



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

ANÁLISIS INICIAL DE LA DIETA DE LA TORTUGA GIGANTE
CHELONOIDIS HOODENSIS, ISLA ESPAÑOLA, GALÁPAGOS, ECUADOR,
2021 – 2022.

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
BIÓLOGO

AUTOR
MARCO JIMÉNEZ AGUAISA

TUTOR
BLGA. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, MSC.

LA LIBERTAD - ECUADOR

AÑO
2022

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA
**“Análisis inicial de la dieta de la tortuga gigante
Chelonoidis hoodensis, Isla Española, Galápagos, Ecuador,
2021 – 2022.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

BIÓLOGO

Marco Jiménez Aguaisa

TUTOR

Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, MSc.

AÑO

2022

DEDICATORIA

A mi familia, que siempre me apoyaron incondicionalmente,
mostrándome el camino hacia mi superación.

A Carolyn y Eddy, por brindarme de su tiempo.

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En particular a Blga. Dadsania Rodríguez, tutor de tesis porque con sus ideas científicas y profesionales orientó nuestro trabajo.

A Roberto Jiménez y Mireya Aguaisa mis padres por estar conmigo en cada etapa de mi vida, que me impulsan a cumplir mis metas.

A Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), Fundación Charles Darwin (FCD) y sobre todo a Galápagos Conservancy (GC), que mediante me facilitaron los permisos, instalaciones, equipos y el apoyo de voluntarios, que fue significativo en la realización de esta tesis.

A Jorge Carrión Tacuri, tutor científico y mentor, que, con su dedicación y convicción hacia la conservación, me ha inspirado; especialmente por la confianza y apoyo que me brindó.


A Washington Tapia, Director de la Iniciativa para la Restauración de las Tortugas Gigantes (GTRI), por apoyo y confianza brindada en la realización de este trabajo.

A Patricia Jaramillo, científica de la Fundación Charles Darwin (FCD) y líder del proyecto “Galápagos verde 2050”, por su apoyo y saberes que brindó conmigo.

A mi familia, abuelos, tíos, hermanos y primos, que sin importar las circunstancias me brindaron su cariño y apoyo, porque han sido quienes pusieron su fe en mí.

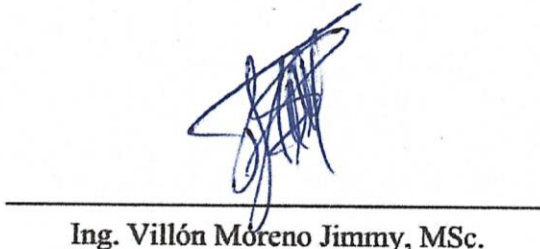
A mis amigos de la vida, con quienes he compartido mis experiencias, con quienes he podido crecer y alcanzar mis objetivos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Duque Marin Richard, Mgtr

DECANO



Ing. Villón Moreno Jimmy, MSc.

DIRECTOR



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, MSc.

DOCENTE TUTOR



Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

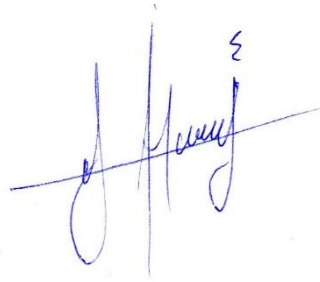


Abg. Víctor Coronel Ortíz, M. Sc.

SECRETARIO GENERAL-PROCURADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marco Antonio Jimenez Aguaisa', with a small Greek letter epsilon symbol above the final part of the signature.

Marco Antonio Jimenez Aguaisa

CI. 200110128

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
ABREVIATURAS.....	XII
1. RESUMEN.....	XIII
2. INTRODUCCIÓN	XIV
3. PROBLEMÁTICA	1
4. JUSTIFICACIÓN	2
5. OBJETIVOS.....	3
a. Objetivo general.....	3
b. Objetivos específicos	3
6. HIPÓTESIS	4
7. MARCO TEÓRICO	5
7.1. Diseño de la investigación.....	7
7.1.1. Enfoque de la investigación.....	7
7.2. <i>Chelonoidis hoodensis</i>	5
7.2.1. Taxonomía	5
7.3. Isla Española.....	6
7.3.1. Características.....	6
7.3.2. Aspectos geográficos	6
8. MATERIALES Y MÉTODO.....	7
8.1. Área de estudio.....	8
8.1.1. Isla Española.....	¡Error! Marcador no definido.
8.1.2. La tortuga gigante de española	¡Error! Marcador no definido.

8.2.	Recolecta y preservación de las muestras	8
8.3.	Procesamiento de las muestras	10
9.	RESULTADOS	11
9.1.	Dieta de <i>Chelonoidis hoodensis</i>	11
9.2.	Clasificación de especies en las heces de <i>Chelonoidis hoodensis</i>	14
9.3.	Favoritismo alimenticio de <i>Chelonoidis hoodensis</i>	16
9.4.	Proporción de plantas endémicas, nativas e introducidas dentro de la alimentación de <i>Chelonoidis hoodensis</i>	16
10.	DISCUSIÓN	19
10.1.	Dieta de <i>Chelonoidis hoodensis</i>	19
10.2.	Favoritismo alimenticio de <i>C. hoodensis</i>	21
10.3.	Aspectos las especies dentro de la dieta de <i>C. hoodensis</i>	24
11.	CONCLUSIONES.....	26
12.	RECOMENDACIONES.....	27
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	28
14.	ANEXOS.....	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.	Número de especies vegetales por muestra de heces de <i>C. hoodensis</i>	12
Figura 2.	Frecuencia de ocurrencia de especies presentes en las muestras de heces de <i>C. Hoodensis</i> . *: Especies identificadas hasta familia.	13
Figura 3.	Abundancia de semillas en la dieta de <i>C. hoodensis</i>	14
Figura 4.	Preferencia por tipo de especie.....	16
Figura 5.	Número de especies según su tipo.	17
Figura 6.	Número de semillas según el origen de especies.....	18

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vista satelital de la Isla Española.	8
--	----------

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Clasificación de las especies encontradas en las heces de <i>Chelonoidis hoodensis</i>. *: Especies identificadas hasta familia.....	15
--	-----------

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la Isla española y presencia de <i>C. hoodensis</i>.	34
Anexo 2. Tortuga <i>Chelonoidis hoodensis</i>, especie endémica de Española.....	35
Anexo 3. Fotografías del procedimiento del estudio.	36
Anexo 4. Fotos de semillas identificadas.	37
Anexo 5. Especies de planta registradas en la dieta de las tortugas <i>C. hoodensis</i>, Isla Española.	38
Anexo 6. Fotos de microplástico encontrados en las muestras de heces.	40
Anexo 7. Pupas de posibles Dípteros.	41

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Dípteros: son un orden de insectos neópteros caracterizados porque sus alas posteriores se han reducido a halterios.

Propágulos: germen, parte o estructura de un organismo, producido sexual o asexualmente, capaz de desarrollar un nuevo organismo idéntico.

Morfología: disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o taxón y sus componentes o características.

Biodiversidad: término por el cual se hace referencia a amplia variedad de especímenes y su relación con el medio.

Frecuencia: medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo.

cm: Unidad de longitud, equivale a la centésima parte de un metro.

m: Unidad coherente de longitud del Sistema Internacional de Unidades.

Km: Unidad de longitud que equivale a 1000 metros.

♂: Macho.

♀: Hembra.

ABREVIATURAS

DPNG Dirección del Parque Nacional Galápagos

FCD Fundación Charles Darwin

GC Galápagos Conservancy

MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería

1. RESUMEN

La Isla Española alberga a la tortuga *Chelonoidis hoodensis*, que es de importancia biológica y se encuentra en estado crítico de conservación. Se analizó mediante la metodología de post ingesta las heces de la tortuga con el fin de conocer la dieta, clasificar las especies encontradas, así como el origen de estas y el favoritismo de ingesta. Para la recolecta de las muestras y traslado hacia la isla Santa Cruz donde se desarrolló este trabajo se siguieron los protocolos dispuestos por el Dirección del Parque Nacional Galápagos, en el procesamiento de las muestras se utilizaron metodologías, instalaciones y materiales de Galápagos Conservancy y Fundación Charles Darwin. Como resultado se encontraron 33 especies de 18 familias de especies vegetales, de las cuales 26 se identificaron hasta especie, 3 hasta familia y las otras 4 no pudieron ser identificadas, estos resultados demuestran que las tortugas gigantes *C. hoodensis* tienen preferencia de ingesta por plantas herbáceas y de origen nativo, aunque si presentó la ingesta de especies introducidas esta no fue significativa al igual que la especies endémicas, que presentaron pocas semillas al igual que una baja frecuencia.

2. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Galápagos se encuentran a 600 millas náuticas (1.111 Km aproximadamente) del Ecuador continental (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2011), por lo que forman varias componentes terrestres (Bowen & Ortega, 2015). Con una superficie total de 7.970 km² (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2021) el archipiélago se compone de 13 isla principales, 6 islas medianas, 107 islotes y varias rocas y promontorios de origen volcánico, siendo su máxima elevación el volcán Wolf (Tobar, 2015; Pacifico, 2021).

La isla Española conocida antiguamente como Hood, es la más lejana del archipiélago y una de las más antiguas, se estima que tiene unos cuatro millones de años (Galapagos Conservancy, 2021). En dicha isla se realizan investigaciones científicas dentro de un programa de protección de especies nativas en peligro de extinción desde 1965 la crianza en cautiverio y reintroducción de tortugas gigantes (*C. hoodensis*), y se ha restaurado con éxito (International, 2021; Anexo 2).

La tortuga terrestre gigante (*C. hoodensis*) es un reptil endémico del archipiélago de Colón endémico de la Isla Española que presenta grandes zonas rocosas y abiertas, es herbívora y gran esparcidora de semillas, principalmente de la especie de cactus *Opuntia echios. var. gigantea*, planta igualmente endémica del archipiélago que se encuentra en estado crítico de conservación (Coronel – Villavicencio, 2002).

Su cuello es de color gris y alargado, su caparazón es de tipo de montura y logra medir en promedio 70 cm de largo, los machos de mayor tamaño miden hasta 90 cm y las hembras 80 cm, por ello es la tortuga más pequeña en comparación con otras especies de *Chelonoidis nigra* (Caccone, Gentile, Gibbs, & Fritts, 2002). Debido a su hábitat tienen la facultad de almacenar grasa en su cuerpo para que utilizan en épocas de sequías y falta de alimento (Emst & Barbour, 1989). Las hembras anidan en áreas secas abiertas con poca presencia de rocas, arbustos y

árboles, ponen entre 6 a 10 huevos que eclosionan entre los cuatro y seis meses (Caccone, Gentile, Gibbs, & Fritts, 2002).

La extinción de los últimos 100 años se ha debido a las acciones humanas lo que desencadenó en una aceleración de sucesos naturales (Koh, 2004). Según Baena, Halfpeter, Noriega y Soberón (2008), cuando una especie se extingue debido a causas antropogénicas, causa que la composición y la estructura del ecosistema se alteren, la red trófica cambia haciendo que las especies interactúen distinto. Para reducir los impactos negativos de la extinción de especies, existen varios procesos y tácticas, como el de incorporación de especies (Seddon, 2007).

Los programas de introducción de especies, son de gran importancia, sin embargo, esta estrategia en algunas ocasiones puede afectar de manera negativa las interrelaciones naturales que se dan en los entornos con especies que habitan en dichas zonas, lo cual puede aumentar el riesgo de llegada de parásitos, depredación y la competencia por recursos (Espunyes - Nozières, 2011).

Los estudios sobre dieta, al igual que la rutina dentro del hábitat en especies en su entorno, comprende importantes consecuencias para la planificación en corto, mediano y largo plazo en la preservación de las especies, ya que los datos obtenidos y sus interpretaciones nos dan a conocer cómo las especies interactúan en su entorno (Storch, 2003). Sumado a esto ayudan a comprender las relaciones tróficas entre diferentes especies, y entender cómo el hábitat sufre algún cambio, lo cual sienta bases que son necesarias para aplicar medidas de conservación (Lavoie, Carrión, Campbell, & Donian, 2007).

3. PROBLEMÁTICA

La tortuga gigante de la Isla Española (*Chelonoidis hoodensis*), se encuentra es estado crítico (IUCN, 2021), no existe información ni trabajos de la dieta que lleva en la Isla Española, importante para decir el nicho trófico (Andreu, 1987) que tiene la *C. hoodensis*. Se han realizado tan solo a cinco de las doce especies de tortugas gigantes de Galápagos estudios parciales de la dieta en estado silvestre entre ellas a la *C. hoodensis*, pero la que habita la Isla Santa Fe.

Las tortugas tienen una digestión de alrededor de 12 días, en las cual pueden recorrer 500 metros aproximadamente y regando semillas a esas distancias de la ingesta inicial (Blake et al., 2012), ya que las tortugas gigantes ingieren los alimentos son triturarlos (Heleno et al., 2011). El habito alimenticio es importante teniendo en cuenta que existen especies vegetales introducidas en la isla (CDF, 2021).

La dieta está relacionada estrechamente con el tipo de hábitat que utilizan las especies, debido a que la cantidad y la facilidad de los recursos dentro los hábitats son variables (Manly, L. McDonald., McDonald, & Erickson, 2002), Hazard et al., (2010) explica que el consumo de plantas introducidas en neonatos puede causar intoxicación y agravarse hasta la muerte, esta falta de información hace que no se puedan realizar esfuerzos o tomar medidas de mejor efectivas (Hull et al., 2016), de conservación de la especie con tortuga gigante de la Isla Española.

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfoca en estudiar la dieta de la tortuga gigante de la Isla Española (*C. hoodensis*), Galápagos, Ecuador. Ya que es una especie de importancia ecológica que se encuentra en estado crítico de conservación (IUCN, 2021), los estudios de la dieta sentarían bases que permitirían futuros trabajos para delimitar el nicho trófico que ocupa en el ecosistema, además estudiar la influencia de su medio en el desarrollo, conducta y reproducción, mediante el análisis de los elementos consumidos, adaptaciones a los recursos disponibles, huella producida en el propio ecosistema, entre otros aspectos (McDonald, Erickson, Boyce, & Alldredge, 2012). Así este trabajo permitirá conocer la dieta inicial de la *C. hoodensis*.

Utilizando la metodología post-ingesta de recolección de heces (Gallina Tessaro, 2015), debido que esta no es invasiva y se pueden obtener diversidad de muestras. Mediante los criterios propuestos por Jaramillo (2012) de separar morfológicamente las semillas y propágulos para su identificación mediante la Guía de Semillas de Galápagos.

Los motivos que llevan a desarrollar esta investigación son conocer la dieta de la *C. hoodensis* en un ambiente silvestre, sentar bases de las especies de las cuales se alimenta clasificando por especie, endémicas, nativas o introducidas. Ya que existe poca o nula investigación, así poder tomar medidas pertinentes para su conservación. Resulta importante ya que ayudara a comprender y generar conocimiento para la conservación de la especie *C. hoodensis*, además poder ver si están favoreciendo a la propagación de plantas introducidas en la isla, o si por lo contrario tienen un favoritismo por plantas endémicas.

5. OBJETIVOS

a. Objetivo general

Determinar el tipo de dieta de la tortuga gigante *Chelonoidis hoodensis* mediante el análisis del método post ingesta que permita la caracterización del alimento existente en la Isla Española, Galápagos.

b. Objetivos específicos

- Clasificar las especies vegetales dentro de la dieta de *Chelonoidis hoodensis* guiado por las características morfológicas.
- Determinar el favoritismo alimenticio de la especie *Chelonoidis hoodensis* mediante la frecuencia, cantidad de semillas y tipo de especie encontradas en las muestras.
- Estimar el porcentaje de especies endémicas, nativas e introducidas dentro de la alimentación de *Chelonoidis hoodensis* mediante la Guía de Semillas de Galápagos.

6. HIPÓTESIS

H: La tortuga gigante (*Chelonoidis hoodensis*) tiene una alimentación de especies poco variadas con afinidad a especies endémicas.

H0: La tortuga gigante (*Chelonoidis hoodensis*) tiene una alimentación de especies variada con afinidad a especies introducidas.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. *Chelonoidis hoodensis*

Es la especie más pequeña ente las tortugas gigantes de Galápagos, llegando a pesar un aproximado de 80 kilogramos y medir unos 85.5 cm en machos y en hembras 76.9 cm de largo, por 150 cm de alto (Arteaga & Guayasamin, 2019; Anexo 2).

Chelonoidis hoodensis pertenece a la familia Testudinidae, endémica de la isla española y única tortuga gigante que la habita. Se la halla frecuentemente en áreas donde hay cactus del género *Opuntia* (Ernst, Altenburg, & Barbour, 1998; Márquez et al., 2004). Se alimenta de hierbas, matorrales y cactus. Los machos llegan a su madurez sexual cuando alcanzan los 14 años o unos 69 cm longitud del caparazón; las hembras llegan la madurez a los 15 años o cuando alcanzan los 64 cm. Los meses de reproducción son de diciembre a agosto y la época de anidación es desde finales a junio a diciembre. Tienen de 2-4 puestas de cada año, ponen de 3-7 huevos por puesta (Ernst, Altenburg, & Barbour, 1998).

7.1.1. Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Cordata

Clase: Reptilia

Orden: testudies

Suborden: Cryptodira

Superfamilia: Testudinoidea

Familia: Testudinidae

Género: *Chelonoidis*

Especie: *C. hoodensis*

(Van Denburgh, 1907)

7.2. Isla Española

La isla Española ($1^{\circ}22'00''\text{S}$ $89^{\circ}41'00''\text{O}$) es una de las 13 islas más grandes y otras más pequeñas que forman la cadena de Galápagos. Se ha podido demostrar a partir de la evidencia geológica que Española existió como isla hace más de 3 millones de años y, en consecuencia, sirvió como refugio insular para los primeros animales y plantas (Hall, Ramon., & Yepes, 1980; Fotografía 1).

7.2.1. Características

Con un área 60.48Km^2 , una altitud de 206 metros sobre el nivel del mar, representa el 77 % con relación a la superficie total del archipiélago de Colon, con una precipitación fluctuante anual de 10 mm en época seca y de 600 mm en época lluviosa. La temperatura promedio anual es de 23.8°C (Cruz et al., 2003; Anexo 1).

7.2.2. Aspectos geográficos

Ayala (1979) descubrió algunas pruebas críticas que sugieren que la isla representa los restos de un gran volcán en escudo (Schmincke, 2003) que creció sobre el nivel del mar. No se ha encontrado ninguna evidencia de que pudiera sugerir un origen submarino, por otro lado, los estudios de ciertos conos piroclásticos han demostrado tentativamente que son conos de escoria (USGS, 2007), que normalmente provienen de forma subárea, en los flancos del volcán.

8. MATERIALES Y MÉTODO

8.1. Diseño de la investigación

Dado que el objetivo del estudio será determinar la dieta de la tortuga gigante *Chelonoidis hoodensis*, se utilizó un diseño no experimental que se aplicó de manera transversal, considerando que es un tema de importancia biológica tiene un sustento teórico, por ello se realizó una investigación de tipo exploratoria dando un primer acercamiento a la dieta *Chelonoidis hoodensis* permitiendo que futuros investigadores puedan dirigirse.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación no experimental se basa fundamentalmente en la observación y las variables no forman parte del suceso y no son controladas (p. 270). De igual manera señalan que la investigación transversal recoge datos en un único momento, en un solo tiempo (p. 289).

8.1.1. Enfoque de la investigación

El presente trabajo se diseñó según el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, debido a que este se adapta a las características de la investigación.

En el enfoque cuantitativo usa la recopilación de datos y análisis de los mismos para responder las preguntas de investigación y afirmación de la hipótesis establecida preliminarmente, y privilegiando “la lógica empírico-deductiva, a partir de procedimientos rigurosos, métodos

experimentales y el uso de técnicas de recolección de datos estadísticos” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

8.2. Área de estudio



Fotografía 1. Vista satelital de la Isla Española.

Fuente: Google Earth, 2022.

Española es una de las islas más pequeñas del archipiélago de Colón con 60 km² y con una altura máxima de y una altitud máxima de 206 msnm, es la más antigua con alrededor de 5.6 millones años (Geist, 1996) y es la isla más al sur de todas las islas (1°22'00"S 89°41'00"O) (INICAR, 2021). Formando de una sola caldera en el centro de la isla. Con el paso de los años, conforme la isla se fue alejando del punto caliente, el volcán fue desapareciendo con la erosión (Hall M. , 1982).

8.3. Recolección y preservación de las muestras post ingesta

Se trabajó con muestras de heces recolectadas por el equipo de “Galápagos Conservancy”, donde recolectaron 36 muestras en el mes de agosto del 2019,

durante los viajes que realizan a las islas anualmente por monitoreo. Al encontrar una muestra de heces se procedió a su colecta total, colocándola en una funda ziploc, etiquetadas con él las letras H de heces y E de Española (DPNG, 2008), seguidas de un número que es la serie de cada muestra, ejemplo: H1E, H2E, H3E, etc.

Las muestras se conservaron según los protocolos de bioseguridad determinadas por la Dirección del Parque Nacional Galápagos. Una vez en la isla Santa Cruz, fueron puesta en cuarentena respectivamente, colocadas en fundas de papel y secadas. Fueron almacenadas en las instalaciones de “Galápagos Conservancy” con los protocolos necesarios para su conservación, en un área fría y seca para evitar la proliferación de hongos o bacterias, fue necesario aires acondicionados y deshumificadores.

8.4. Procesamiento de las muestras

Guiado por los protocolos de Dirección del Parque Nacional Galápagos y Galápagos Conservancy (DPNG, 2016), dentro del laboratorio Fabricio Valverde las muestras se lavaron y separaron, con agua y un tamiz de 4 niveles con una apertura de malla de 5, 3, 1.5 y 0.5 mm (Cano, 2018; Tapia, 2019). Las muestras se secaron, se almacenaron a -20°C en el herbario de la Estación Científica Charles Darwin (Isla Santa Cruz) para evitar que insectos entren en las instalaciones (Jaramillo & Bungartz, 2007).

Dentro del herbario de la CDF el material se separó bajo el criterio de forma, color y textura de los sedimentos tales como hojas, semillas y flores (Gallina, 2015). Las semillas se contaron con ayuda de un estereoscopio para el mejor detalle morfológico y mejor identificación (Jaramillo et al., 2007). Se comparó con una guía fotográfica de semillas de Galápagos y el libro de claves taxonómicas de la flora de Galápagos (Wiggins & Porter, 1971; Jaramillo et al., 2007).

9. RESULTADOS

9.1. Dieta de *Chelonoidis hoodensis*

Del total de las 36 muestras de heces de *Chelonoidis hoodensis* analizadas, se encontraron un total de 33 morfoespecies repartidas en 39279 semillas, identificando a nivel especie un total de 26, género o familia 3 y las restantes 4 no pudiéndose identificar (Tabla 1).

Al ser una especie herbívora las especies encontradas son en su totalidad vegetales, presentando así una abundancia que va desde tres hasta doce especies vegetales en cada heces, con un promedio de 7 especies y una moda de 9 especies.

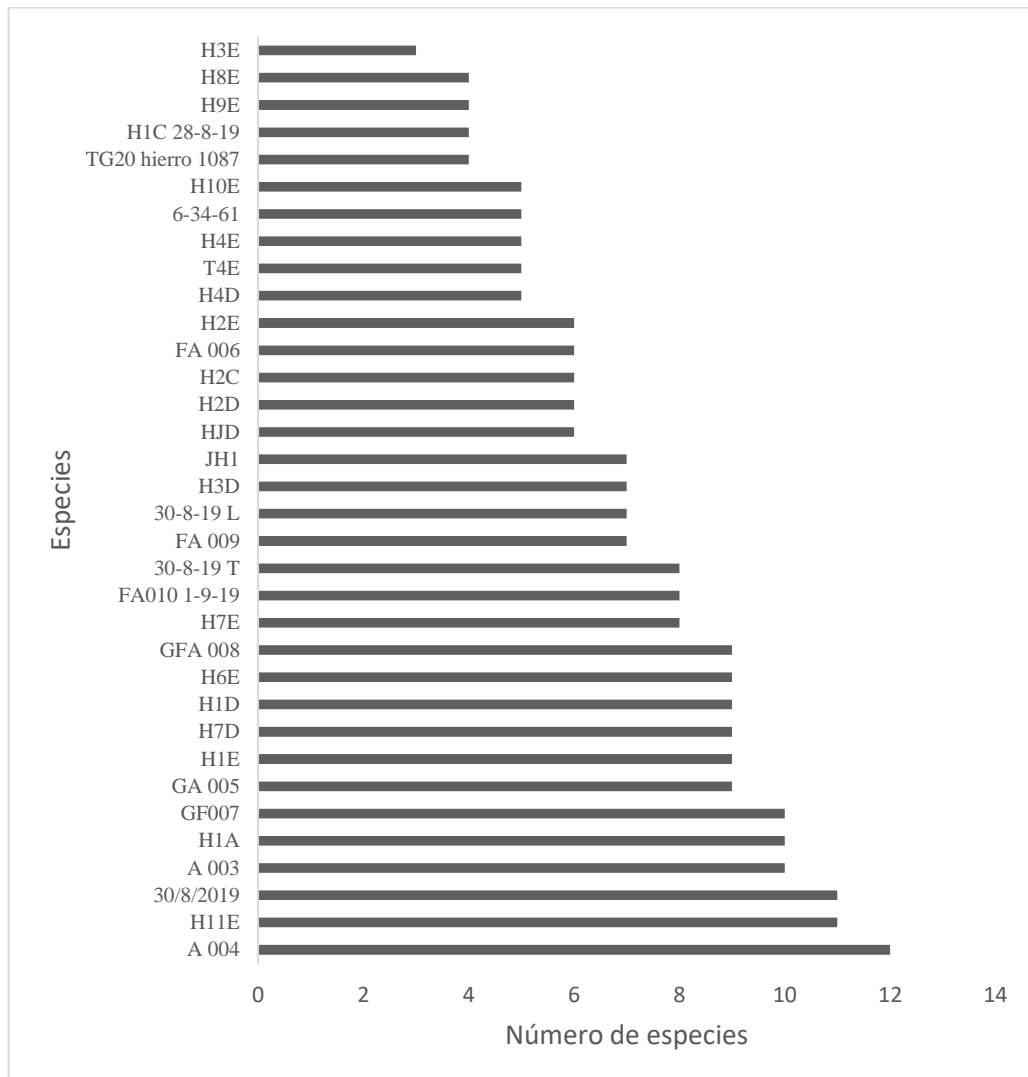


Figura 1. Número de especies vegetales por muestra de heces de *C. hoodensis*.

Fuente: Marco Jiménez, 2022.

Ordenado por cantidad de especies presentes, el análisis de las heces evidenció que seis especies se presentan con una frecuencia superior al 50%, de estas tres se encontraron con una frecuencia superior del 70% sin considerar la cantidad de semillas encontradas, fueron la *Panicum alatum* 72%, *Sida spinosa* 83% y *Desmodium procumbens* 91%, las tres especies son herbáceas se caracterizan por medir menos de 1.5m. La mayoría de las especies tienen una frecuencia menor a 17% y los arbórea presentan una frecuencia menor al 11% como lo es *Cordia lutea*

un árbol que puede llegar a medir 8 m. característico por sus flores amarillas y su fruto (Figura 2).



Figura 2. Frecuencia de ocurrencia de especies presentes en las muestras de heces de *C. Hoodensis*. *: Especies identificadas hasta familia.

Fuente: Marco Jimenez, 2022.

En cuanto al número de semillas encontradas por especie podemos evidenciar que varía significativamente entre especies, ejemplo, *Panicum alatum* (4040 semillas), *Desmodium procumbens* (2386 semillas) y *Desmanthus virgatus* (1063 semillas), que presentan miles de semillas por especies a comparación de *Cenchrus platyacanthus* (10 semillas), *Lantana peduncularis* (15 semillas) y *Ipomoeae triloba* (7 semillas), que no pasan las dos decenas por especie. A estos datos se

presenta una excepción que es *Sida spinosa* (28134 semillas) que representa 71.63% de las semillas totales encontradas (Figura 3).

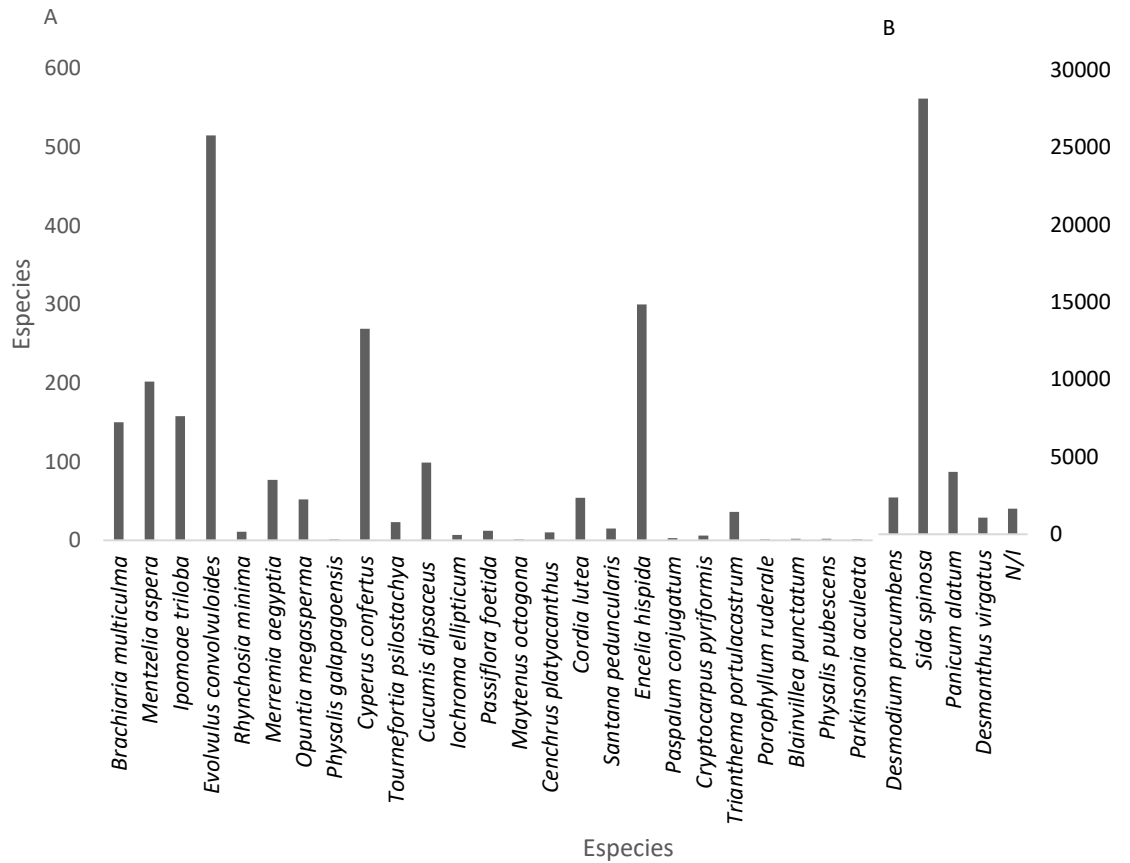


Figura 3. Abundancia de semillas en la dieta de *C. hoodensis*.

(A) Especies con cantidad de semillas <1000. (B) Especies con cantidad de semillas >1000. Fuente: Marco Jimenez, 2022. Fuente: Marco Jimenez, 2022.

9.2. Clasificación de especies en las heces de *Chelonoidis hoodensis*.

Tabla 1. Clasificación de las especies encontradas en las heces de *Chelonoidis hoodensis*. *: Especies identificadas hasta familia.

Familia	Genero	Especie
Aizoaceae	<i>Trianthema</i>	<i>portulacastrum</i>
	*	
Asteraceae	<i>Porophyllum</i>	<i>runderale</i>
	<i>Blainvillea</i>	<i>dichotoma</i>
Boraginaceae	<i>Tournefortia</i>	<i>psilostachya</i>
	<i>Cordia</i>	<i>lutea</i>
Cacteaceae	<i>Opuntia</i>	<i>megasperma</i>
Caesalpinaceae	<i>Parkinsonia</i>	<i>aculeate</i>
Celastraceae	<i>Maytenus</i>	<i>octogona</i>
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	<i>triloba</i>
	<i>Envolvulus</i>	<i>convolvuloides</i>
	<i>Merremia</i>	<i>aegyptia</i>
Cucurbitaceae	<i>Cucumis</i>	<i>dipsaceus</i>
Cyperaveae	<i>Cyperus</i>	<i>confertus</i>
Fabaceae	<i>Desmodium</i>	<i>procumbens</i>
	<i>Rhynchosia</i>	<i>minima</i>
Loasaceae	<i>Mentzelia</i>	<i>aspera</i>
Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>spinosa</i>
Mimosaceae	<i>Desmanthus</i>	<i>virgatus</i>
Nyctaginaceae	<i>Cryptocarpus</i>	<i>pyriformis</i>
Passifloraceae	*	
Poaceae	<i>Brachiaria</i>	<i>multiculma</i>
	<i>Panicum</i>	<i>alatum</i>
	<i>Cenchrus</i>	<i>platyacanthus</i>
	<i>Paspalum</i>	<i>conjugatum</i>
Solanaceae	<i>Physalis</i>	<i>galapagoensis</i>
	*	
	<i>Physalis</i>	<i>pubescens</i>
Veebenaceae	<i>Lantana</i>	<i>peduncularis</i>
No identificada I, II, III, IV		

Fuente: Marco Jimenez, 2022.

9.3. Favoritismo alimenticio de *Chelonoidis hoodensis*.

En el total de las muestras se encontró plantas herbáceas (100%), esto debido a que la isla es árida y la poca cantidad de agua anual que presenta este tipo de plantas son las que más predominan. Por otro lado, las cactáceas (16%) solo representada por una especie que ha sido promotora de varios proyectos para repoblar la isla, y solo por debajo a las de tipo arbórea (11%) que presentó tres especies aun así solo presento una frecuencia en 4 muestras.

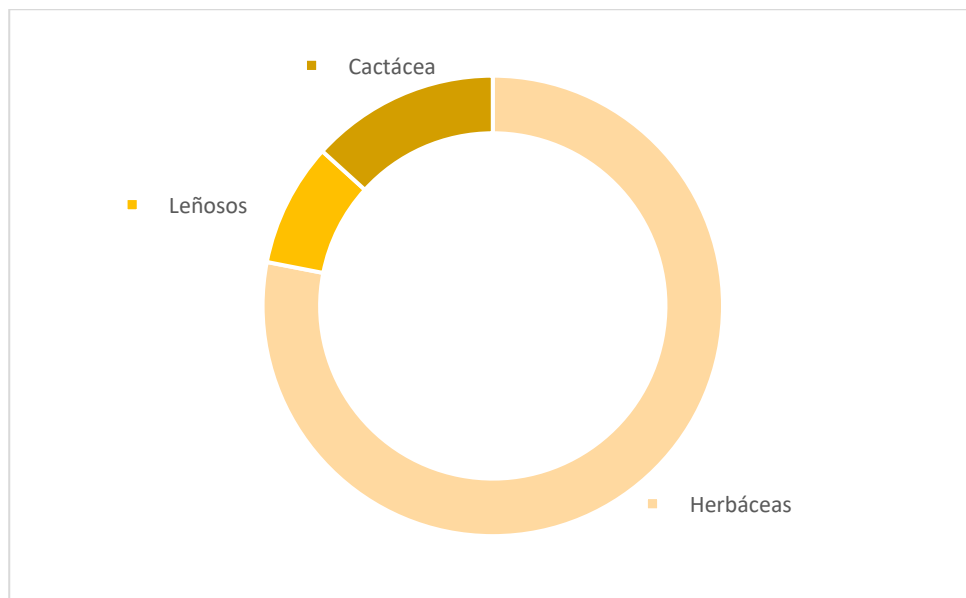


Figura 4. Preferencia por tipo de especie.

Para sacar esta referencia se tomó solo el en consideración si la especie era herbácea, cactácea o leñosos. Fuente: Marco Jimenez, 2022.

9.4. Proporción de plantas endémicas, nativas e introducidas dentro de la alimentación de *Chelonoidis hoodensis*.

Del total de 26 especies identificadas podemos observar que las especies nativas equivalen el 73% conformado por 19 especies, mientras que las endémicas con 5 especies identificadas forman el 19% y las introducidas forman el 8% con 2 especies identificadas.

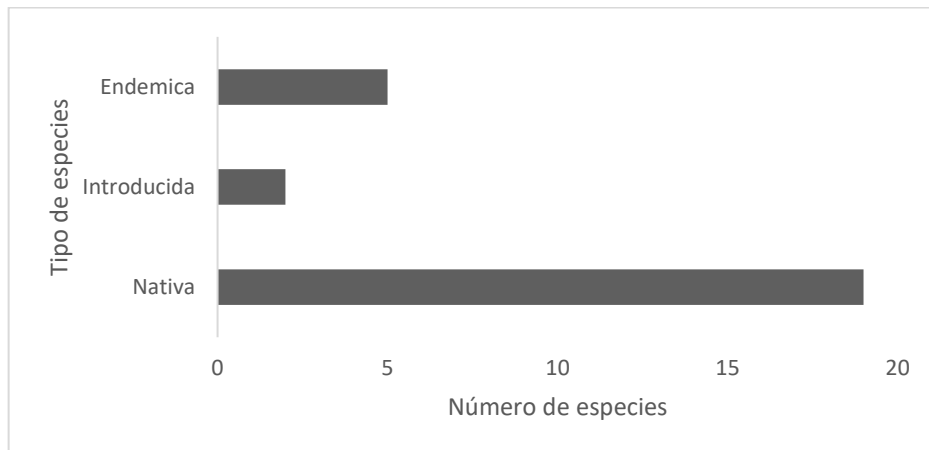


Figura 5. Número de especies según su tipo.

Fuente: Marco Jimenez, 2022.

Aunque podemos observar que las especies endémicas solo se encontraron 5, es superior al número de especies introducidas, se obtuvieron datos significativos entre las especies nativas e introducidas. Las especies nativas aún siguen representado un alto porcentaje 94.4% (36982 semillas) la especie principal *Sida spinosa*, en las especies introducidas con un 0.26% (100 semillas) en comparación con un 0.58% (229 semillas), no existe un cambio significativo ya que las endémicas presentan un mayor número de especies se ven significativamente mayores en el número de semillas. El porcentaje sobrante son especies no identificadas e identificadas hasta familia.

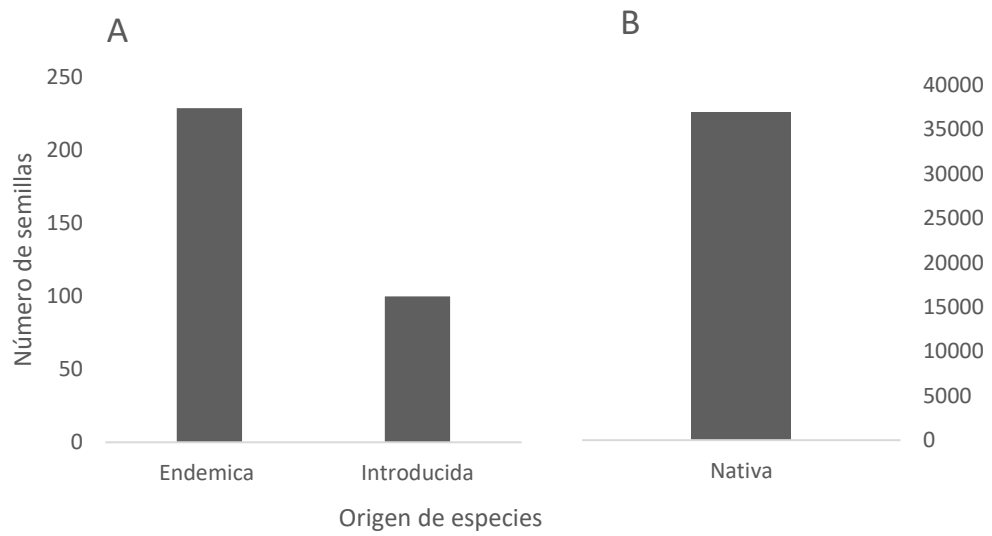


Figura 6. Número de semillas según el origen de especies.

(A) Especies nativas e introducidas; (B) Nativas. Realizada en dos gráficos para mejor percepción. Fuente: Marco Jimenez, 2022.

10. DISCUSIÓN

10.1. Dieta de *Chelonoidis hoodensis*.

El análisis de la dieta post-ingestión (Gallina Tessaro, 2015), que fue utilizado en este estudio se debió a que un análisis de observación directa resulta difícil por motivos logísticos al ser la isla Española una isla sin habitantes y al ser la isla más al sur. Mediante esta metodología se pudo identificar 33 especies de plantas que formaron parte de la dieta de la tortuga *C. hoodensis*, lo cual nos indica que es herbívora. Los resultados de este estudio comparados con trabajos de la misma especie *C. hoodensis* de la isla Santa Fe no muestran cambios significativos, Cano (2018) analizó 118 heces registrando 29 especies de plantas, de igual manera el mayor consumo se dio en especies herbáceas (18 especies). Sellés (2019) analizó 35 heces identificó 30 especies de plantas diferentes, no muy diferentes a las 33 especies de plantas encontradas en este estudio. Mientras que, con estudios similares, pero especies de *Chelonidos* diferentes existe cambios significativos, Blake et al. (2015) mediante el método de observación directa durante 55 horas, en el cual se identificó 42 especies de plantas repartidas en 20 familias. A su vez Tapia (2019) al analizar 10 heces de la especie *C. donfaustoi*, se presentaron 44 especies de plantas repartidas en 19 familias.

Lomolino, Riddle, Whittaker, y Brown (2010) expresan que estos cambios, que representan a las especies de plantas, fluctúan según las diferencias en el tamaño de la isla y las condiciones ambientales., esto es debido a que en las islas más grandes existe mayor variedad y cantidad de especies vegetales. Si comparamos a la isla Española con una elevación no superior a 206 msnm, zona árida (Márquez et al., 2003) y 16 veces más pequeña, la isla Santa Cruz donde habita *C. porteri* y *C. donfaustoi*, posee tres zonas áridas, de transición y húmeda (Blake et al., 2015), con una altitud de 864 msnm y la isla más densamente poblada

(Galapagos Conservancy, 2021). La isla Española al presentar un ambiente árido ha moldeado la isla haciendo que la diversidad de especies vegetales sea menor, esto se interpreta como menor disponibilidad de especies para su alimentación.

Se pudo observar que las tortugas tienen una dieta con preferencia a dos especies por frecuencia la especie más abundante fue *Desmodium procumbens* de la familia Fabaceae, una planta abundante en la isla su hábitat generalmente son sitios abiertos y rocosos. Por cantidad la más consumida es *Sida spinosa* de la familia Malvaceae, una planta que se caracteriza por tener en el pecíolo de la hoja es su base un tubérculo punzante, idéntico a una espina (Zuloaga, Morrone, & Belgrano, 2008).

En el centro de crianza del DPNG, las tortugas *C. hoodensis* que fueron criadas y reproducidas fueron alimentadas con *Erythrina fusca* de la familia Fabaceae y *Xanthosoma sagittifolium* de la familia Araceae, plantas introducidas – establecidas (Darwin Foundation, 2022), estas plantas poseen el requerimiento nutricional necesario para el desarrollo de las *Chelonidos*. Teniendo en cuenta de esto *Sida spinosa* que presentó la mayor cantidad de semillas, no es un dato a considerar en cuanto a su preferencia dentro de su dieta de *C. hoodensis*, ya que esto va a variar según el fenotipo de cada especie, así es que no es posible conocer la cantidad exacta de frutos consumidos o cuantos frutos por plantas o especies ha sido consumido. Por ello se tiene en mucha consideración la especie *Desmodium procumbens* de la familia Fabaceae que presentó la mayor frecuencia dentro de las heces examinadas, su fruto puede presentar de 1 a 6 artejos premiosos (Dimitri, 1977), que miden entre 1 y 1.5 mm de grosor (Burkart, 1943). La familia es muy conocida por ser abundantes en proteínas, carbohidratos y fibra, aunque relativamente bajo en lípidos, sumado a eso que los ácidos grasos que lo componen son insaturados (AEL, 2009). La segunda especie con mayor cantidad de semillas *Panicum alatum* de la familia Poaceae, una especie nativa, esta familia es muy dominante en las islas Galápagos (Heleno et al., 2011), son plantas de forraje, proporcionan agua, además de energía y es rica en nutrientes que diferentes animales necesitan (Judd W. , Campbell, Kellogg, Stevens, & Donoghue, 2016).

Si consideramos a *Opuntia megasperma* con una altura de 2 – 6 m, con frutos que dan flores de 6 – 11 cm y con una semilla de 5 – 13 mm (California Academy of Sciences, 2022). Tiene aspectos morfológicos totalmente diferentes a *Sida spinosa*, *Desmodium procumbens* y *Panicum alatum*, estas tres especies son herbáceas y no miden más de 1.5 m lo que las hacen de fácil consumo para especies de pastoreo, de igual manera presentan varios frutos y semillas por plantas que van desde los 10 – 14 y entre 3 – 9 racimos respectivamente (Panzini, 1993; IIG, 1998). Por ello no es posible establecer las cantidades exactas de frutos y semillas consumidas por plantas, estos datos son de las familias estas son nociones generales ya que se desconoce específicamente las características específicas de cada especie.

10.2. Favoritismo alimenticio de *C. hoodensis*.

Para el análisis del favoritismo alimenticio se consideró la frecuencia con la que la especie se encuentran dentro de las heces y el tipo de planta. Es notable observar que las especies de tipo herbáceas predominan sobre las especies leñosas considerando que las tortugas gigantes *C. hoodensis* tienen un caparazón de montura (Rhodin, Dijk, & John B. Inverson, 2010) capaces de estirar el cuello para alimentarse, esto se debe que en general las *Chelonoidis nigra* hacen pastoreo alimentándose generalmente al ras del suelo, aunque en la isla Española existió la presencia de chivos estudios nos describe que la presencia de esta especie introducida no tiene alguna afcción sobre preferencias en cuanto al tipo de planta (Enríquez, 1984; Cayot, Gibbs, Tapia, & Caccone, 2016). A pesar de esto las preferencias se pueden ver dominada por plantas de tipo herbáceas debido a las características que presenta las islas (árida), con bajas precipitaciones que son muy influenciadas por las corrientes oceánicas, hace que el hábitat sea inhóspito, donde las plantas herbáceas poseen mayores características las cuales les permite predominar hábitats con climas extremos y falta de recursos.

Considerando a las tortugas *C. nigra* como mega herbívoros, que con su gran tamaño pueden ser capaces de moldear su ecosistema (ingenieros ecológicos),

valoradas como piedras angulares modificando las estructuras de su hábitat (However, Hansen & Galetti, 2009; Gibbs, Márquez, & Sterling, 2008, 2010; Hansen, Kaiser, & Mueller, 2008, 2010; Griffiths et al., 2010). Puede esparcir semillas, debido que tienen un metabolismo lento tienen un promedio de digestión de 12 días en los cuales pueden moverse a más de 500 m, esparciendo las semillas a gran distancia desde la planta madre (Blake et al., 2012). Es importante conocer la ingesta que tiene *C. hoodensis*, ya que se realizaron grandes trabajos de repoblación de diferentes especies, una de estas especies fue *Opuntia megasperma* var. *orientalis* que por diferentes factores como que llegaron a ser escasos o raros en la isla Española, lo cual ha restringido el cambio de polen y por ello la descendencia disminuyó, sumado a esto la presencia de cabras aceleró las pequeñas poblaciones (Márquez et al., 2003). Dentro de las muestras se encontraron un total de 52 semillas dentro de 4 muestras heces de un total de 36, aunque es una tasa media de semillas por cada muestra de heces, es baja en cuanto a la frecuencia de consumo, teniendo en cuenta que la tasa de germinación en semillas de cactus es más acelerada y puede incrementar entre 60-80%, después de pasar por el tracto digestivo de tortugas (Wiggins & Focht, 1967; Arp, 1973; Christian, Tracy, & Porter, 1984; (Estupiñán & Mauchamp, 1995). Aunque no existan estudios posteriores con los cuales poder comparar por épocas si el consumo aumentó o a su vez disminuyó este estudio da como base para futuros proyectos.

Acerca del origen de las especies podemos determinar que tienen mayor preferencia a especies de plantas nativas del total del 26 especies identificadas solo se encontraron 2 especies introducidas *Cucumis dipsaceus* y *Paraphyllum ruderale*, las dos primeras especies solo se encontró en 3 y 1 muestras de heces respectivamente, que es un dato no es significativo que evidencian como estas especies es de las que la tortuga gigante *C. hoodensis* consume con menos frecuencia. En cuanto las especies endémicas se identificaron 5 *Cenchrus platyacanthus*, *Opuntia megasperma*, *Physalis galapagoensis*, *Lantana peduncularis* y *Brachiaria multiculma*, de estas las 4 primeras especies de plantas solo se encontraron 2, 4, 1 y 1 respectivamente, lo cual no es significativo, aun teniendo en cuenta la cantidad de semillas es de 79 que no es representativo. Por

otro lado *B. multiculma*, se encontró en 21 muestras con un promedio de 7 semillas por cada excreta, lo cual es significativo teniendo en cuenta que las otras 4 especies endémicas llegan a tener un solo ejemplar en las muestras de heces. En tanto las especies nativas predominan indiscutiblemente de las cuales las más relevante fueron *Ipomoea triloba*, *Desmodium procumbens* y *Sida spinosa*, que se encontraron 21, 33 y 30 respectivamente por muestra, que es una alta incidencia, así como la cantidad de semilla que representaron poco más del 78%, característicamente todas son herbáceas, esto es muy representativo ya que las especies nativas poseen una gran frecuencia de consumo y están siendo favorecidas por la capacidad de transportar semillas de las *C. hoodensis*.

Hay que tener en cuenta que las tortugas presentan una herbivoría hacia determinada especies esto con el fin de maximizar su dieta en cuanto a sus requerimientos nutricionales y el gasto energético (Hailey, Chidavaenzi, & Loveridge, 1998), por lo cual se evidencia que presenta un mayor favoritismo en especies nativas y endémicas, aunque existen otros factores por los cuales tienen esta tendencia se le puede atribuir al poco contacto que sufrido en comparación con las islas pobladas donde se evidencia las que el consumo de especies introducidas es superior al de especies nativas y endémicas (Blake et al., 2015), pero esto no explica la preferencia de las tortugas, ya que esta se da por la disponibilidad de estas (Hazard, Shemanski, & Nagy, 2010). Diferentes trabajos han demostrado que las preferencias entre nativas, endémicas e introducidas van a depender de la edad de las tortugas y las necesidades nutricionales como aportes energéticos, nutrientes y la disponibilidad, así su crecimiento se ve favorable aumentando de peso sin que su masa osteológica se vea afectada, aunque en cautiverio se ha visto que la alimentación con ciertas especies introducidas en especies entre neonatos y juveniles puede llegar a ser perjudicial y causar la muerte, aunque adultos las mantengan dentro de su dieta (Hazard et al., 2010; Massana & Silvestre, 2008; Nandu & Arora, 2017; Pazmiño Rodríguez, 2017).

A pesar de la localización de la isla Española la presencia de microplásticos se hizo evidente dentro de las heces *C. hoodensis*, esto se destaca particularmente debido

que al ser una isla sin población y alejada, las acciones antropogénicas llegan a ser visibles, aunque la cantidad de microplásticos no es significativa se puede considerar que existe microplásticos dentro de la dietas de las tortugas gigantes. La posible causas que se manejan son: la alta contaminación de los océanos ayudados por los vientos y corrientes, guiaron plásticos desde las poblaciones humanas hasta estos rincones por decenas y miles de kilómetros (Allen et al., 2019; Mosquera, 2019; Lavayen, 2021). Aunque la isla fue muy azotada por piratas y balleneros en los siglos XVIII y XIX, el uso de plásticos no estaba extendido además de esto los plásticos como los conocemos ahora no eran totalmente sintéticos, presentaban compuestos no derivados del petróleo, no fue hasta mediados del siglo XX que se consiguió y comenzó a extender su uso, por ello se puede descartar que los balleneros y piratas producto de sus visitas dejaron residuos plásticos (GCT, 2011; BBC, 2017).

10.3. Especies dentro de la dieta de *C. hoodensis*.

Este estudio identificó 33 especies diferentes de las cuales 4 no fueron identificadas, 3 solo se identificó hasta su familia y 26 fueron identificada las especies, estas especies se repartieron 18 familias entre las más representativas tenemos Convolvulaceae en general la mayoría de estas plantas son trepadoras es caso de *Ipomoea triloba* y *Merremia aegyptia* (Austin, 1973), dos de las tres especies encontradas en esta familia, la tercera especie es *Evolvulus convolvuloides* una planta rastrera con flores lilas o blancas (Darwin Foundation, 2022). Otra familia es Fabaceae donde a pesar de solo presentar dos especies *Rhynchosia mínima* y *Desmodium procumbens*, esta última con una alta incidencia dentro de las muestras de heces, esta familia es muy amplia la tercera más amplia de especies (Judd W. S., Campbell, Kellogg, Stevens, & Donoghue, 2002). La familia más representativa tanto por incidencia y por cantidad de semilla fue Malvaceae con una especie *Sida spinosa*, esta familia presenta hojas alternas, con tres nervios principales (Bayer & Kubitzki, 2003). La última familia a destacar fue Poaceae que presentó 4 especies

muy particular que se presentaron 2 de las 5 plantas endémicas, esta familia es de las más conocidas por la importancia de sus granos ricos en nutrientes (Simon et al., 2011; Judd et al., 2002). En general estas familias solo presentaron especies herbáceas, una familia que presento una especie leñosa fue Boraginaceae, que presento a la especie *Cordia lutea*, en general este género es leñoso, la especie se caracteriza por su color de flor y su fruta que contiene una pulpa viscosa y pegajosa en el ambiente (McMullen, 1999; Quattrocchi, 2000).

Detallando la cantidad de semillas y su frecuencia de presencia en las heces tan solo 5 especies se ven con un consumo superior al 50%, *Sida spinosa* (28134 semillas), *Panicum alatum* (4040 semillas), *Desmodium procumbens* (2385 semillas), *Desmanthus virgatus* (1063 semillas) y *Evolvulus convolvuloides* (515 semillas), al no existir trabajos similares no podemos destacar que mediante la herbivoría de las tortugas gigantes estén guiándose hacia una determinada familia, esto debido a que familias de pastos, poseen mecanismos altos en producción de semillas comparados con otras especies (Zuloaga et al., 2008).

11. CONCLUSIONES

En total en este estudio se obtuvieron 33 especies de plantas, 26 identificadas hasta especies, el consumo principal estuvo en *Desmodium procumbens*, *Sida spinosa*, *Panicum alatum*, *Ipomoea triloba* y *Desmanthus virgatus*.

La especie *Sida spinosa* de la familia Malvaceae fue la más consumida tanto por la cantidad de semillas como por la frecuencia de estas en las heces, esto obedece a la abundancia y disponibilidad en el hábitat de esta especie vegetal.

Por el tipo de especies presentan un consumo alto de plantas herbáceas por sobre las leñosas, siendo existe igual diversidad en abundancia por el tipo de especies en la Isla Española.

La tortuga *C. hoodensis* favorece a la dispersión tanto de endémicas, nativas como introducidas, aunque el número de especies introducidas (8%) es bajo existe esta similitud encuentro a la frecuencia con especies endémicas (19%) que variaron más en la cantidad de especies, pero con una cantidad baja de semillas similar.

12. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos se recomienda considerar factores como la viabilidad de las semillas, aumentar el número de muestras de heces y que estudios se repliquen en el futuro, específicamente en las épocas lluviosa y seca, para conocer a mayor detalle los componentes de la dieta de la tortuga gigante.

Es necesario estudiar la dispersión y estudiar la relación de las tortugas con especies introducidas más a detalle, así crear mecanismos para el control o erradicación de las mismas.

Es importante estudios enfocados a la disponibilidad de recursos alimenticios, así poder detallar el dominio de las diferentes especies en la isla Española y las preferencias alimentarias de la tortuga.

Aumentar los esfuerzos para conocer la relación de las especies vegetales y las tortugas, detallando los requerimientos nutricionales que están obteniendo de las diferentes especies según su origen (endémica, nativa e introducida).

De igual manera mantener un control constante y vital cuidado con las excursiones que se realizan en la isla, siguiendo los protocolos establecidos por Dirección del Parque Nacional Galápagos, así poder garantizar el menor impacto antropogénico y evitar el arribo de especies introducidas.

13. BIBLIOGRAFÍA

- AEL. (2009). *Las leguminosas en la nutrición*. España: Asociación Española de Leguminosas.
- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Jiménez, P. D., Simonneau, A., & Galop, D. (2019). *Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment*. Nature Geoscience.
- Andreu, A. C. (1987). *Ecología y dinámica poblacional de la tortuga mora*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Arp, G. K. (1973). *The Galápagos Opuntia: Another interpretation*. *Noticias de Galápagos* (Vol. 21).
- Austin, D. (1973). *The American Erycibae (Convolvulaceae): Maripa, Dicranostyles, and Lysiostyles I* (Vol. 60). Systematics. Ann. Missouri Bot. Gard.
- Baena, M., Halffter, L., Noriega, A., & Soberón, J. (2008). Extinción de especies. *Capital Natural de Mexico*, pp 263-282.
- Bayer, C., & Kubitzki, K. (2003). *Malvaceae, pp.* (Vol. 5).
- BBC. (12 de Enero de 2017). *BBC News*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40943571>
- Blake, S., Guézou, A., Deem, S. L., Yackulic, C. B., & Cabrera, F. (2015). *The Dominance of Introduced Plant Species in the Diets of Migratory Galapagos Tortoises Increases with Elevation on a Human-Occupied Island*. Galápagos: Biotropica.
- Blake, S., Wikelski, M., Cabrera, F., Guezou, A., Silva, M., Sadeghayobi, E., & Jaramillo, P. (2012). *Seed dispersal by Galápagos tortoises*. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02672.x>
- Bowen, S., & Ortega, E. (2015). DISEÑO DE UN PRODUCTO ECOTURÍSTICO CON ÉNFASIS EN LA ZONA ALTA PARA LA ISLA SAN CRISTÓBAL DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS. *Ciencias del Mar* , pp 15-156.
- Burkart, A. (1943). *Las Leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas*. Buenos Aires: ACME.
- Caccone, G., Gentile, J., Gibbs, T., & Fritts, H. (2002). Phylogeography and history of giant Galápagos tortoises. *Evolution*, pp 2052-2066.

- California Academy of Sciences. (11 de Enero de 2022). *iNaturalist*. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/207728-Opuntia-megasperma>
- Cano, C. (2018). *Dieta y uso de hábitat de la tortuga gigante (Chelonoidis hoodensis) y la iguana terrestre (Conolophus pallidus) en la Isla Santa Fe*. Galápagos, Ecuador: Universidad National.
- Cayot, L. J., Gibbs, J. P., Tapia, W., & Caccone, A. (2016). *Chelonoidis darwini, Santiago Giant Tortoise. The IUCN Red List of Threatened Species*, 8235.
- CDF. (2021). *Charles Darwin Foundation*. Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/>
- Christian, K., Tracy, C., & Porter, W. (1984). *Diet, digestion and food preferences of galapagos land iguanas* (Vol. 40). Herpetologica.
- Coronel – Villavicencio, V. (2002). Distribución y re-establecimiento de *Opuntia megasperma* var. *orientalis* Howell.(Cactaceae) en Punta Cevallos, Isla Española-Galápagos. *Universidad del Azuay, Cuenca*.
- Darwin Foundation. (12 de Enero de 2022). *darwinfoundation*. Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=371>
- Darwin Foundation. (11 de Enero de 2022). *Darwinfoundation*. Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=521>
- Dimitri, M. (1977). *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería*. Buenos Aires.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2021). *Parque Nacional Galápagos*. Obtenido de <http://www.galapagos.gob.ec/areas-protegidas>.
- Emst, C., & Barbour, W. (1989). *Turtles of the world*. Smithsonian Instit. *Scient* .
- Enríquez, R. (1984). *Aspectos importantes del ciclo de vida de la tortuga de Galápagos Geochelone elephantopus darwini de la Isla Santiago*. Galapagos : Universidad Central del Ecuador.
- Ernst, C. H., Altenburg, R. G., & Barbour, R. W. (1998). *Turtles of the world. World biodiversity database series*. Amsterdam, The Netherlands. Obtenido de Expert Center for Taxonomic Identification (ETI).
- Espunyes - Nozières, J. (2011). Reintroducción de especies amenazadas. Problemáticas y recomendaciones. *Universidad de Barcelona, Barcelona, España*.

- Estupiñan, S., & Mauchamp, A. (1995). *Interacción planta-animal en la dispersión de Opuntia de Galápagos*. Quito, Ecuador: II Congreso Nacional de Botánica .
- Galapagos Conservancy. (2021). Española. *Galapagos Conservancy*.
- Galapagos Conservancy. (10 de Enero de 2021). *Galapagos*. Obtenido de https://www.galapagos.org/about_galapagos/about-galapagos/the-islands/santa-cruz/
- Gallina Tessaro, S. (2015). *Técnicas para conocer la dieta. Manual de técnicas* (Vol. 1). Veracruz, México: Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología.
- GCT. (2011). *Piratas y balleneros*. Galapagos Conservancy trust.
- Geist, D. (1996). ON THE EMERGENCE AND SUBMERCENCE OF THE GALÁPAGOS ISLANDS. *Core*, 5-8.
- Gibbs, J., Marquez, C., & Sterling, E. (2008). *The role of endangered species reintroduction in ecosystem restoration: tortoise–cactus interactions on Española island, Galápagos* (Vol. 16). Restoration Ecology.
- Gibbs, J., Sterling, E., & Zabala, F. (. (2010). *Giant tortoises as ecological engineers: a long-term quasi-experiment in the Galapagos Islands* (Vol. 42). Biotropica.
- Griffiths, C., Jones, C., Hansen, D., Puttoo, M., Tatayah, R., Muller, C., & Harris, S. (2010). *The use of extant nonindigenous tortoises as a restoration tool to replace extinct ecosystem engineers* (Vol. 18). Restoration Ecology.
- Hailey, A., Chidavaenzi, R. L., & Loveridge, J. P. (1998). *Diet mixing in the omnivorous tortoise Kinixys spekii*. *Functional Ecology* (Vol. 12(3)).
- Hall, M. (1982). *Subaerial Origin of Española (Hood) Island and the Age of Terrestrial Life*. Galapagos Islands.
- Hansen, D., Donlan, C., Griffiths, C., & Campbell, K. (2010). *Ecological history and latent conservation potential: large and giant tortoises as a model for taxon substitutions*. (Vol. 33). Ecography.
- Hansen, D., Kaiser, C., & Mueller, C. (2008). *Seed dispersal and establishment of endangered plants on oceanic islands: the Janzen–Connell model, and the use of ecological analogues*. PLoS ONE.
- Hazard, L. C., Shemanski, D. R., & Nagy, K. A. (2010). *Nutritional Quality of Natural Foods of Juvenile and Adult Desert Tortoises (Gopherus*

- agassizii*): *Calcium, Phosphorus, and Magnesium Digestibility*. Journal of Herpetology.
- Heleno, R., Blake, S., Jaramillo, P., Traveset, A., Vargas, P., & Nogales, M. (2011). *Frugivory and seed dispersal in the Galapagos: what is the state of the art?* Integrative Zoology.
- Hull, V., Zhang, J., Huang, J., Zhou, S., Viña, A., & Shortridge, A. (2016). *Habitat use and selection by giant pandas*. PLoS One 11.
- IIG. (1998). *Generalidades para el Manejo de las Principales Malezas del cultivo del Arroz*. Mexico: Instituto de Investigaciones de Granos.
- INICAR. (2021). *Inocar realizó levantamiento fotogramétrico para optimización del Sistema de Líneas de Base Insular*. Galápagos. Obtenido de www.inocar.mil.ec
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2011). *En Derrotero de la Costa Continental e Insular del Ecuador*. Islas Galápagos: Guayaquil.
- International, B. (2021). Important Bird Areas factsheet: Isla Española. *BirdLife* , pp 1-5.
- IUCN. (Septiembre de 2021). *The IUCN red list of threatened species*. Obtenido de <http://www.iucnredlist.org/search>
- Jaramillo, P., & Bungartz, F. (2007). *Featured herbarium: CDS - The Charles Darwin Research Station Herbarium*. . The Society of Herbarium Curators Newsletter.
- Jaramillo, P., & Heleno, R. H. (2012). *Guía rápida de semillas de las islas Galápagos*. Puerto Ayora: Fundación Charles Darwin.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P., & Donoghue, M. J. (2002). *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Sinauer Assoc.
- Judd, W., Campbell, C., Kellogg, E., Stevens, P., & Donoghue, M. (2016). *Plant Systematics a Phylogenetic approach* (4ta edición ed.). Massachusetts-Estados Unidos: Sinauer Associates INC.
- Koh. (2004). Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science*, pp 1632-1634.
- Lavayen, K. (2021). *El microplástico y la contaminación del mar*.
- Lavoie, C., Carrión, G., Campbell, C., & Donian, S. (2007). Atlas Temático del Proyecto Isabela documento ilustrativo que describe, paso a paso, el

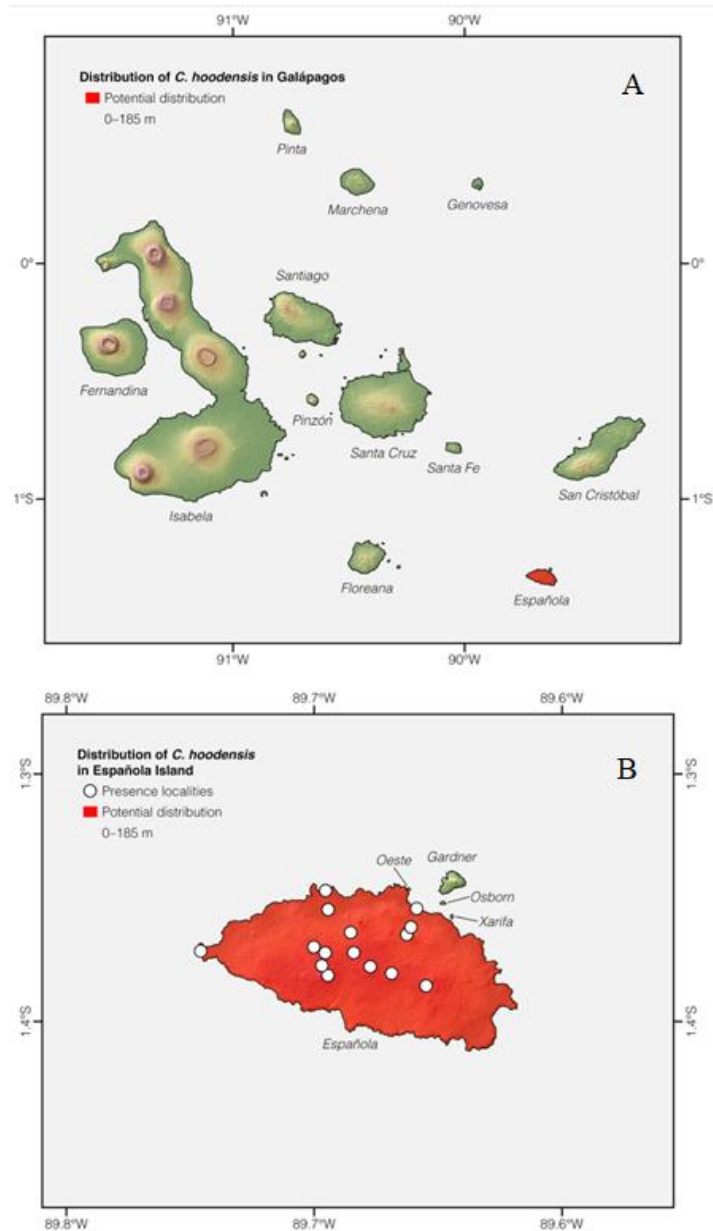
macroproyecto de erradicación de chivos más exitoso de las Islas Galápagos, 1998-2006. *Fundación Charles Darwin*.

- Manly, B. F., L. McDonald., D. T., McDonald, T. L., & Erickson, P. W. (2002). *Resource selection by animals* (Segunda ed.). Moscú , Russia: statistical design and analysis for field studies.
- Márquez, C., Vargas, H., Snell, H., Mauchamp, A., Gibbs, J., & Tapia, W. (2003). *¿POR QUÉ TAN POCAS Opuntia EN LA ISLA ESPAÑOLA-GALÁPAGOS?* *Ecología Aplicada* 2 (1).
- Márquez, C., Wiedenfeld, D. A., Snell, H., Fritts, T. H., Belen, M. F., MacFarland, C., . . . Naranjo, S. (2004). *Estado actual de las poblaciones de tortugas terrestres gigantes (Geochelone spp., Chelonia: Testudinae)* (Vol. 3). islas Galápagos.
- Massana, J. S., & Silvestre, A. M. (2008). *Manejo y alimentación de tortugas y galápagos en cautividad*. Barcelona: CRARC.
- McDonald, L. L., Erickson, W. P., Boyce, M. S., & Alldredge, J. R. (2012). *Modeling vertebrate use of terrestrial resources* (7th ed.). Baltimore: The wildlife techniques manual.
- McMullen, C. K. (1999). *Flowering Plants of the Galápagos*. Cornell University Press, ed.
- Mosquera, A. (2019). *Análisis estadístico y económico de la iniciativa Galápagos por una cultura sin plásticos*.
- Nandu, V. S., & Arora, B. M. (2017). *Study on the Foraging Behavior and Diet Preferences of Indian Star Tortoises (Geochelone elegans) in Chinnar Wildlife Sanctuary* (Vol. 5(1)). Zoological Sciences.
- Pacífico. (15 de Octubre de 2021). *Redpacífico*. Obtenido de <https://redpacifico.net/es/isla-galapagos-ecuador/>
- Panzini, F. (1993). *L'evoluzione del giardino pubblico in Europa dalle origini al XX secolo*. Bologna: Zanichelli Editore.
- Pazmiño Rodríguez, J. M. (2017). *Efecto de la alimentación en el crecimiento de juveniles en las especies Chelonoidis donfaustoi y Chelonoidis darwini*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Quattrocchi, U. (2000). *CRC World Dictionary of Plant Names: A-C*. CRC Press.
- Rhodin, A. G., Dijk, P. P., & John B. Inverson, H. B. (2010). *Turtles of the World, Update: Annotated Checklist of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and*

Conservation Status. United States: Conservation Biology of Freshwater Turtle and tortoises.

- Seddon, P. A. (2007). Developing the science of reintroduction biology. *Conservation biology*, pp 303-3012.
- Sellés, B. (2019). *Evaluating the adaptation and ecological role of Galapagos giant tortoises released on Santa Fe Island. (Tesis de maestría)*. Cornwall. Reino Unido: University of Exeter .
- Simon, B., Clayton, W., Harman, K., Vorontsova, M., Brake, I., Healy, D., & Alfonso, Y. (2011). *GrassWorld*.
- Storch, L. (2003). Linking a multiscale habitat concept to species conservation. . *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*, pp 303-320.
- Tapia, I. (2019). *Dietary choice of a recently described giant tortoise species*. *Dietary choice of a recently described giant tortoise species season. (Disertación de pregrado)* . Reino Unido: Universidad Newcastle.
- Tobar, A. L. (2015). *Historia política internacional de la Islas Galápagos*. Abya Yala.
- Wiggins , Y., & Focht , D. (1967). *Seeds and seedlings of Opuntia echios J.T. Howell var. gigantea Dawson* (Vol. 34(3 & 4)). Cactus and Succulent Journal.
- Wiggins, I., & Porter, D. (1971). *Flora of the Galapagos Islands*. Stanford, California, Estados Unidos: Stanford University Press.
- Zuloaga, F. O., Morrone, O., & Belgrano, M. J. (2008). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur*. Argentina: Instituto de Botánica Darwinion .

14. ANEXOS



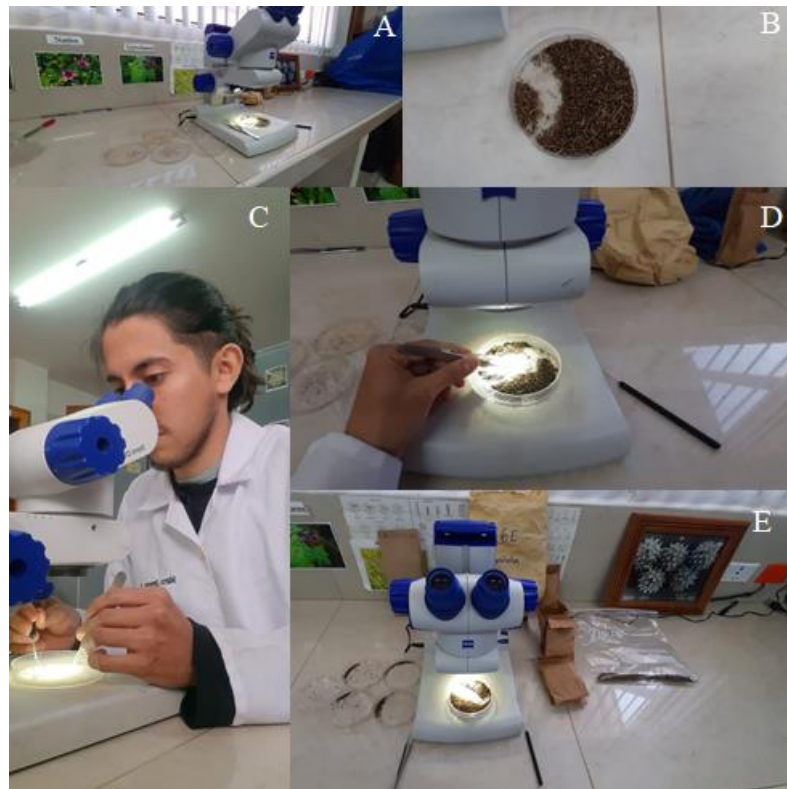
Anexo 1. Mapa de ubicación de la Isla española y presencia de *C. hoodensis*.

(A) Mapa de ubicación de la Isla Española. (B) Mapa de la Isla Española y zonas de presencia de tortugas *C. hoodensis*. Fuente: Arteaga, 2019.



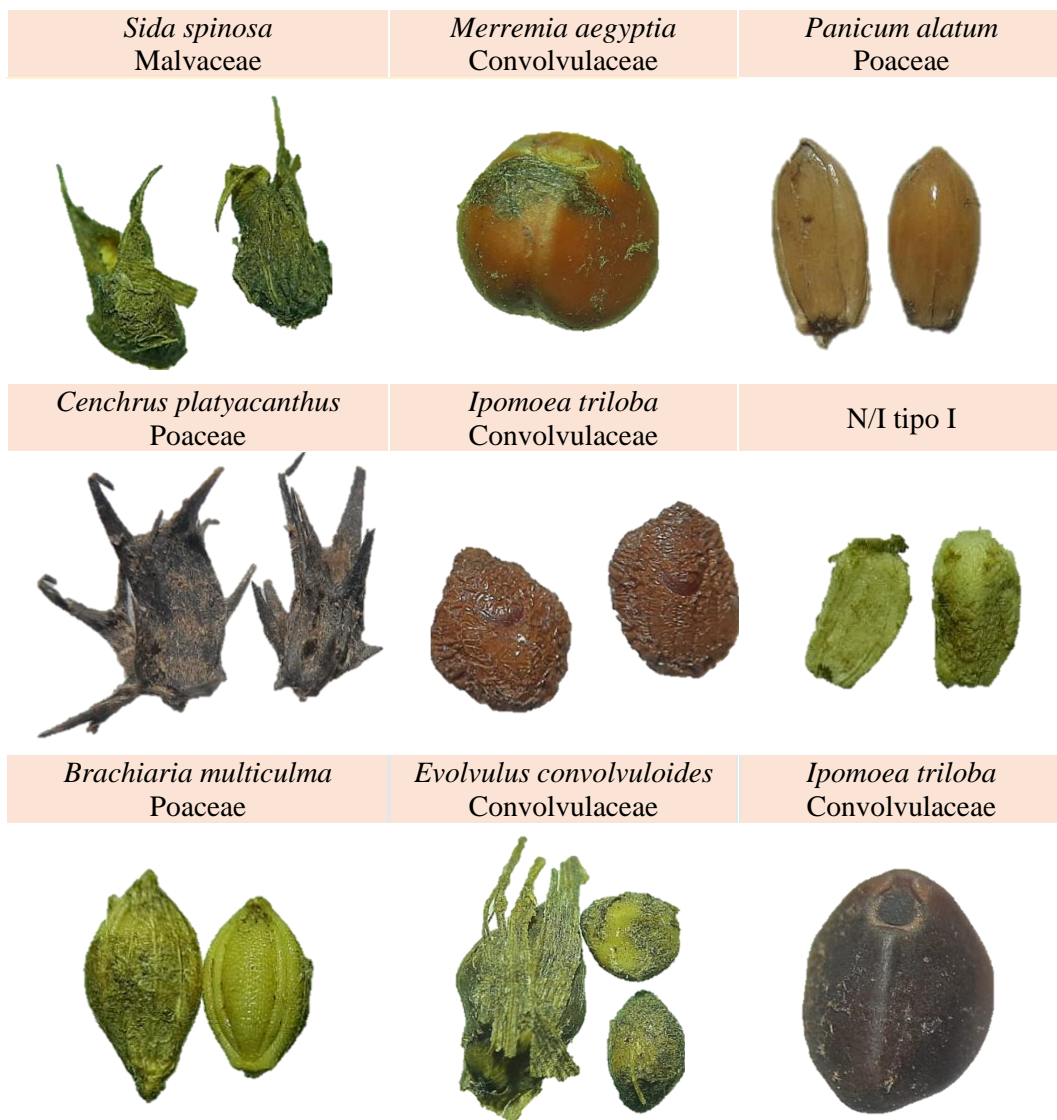
Anexo 2. Tortuga *Chelonoidis hoodensis*, especie endémica de Española.

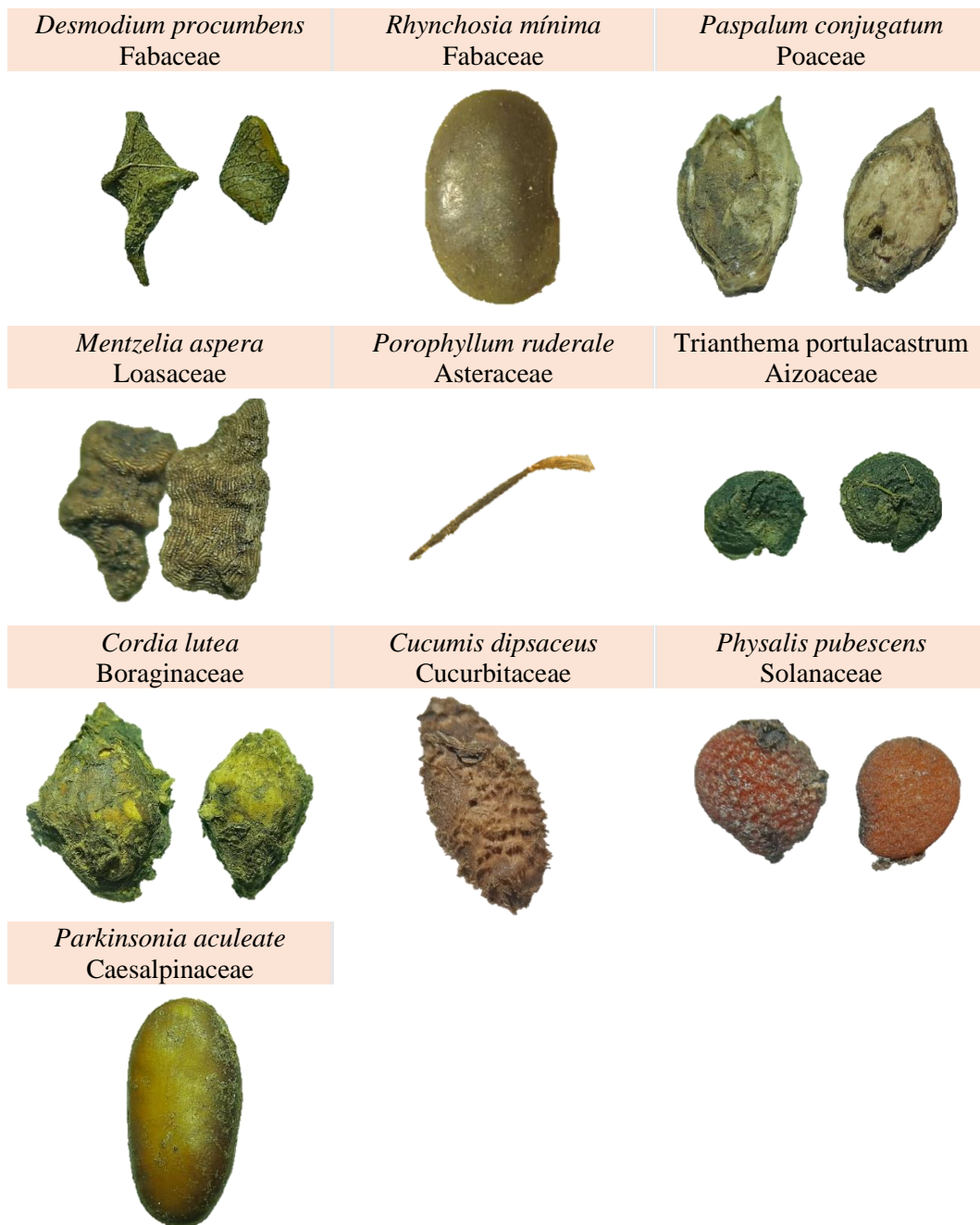
Tortuga diego, macho adulto. Fuente: Arteaga, 2019.



Anexo 3. Fotografías del procedimiento del estudio.

(A) Área de estudio. (B y D) Muestra de heces en caja petri. (C) Analizando semillas de las muestras de heces. (E) Estereoscopio, semillas separadas, muestras de heces y restos. Fuente: Marco Jimenez, 2022.





Anexo 4. Fotos de semillas identificadas.

Fuente: Marco Jimenez, 2022.

Anexo 5. Especies de planta registradas en la dieta de las tortugas *C. hoodensis*, Isla Española.

Familia	Especie	Origen	Número de semillas	Habito de la planta	Estado de conservación	Frecuencia
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Nativa	36	Hierba	N/A	0.056
	Asteraceae	N/A	300	N/A	N/A	0.056
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i>	Introducida	1	Hierba	N/A	0.0278
	<i>Blainvillea dichotoma</i>	Nativa	2	Hierba	N/A	0.056
Boraginaceae	<i>Tournefortia psilostachya</i>	Nativa	23	Hierba	N/A	0.278
	<i>Cordia lutea</i>	Nativa	54	Leñoso	LC	0.11
Cacteaceae	<i>Opuntia megasperma</i>	Endémica	52	Arbusto	CR	0.167
Caesalpinaceae	<i>Parkinsonia aculeate</i>	Nativa	1	Leñoso	N/A	0.0278
Celastraceae	<i>Maytenus octogona</i>	Nativa	1	Leñoso	N/A	0.0278
	<i>Ipomoea triloba</i>	Nativa	158	Hierba	N/A	0.583
Convolvulaceae	<i>Evolvulus convolvuloides</i>	Nativa	515	Hierba	N/A	0.25
	<i>Merremia aegyptia</i>	Nativa	77	Hierba	N/A	0.33
Cucurbitaceae	<i>Cucumis dipsaceus</i>	Introducida	99	Hierba	N/A	0.083
Cyperaveae	<i>Cyperus confertus</i>	Nativa	269	Hierba	N/A	0.167

Fabaceae	<i>Desmodium procumbens</i>	Nativa	2385	Hierba	N/A	0.917
	<i>Rhynchosia minima</i>	Nativa	11	Hierba	N/A	0.139
Loasaceae	<i>Mentzelia aspera</i>	Nativa	202	Hierba	N/A	0.333
Malvaceae	<i>Sida spinosa</i>	Nativa	28134	Hierba	N/A	0.833
Mimosaceae	<i>Desmanthus virgatus</i>	Nativa	1063	Hierba	N/A	0.5
Nyctaginaceae	<i>Cryptocarpus pyriformis</i>	Nativa	6	Hierba	N/A	0.027
Passifloraceae	Passifloraceae	N/A	12	N/A	N/A	0.0278
Poaceae	<i>Brachiaria multiculma</i>	Endémica	150	Hierba	LC	0.583
	<i>Panicum alatum</i>	Endémica	4040	Hierba	N/A	0.722
	<i>Cenchrus platyacanthus</i>	Endémica	10	Hierba	LC	0.056
	<i>Paspalum conjugatum</i>	Nativa	3	Hierba	N/A	0.056
Solanaceae	<i>Physalis galapagoensis</i>	Endémica	1	Hierba	LC	0.0278
	Solanaceae	N/A	7	N/A	N/A	0.056
	<i>Physalis pubescens</i>	Nativa	2	Hierba	N/A	0.056
Veebenaceae	<i>Lantana peduncularis</i>	Endémica	16	Hierba	LC	0.0278
No identificada I, II, III, IV		N/A	1649	N/A	N/A	

NA: información no disponible. Fuente: Marco Jimenez, 2022.



Anexo 6. Fotos de microplástico encontrados en las muestras de heces.

Fuente: Marco Jimenez, 2022.



Anexo 7. Pupas de posibles Dípteros.