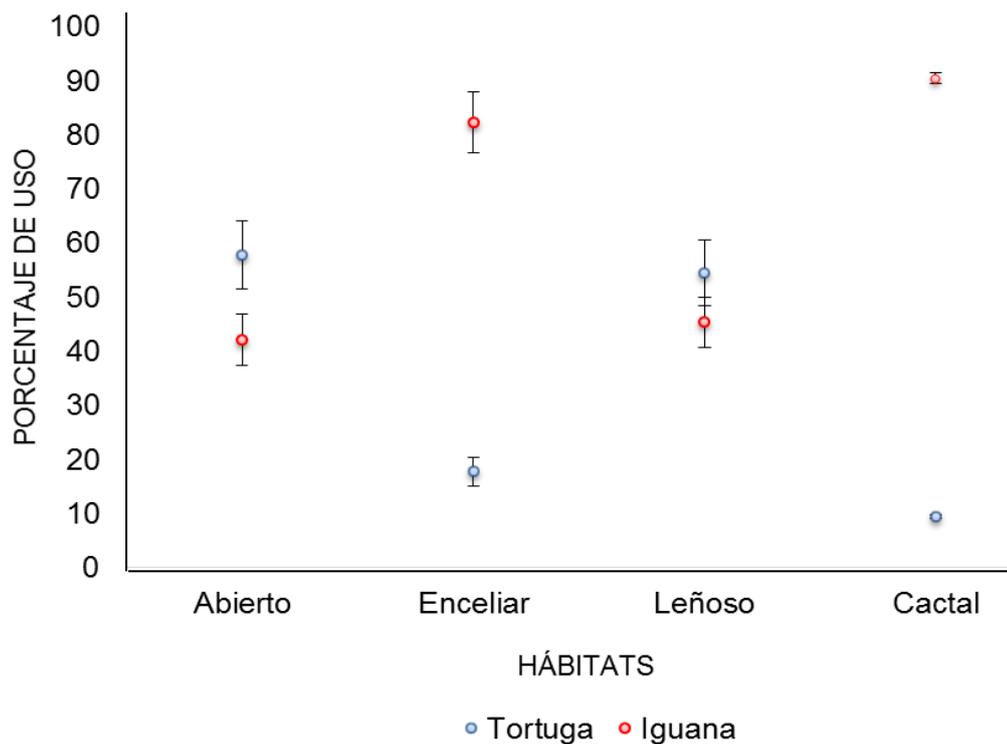


Figura 5. Porcentaje de uso de los diferentes tipos de hábitat por las tortugas gigantes y las iguanas terrestres en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.

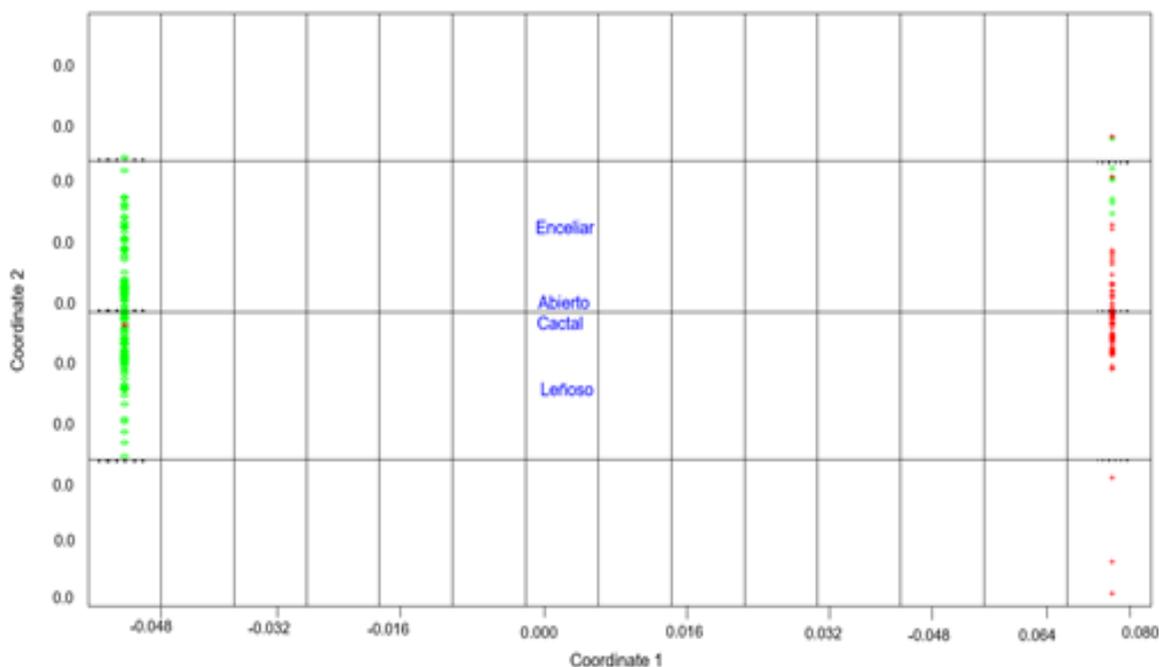


Figura 6. Relación entre las ubicaciones (heces) de tortugas e iguanas y los diferentes tipos de hábitat de acuerdo al análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Puntos de color verde pertenecen a las localizaciones de iguana, puntos de color rojo localizaciones tortugas en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016

Cuadro 1. Modelos GLM de Poisson conteniendo las variables explicativas para la presencia (uso) de tortugas en los diferentes hábitats, utilizando el criterio de información de Akaike (AICc), diferencia entre valores del criterio de Akaike (dAICc) y peso de los modelos ( $\omega_i$ ).

Modelo	Variabes	AICc	dAICc	$\Omega_i$
<b>mod1</b>	<b>Abierto + Enceliar + Cactal</b>	2508.1	0	0.81
<b>mod2</b>	Enceliar + Cactal	2510.9	2.9	0.19
<b>mod3</b>	Enceliar + Leñoso	2522.1	14.1	<0.001
<b>mod4</b>	Abierto + Enceliar	2524.4	16.4	<0.001
<b>mod5</b>	Enceliar	2527.9	19.9	<0.001

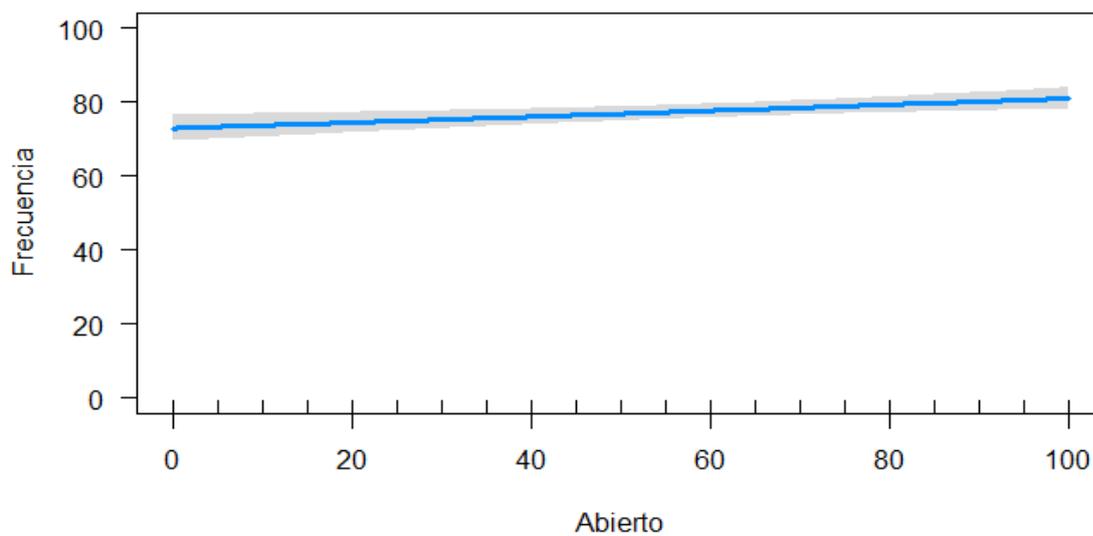


Figura 7. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas *C. hoodensis* (eje y), y el porcentaje del hábitat Abierto usado (eje X), de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016.

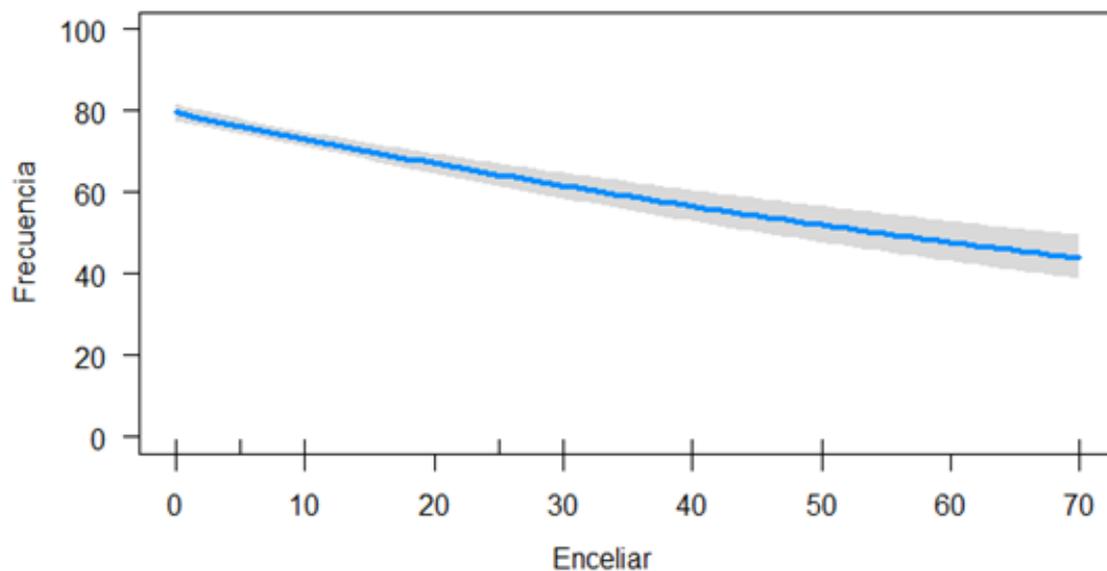


Figura 8. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas *C. hoodensis* (eje y), y el porcentaje del hábitat Enceliar usado (eje x), de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016.

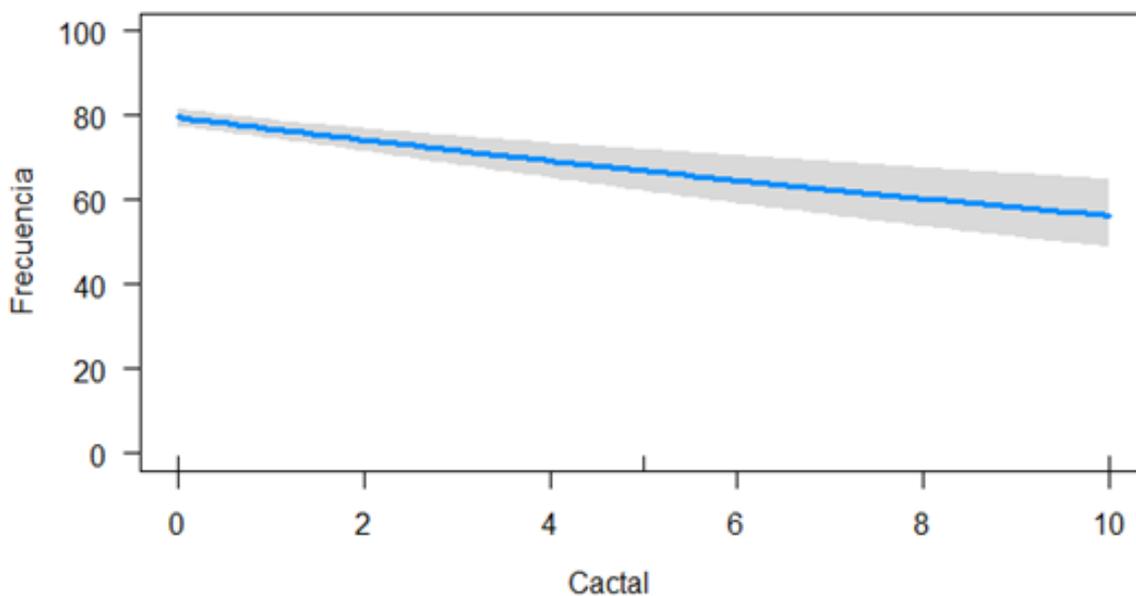


Figura 9. Relación entre la presencia (frecuencia) de tortugas *C. hoodensis* (eje y), y el porcentaje del hábitat Cactal usado (eje x), de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador 2016.

### Uso de hábitat de las iguanas

De todos los modelos GLM, según el criterio de información de Akaike, el modelo 1 con un AICc de 3920.4 y un peso de 0.535 es el que mejor se ajusta a los datos, siendo el hábitat leñoso el más relacionado con la presencia de las iguanas. Sin embargo el modelo 2 también puede ser considerado, ya que la diferencia en  $\Delta$  AICc entre ambos modelos es  $< 2$ . En el cuadro 2 se muestran los modelos evaluados, y en las figuras 10 y 11 se aprecia la respuesta del uso de hábitat de ambos modelos (Anexo E).

Cuadro 2. Modelos GLM de tipo Poisson, conteniendo la variable relacionada con la presencia (uso) de las iguanas en los diferentes tipos de hábitats. Criterio de información de Akaike (AICc), diferencia entre valores del criterio de Akaike ( $\Delta$  AICc) y peso de los modelos ( $\omega_i$ ).

<b>Modelo</b>	<b>Variables</b>	<b>AICc</b>	<b>dAICc</b>	<b><math>\omega_i</math></b>
<b>mod1</b>	Leñoso	3920.4	0.0	0.535
<b>mod2</b>	Encelilar	3921.6	1.2	0.297
<b>mod5</b>	Abierto + Leñoso	3923.5	3.1	0.116
<b>mod3</b>	Cactal	3926.2	5.8	0.030
<b>mod4</b>	Abierto	3926.8	6.4	0.022

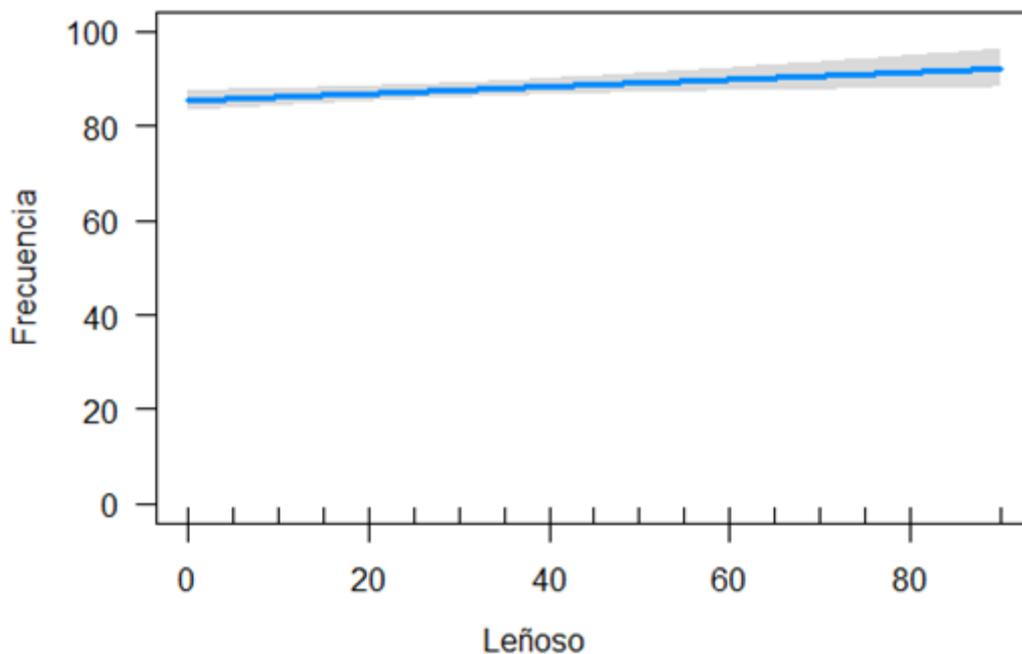


Figura 10. Relación entre la presencia (frecuencia uso) de iguanas *C. pallidus* (eje y), y el porcentaje del hábitat Leñoso usado (eje x), de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.

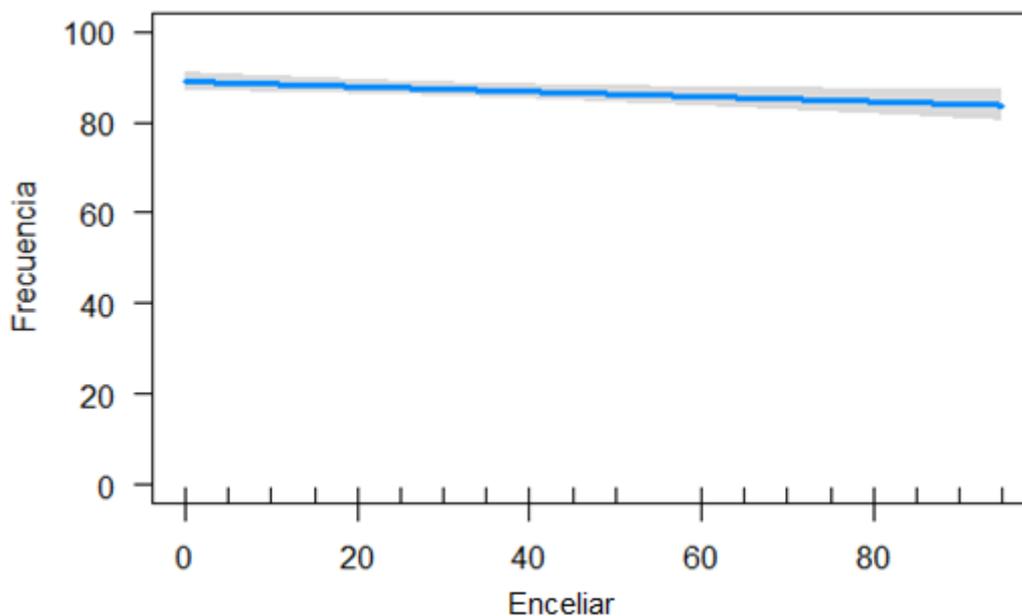


Figura 11 . Relación entre la presencia (frecuencia de uso) de iguanas *C. pallidus* representado en el eje (y), y el porcentaje del hábitat Enceliar representado en el eje (x), de acuerdo al modelo de regresión logística, en la Isla Santa Fe, Galápagos, 2016.

## Dieta

Se recolectaron 257 heces de las cuales 118 pertenecieron a tortugas (46%) y 139 a iguanas terrestres (54%), por lo cual el tamaño de muestra en este estudio se considera adecuado. Todas las muestras fueron colectadas en la zona de liberación de las tortugas (Figura 12). Se contabilizaron 2743 semillas de diversas plantas y se identificaron 16 familias, 27 géneros y 39 especies de plantas. Según la base de datos de la Fundación Charles Darwin (FCD) el 17.9% (7) son especies endémicas, 38.5% (15) son nativas, 7.7% (3) introducidas y para el 35.9% (14) no está definido su origen. Según la base de datos de la FCD, de estas especies de plantas, el 53.8% están presentes en la Isla Santa Fe, el 7.7% no son nativas de la isla (presentes en otras islas) y para el 38.5% restantes, no se tiene registros de su ubicación. El cuadro 3 resume las especies de plantas que forman parte de la dieta de las tortugas gigantes y las iguanas terrestres.

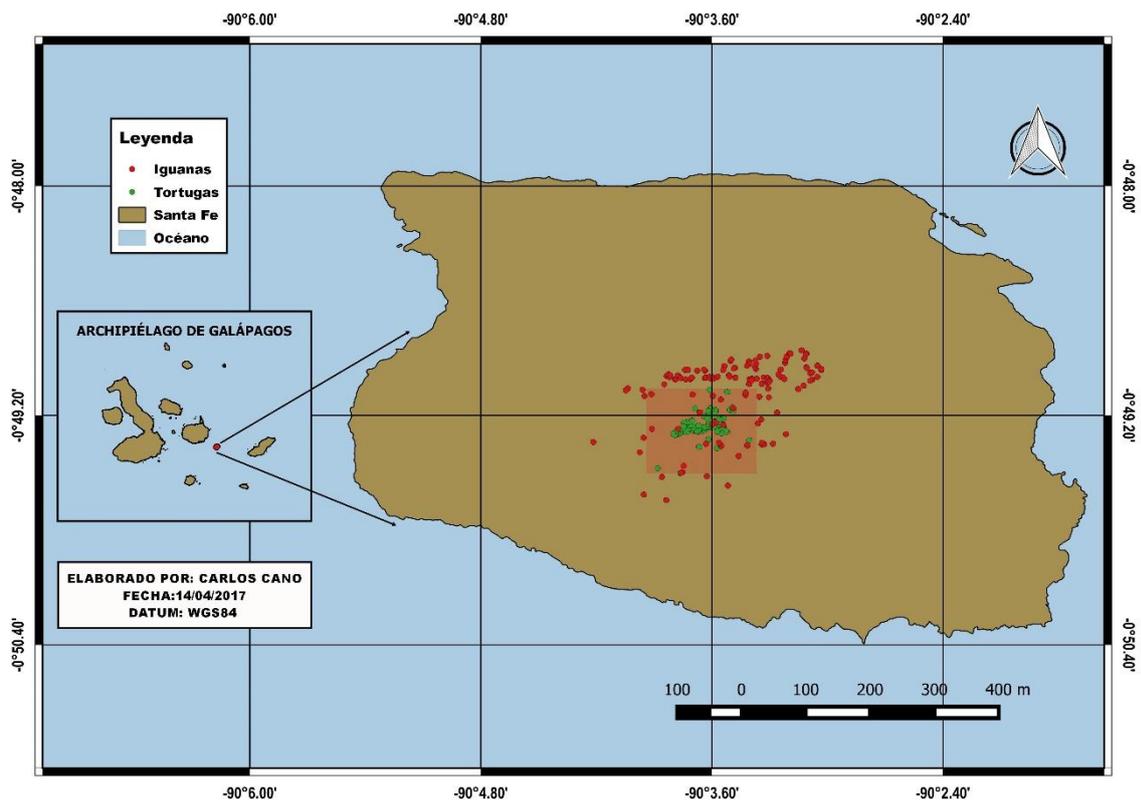


Figura 12. Ubicación de las heces recolectadas y geo-referenciadas de las tortugas y las iguanas, durante la época seca en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador, 2016.

Cuadro 3. Especies de plantas identificadas, tipo y origen en la dieta de las tortugas y las iguanas, así mismo, se muestra la frecuencia de ocurrencia y el porcentaje en la dieta de ambos reptiles basadas en las heces colectadas en la época seca, Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.

FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE PLANTA	ORIGEN	Tortuga			Iguana		
				Frecuencia de ocurrencia	Porcentaje en la dieta %	Número de semillas	Frecuencia de ocurrencia	Porcentaje en la dieta %	Número de semillas
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Alternantera filifolia spp</i>	Arbusto	Endémico	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Alternantera filifolia</i>	Arbusto	Endémico	0	0.00	0	1	0.41	2
<i>Asteraceae</i>	<i>Blainvillea dichotoma</i>	Herbácea	Nativo	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Asteraceae</i>	<i>Porophyllum ruderae Spp.</i> <i>Macrocephalum</i>	Herbácea	Introducido	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia lutea</i>	Árbol	Nativo	6	2.54	12	1	0.41	2
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia sp</i>	S.N	S.N	1	0.42	10	0	0.00	0
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia sp1</i>	S.N	S.N	0	0.00	0	2	0.82	2
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia sp2</i>	S.N	S.N	0	0.00	0	1	0.41	4
<i>Boraginaceae</i>	<i>Heliotropium angiospermum</i>	Arbusto	Nativo	0	0.00	0	2	0.82	2
<i>Boraginaceae</i>	<i>Tiquila sp</i>	S.N	S.N	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Cactacea</i>	<i>Opuntia echios var.</i> <i>barringtonensis</i>	Árbol	Endémico	91	38.56	27	137	55.92	7
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Envolvulus convolvuloides</i>	Herbácea	Nativo	8	3.39	18	1	0.41	1
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea sp1</i>	S.N	S.N	2	0.85	2	0	0.00	0
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea sp2</i>	S.N	S.N	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Cyperaceae</i>	<i>Cyperus sp</i>	S.N	S.N	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Acalypha párvula</i>	Herbácea	Endémico	5	2.12	209	0	0.00	0
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Chamaesyce nummularia var.</i> <i>nummularia</i>	Herbácea	S.N	3	1.27	33	6	2.45	250
<i>Fabaceae</i>	<i>Crotalaria incana var.</i> <i>nicaraguensis</i>	Herbácea	Nativo	13	5.51	38	16	6.53	19

<i>Fabaceae</i>	<i>Crotalaria pumila</i>	Herbácea	Nativo	2	0.85	9	6	2.45	15
<i>Fabaceae</i>	<i>Crotalaria Sp</i>	S.N	S.N	6	2.54	7	1	0.41	1
<i>Fabaceae</i>	<i>Desmodium glabrum</i>	Herbácea	Introducido	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Fabaceae</i>	<i>Desmodium procumbens</i>	Herbácea	Nativo	2	0.85	2	1	0.41	2
<i>Fabaceae</i>	<i>Tephrosia cinérea</i>	Herbácea	Nativo	9	3.81	20	2	0.82	3
<i>Malvaceae</i>	<i>Bastardia viscosa</i>	Arbusto	Nativo	25	10.59	72	39	15.92	217
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida salvifolia</i>	Herbácea	Nativo	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida sp</i>	S.N	S.N	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida spinosa</i>	Herbácea	Nativo	7	2.97	342	1	0.41	1
<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Boerhavia coccinea</i>	Herbácea	Nativo	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Poaceae</i>	<i>Antephora hermafrodita</i>	Herbácea	S.N	7	2.97	45	2	0.82	8
<i>Poaceae</i>	<i>Aristida subspicata***</i>	Herbácea	Endémico	1	0.00	0	0	0.00	0
<i>Poaceae</i>	<i>Brachiaria multiculma</i>	Herbácea	Endémico	15	6.36	261	9	3.67	14
<i>Poaceae</i>	<i>Panicum alatum var. minus</i>	Herbácea	Nativo	21	8.90	990	9	3.67	20
<i>Poaceae</i>	<i>Setaria setosa</i>	Herbácea	Nativo	2	0.85	2	1	0.41	1
<i>Portulacaceae</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	Herbácea	Introducido	1	0.42	1	0	0.00	0
<i>Simaroubaceae</i>	<i>Castela galapageia</i>	Arbusto	Endémico	2	0.85	10	0	0.00	0
<i>Solanaceae</i>	<i>Physalis pubescens</i>	Herbácea	Nativo	1	0.42	48	0	0.00	0
<i>Solanaceae</i>	<i>Physalis sp</i>	S.N	S.N	1	0.42	1	1	0.41	1
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Tribulus sp</i>	S.N	S.N	0	0.00	0	1	0.41	1
<i>Verbenaceae</i>	<i>Verbenaceae familia</i>	S.N	S.N	1	0.42	1	0	0.00	0
			<b>TOTAL</b>	152	100.00	2165	245	100	578

\*\*\*: Especies identificada por flores, S.N: Información no disponible

## Dieta de las tortugas

El 78% de las heces presentó restos de cactus (*Opuntia echios var. barringtonensis*), lo cual correspondió a 91 excretas, sin embargo, se contabilizaron semillas de esta especie de planta en siete excretas. Así mismo, las herbáceas estuvieron presentes en 77 excretas de tortugas (65%), y las especies leñosas en 33 excretas (28%). Por otro lado, el material vegetal no identificado representó el 44% del peso total de las heces, debido a que sus elementos estaban muy digeridos, no se pudo determinar la categoría a la que pertenecían. Se identificaron 13 familias (81.2%) de las cuales la más consumida fue Fabacea, 24 géneros (88.9%) de los cuales el más ingerido fue *Cordia sp.* Igualmente se identificaron 29 especies de plantas correspondientes al 74.4% de las registradas en este estudio. Siendo las de mayor consumo las especies *Opuntia echios var. barringtonensis* (39%) *Bastardia viscosa* y *Panicum alatum var. minus* las cuales representaron 11% (25) y 9% (21) de la dieta respectivamente (Figura 13).

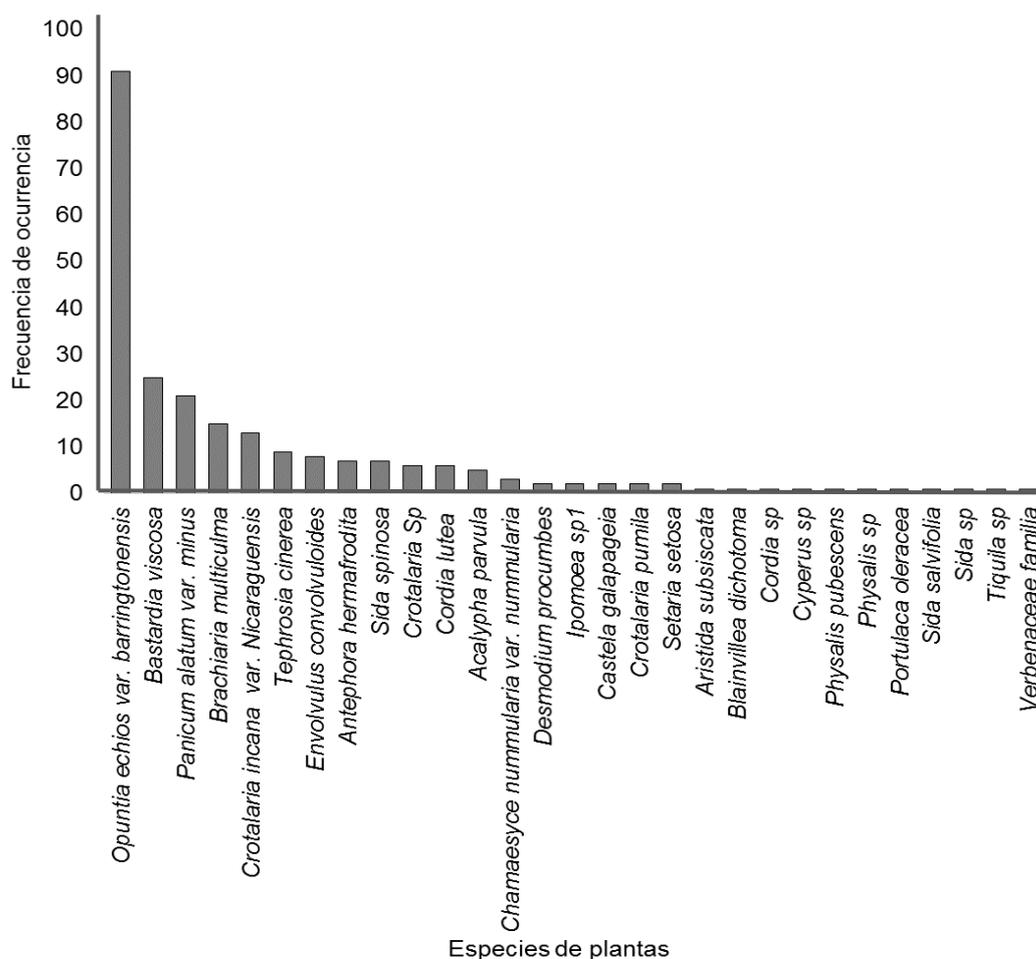


Figura 13. Frecuencia de ocurrencia de las especies de plantas presentes en la dieta de la tortuga gigante (*C. hoodensis*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.

La curva de acumulación de especies (coeficiente de confianza del 95%) en la dieta de las tortugas, muestra que la pendiente de la curva aún no alcanza la asíntota, lo cual sugiere que existe la probabilidad de registrar nuevas especies en la dieta (Figura 14). Se debe considerar que el 44% del total no pudo ser identificado debido al grado de digestión.

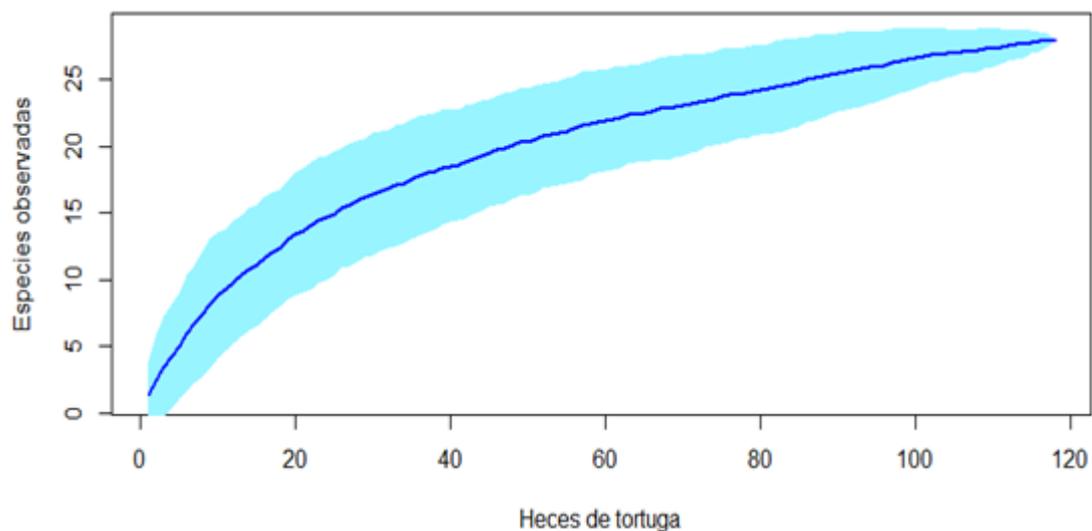


Figura 14. Curva de acumulación de las especies esperadas de plantas en las heces de tortuga gigante (*C. hoodensis*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. Color celeste indica el intervalo de confianza al 95%.

El origen de las especies de plantas presentes en la dieta, mostró que cinco son endémicas (17.2%) y 13 nativas (44.8%), así mismo se detectó una sola especie de planta introducida que corresponde (3.4%). Sin embargo se comprobó que diez especies (34.5%) aún se encuentran sin identificar (Figura 15).

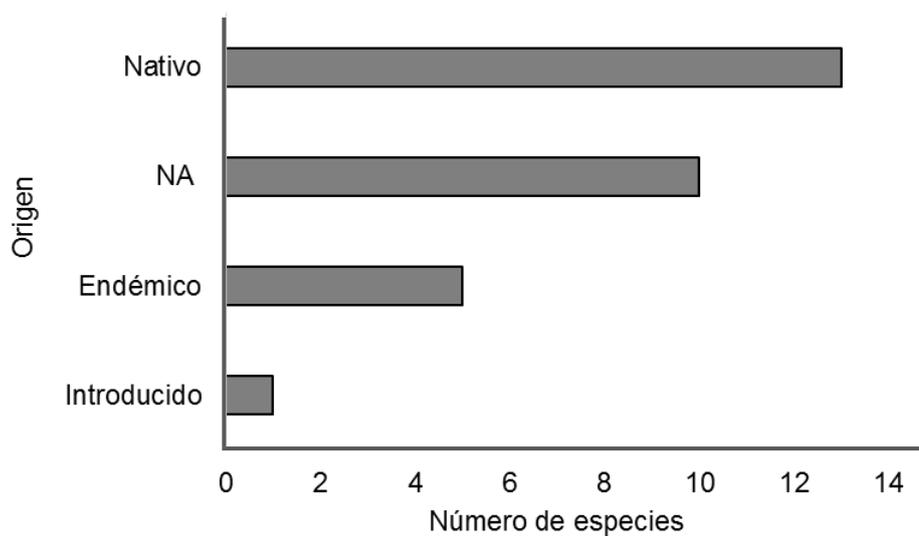


Figura 15. Origen de las especies de plantas presentes en las heces de tortuga gigante (*C. hoodensis*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. N.A (información no disponible).

Con respecto al tipo de vegetación de las especies de plantas, las herbáceas fueron las de mayor consumo. Sin embargo, arbustos y árbol presentaron menor e igual cantidad de especies, y por falta de información ocho especies de plantas no fueron determinadas a qué tipo de vegetación pertenecían (Figura 16).

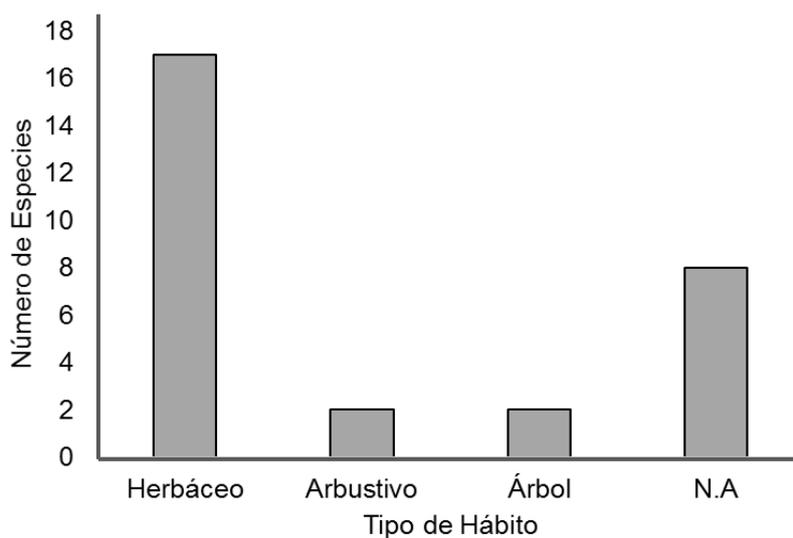


Figura16. Tipos de vegetación de las especies de plantas presentes en la dieta de tortugas gigantes (*C. hoodensis*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. N.A (información no disponible).

## Dieta de las iguanas

Del total de heces colectadas, 137 contenían restos digeridos de *Opuntia echios* var. *barringtonensis*, sin embargo solo detectaron semillas en dos. Las herbáceas estuvieron presentes en 104 excretas (75%), y las leñosas en 86 excretas (66%). Con respecto al material vegetal no identificado representó el 40% del peso total de las heces, ya que sus elementos estuvieron muy digeridos. Se identificaron 12 familias (75%), 20 géneros (76.9%) y 26 especies de plantas presentes en la dieta de iguana. De la misma manera, que en la dieta de tortugas la familia más consumida fue la Fabacea y el género *Cordia* sp. Mientras que las especies *Opuntia echios* var. *barringtonensis* 98.5%, *Bastardia viscosa* 28.06% (39) y *Crotalaria incana* var. *nicaraguensis* 11.51% (16) fueron las más ingeridas (Figura 17).

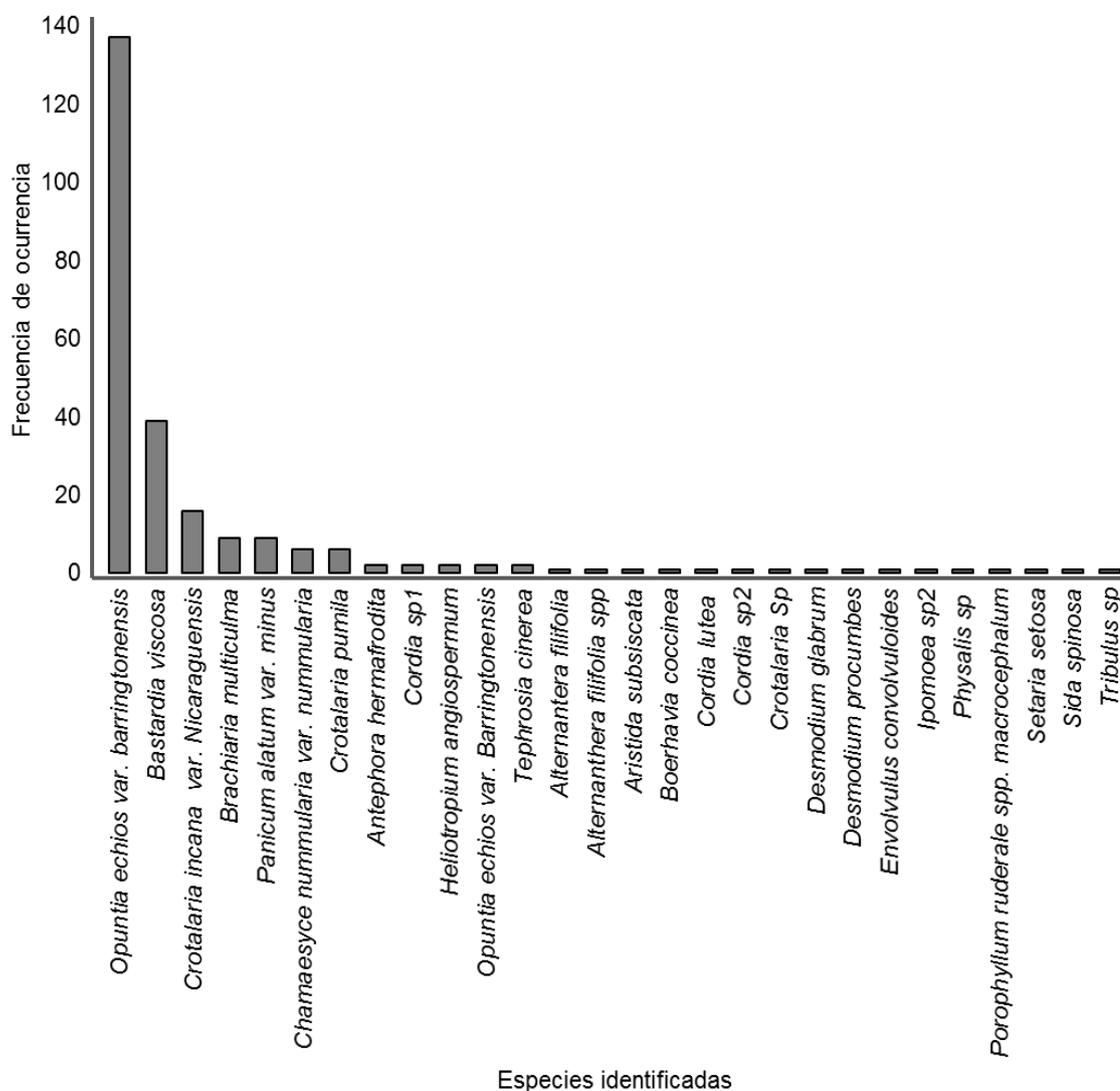


Figura 17. Frecuencia de ocurrencia de las especies de plantas presentes en la dieta de la iguana terrestre (*C. pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.

La curva de acumulación de especies (coeficiente del 95%) en la dieta de las iguanas sugiere que aún quedan especies vegetales que se pueden identificar en las heces. Hay que considerar que el 40% del material vegetativo encontrado en las heces no pudo ser identificado por el grado de digestión en el que se encontraban (Figura 18).

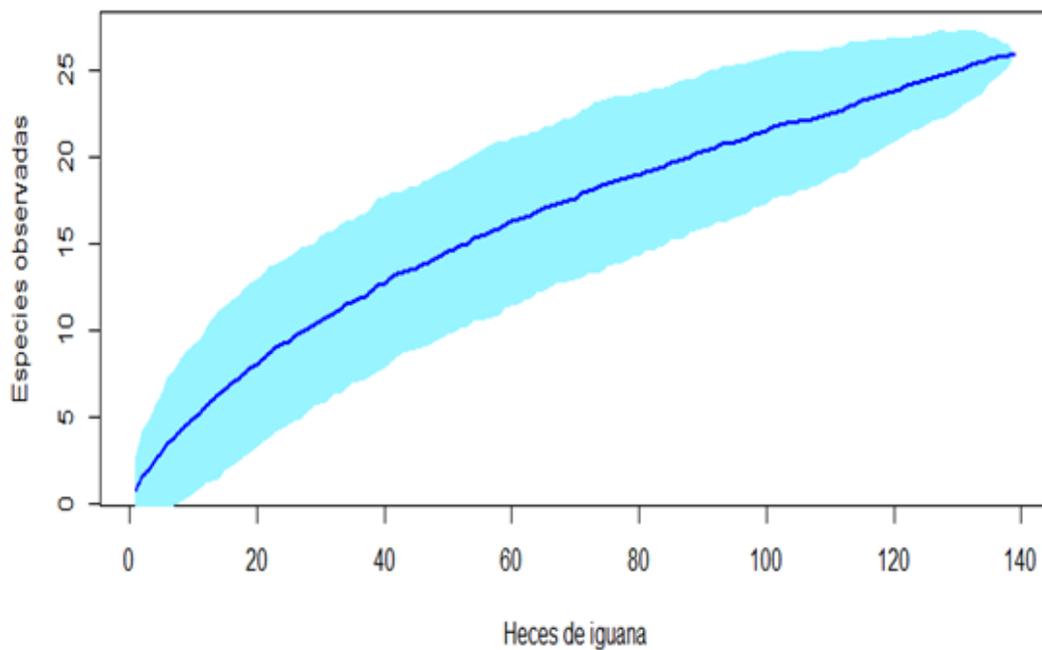


Figura 18. Curva de acumulación de las especies de plantas en las heces de iguana terrestre (*C. pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. Color celeste indica el intervalo de confianza al 95%.

La mayoría de las especies de plantas que consumieron las iguanas fueron nativas, a diferencia de las especies endémicas, las cuales estuvieron presentes en menor proporción. Así mismo se encontraron dos especies introducidas y al igual que en tortugas el 33.3% (8) de plantas no pudieron ser identificadas por falta de información (Figura 19).

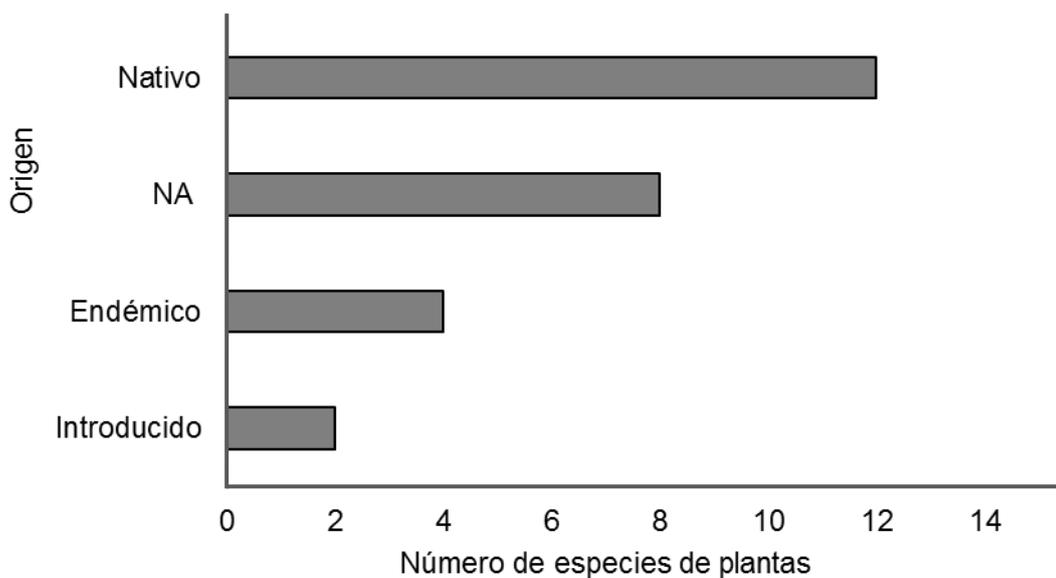


Figura 19. Origen de las especies de plantas presentes en las heces de iguanas terrestres (*C. pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. N.A (no

Con respecto a tipo de vegetación al que pertenecieron las plantas consumidas, las herbáceas tuvieron la mayor cantidad de especies. Sin embargo, se encontraron cuatro especies de arbusto y dos de árbol y, seis no se pudieron determinar al tipo de vegetación al que pertenecían (Figura 20).

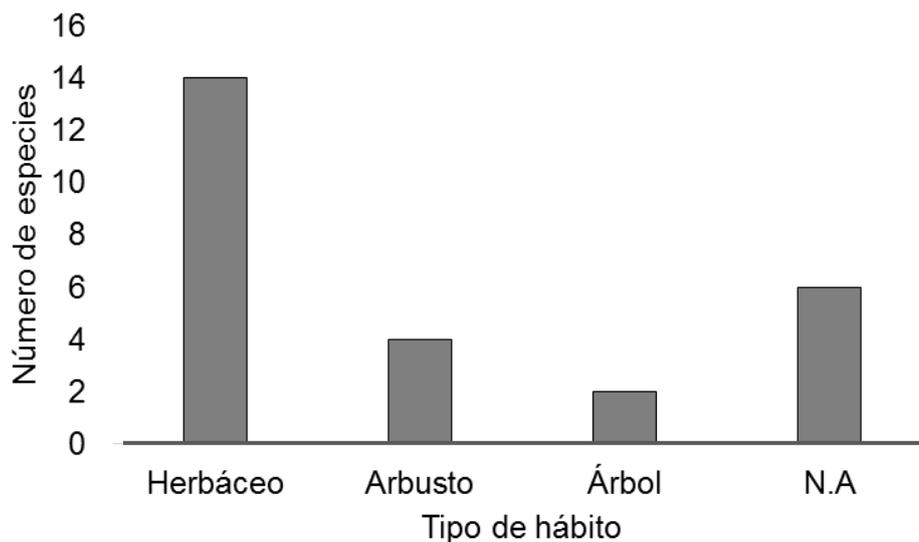


Figura 20. Tipos de vegetación de las especies de plantas presentes en la dieta de iguanas terrestre (*C. pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016. N.A= (información no disponible).

### Comparación de dieta

Los restos de cactus tuvieron mayor presencia (80%) en las heces de las iguanas que en las de tortuga. Al igual que las categorías herbáceas, leñosas y material no identificado (Figura 21).

Así mismo, de todas las especies de plantas presentes en la dieta de las tortugas y las iguanas, 16 fueron compartidas por ambas especies de reptil, de las cuales, las más consumidas fueron *Opuntia echios var. barringtonensis*, *Bastardia viscosa*, *Panicum alatum var. minus* y *Crotalaria incana var. nicaraguensis* (Figura 22).

Por otra parte las heces de tortuga tuvieron mayor presencia de familias, géneros y especies de plantas endémicas y nativas, a diferencia de las especies de plantas introducidas, las cuales fueron mayor en las heces de iguanas. En cuanto al tipo de vegetación, las herbáceas registraron mayor presencia en las heces de tortuga y, las especies arbustivas se evidenciaron más en las heces iguana, mientras las dos especies de árbol estuvieron presentes en ambas dietas.

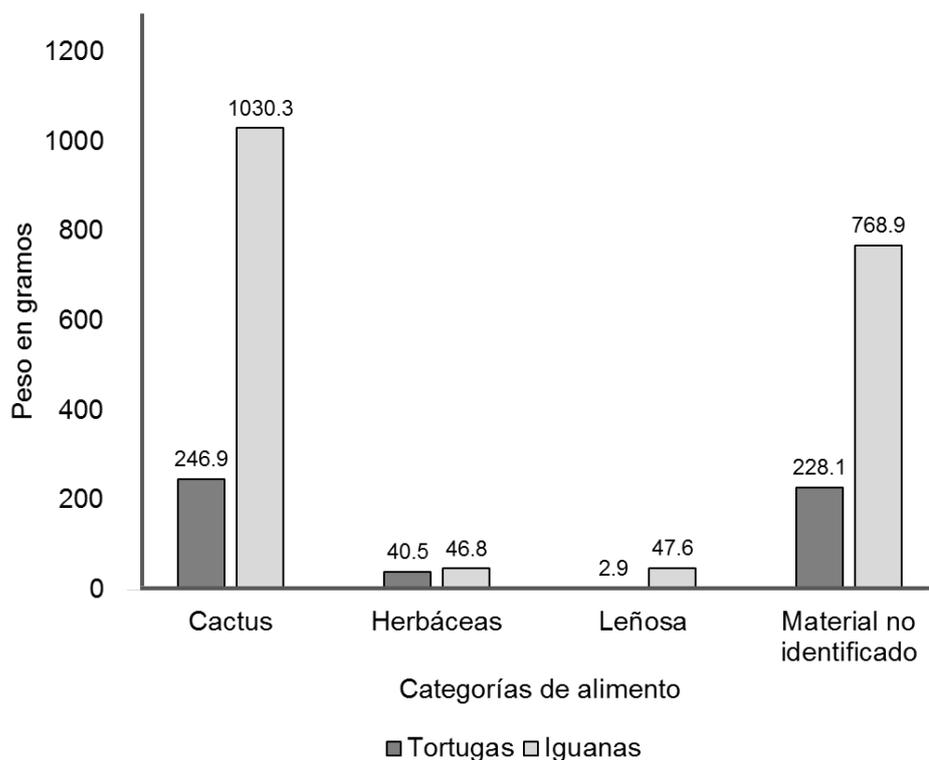


Figura 21. Tipos de alimento en las heces de tortuga gigantes (*C. hoodensis*) y las iguanas terrestres (*C. pallidus*) en la Isla Santa Fe, Galápagos, 2016.

Al comparar la dieta de las tortugas y las iguanas, no se encontraron diferencias significativas ( $p= 0.472$ , de Mann-Whitney). De la misma manera, la similitud entre la dieta de las tortugas y las iguanas fue de 0.41 (41%). Hay que tomar en consideración que este índice utiliza datos de presencia y ausencia de las especies de plantas, por lo tanto, este resultado se basa en las especies vegetales las cuales estuvieron presentes en ambas dietas de de los reptiles.

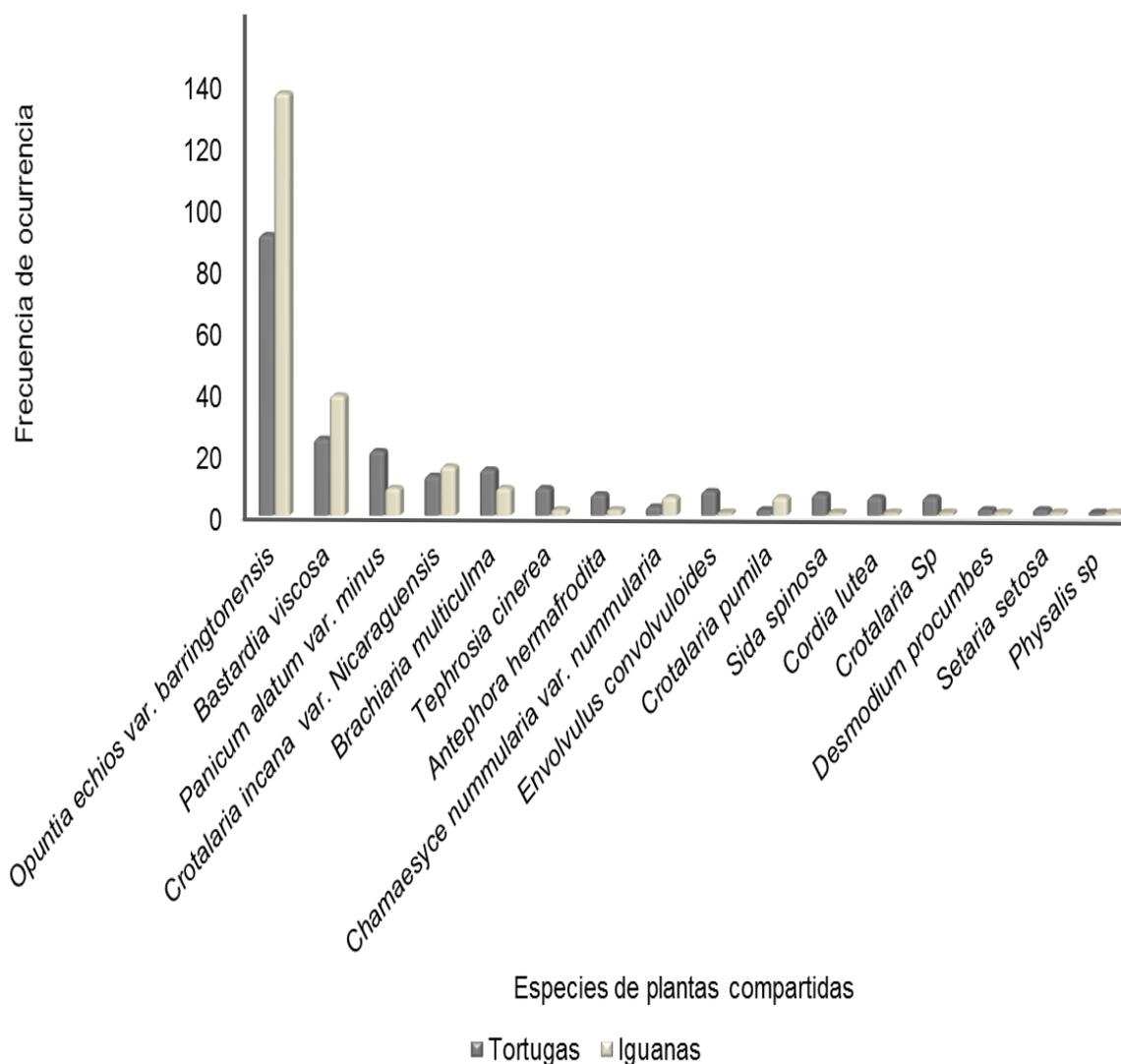


Figura 22. Especies de plantas que son compartidas en la dieta de tortugas gigantes (*C. hoodensis*) e iguanas terrestres (*C. pallidus*) presentes en las heces recolectadas en la Isla Santa Fe, Galápagos, Ecuador. 2016.

### Amplitud y sobreposición de nicho trófico

En el cuadro 4 se muestran los valores del índice de Levins (amplitud del nicho trófico o diversidad de la dieta) para las tortugas gigantes y las iguanas terrestres. Los valores sugieren que la dieta de las iguanas es menos diversa que la de las tortugas (0.050). A pesar de ello, ambas dietas son poco diversas, indicando que ambas especies concentran su mayor consumo en pocas especies plantas, principalmente en el recurso cactus. Por otro lado el índice de Pianka muestra que la sobreposición de las dietas de ambos reptiles fue muy alto (95%), sugiriendo que ambas especies consumen las mismas especies de plantas y en proporciones similares.

Cuadro 4. Valores de diversidad, amplitud (Levins) y sobreposición (Pianka) de nicho trófico respectivamente para las dos especies estudiadas.

<b>Especie</b>	<b>Índice Levins</b>	<b>Índice de Pianka</b>
<b><i>Chelonoidis hoodensis</i></b>	0.142	0.956
<b><i>Conolophus pallidus</i></b>	0.050	

## Uso del espacio

Con la ubicación (coordenadas x, y) de las heces colectadas de las tortugas y las iguanas se calculó el área que ocupan dentro de la isla. Se determinaron que las tortugas ocupan un área de 46.36 ha y las iguanas 251 ha (95% de las localizaciones) y que ambas áreas se sobreponen en su totalidad. Sin embargo con el 50% de las localizaciones (áreas núcleos o core area) demuestra que esta área en tortugas fue de 7.80 ha y 54.50 ha para iguanas, y que estas áreas no se sobreponen, mostrando una marcada separación (Figura 23).

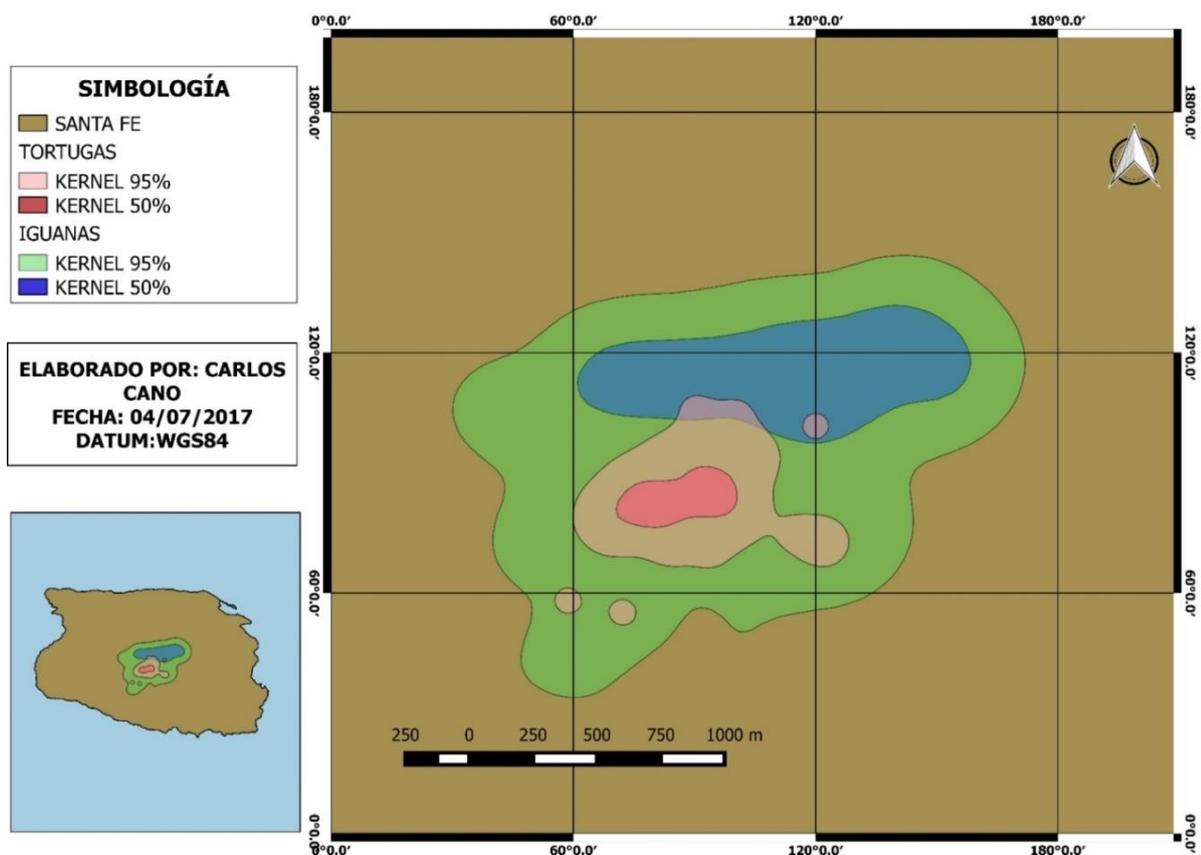


Figura 58. Áreas uso de las tortugas y las iguanas con el estimador de Kernel al 90% y 50%, basado en la ubicación de las heces recolectadas y georeferenciadas, en la Isla Santa Fe, Galápagos 2016.

## DISCUSIÓN

### Uso de hábitat

Existió poca diferencia en la presencia de las tortugas y las iguanas en los hábitats estudiados (Figura 4). Estudios anteriores sugieren que tanto las tortugas como las iguanas son especies generalistas respecto al uso de hábitat, ya que dependen de factores como la disponibilidad de alimento, el clima, la temporada de apareamiento y la depredación (Gibbs et al. 2014, Traveset et al. 2016).

El uso de hábitat por parte de las tortugas en la Isla Santa Fe, se concentró en el abierto y leñoso. Bastille et al. (2016) mencionaron que las tortugas migran atravesando zonas abiertas. Por lo tanto, el uso del hábitat abierto, facilita el desplazamiento de los individuos juveniles de las tortugas de un sector a otro, ya que las condiciones del suelo son más idóneas, porque presentan arena, grava y rocas pequeñas. También en este tipo de hábitat existen especies de plantas herbáceas, las mismas que crecen durante la temporada de lluvias, lo cual aumenta la disponibilidad de alimento para estas especies. Esto se vio reflejado en las especies de plantas herbáceas identificadas en la dieta ya que representan el 53% de las especies vegetales que consumieron las tortugas (Cuadro 3). De la misma manera, se observó una correlación positiva entre la presencia de las tortugas y este hábitat.

Las tortugas liberadas en la Isla Santa Fe, también usaron el hábitat leñoso, porque está distribuido en toda la isla. Además, el follaje de las plantas en este hábitat protegen de los rayos solares a los individuos, especialmente durante el mediodía cuando la radiación es más alta, lo que ayuda a termorregulación, sin necesidad de que las plantas tengan gran cobertura, y también les permite alimentarse de las hojas caídas (Hunter et al. 2013). Adicionalmente, Márquez et al. (1995) sugieren la importancia de este hábitat como refugio para las tortugas, ante eventos naturales (tormentas, lluvias e incendios principalmente) lo cual podría favorecer la supervivencia de los individuos en la isla.

El mejor modelo también consideró los hábitats de Encelíar y Cactal, los cuales tuvieron una relación negativa respecto a la presencia de las tortugas. La cobertura del Encelíar puede estar asociado a las características que presenta este hábitat, ya que tiene pocas rocas de tamaño mediano y grande, las cuales son importantes como sitios de descanso o dormitorios para los individuos juveniles, porque aprovechan el calor retenido por las rocas para mantener una temperatura corporal adecuada (Villalba. com. per. 2016). Durante la colecta de datos en el sitio de estudio, se observaron a varios individuos agrupados descansando en medio de rocas. Con respecto a la relación negativa del hábitat Cactal y la

presencia de las tortugas, se puede inferir que las tortugas usan este hábitat, principalmente para alimentarse, debido a su abundancia y disponibilidad, pero no para otras actividades (descanso, nidificación), porque proveen poca cobertura.

En lo referente a las iguanas, esta especie de reptil hace más uso de los hábitats Cactal y Enceliar, el primero podría estar relacionado principalmente con la alimentación (Figura 5). En este estudio se determinó que el 98.5% de las heces contenían restos de la especie *Opuntia echios var. barringtonensis* (Cactus), esta especie vegetal es importante en la dieta de este reptil, ya que al no existir cuerpos de agua permanente en la isla, se convierte en la principal fuente de agua al contener 90% de este elemento. Así mismo, aporta a la dieta otros nutrientes necesarios como proteína, fibra, vitamina C, calcio, sodio, potasio y hierro, necesarios para complementar las necesidades energéticas (Kheit et al. 1984a, Guzmán y Chávez 2007). De acuerdo a los datos climatológicos de la estación meteorológica de la FCD en comparación con el año 2015, la precipitación en el año 2016 disminuyó 72% (de 63 mm a 19 mm) y la temperatura promedio incrementó de 28.9 °C a 29.9 °C (FCD 2016). El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación pudo ser un factor que generó un mayor uso del hábitat con predominancia de cactus.

El hábitat dominado por encelia (*Encelia hispida*) fue usado por las iguanas en alta proporción, debido a las condiciones que tiene el suelo, ya que al no ser tan compactado y, al presentar pocas rocas de tamaño mediano y grande, permite excavar con facilidad debajo de las raíces de la planta para construir madrigueras, las cuales son usadas como sitios de descanso y refugio para protegerse de los depredadores, y a la vez, son lugares de anidación porque la temperatura y humedad son ideales para la eclosión de los huevos (Hamann 2003). Durante la colecta de datos se observó gran cantidad de individuos salir y entrar de sus madrigueras en este tipo de hábitat.

Reynolds (1982) menciona que en los monitoreos posteriores a la liberación de individuos de la especie de iguana (*Conolophus subcristatus*) en la Isla Isabela perteneciente al Archipiélago de Galápagos, algunos fueron observados cerca y debajo del follaje de plantas leñosas. Estas plantas ofrecen protección ya que algunas tienen espinas fuertes y actúan como mecanismo de defensa, lo cual dificulta que sean atacadas por depredadores como el gavilán de galápagos (*Buteo galapaguensis*) durante el día, principalmente cuando realizan la mayoría de actividades. Esta misma condición pudo ocurrir con las iguanas de este estudio, ya que también utilizaron en gran proporción hábitats leñosos, y al igual que en las tortugas, las plantas de este hábitat favorece la termorregulación de los individuos (Keith y

Tracy 1985, Bustos–Zagal et al 2013). Este resultado corrobora la correlación positiva, es decir a más cobertura del hábitat leñoso, más probabilidad de presencia de iguanas.

Se encontró cierto uso diferencial de los hábitats por parte de las tortugas y las iguanas, con menor solapamiento en uso del hábitat Cactal y Enceliar (Figura 6). Esta diferencia podría explicarse porque la zona de liberación de las tortugas presentó sectores abiertos con poca cobertura de plantas leñosas, esto es una limitante para las iguanas, ya que al existir pocas plantas de este tipo se reducen los lugares donde pueden protegerse, lo que aumenta la probabilidad de ser detectadas por los depredadores. Así mismo, se ha comprobado que diversas especies de lagartijas usan en menor medida hábitats abiertos ya que tienen mayor probabilidad de ser depredados (Vanhooydonck y Van Damme 2003). De igual manera, se ha determinado que el gavilán de Galápagos atrapa sus presas en lugares abiertos y claros de bosque con poca vegetación (Mosquera-Muñoz 2012, Jaramillo et al. 2016).

Otro elemento que pudo contribuir al uso diferencial del hábitat, es que las tortugas juveniles realizan todas sus necesidades ecológicas dentro de un área “efectiva” debido al tamaño corporal y la edad, por lo cual no necesitan ocupar otras zonas. El uso de un área “efectiva” según Hutchinson (1957) evita la competencia inter específica debido al movimiento diferente que tienen las especies, basados en los requerimientos ecológicos y necesidades que presenten, por lo cual, las áreas efectivas entre especies serán separadas. En la Isla Santa Fe los recursos alimenticios son abundantes y distribuidos por toda la isla, por tal motivo, es de esperarse que las tortugas y las iguanas hagan uso diferenciado de los recursos en diferentes sectores de la isla.

Por otro lado el solapamiento del uso del hábitat Cactal por las tortugas y las iguanas, podría deberse a la disponibilidad del recurso cactus, posibilitando su uso por ambas especies de reptiles (Tapia et al. 2015). En cuanto al hábitat Enceliar, este presenta características topográficas relativamente planas, idóneas para que las tortugas puedan movilizarse sin dificultad ya que presenta arena y arcilla, y como se mencionó anteriormente a su vez favorece a las iguanas en la construcción de nidos y sitios de descanso (Hamann 2003).

## **Dieta**

De las especies de plantas identificadas en ambas dietas el 56% correspondió a endémicas y nativas, de las cuales se encontraron mayor cantidad en la dieta de tortugas.

Este resultado concuerda con lo reportado por Blake et al. (2012) quienes mencionan que estos reptiles al ser los herbívoros principales de las Islas Galápagos (mega herbívoro) debido a su fisiología (tamaño corporal, aparatos digestivos, longevidad) son los que mayor cantidad de interacciones tienen con las plantas del archipiélago, especialmente con las endémicas y nativas.

Blake et al. (2015b) mencionan que los individuos adultos de la tortuga gigante *Chelonoidis porteri* son dispersores de 64 especies de plantas en la Isla Santa Cruz. En este estudio se identificaron 29 especies vegetales que fueron consumidas por las tortugas introducidas en Isla Santa Fe. Uno de los motivos para que se encontraran menor cantidad de especies de plantas, puede deberse a que las excretas analizadas pertenecen a individuos juveniles, a diferencia del estudio mencionado, donde se analizaron heces de individuos adultos. Al ser individuos juveniles su comportamiento locomotor tiene relación directa con el tamaño corporal, la dieta, el tipo de bosque y hábitat (Bastille et al 2016). Sin embargo, puede ser efecto también, de la fenologías de las especies de plantas de la isla (Hamann 1979b).

Las tortugas juveniles en la Isla Santa Fe al tener las condiciones apropiadas del hábitat para que realicen sus actividades, no tienen necesidad de migrar grandes distancias, a diferencia de los individuos adultos los cuales deben movilizarse distancias de hasta 10 km en algunos casos, para satisfacer sus requerimientos ecológicos (Cayot 1987, Blake et al. 2015b), esto permite que su área de acción sea mayor, favoreciendo el consumo de más variedades de plantas que se encuentran distribuidas a lo largo de su recorrido (Moran-Guerra 2002). Por el contrario, los individuos juveniles al tener un área de acción menor, tendrán una dieta restringida a la disponibilidad de recursos en el área donde se encuentren.

Otro factor que pudo influir en la cantidad de especies vegetales identificadas en las heces de tortuga juveniles es el tamaño de la isla. Santa Fe tiene 25 veces menos superficie y es una área árida, a diferencia de la Isla Santa Cruz, donde habita *C. porteri*, la cual además de tener zona árida, tiene zona de transición y húmeda (Blake et al. 2015a). La Isla Santa Fe al ser una isla de condiciones áridas ha generado que la diversidad de plantas sea menor, esto se traduce en menor cantidad de especies disponibles como recursos alimentarios.

Por otro lado, las tortugas liberadas en la Isla Santa Fe fueron reproducidas y criadas de forma *ex-situ* en el centro de crianza de la DPNG, durante su estadía en el centro se las alimentó principalmente con dos especies de plantas introducidas *Erythrina fusca* y *Xanthosoma sagittifolium* las cuales contienen nutrientes necesarios para su desarrollo

(Villalba com. per. 2016). A pesar de ello, se evidenció en la dieta de tortugas que la especie más consumida es *Opuntia echios var. barringtonensis*, una planta abundante y disponible en toda la isla, por lo tanto, la condición de cautiverio no influyó en la dieta de las tortugas en condiciones libres para elegir otros recursos alimentarios.

En general el comportamiento alimentario de las iguana terrestre (*C. pallidus*) fue similar a las otras especies de iguanas de Galápagos, las cuales tienen dietas generalistas (Traveset et al. 2016). En este estudio se identificaron 26 especies de plantas, lo cual difiere a lo reportado por Keith y Waldschmidt (1984a), pues mencionan que la misma especie de iguana se alimentó de 12 especies vegetales. Este mayor consumo de especies vegetales identificadas estuvo relacionado al método usado en cada investigación, en este estudio se utilizaron heces frescas para determinar la dieta, a diferencia del estudio anterior el cual se realizó por observación directa. Este último método tiene ciertas limitaciones relacionadas a factores climáticos como la lluvia que afecta principalmente a la buena visibilidad, y aumenta la dificultad de seguir a un individuo durante todo el día (Gallina y González 2013).

El método empleado en este estudio demostró ser más eficiente que el de observación directa por el número de muestras recolectadas y mayor cantidad de especies identificadas, a pesar que el periodo de muestreo solo se efectuó en la época seca. Esta condición apoya la idea que para estudios de dieta en reptiles como iguanas en zonas áridas, el tamaño de la muestra puede ser más importante que cubrir un periodo largo de observación por las limitaciones que implican (Traveset et al. 2016).

Al igual que en las tortugas, la especie vegetal *Opuntia echios var. barringtonensis* fue la más consumida por parte de las iguanas, esto podría estar relacionado al aumento de la temperatura en la época seca, y a la disponibilidad y abundancia de este recurso alimentario. En este estudio la temperatura registrada fue mayor en 2.9 °C y la precipitación menor en 52 mm, en comparación al periodo de muestreo de Keith y Waldschmidt (1984a) realizado en la época seca (FCD 2016); quienes mencionan que en esta época las iguanas consumieron más plantas del género *Cordia* y *Lantana* a diferencia de otras especies vegetales. Es posible que el aumento de la temperatura y la reducción de lluvias generará en esta especie de reptil dependencia a hacia este recurso alimenticio, ya que es la principal fuente de agua.

Se ha demostrado que el ciclo fenológico de las plantas de Galápagos está estrechamente relacionado con la presencia de lluvias, esto se ve reflejado en la productividad de la vegetación mediante el follaje de las plantas leñosas y principalmente herbáceas (Hamann 1979b). Como los datos climatológicos lo demuestran, en este estudio

la precipitación fue menor en comparación con los dos años anteriores, esto pudo haber reducido la producción vegetal de la isla, limitando la disponibilidad de plantas herbáceas para que sean consumidas.

### **Comparación de dieta**

Las especies vegetales identificadas en las heces de las tortugas y las iguanas correspondieron al 42% del total de la flora registrada para la Isla Santa Fe (Bungartz et al. 2016). De las 39 especies de plantas identificadas en este estudio, 16 especies (41%) se encontraron presentes en la dieta de ambos reptiles; de estas especies, 11 fueron herbáceas, dos arbóreas, una arbustiva y otras dos, solo fueron identificaron a nivel de género.

La especie de planta *Opuntia echios var. barringtonensis* fue la más consumida por ambas especies de reptiles, aunque presentó pocas semillas en comparación con otras especies vegetales, se contabilizaron en total de 27 en las heces de tortugas y 7 en iguanas. Esto podría estar relacionado a la temporada de floración, fructificación y maduración de los frutos, los cuales aún no han caído al suelo, por lo cual no estuvieron disponibles para que sean consumidos por estos reptiles (Pérez–Cristanto et al. 2005). Es necesario resaltar que las iguanas tienen la capacidad de subir a estos árboles para consumir sus frutos, pero es poco frecuente (Stöcklin 2009). Así mismo, en las heces de ambos reptiles se detectaron mayoritariamente restos de hojas (cladodios) de cactus, esto podría indicar cierta preferencia a esta parte de la planta, debido a que caen al suelo en menor tiempo y más constantemente, en relación a otras partes de la planta (Tapia com. per. 2016).

Las semillas de las especies del género *Opuntia* al pasar por el tracto digestivo de las tortugas gigantes y las iguanas terrestres tienen mayor porcentaje de germinación debido a la pobre digestión que presentan (Gibbs et al. 2008, Heleno et al. 2011, Sadeghayobi et al. 2011). De igual manera, los nutrientes presentes en las heces de ambos reptiles son absorbidos por estas semillas favoreciendo el crecimiento y el establecimiento de las plántulas en épocas con poca precipitación (Estupiñan y Mauchamp 1995, Blake et al. 2012, Traveset et al. 2016). Por lo tanto, es probable que las tortugas gigantes y las iguanas terrestres en la Isla Santa Fe, mejoren el porcentaje de germinación de semillas de otras especies de plantas endémicas y nativas, debido a las condiciones fisiológicas que presentan, lo cual ayudará a la restauración ecológica de la isla.

Generalmente en procesos de restauración ecológica la dispersión de semillas sirve como criterio para medir la eficacia de la restauración (Kaiser et al. 2010). Para mejorar el proceso de restauración ecológica en áreas degradadas en Galápagos y generar cambios en la estructura y composición vegetal más eficientemente, es necesario el uso de especies de fauna claves las cuales deben dispersar de manera adecuada semillas tanto en cantidad como calidad (Hansen et al. 2010, Gibbs et al. 2010, López y Rueda 2013, Bush et al. 2014). Las tortugas gigantes al ser introducidas como especie clave, pueden estar cumpliendo esta función ecológica que es importante para la restauración de la isla, ya que se encontraron en sus heces semillas de 18 especies vegetales endémicas y nativas tales como *Opuntia echios var. barringtonens*, *Acalypha párvula*, *Brachiaria multiculma*, entre otras.

En este estudio se encontró que los individuos de tortuga liberados en la Isla Santa Fe a pesar de su edad y tamaño consumen más cantidad de semillas que las iguanas. Esto se podría estar relacionado a la mayor cantidad de especies de plantas herbáceas que fueron consumidas, las cuales se encontraban mayoritariamente en el hábitat abierto, que es el más usado por las tortugas (Figura 4). La literatura científica menciona que las especies herbáceas se adaptan mejor a sectores abiertos donde reciben más cantidad de luz, debido que favorece a la fotosíntesis, la producción de semillas y la germinación (Buckley et al. 2006, Hernández et al. 2010).

La planta herbácea *Panicum alatum var. minus* fue la especie que más semillas se contabilizaron, 990 en las heces de tortuga y 20 en heces de iguanas. Esta planta en Galápagos presenta una altura entre 6 -100 cm, al no ser tan altas, ambas especies de reptiles pueden consumirlas sin dificultad, en comparación con los arbustos y árboles los cuales tienen mayor tamaño y no siempre están disponibles (Zuloaga - Fernando y Morrone 1996). Esta especie forma parte de la familia de los pastos (Poaceae), que debido a, su mecanismo de reproducción produce una gran cantidad de semillas en relación a otras especies, lo que pudo también incidir en el número de semillas encontradas (Orozco-Segovia y Vázquez 1980, Valdés – Reyna et al. 2009).

Otros estudios han encontrado en heces de individuos adultos de la especie *Chelonoidis porteri* hasta 9948 semillas, y en la especie *Conolophus subscristatus* hasta 5705 (Blake et al. 2015b, Traveset et al. 2016). Las tortugas gigantes son especies claves para el ecosistema de Galápagos, debido al rol ecológico que cumplen. Con el paso del tiempo las tortugas liberadas en Santa Fe aumentarán su tamaño corporal, al igual que la cantidad de alimentos y semillas que ingieren, así como el tiempo de retención intestinal y su ámbito de acción, lo cual favorecerá la colonización de plantas en nuevas áreas. Por lo tanto, la

cantidad de semillas encontradas, también está en función del tamaño corporal, comportamiento locomotor y área de acción y edad de los individuos.

Con relación a las especies de plantas introducidas, se identificaron dos en las heces de iguanas y una en las heces de tortuga, las cuales están catalogadas como no invasoras, sin embargo *Desmodium glabrum* y *Portulaca oleracea* aún se desconoce su origen, y podrían ser declaradas como nativas (Guézou et al. 2017). Comparando con otras investigaciones, el número de especies vegetales introducidas en la dieta de las tortugas y las iguanas fue menor (Blake et al. 2015b, Traveset et al. 2016). Esto podría deberse al estado de conservación de la Isla Santa Fe, ya que no tiene población humana permanente, y las actividades antropogénicas que se realizan son escasas, bien reguladas y mayoritariamente relacionadas al turismo de bajo impacto (DPNG 2014). Así mismo la FCD (2017) menciona que la Isla Santa Fe tiene un valor intermedio de endemismo (0.45) y una baja alteración (0.11) y, en comparación con las islas habitadas, es una de las que mejor estado de conservación presenta.

Con respecto al número de las especies de plantas esperadas, tanto la dieta de las tortugas como en las iguanas terrestres, mostraron que aún se pueden encontrar más especies vegetales en las dietas, si se incrementa el esfuerzo y amplía el tiempo de muestreo. Otro factor que podría incidir es que algunas especies de plantas estuvieron muy digeridas, por lo cual no pudieron ser identificadas o no están disponibles en la época seca (Blake et al. 2015b). Así mismo, estos reptiles pudieron consumir especies de plantas que no tuvieran semillas en el periodo de estudio, por lo cual no pudieron ser identificadas (Traveset et al. 2016). De igual manera, el corto período en el que se realizó la recolección de las heces efectuado solo en la época seca, pudo ser otro factor que contribuyó a no encontrar más especies de plantas. Se ha comprobado que en Galápagos, cuando el periodo de estudio es más extenso, se encuentran más especies de plantas en la dieta de estos reptiles (Blake et al. 2012).

La dieta de las tortugas gigantes y las iguanas terrestres no fue muy diferente, porque la cantidad de las especies de plantas encontradas en las heces de ambos reptiles es similar, lo cual pudo deberse a la condición generalista que presentan (Keith et al. 1984b, Blake et al. 2012, Traveset et al. 2016). Por lo tanto, pueden compartir los mismos recursos alimentarios de acuerdo a su disponibilidad, lo cual se evidenció en los resultados de este estudio, ya que más de la mitad de las especies de plantas identificadas estuvieron presentes en ambas dietas. Así mismo, la alta abundancia y disponibilidad de las especies

vegetales, junto con la similar distribución espacial de las poblaciones de las tortugas y las iguanas, fueron factores que pudieron incidir sobre la semejanza entre las dietas.

### **Ampliación y sobreposición de nicho trófico**

El índice de amplitud trófica mostró que la dieta de las tortugas y las iguanas terrestres son poco diversas. Esto podría deberse a que presentaron afinidad por pocas especies de plantas, mayoritariamente cactus, debido a la abundancia y disponibilidad en la Isla Santa Fe y, por los beneficios energéticos que aporta a la dieta. La literatura científica menciona que cuando un recurso alimentario presenta abundancia o dominio en un determinado ecosistema, genera un aumento en la similitud del nicho trófico entre competidores potenciales de iguales características tróficas (Luiselli 2006).

En consecuencia, la dominancia de cactus pudo determinar la baja diversidad en las dietas de las tortugas y las iguanas, las cuales al aprovechar los recursos alimentarios disponibles, no presentan la necesidad de buscar otras especies vegetales. De igual manera, la baja diversidad de las dietas puede estar relacionada con la época seca en la cual se realizó la colecta de datos, pues como se mencionó anteriormente, este periodo no correspondió al tiempo de fructificación de las especies vegetales en el sitio de estudio (Hamann 1979b). Otro aspecto a tener en cuenta es que la colecta de heces de ambos reptiles se realizó en la parte central de isla, lo cual pudo ser una limitante para que la diversidad no fuera alta. Es posible, que si se hubiera colectado en más zonas de la isla se pudieran encontrar otras especies de plantas en las heces de los reptiles (Blake et al. 2012).

La dieta de las tortugas y las iguanas se sobreponen casi en su totalidad (96%), lo cual puede tener tres explicaciones. Primero, al ser las tortugas individuos juveniles introducidos, están ocupando casi la misma área que los individuos de iguana terrestre y, al ser herbívoros de similares características tróficas, se alimentaron de las mismas especies de plantas disponibles. Segundo, el tamaño poblacional de tortugas es menor que el tamaño poblacional de las iguanas, estas últimas se encuentran distribuidas en toda la isla incluyendo la zona de liberación de tortugas. A pesar de la diferencia poblacional entre especies y, la abundancia de recursos, no hay evidencia de que exista competencia inter e intra-específica, por lo tanto, estas no están ejerciendo presión a la distribución o desplazamiento de individuos por estos recursos. Tercero, el uso del espacio de las tortugas está en función del tamaño corporal y edad, al ser individuos juveniles presentaron poca movilidad para forrajear, ya que en un área pequeña realizan sus actividades ecológicas y

metabólicas sin problemas (Bastille et al. 2016). Otra causa posible pudo deberse a que las tortugas, al ser individuos recientemente introducidos (hace dos años) a la isla, estos aún se encuentran en una etapa de adaptación, por lo cual no se están desplazando como lo harían en condiciones normales en su isla natal (Mateo- Jose et al. 2011, UICN 2013).

## Uso del Espacio

Las heces están catalogadas como indicadores de la presencia de un animal, aun cuando no exista observación directa hacia el mismo. Sin embargo, se considera que mientras más heces se visualicen, hay mayor certeza acerca de la presencia de uno o varios individuos en la misma área, y en ocasiones se puede usar como criterio para determinar una área de acción (Chinchilla - Federico 1997, Gibbs et al. 2014). En este estudio al no poder identificar a qué individuo pertenecieron las heces y al desconocer los movimientos de estas especies, se optó por no usar el término área de acción (home range), sino uso del espacio en la isla.

Es necesario tener en cuenta que los resultados del presente estudio pueden estar influenciados por el método y tipos de análisis empleados. Estudios anteriores que determinaron el área de acción de las especies *C. hoodensis* y *C. pallidus* utilizaron el método Polígono Mínimo Convexo (PMC) mediante el seguimiento y observación de determinados individuos para realizar dichas estimaciones, además, en estos estudios el periodo de seguimiento a los individuos fue superior al año (Keith et al. 1984b, Gibbs et al. 2014). En este estudio se tomaron como referencia las localizaciones de las heces colectadas en la isla para determinar el uso del espacio, por ser más eficiente de acuerdo al tiempo de duración de la investigación.

El método de Kernel al 95% mostró un solapamiento total entre las áreas usadas por las tortugas y las iguanas. Esto podría estar relacionado a la diferencia del tamaño poblacional y distribución, ya que las iguanas se encuentran distribuidas en toda la isla y las tortugas se concentraron en la zona de liberación y alrededores. El último monitoreo realizado a las tortugas en la Isla Santa Fe, se evidenció que el 95% de los individuos aún permanecen cerca de la zona de liberación (Gibbs com. per 2017).

Se pudo apreciar que existió separación en cuanto al área núcleo o “core area” (Kernel al 50%). Esto podría ser producto del comportamiento ecológico de ambas especies, ya que presentan diferentes necesidades y requerimientos, principalmente de hábitat. La zona de liberación de tortugas presenta áreas abiertas, lo cual facilita el desplazamiento de las tortugas, sin embargo esta condición no es favorable para las iguanas ya que aumenta la

probabilidad de depredación, y tal como se evidenció a través de los resultados de la presente investigación (figura 4) usan los hábitats Encelias y Leñoso para buscar refugios, los cuales se encuentran mayoritariamente fuera del área núcleo de las tortugas.

Cabe resaltar que el método de Kernel puede presentar limitaciones en este estudio, ya que esta metodología, toma como supuesto que cada localización (excreta colectada) es independiente una de otra, esta condición podría causar una sobreestimación de las densidades del uso del espacio por las tortugas y las iguanas (Brown et al. 2014). Obtener datos más confiables implica identificar las heces de acuerdo a los individuos.

El espacio utilizado por las iguanas fue de 251 ha, lo que supera en gran medida al área usada por las tortugas (46.36 ha), esto puede estar relacionado a: 1) se recolectaron más heces de iguanas en comparación con las de tortugas, por lo tanto la cantidad de heces podría incidir en el valor del área estimada para cada especie. 2) La Isla Santa Fe, presenta condiciones topográficas irregulares en los alrededores de la zona donde se liberaron la tortugas, esto podría ser otra causa que limita el movimiento y traslado de las tortugas juveniles, a diferencia de las iguanas las cuales son trepadoras lo que facilita su traslado de un sector a otro (Averill y Averill 2005, Riedle et al. 2008). 3) Las tortugas por su edad y tamaño corporal presentan menos requerimientos ecológicos que los individuos adultos, por lo tanto, no se vieron obligadas a realizar mayores desplazamiento para satisfacer sus requerimientos, además no están en etapa reproductiva, lo que también podría explicar que no se movilen a otros sectores en busca de sitios para anidar (Bastille et al. 2016, Slavenko et al. 2016). Es de esperarse que cuando los individuos liberados sean adultos, éstos se movilen mayores distancias, por prolongados periodos de tiempo y sectores de difícil topografía en busca recursos (Mech y Zollner 2002).

Otro aspecto que pudo influir en el uso del espacio entre las tortugas y las iguanas es la necesidad de termorregulación, porque la búsqueda de espacios apropiados para regular la temperatura, puede tener consecuencias directas sobre los patrones de movimiento (Bastille et al. 2016, Waterson et al. 2016). Se ha demostrado que algunas especies de quelonios necesitan de una temperatura corporal entre los 24 y 28°C dependiendo del tipo de hábitat en el que se encuentran para realizar sus actividades (Sancho - Alcayde 2015). Por ejemplo, se pudo evidenciar durante el estudio la importancia de los hábitats abiertos con presencia de cactus para mantener la temperatura corporal en tortugas juveniles, caso contrario de las iguanas, las cuales requieren de hábitats leñosos con presencia de rocas para que puedan termoregular de manera eficaz (Keith et al 1984b).

## CONCLUSIONES

Las tortugas utilizaron más el hábitat abierto, a diferencia de las iguanas las cuales usaron los hábitats Enceliar y Cactal. Así mismo los hábitats Abierto y Leñoso estuvieron relacionados positivamente con la presencia de las tortugas y las iguanas respectivamente.

En total se identificaron 39 especies de plantas, de las cuales el 41% estuvieron presentes en la dieta de ambos reptiles, el 33% en tortugas y el 25% restante en iguanas, además el 56.4% correspondió a plantas endémicas y nativas.

La especie vegetal más consumida por ambas especies de reptil fue *la Opuntia echios var. barringtonensis* (cactus), lo cual obedece a su abundancia y disponibilidad en la isla.

Las tortugas cumplen la función ecológica de dispersión de semillas, ya que consumieron a diferencia de las iguanas, más cantidad de semillas de plantas de origen endémico y nativo, y de tipo herbáceo, las cuales podrían ser potencialmente viables para germinar y tener un papel importante dentro de la dinámica, estructura y restauración ecológica de la Isla Santa Fe.

La amplitud y la sobreposición de nicho trófico demuestran que las tortugas y las iguanas tienen una dieta poco diversa, las cuales se sobreponen casi en su totalidad.

Se evidenció que el área de uso de las iguanas es siete veces mayor al área usada por las tortugas, y estas se sobreponen en su totalidad. Sin embargo el área núcleo presentó una marcada diferencia y no se sobreponen, principalmente, debido a los diferentes requerimientos ecológicos de las especies.

## RECOMENDACIONES

Actualmente no hay evidencia acerca de la “competencia” por los recursos entre tortugas introducidas e iguanas residentes. Sin embargo esta condición puede cambiar a futuro por el aumento de tortugas introducidas a la isla, por lo tanto, es imprescindible crear un programa de monitoreo para evaluar las interacciones que pudiesen suceder entre estas especies de reptil en el mediano y largo plazo.

Realizar estudios de seguimiento a individuos de ambas especies de reptil, para tener mayor claridad sobre el uso del hábitat, poniendo énfasis en el movimiento de los individuos a través del tiempo.

Replicar este estudio en un periodo de tiempo más extenso, que incluya la época lluviosa y seca, para saber con mayor detalle los recursos alimentarios que componen la dieta de estos reptiles.

Es fundamental y necesario elaborar un estudio relacionado a la disponibilidad de recursos alimentarios, el cual servirá para determinar la capacidad de carga en la isla, considerando a otras especies de fauna que la habitan. De igual manera, permitirá determinar si el programa de restauración es viable en el tiempo.

Debido a la abundancia y disponibilidad del cactus, el cual es fundamental para el crecimiento de las tortugas juveniles, se podría incrementar el número de individuos a introducir en otro sector de la isla, que tenga características similares a la actual zona de liberación, lo cual puede mejorar el proceso de restauración ecológica y evitar la sobre densidad poblacional en la actual de liberación.

Poner más énfasis en el protocolo cuarentenario establecido por Dirección del Parque Nacional Galápagos, a fin de evitar la colonización de plantas de otras islas, sobre todo las introducidas las cuales podrían ser invasoras a futuro.

Los resultados de este trabajo deben considerarse como línea base, para evaluar la primera etapa de este proyecto de restauración ecológica por las autoridades de la Dirección del Parque Nacional Galápagos y Galápagos Conservancy, y usarlo para implementar o contribuir a nuevas medidas de manejo relacionadas a futuras introducciones.

## LITERATURA CITADA

- Andreu–Ana, C. 1987. Ecología y dinámica poblacional de la tortuga mora, *Testudo graeca graeca* L. en Doñana, Huelva. Sevilla: Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Armstrong, D. P y P.J. Seddon. 2008. Directions in reintroduction biology. *Trends in ecology & evolution*, 23: 20-25
- Averill, R. C y A. Averill. 2005. Regional-scale estimation of density and habitat use of the desert tortoise (*Gopherus agassizii*) in Arizona. *Journal of Herpetology*, 39: 65-72.
- Baena, M. L., G. Halffter., L. A. Noriega y J. Soberón. 2008. Extinción de especies. *Capital natural de México*, 1: 263-282.
- Barrows, C. W., B. T. Henen, B. T y A. E. Karl. 2016. Identifying Climate Refugia: A Framework to Inform Conservation Strategies for Agassiz's Desert Tortoise in a Warmer Future. *Chelonian Conservation and Biology*, 15: 2-11.
- Barrel, R., y R. Etheridge. 1989. A Phylogenetic analysis and taxonomy of iguanian lizard (Reptilia, Squamata). Johnston, R editor. The University of Kansas, Museumm of Natural History, Lawrence, Kansas, USA.
- Bastille, R. G., G. Yackulic., B. Frair., J. Cabrera., F. Cabrera y S. Blake. 2016. Allometric and temporal scaling of movement characteristics in Galapagos tortoises. *Journal of Animal Ecology*, 85: 1171-1181.
- Berkunsky - Igor y A. D. Giacomo. 2015. Proyecto de reintroducción experimental de Muiú (*Crax fasciolata*) y Guacamayo Rojo (*Ara chloropterus*) en la Reserva Natural Iberá. The Conservation Land Trus. Corrientes, Argentina.
- Brent, J. E y J. H. Cushman. 2007. Influence of a large herbivore reintroduction on plant invasions and community composition in a California grassland. *Conservation Biology*, 21: 515-526
- Bisconti, M., W. Landini., G. Bianucci., G. Cantalamessa., G. Carnevale., L. Ragaini., y G. Valleri. 2001. Biogeographic relationships of the Galapagos terrestrial biota: parsimony analyses of endemicity based on reptiles, land birds and Scalesia land plants. *Journal of Biogeography* 28:495 - 510.

- Blake - Steve., C. Yackulic., M. Wikelski., W. Tapia., J. Gibbs., S. Deem., F. Villamar y Cabrera. 2015a. La migración de las tortugas gigantes de Galápagos requiere de esfuerzos de conservación a escala de paisaje. Pp. 144-150. En: Informe Galápagos 2013-2014. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Blake. S., A. Guézou., S. L. Deem., C. B. Yackulic y Cabrera, F. 2015b. The Dominance of Introduced Plant Species in the Diets of Migratory Galapagos Tortoises Increases with Elevation on a Human-Occupied Island. *Biotropica*, 47: 246-258.
- Blake. S., M. Wikelski., F. Cabrera., A. Guezou., M. Silva., E. Sadeghayobi y P. Jaramillo. 2012. Seed dispersal by Galápagos tortoises. *Journal of Biogeography*, 39: 1961-1972.
- Bonnet, X., F. Brischoux., D. Pinaud., C. Michel., J. Clobert., R. Shine y T. Fauvel. 2015. Spatial variation in age structure among colonies of a marine snake: the influence of ectothermy. *Journal of Animal Ecology*, 84: 925-933
- Brosimmer, F. J. 2005. Ecocidio: breve historia de la extinción en masa de las especies.
- Brown, J. L., A. Cameron., A. Yoder y M Vences. 2014. A necessarily complex model to explain the biogeography of the amphibians and reptiles of Madagascar. *Nature communications*, 5, ncomms 6046: 1-10.
- Buckley, Y. M., S. Anderson., C. Catterall., R. Corlett., T. Engel., C.Gosper y V. Smith. 2006. Management of plant invasions mediated by frugivore interactions. *Journal of Applied Ecology*, 43: 848-857.
- Bungartz, F., H. W. Herrera., P. Jaramillo., N. Tirado., U. Jiménez., D. Ruiz., A. Guézou y F. Ziemmeck. 2009. Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin. Charles Darwin Foundation / Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galápagos.
- Bush, M. B., A. Restrepo y A. Collins. 2014. Galápagos history, restoration, and a shifted baseline. *Restoration ecology*, 22: 296-298.
- Bustos - Zagal, M., J. Manjarrez y F. Castro. 2013. Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta zoológica mexicana*, 29: 153-163.

- Caccone, G. A., J. Gibbs., V. Ketmaier., E. Suatoni y J. Powell. 1999. Origin and Evolutionary Relationships of Giant Galapagos Tortoises. Proc. Natl. Acad. Sci. United States of America (PNAS) 96: 223-228.
- Caccone, G. A., G. Gentile., J. Gibbs., T. Fritts., H. Snell., J. Betts y J. Powell. 2002. Phylogeography and history of giant Galápagos tortoises. Evolution, 56: 2052-2066.
- Cayot, L. J. 1987. Ecology of Giant Tortoise (*Geochelone elenphantopus*) in the Galápagos Islands. Tesis Doctoral, Universidad de Syracuse, Syracuse, new York. Estados Unidos.
- Cayot, L. J. 2008. The restoration of giant tortoise and land iguana populations in Galápagos. Galapagos Research, 65: 39-43
- Chinchilla - Federico. A. 1997. La dieta del jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*) y el manigordo (*Felis pardalis*) (Carnivora; Felidae) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 45: 1223-1230.
- Coronel – Villavicencio, V. 2002. Distribución y re-establecimiento de *Opuntia megasperma* var. *orientalis* Howell.(Cactaceae) en Punta Cevallos, Isla Española-Galápagos. Tesis de grado, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Denton, M. J., K. M. Hart., A. W. Demopoulos., A. Oleinik y J. D .Baldwin. 2016. Diet of diamondback terrapins (*Malaclemys terrapin*) in subtropical mangrove habitats in South Florida. Chelonian Conservation and Biology, 15: 54-61.
- Dirección Parque Nacional Galápagos (DPNG). 2008. Protocolos para el transporte de organismos vivos dentro y entre las Islas Galápagos. In: P.N Galápagos, Edición, Protocolos para viajes de campo y campamentos en las Islas Galápagos. Ministerio del Ambiente, con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) 2014. Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Dobson, A. P. 2014. Yellowstone wolves and the forces that structure natural systems. PLoS biology, 12(12), e1002025.

- Edwards, D. L., R. Garrick., W. Tapia y A. Caccone. 2014. Cryptic structure and niche divergence within threatened Galápagos giant tortoises from southern Isabela Island. *Conservation Genetics* 15:1357-1369.
- Ernst, C. H y R. W. Barbour. 1989. *Turtles of the world*. Smithsonian Instit. Press. Washington DC, USA.
- Espunyes - Nozières, J. 2011. Reintroducción de especies amenazadas. Problemáticas y recomendaciones. Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- Estes, J. A., J. Terborgh., J. S Brashares., M. E. Power., J. Berger., W. J. Bond y J. R. Marquis. 2011. Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 6040: 301-306.
- Estupiñan S.B y Mauchamp - André. 1995. Interacción planta-animal en la dispersión de *Opuntia* de Galápagos. II Congreso Nacional de Botánica Quito, Ecuador.
- Fernández-Palacios, J. M y C. Morici. 2004. Introducción a las islas. *Ecología Insular/Island Ecology*. AEET/Cabildo Insular de La Palma, 21-55.
- Fraser, A. F. 2010. *The Behaviour and Welfare of the Horse*. Segunda edición. Universidad de Cambridge, Londres, Inglaterra.
- Fundación Charles Darwin (FCD). 2016 Base de datos de la estación meteorológica Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. <http://www.darwinfoundation.org/datazone/climate>
- Fundación Charles Darwin (FCD). 2017. Visualization Analysis of the data from the Charles Darwin Foundation Collections Database - Análisis Visual de información de la Base de datos de colecciones de la Fundación Charles Darwin. Online data portal - portal de datos en línea.
- Gallina, S. 1993. White-tailed Deer and Cattle Diets at La Michilia, Durango, Mexico, *Society for Range Management* 46:487-492.
- Gallina – Tessaro, S y González, C. 2011. Técnicas para conocer la dieta Páginas 235 – 252. *Manual de técnicas para el estudio de la Fauna*. Volumen I. Universidad de Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Gallina –Tessaro, S. 2015. *Manual de técnicas del estudio de la fauna*. Instituto de Ecología, A.C Xalapa, Veracruz, México.

- García – Gómez, M, P. 2009. Identificación de escenarios de calidad de hábitat para fauna silvestre. Caso de estudio; Cuenca media y alta del Río Otún (RISARALDA). Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Garshelis, D.L. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection, and importance. Pp. 111–164. En: Boitani, L. y T.K. Fuller (eds.). *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York.
- Gentinele, G. y H. Snell. 2009. *Conolophus marthae* sp. nov. (Squamata, Iguanidae), a new species of land iguana from the Galápagos archipelago. *Zootaxa* 2201:1-10.
- Gibbs, J. P., C. Marquez y E. Sterling. 2008. The role of endangered species reintroduction in ecosystem restoration: Tortoise–cactus interactions on Española Island, Galápagos. *Restor. Ecol.* 16: 88–93.
- Gibbs, J. P., E. Sterling y J. Zabala, J. 2010. Giant Tortoise Ecological Engineers: A Long-term Quasi-experiment in the Galápagos Islands. *Diario de Biotropica* 42: 208 – 214.
- Gibbs, J. P., E. Hunter., K. Shoemaker., W. Tapia y L. Cayot. 2014. Demographic outcomes and ecosystem implications of giant tortoise reintroduction to Española Island, Galapagos. *PloS one*, 9(10), e110742.
- González – Luis, A., Prieto - Arcas, A., L. Martínez y J. Velásquez. 2006. Nichos Tróficos de los Lagartos, *Ameiva ameiva* y *Plica plica*, en un Bosque Húmedo Tropical del Estado Miranda Venezuela. *Saber* 2: 117- 122.
- Guézou, A., S. Chamorro., P. Pozo., A. Guerrero., R. Atkinson., C. Buddenhagen., P. Jaramillo y M. Gardener. 2017. CDF Checklist of Galapagos Introduced Plants – FCD, Santa Cruz, Galápagos.
- Guzmán – Loayza. D y J. Chávez. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73: 41-45.
- Hernández-Verdugo, S., R. G. López., F. Porras., S. Parra, S., M. Villarrea y E. Osuna. 2010. Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia*, 44: 667-677.

- Hamann, O. 1979a. Regeneration of vegetation on Santa Fe and Pinta Islands. Galápagos after the eradication of goats. *Biological Conservation* 15: 215-236.
- Hamann, O. 1979b. On climatic conditions, vegetation types, and leaf size in the Galápagos Islands. *Biotropica*, 101-122.
- Hamann, O. 2003. Vegetation changes over three decades on Santa Fe Island, Galapagos, Ecuador. *Nordic Journal of Botany*, 23: 143-152.
- Hansen, D. M., C. Donlan., J. Griffiths y K. Campbell. 2010. Ecological history and latent conservation potential: large and giant tortoises as a model for taxon substitutions. *Ecography*, 33: 272-284.
- Heleno, R., S. Blake., P. Jaramillo., A. Traveset., P. Vargas y M. Nogales. 2011. Frugivory and seed dispersal in the Galapagos: what is the state of the art? *Integrative Zoology*, 6: 110-128.
- Hunter, E. A., J.P. Gibbs., L. J. Cayot., y W. Tapia. 2013. Equivalency of Galápagos giant tortoises used as ecological replacement species to restore ecosystem functions. *Conservation Biology*, 27: 701-709.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Hutto, R. 1985. Habitat selection by nonbreeding, migratory land páginas 455-459. En Cody, M. *Habitat selection in birds*. Academic Press. Orlando, Florida, Estados Unidos.
- Hull, V., J. Zhang., J. Huang., S. Zhou., A. Viña y A. Shortridge. 2016. Habitat use and selection by giant pandas. *PLoS One* 11(9): e0162266. doi:10.1371/journal.pone.0162266
- INEC - CREGG - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos & Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. 2010. "Encuesta de condiciones de vida Galápagos 2009-2010". Quito, Ecuador.
- Jaramillo – Díaz, P y R. H. Heleno. 2012. Guía rápida de semillas de las Islas Galápagos. Fundación Charles Darwin. Galápagos, Ecuador.
- Jaramillo – Díaz, P., P. Cueva., E. Jiménez y J. Ortiz. 2014. Galápagos Verde 2050. FCD, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.

- Jaramillo, M., C. Donaghy., F. Vargas y P. Parker. 2016. The Diet of the Galapagos Hawk (*Buteo galapagoensis*) Before and After Goat Eradication. *Journal of Raptor Research*, 50: 33-44.
- Jiménez, G., C. Márquez y H. Snell. 2012. Lista de especies de reptiles de Galápagos. Fundación Charles Darwin. Galápagos, Ecuador.
- Juárez, H. B., D. Sotres y A. Matuszewski. 2001. Distribución exacta de la estadística prueba tipo Mann-Whitney-Wilcoxon bajo violaciones a los supuestos estándar, para distribuciones uniformes continuas. *Agrociencia*, 35: 223-235.
- Kaiser-Bunbury, C., A. Traveset y D. Hansen 2010. Conservation and restoration of plant–animal mutualisms on oceanic islands. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12: 131-143.
- Keith, C. A., C. Tracy y W. Porter. 1984a. Diet, digestion, and food preferences of Galapagos land iguanas. *Herpetologica*, 40: 205-212.
- Keith, C. A., S. Waldschmidt y W. Porter. 1984b. The relationship between Lizard Home Range and Body Size: A Reanalysis of the Data. *Herpetologica League* 40: 68-75.
- Keith, C. A y R. Tracy. 1985. Physical and Biotic Determinants of Space Utilization by the Galápagos Land Iguana (*Conolophus pallidus*). *Oecologia* 66: 132-140.
- Kie, J. G., J. Matthiopoulos., J. Fieberg., R. Powell., F. Cagnacci., M. Mitchell y P. Moorcroft. 2010. The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365: 2221-2231
- Koh, L. P., R. R. Dunn., N. S. Sodhi., R. K. Colwell., H.C. Proctor y V. S. Smith. 2004. Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science*, 5690: 1632-1634.
- Korschgen, L. J. 1980. Procedures for food-habits analysis. In *Wildlife management techniques manual*, 4th edn.: 113 ±127. Schemnitz, S.D. (Ed.). Washington DC: The Wildlife Society.
- Krebs, C, J. 2014. *Ecological methodology*. Second edition. Menlo park, California, Estados Unidos.

- Krzanowski, W. J. 2006. Sensitivity in metric scaling and analysis of distance. *Biometrics*, 62: 239-244.
- Landázuri – Ondina. 2010. La “mora” *Rubus niveus*, algunos datos importantes sobre la especie en el contexto de la problemática de control y erradicación de la especie. *La Granja*. 12: 28-31
- Lavoie, C., F. Cruz., G. Carrion., K. Campbell., C. Donlan., S. Harcourt y M. Moya. 2007. Atlas Temático del Proyecto Isabela documento ilustrativo que describe, paso a paso, el macroproyecto de erradicación de chivos más exitoso de las Islas Galápagos, 1998-2006. Puerto Ayora, Galápagos: Fundación Charles Darwin.
- Lawson, L. P y K. Petren. 2017. The adaptive genomic landscape of beak morphology in Darwin's finches. *Molecular Ecology*. 23: 4978- 4989
- Litvaitis, J.A., K.C Titus y E. Anderson. 1994. Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and food. In *Research and management techniques for wildlif and habitats*, T.A. Bookhout (Ed.) The Wild life Society. Mariland. Estados Unidos.
- López- Arturo. X y D. Rueda. 2013. Recuperación de especies de plantas nativas y endémicas en Galápagos: El vivero como herramienta clave en procesos de restauración ecológica. En: Informe Galápagos 2011-2012. DPNG, GCREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Loyola - Herrera, A. E. 2014. Determinación de la fauna helmíntica de las tortugas gigantes (*Chelonoidis sp.*) de las Islas Galápagos. Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Luiselli, L. 2006. Food niche overlap between sympatric potential competitors increases with habitat alteration at different trophic levels in rain-forest reptiles (omnivorous tortoises and carnivorous vipers). *Journal of Tropical Ecology*, 22: 695-704.
- Maechler, M., P. Rousseeuw., A. Struyf., M. Hubert y K. Hornik. 2017. cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.0.6.
- Mateo - Jose. A., J. A. Oliver y J. Mayol. 2011. Las Translocaciones de Tortugas de Tierra en Mallorca. En J.A. Mateo (ed.). *La Conservación de las Tortugas de Tierra en España*, pp. 51-56. Consejería de Medio Ambiente y Movilidad, Gobierno de las Islas Baleares, Palma. España

- McDonald, L. L., W. P. Erickson., M. S. Boyce y J. R. Alldredge. 2012. Modeling vertebrate use of terrestrial resources. The wildlife techniques manual: research, 7th edn. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 410-428.
- Maneyro - Landó. R. 2000. Análisis del nicho trófico de tres especies de anfibios en un grupo de cuerpos de agua lénticos. Tesis de Maestría. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas. Universidad de la República Montevideo. Montevideo, Uruguay.
- Manly, B. F., L. McDonald., D. Thomas., T. L. McDonald y P. W. Erickson. 2002. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Segunda edición. Moscú, Russia.
- Marines - Macías. T. 2014. Ámbito hogareño y selección de hábitat *de Reithrodontomys microdon* (Cricetidae: Neotominae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Márquez, C., G. Morillo y L.J. Cayot. 1991. A 25-year management program pays off: repatriated tortoises on Española reproduce. *Noticias de Galapagos*, 50: 17-18.
- Márquez, C., G. Gordillo y A. Tupiza. 1995. El incendio de 1994 y la herpetofauna del sur de Isabela. *Noticias de Galapagos*, 54: 48-50.
- Márquez, C., H. Vargas., H. Snell., A. Mauchamp., J. Gibbs y W. Tapia. 2003. ¿Por qué tan pocas Opuntia en la Isla Española-Galápagos? *Ecología Aplicada* 2: 21-29.
- Márquez, C., E. Muñoz., G. Gentile., W. Tapia., J. Zabala., S. Naranjo y A. Llerena. 2010. Estado poblacional de las iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*, *C. pallidus* y *C. marthae*: Squamata, Iguanidae), Islas Galápagos. *Ser Zool*, 6: 19-37.
- Mech. S.G y P.A. Zollner. 2002. Using body size to predict range. *Oikos*, 98: 47-52.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). 2010 "Reservas de Biósfera del Ecuador: Lugares excepcionales". Ministerio del Ambiente de Ecuador – GIZ – WCS – NCI - UNESCO, Quito.
- Mitchell, S. C. (2005). How useful is the concept of habitat?—a critique. *Oikos*, 110: 634-638.

- Morán-Guerra, A. 2002. Biogeografía de la Tortuga Terrestre Gigante (*Geochelone nigrita*) de la Isla Santa Cruz, Galápagos Ecuador. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador.
- Morales – Betancourt, J y Estévez-Varón, J. 2006. El páramo ¿Ecosistema en vía de extinción? Revista Luna Azul, 22: 39-51.
- Morris, D. W. y A. Dupuch. 2012. Habitat change and the scale of hábitat selection: Shifting gradients used by coexisting Artic rodents, *Oikos*, 121: 975-984.
- Mosquera - Muñoz, D. A. 2012. Ecología alimentaria del Gavilán de Galápagos (*Buteo galapagoensis*) en la Isla Santiago, Galápagos, después de la erradicación de la Cabra (*Capra hircus*) y monitoreo del Gavilán de Galápagos. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Oksanen, J. F., G. Blanchet., M. Friendly., R. Kindt., P. Legendre., D. McGlinn., P. Minchin., R. O'Hara., G. Simpson., P Solymos., M. Henry., E. Szoecs y H. Wagner. 2017. vegan: Community Ecology Package. R package versión 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Orozco-Segovia, A. D y Vázquez-Yanes, C. 2016. La germinación de *Panicum hirsutum* Swartz: una arvense de cultivos de zonas inundables. *Botanical Sciences*, 39: 91-106.
- Páez, R. 2008. Diversificación de dietas en tres colonias de lobo marino de Galápagos, *Zalophus wolfebaeki*, evaluada con análisis de excretas e isótopos estables de C y N. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México.
- Palacios- Román, C y R. Valencia. Román. 2015. Hábitos tróficos de dos especies sintópicas de carácidos en una quebrada de alta montaña en los Andes colombianos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86: 782-788.
- Pérez-Cristanto, J., Reyes Santiago y I. Brachet. 2005. *Opuntia olmeca*, una nueva especie de la familia Cactaceae para el estado de Oaxaca, México. *Revista Cactáceas y Suculentas mexicanas* 50: 89-95.
- Pianka, E. R. 1986. Ecology and natural history of desert lizards: analyses of the ecological niche and community structure. Princeton University, New Jersey, Estados Unidos.

- Poling, T. D. y S. E. Hayslette. 2006. Dietary overlap and foraging competition between mourning doves and Eurasian collared-doves. *Journal of Wildlife Management*, 70: 998-1004.
- Poulakakis, N., M. Russello., D. Geist, y A. Caccone. 2012. Unraveling the peculiarities of island life: vicariance, dispersal and the diversification of the extinct and extant giant Galapagos tortoises. *Molecular Ecology*, 21:160-173.
- Poulakakis, N., D. Edwards., Y. Chiari., R. Garrick., E. Russello., E. Benavides., G. Watkins., S. Glaberman., W. Tapia., J. Gibbs., L. Cayot., A. Caccone. 2015. Description of a New Galapagos Giant Tortoise Species (*Chelonoidis*; Testudines: Testudinidae) from Cerro Fatal on Santa Cruz Island. *PLoS ONE* 10(10): e0138779.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138779>
- Reynolds, R. P. 1982. Experimental repatriation of captive-reared land iguanas. *Noticias de Galapagos*, 36: 13-14.
- Riedle, J. D., R. Murray., C. Lutz y D. Bolen. 2008. Habitat use by desert tortoises (*Gopherus agassizii*) on alluvial fans in the Sonoran Desert, south-central Arizona. *Copeia*, 2: 414-420.
- Rivera, S. 2016. Galápagos island restoration project and ecosystem health: the veterinary perspective. pp 1305-1306. Conferencia de la comunidad veterinaria de América del Norte. 16 de Enero del 2016. Orlando, Florida, Estados Unidos
- Rojas - Murcia, L. E., J. E. Cogollo y J. A. Bello. 2016. Reptiles del bosque seco estacional en el caribe colombiano: distribución de los hábitats y del recurso alimentario. *Acta Biológica Colombiana*, 21: 365-377.
- Russello, M. A., N. Poulakakis., J. Gibbs., W. Tapia., E. Benavides., J. Powell y Caccone, A. 2010. DNA from the past informs ex situ conservation for the future: an "extinct" species of Galápagos tortoise identified in captivity. *PLoS One*, 5(1), e8683.
- Sadeghayobi, E., S. Blake., M. Wikelski., J. Gibbs., R. Mackie y F. Cabrera. 2011. Digesta retention time in the Galápagos tortoise (*Chelonoidis nigra*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 160: 493-497.

- Sancho - Alcayde. V., J. A. Lacomba., G. J. Bataller y P. A. Carrasco. 2015. Manual para el Control y Erradicación de Galápagos Invasores. Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad. Volumen 6. Consejería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural Valenciana. Valencia, España.
- Seddon, P. J., D. O. Armstrong y R.F. Maloney. 2007. Developing the science of reintroduction biology. *Conservation biology*, 21: 303-312.
- Seddon, P. J. 2010. From reintroduction to assisted colonization: moving along the conservation translocation spectrum. *Restoration Ecology*, 18: 796-802.
- Sexton, J. P., L. Montiel., J. E. Shay., M. R. Stephens y R. A. Slatyer, R. A. 2017. Evolution of Ecological Niche Breadth. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48: 183-206.
- Signer, J., y N. Balkenhol. 2015. Reproducible home ranges (rhr): A new, user-friendly R package for analyses of wildlife telemetry data. *Wildlife Society Bulletin*, 39: 358-363.
- Slavenko, A., Y. Itescu., F. Ihlow y S. Meiri., 2016. Home is where the shell is: predicting turtle home range sizes. *Journal of Animal Ecology*, 85: 106-114.
- Sloan, W. D y J. Yoshimura. 1994. On the coexistence of specialists and generalists. *The American Naturalist*, 144: 692-707.
- Smith, D. W., O. R. Peterso y D.B. Houston. 2003. Yellowstone after wolves. *BioScience*, 53: 330-340.
- Serio - Silva J. 2011. Translocación y reintroducción en el manejo y conservación de las especies. Páginas 221-234 en Gallina - Tesaro, S y López – González, C. 2011. Técnicas para conocer la dieta Páginas 235 – 252. Manuel de técnicas para el estudio de la Fauna. Volumen I. Universidad de Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- Soorae, P. S. 2013. Global Re-introduction Perspectives, 2013: Further Case Studies from Around the Globe. IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group & Environment Agency- Abu Dhabi.
- Soorae, P. S. 2016. Global Re-introduction Perspectives, 2016: Case-studies from Around the Globe. IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group & Environment Agency- Abu Dhabi.

- Storch, I. 2003. Linking a multiscale habitat concept to species conservation. Pp. 303–320. En: Bissonette, J. A. y I. Storch (eds.). Landscape ecology and resource management: linking theory with practice. Island Press, Washington, D.C.
- Stöcklin, J. 2009. Darwin and the plants of the Galápagos-islands. *Bauhinia*, 33-48.
- Swingland, I. R. y M. W. Klemens. 1989. The Conservation Biology of Tortoise. Broadview. Illinois, United States of America The World Conservation Union, Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group.
- Tambutti - Marcia., A. Aldama., O. Sánchez., R. Medellín y J. Soberón. 2002. La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica*, 61: 11-21.
- Tapia - Aguilera, W., D. Rueda., L. Cayot y J. Gibbs. 2015. Plan para la Reintroducción de las Tortugas Gigantes a la Isla Santa Fe como estrategia para su restauración Ecológica. Ministerio del Ambiente, Dirección del Parque Nacional Galápagos y Giant Tortoise Restoration Initiative, Galápagos, Ecuador.
- Traveset – Anna y Santamaría Luis. 2004. Alteración de mutualismos planta-animal debido a la introducción de especies exóticas en ecosistemas insulares. *Ecología Insular*, 251-276.
- Traveset, A., M. Nogales., P. Vargas., B. Rumeu., J. Olesen., P. Jaramillo y R. Heleno. 2016. Galápagos land iguana (*Conolophus subcristatus*) as a seed disperser. *Integrative zoology*, 11: 207-213.
- Unión Internacional para la Conservación (UICN). 1998. Guías para reintroducciones UICN. Preparadas por el grupo Especialista en Reintroducciones de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Unión Internacional para la Conservación (UICN). 2013. Directrices para la reintroducción y otras translocaciones para fines de conservación. Version 1.0. Glad, Suiza 57 pp IBN:978-2-8371-1609-1.
- VanDenburgh, J. 1914. The Gigantic Land Tortoises of the Galápagos Archipelago. *Proc. California Acad. Sci.* 2, Part. I:203-374.

- Vanhooydonck, B y R. Van Damme. 2003. Relationships between locomotor performance, microhabitat use and antipredator behaviour in lacertid lizards. *Functional Ecology*, 17: 160-169.
- Valdés-Reyna, J., F. O. Zuloaga., O. Morrone y L. Aragón. 2009. El género *Panicum* (Poaceae: Panicoideae) en el noreste de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84: 59-82.
- Waterson, A. M., D. N. Schmidt., P. J. Valdes., P. A. Holroyd., D.B. Nicholson., A. Farnsworth y P. M. Barrett. 2016. Modelling the climatic niche of turtles: a deep-time perspective. *The Royal Society*, 283.
- Wiggins, I. L. y D. M. Porter. 1971. *Flora of the Galapagos Islands*. Stanford University Press, Stanford, California, Estados Unidos.
- Wilcoxon, F. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics bulletin*, 1: 80-83.
- Zuloaga - Fernando. O y O. Morrone. 1996. Revisión de las especies americanas de *Panicum* subgénero *Panicum* sección *Panicum* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 200-280.

### **Comunicaciones personales**

Msc. Washington Tapia. Director de la iniciativa de restauración de tortugas gigantes. Galapagos Conservancy. Correo: wtapiaa@gmail.com

PhD. James Gibbs. Profesor de Biología de la Conservación de Vertebrados y Presidente Asociado del Departamento de Biología Ambiental y Forestal de la Universidad Estatal de Nueva York (SUNY-ESF) y colaborador de Galapagos Conservancy. Correo: jpgibbs@esf.edu

Sr. Freddy Villalba. Guardaparque de la Dirección del Parque Nacional Galápagos. Jefe del Centro de Crianza Fausto Llerena y colaborador de Galápagos Conservancy. Correo: fvillalba@galapagos.gob.ec

## ANEXOS

**Anexo A.** Iguana terrestre amarilla de la Isla Santa Fe. Crédito fotográfico: Carlos Cano y Ellen Smith.



**Anexo B.** Tortugas gigantes del Archipiélago de Galápagos de las islas Española.

*Chelonoidis hoodensis* (arriba) y Santa Cruz *Chelonoidis porteri* (abajo). Crédito fotográfico:

Tui de Roy.



**Anexo C.** Tipos de hábitats mayoritariamente presentes en la isla Santa Fe. 1) Abierto, 2) Encelciar, 3) Leñoso, 4) Cactus. Crédito Fotográfico: Carlos Cano y Adrián Martín.



1



2



3



4

**Anexo D.** Heces recolectadas de tortugas e iguanas. Crédito Fotográfico: Ana Pérez y Ellen Smith



**Anexo E.** Valores de los coeficientes de significancia del mejor modelo de tortugas (arriba) y los modelos uno y dos en iguanas (abajo).

		<b>Hábitat</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>z value</b>
<b>TORTUGAS</b>	Modelo 1	Abierto	0.00104	0.024	2.980
		Enceliar	-0.0073	0.0003	-7.938
		Cactal	-0.0334	0.0073	-4.529
<b>IGUANAS</b>	Modelo 1	Leñoso	0.00084	0.00033	2.558
	Modelo 2	Enceliar	-0.0006	0.00027	-2.302