

Efecto de la alimentación en el crecimiento de juveniles en las especies *Chelonoidis donfaustoi* y *Chelonoidis darwini*

Josué Miguel Pazmiño Rodríguez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Efecto de la alimentación en el crecimiento de juveniles en las especies *Chelonoidis donfaustoi* y *Chelonoidis darwini*

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Josué Miguel Pazmiño Rodríguez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Efecto de la alimentación en el crecimiento de juveniles en las especies *Chelonoidis donfaustoi* y *Chelonoidis darwini*

Josué Miguel Pazmiño Rodríguez

Resumen. Las tortugas gigantes de Galápagos (*Chelonoidis* spp.) se caracterizan por su gran tamaño, y longevidad. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del uso de dietas a base de Otoy (*Xanthosoma saggitifolium*), Portotillo (*Erythrina poeppigiana*) y Verdolaga (*Potulaca oleraceae*) en el crecimiento de juveniles de las especies *Chelonoidis darwini* y *Chelonoidis donfaustoi* a través de las medidas morfométricas (cm), pesos (g) y la preferencia alimenticia. El estudio se realizó en el centro de crianza de tortugas terrestres gigantes en cautiverio dentro del Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz. El diseño experimental fue completamente al azar, utilizando 72 juveniles entre ambas especies y cuatro tratamientos: Porotillo (P), Verdolaga (V), Porotillo + Verdolaga (P + V), Porotillo + Verdolaga + Otoy (P + V + O). Las preferencias de consumo fueron evaluadas usando 32 juveniles de ambas especies, sometidos a los tratamientos (P + V) y (P + V + O). Los resultados de los análisis del alimento mostraron que el Porotillo contiene un mayor porcentaje de proteína (11.91%) con respecto a la Verdolaga y Otoy. Sin embargo, el mejor crecimiento se dio con dietas combinadas (P + V + O) y (P + V) en ambas especies. La preferencia de consumo determinó que la alimentación a base de Otoy presento mayor preferencia seguidas por la Verdolaga y Porotillo de acuerdo a su jugosidad. Por lo tanto, dietas basadas en efectos sinérgicos que contengan niveles óptimos de proteína y humedad permiten un mejor crecimiento de los juveniles de ambas especies.

Palabras clave: Medidas morfométricas, preferencia alimenticia, tortugas gigantes.

Abstract. The giant tortoises of the Galápagos (*Chelonoidis* spp.) are characterized by their great size, and longevity. The objective of the study was to evaluate the effect of the diet of Otoy (*Xanthosoma saggitifolium*), Portotillo (*Erythrina poeppigiana*) and Verdolaga (*Potulaca oleraceae*) on the growth of juveniles of the species *Chelonoidis darwini* and *Chelonoidis donfaustoi* through morphometric measurements (cm), weights (g) and food preference. The study was conducted at the breeding center for giant terrestrial tortoises in captivity within the Galapagos National Park, Santa Cruz. The experimental design was completely random, using 72 juveniles between both species and four treatments: Porotillo (P), Verdolaga (V), Porotillo + Verdolaga (P + V), Porotillo + Verdolaga + Otoy (P + V + O). Consumption preferences were evaluated using 32 juveniles of both species, treated (P + V) and (P + V + O). The results of the analysis of the food showed that Porotillo contains a greater percentage of protein (11.91%) with respect to Verdolaga and Otoy. However, the best growth occurred with combined diets (P + V + O) and (P + V) in both species. The preference of consumption determined that the feed based on Otoy presented greater preference followed by the Verdolaga and Porotillo according to their juiciness. Therefore, diets based on synergistic effects that contain optimal levels of protein and moisture allow a better growth of juveniles of both species.

Key words: Food preferences, giant tortoises, measures morphometric.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Pesados y distribución para cada tratamiento.....	5
2. Peso de muestras requeridas para análisis nutritivos de las plantas	6
3. Distribución de las unidades experimentales para cada tratamiento	7
4. Parte dos del diseño experimental – Preferencias de consumo	8
5. Análisis nutritivo de las plantas.....	9
6. ANDEVA para medidas morfométricas (cm) y pesos (g) - <i>C. darwini</i>	10
7. ANDEVA para medidas morfométricas (cm) y pesos (g) - <i>C. donfaustoi</i>	12
8. Preferencia de consumo tratamiento P+V para <i>C. donfaustoi</i> y <i>C. darwini</i>	14
9. Presencia de consumo tratamiento P+V+O para <i>C. donfaustoi</i> y <i>C. darwini</i> ...	15
Figuras	Página
1. Ubicación de la Isla Santa Cruz, Galápagos.....	4
2. Medidas de Largo curvo (cm), Ancho curvo (cm), Largo plastro (cm), Peso (g).....	6
3. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable peso (g) - <i>C. darwini</i>	10
4. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo curvo (cm) - <i>C. darwini</i>	11
5. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable ancho curvo (cm) - <i>C. darwini</i>	11
6. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - <i>C. darwini</i>	12
7. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable peso (g) - <i>C. donfaustoi</i> .	12
8. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - <i>C. donfaustoi</i>	13
9. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable ancho curvo (cm) - <i>C. donfaustoi</i>	13
10. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - <i>C. donfaustoi</i>	14
Anexos	Página
1. Prueba de Shapiro-Wilk para <i>Chelonoidis darwini</i>	21
2. Prueba de Shapiro-Wilk para <i>Chelonoidis donfaustoi</i>	21

3. Prueba de Levene para <i>Chelonoidis darwini</i>	22
4. Prueba de Levene para <i>Chelonoidis donfaustoi</i>	22
5. Post-hoc DUNCAN - <i>C. darwini</i>	23
6. Post-hoc DUNCAN - <i>C. darwini</i>	23
7. Post-hoc DUNCAN - <i>C. darwini</i>	24
8. Post-hoc DUNCAN - <i>C. darwini</i>	24
9. Post-hoc DUNCA - <i>C. donfaustoi</i>	24
10. Post-hoc DUNCAN - <i>C. donfaustoi</i>	25
11. Post-hoc DUNCAN - <i>C. donfaustoi</i>	25
12. Post-hoc DUNCAN - <i>C. donfaustoi</i>	25

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas gigantes de las islas Galápagos (*Chelonoidis*) se caracterizan por su gran tamaño en comparación con cualquier otra tortuga del planeta. Además, ocupan un lugar entre las especies iconos del planeta, debido a que cumplen un rol fundamental en el ecosistema, tales como: la dispersión de semillas, herbivoría, pisoteo de la vegetación y construcción de caminos. De esta manera se transforman en unos de los atractivos principales para los turistas que visitan las islas Galápagos y para el desarrollo de investigaciones científicas. Las tortugas de Galápagos, a través de los años, han sido un eje emblemático que representa la gran biodiversidad con que cuentan las Islas (Danulat y Edgar, 2002). Por tanto, una conservación efectiva de esta especie es una prioridad (Blake et al., 2015).

Las tortugas de Galápagos, al igual que otras especies de vertebrados terrestres, necesitan fuentes de energía en su dieta, tales como: carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas (Vivanco, Marquez, Oftedal, y Cayot, 1996). Las tortugas terrestres poseen una piel altamente evolucionada, la cual es impermeable y gruesa para adaptarse a las altas incidencias de rayos ultravioleta (Mcarthur, Wolkinson, y Meyer, 2004). Las tortugas terrestres juveniles constan con un caparazón maderablemente flexible, pero cobra firmeza rápidamente debido a la calcificación juvenil (Mcarthur et al., 2004).

La *Chelonoidis donfaustoi* es la última especie de tortugas gigantes descubierta en las Islas Galápagos en el año 2015. Sin duda, esto fue de gran impacto para el mundo y en especial para la Isla Santa Cruz, lugar de donde es originaria (Poulakakis, et al., 2015). La especie *C. donfaustoi* tiene este nombre en honor a Fausto Llerena Sánchez que dedicó 43 años de servicio (1971-2014) para la conservación de la tortuga gigante “el solitario George” quien también fue conocido como el animal más raro del mundo. Dentro de las instalaciones del centro de crianza de tortugas terrestres gigantes en cautiverio en la isla Santa Cruz (Barry, 2015).

Esta nueva especie *C. donfaustoi* fue diagnosticada por una combinación de pruebas de distribución genética, morfológica y geográfica (Barry, 2015). La distribución de la especie es en las laderas orientales cerca de una colina llamada “Cerro Fatal” en Ecuador (Barry, 2015). La población de la nueva especie está compuesta por tan solo unos cientos de individuos (Ron, 2010). El reconocimiento de esta nueva especie ha atraído la atención de investigadores a promover los esfuerzos de protección para evitar que esta se encuentre ante eventos de vulnerabilidad (extinción). Por ende, se necesita más investigación para determinar el tamaño, estructura, alcance, patrones de movimiento, ubicación de las zonas

de anidación, requerimientos de hábitat y nutricionales (correcta alimentación) (Poulakakis et al., 2015).

Por otra parte, la especie *Chelonoidis darwini* es originaria de la isla Santiago, la cual pertenece a las islas Galápagos. *C. darwini* se encuentra localizada de la parte media a la parte alta de la isla (Mader, 2002). Históricamente, se registró alrededor de una población de 24,000 individuos, la cual se vio drásticamente reducida debido a la introducción de especies invasoras (cerdos, cabras, burros, rata negra) y la extensa sobreexplotación como alimento por los marineros y colonos. Tales fueron las consecuencias que para 1970 la población se encontraba entre las 500-700 tortugas, llegándose a considerar que solo quedaba un 5% vivo de esta especie. Desde entonces el centro de crianza de tortugas terrestres en cautiverio “Fausto Llerena” ha intervenido logrando repatriar más de 1,000 tortugas originarias de la Isla Santiago. Además, de contar con 87 juveniles de dicha especie en sus instalaciones (Blake, et al., 2015).

El centro de crianza de tortugas terrestres en cautiverio “Fausto Lerena”, alberga un total de 11 especies del genero *Chelonoidis* (Parque Nacional Galápagos, 2009); las cuales se encuentran distribuidas en un total de 1,200 tortugas terrestres (entre juveniles y adultos) (Parque Nacional Galápagos, 2009). Estas especies se caracterizan por tener un tipo de alimentación herbívora basado en las plantas de Otoy y Porotillo (Parque Nacional Galápagos, 2012). Estas plantas son obtenidas de una finca ubicada en la parte alta de la isla (Parque Nacional Galápagos, 2012). Desafortunadamente, tanto el Otoy como el Porotillo son utilizadas sin conocer su composición nutricional. En el año 1995 se realizó un experimento en el centro de crianza de tortugas gigantes terrestres en cautiverio para determinar las plantas preferidas y no preferidas en la alimentación de las tortugas. Desde ese entonces no se han llevado a cabo más estudios en las islas Galápagos; además no se encuentran publicados los resultados (Vivanco, Marquez, Oftedal, y Cayot, 1996).

Esta dependencia ligada a una o pocas especies de plantas para la alimentación de las tortugas terrestres gigantes puede provocar efectos negativos en su nutrición. Las tortugas en estado natural son selectivas en su alimentación, ya que optan por plantas carnosas portadoras de altos niveles de líquidos para evitar la deshidratación en comparación a las tortugas del centro de crianza de tortugas terrestres gigantes en cautiverio quienes tienen limitadas opciones que pueden influir desfavorablemente en su nutrición. Por ende, una de las mayores preocupaciones gira alrededor de la falta de proteínas disponible en la alimentación; especialmente en los juveniles de estas especies ya que se encuentran en etapa de desarrollo (Vivanco et al., 1996).

Estudios acerca de la elaboración de dietas de tortugas en otras partes del mundo, tanto en estado de cautiverio o como mascotas recomiendan que su alimentación debe basarse en un alto contenido de agua, proteína y fibra mientras estén en etapa de crecimiento (Senneke, 2004). Para el presente estudio se descartó la necesidad de que el alimento proporcionado contenga un alto nivel de fibras, debido a que las tortugas de Galápagos son muy malas para digerir fibras, esto se ve reflejado en sus excretas ya que el alimento sale entero. Por lo tanto, se buscó una dieta que proporcione proteína y agua para su crecimiento, debido a que después de que las tortugas cumplen cinco años dentro del centro de crianza, son

repatriadas a sus islas de orígenes y deben adaptarse rápidamente. Por lo tanto, encontrar una dieta apropiada, que permita un mejor desarrollo en el crecimiento de las tortugas terrestres del centro de crianza es una prioridad.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Cuantificar la composición química proximal (análisis nutritivo de las plantas) de Otoy (*Xanthosoma saggitifolium*) Porotillo (*Erythrina poeppiagiana*) y Verdolaga (*Potulaca oleraceae*), a utilizar en la alimentación de juveniles de *C. donfaustoi* y *C. darwini*.
- Determinar el efecto del uso de Otoy (*Xanthosoma saggitifolium*), Porotillo (*Erythrina poeppiagiana*) y Verdolaga (*Portulaca oleraceae*), en el crecimiento de los juveniles de *C. donfaustoi* y *C. darwini* a través del largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm), peso (g).
- Determinar la preferencia del alimento (Otoy, Porotillo y Verdolaga) para las especies *C. donfaustoi* y *C. darwini*.

2. METODOLOGÍA

Origen de los organismos experimentales.

La investigación se llevó a cabo en el centro de crianza de tortugas gigantes terrestres en cautiverio, ubicado dentro del Parque Nacional Galápagos, en la Isla Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. Santa Cruz, cuenta con una extensión de (986 km²), siendo la segunda isla más grande después de Isabela (4,703 km²) (Tapia, 2016) (Figura 1). Las temperaturas promedio para la isla oscilan entre 24 °C a 31 °C con precipitaciones promedio entre 300mm a 1,700mm. Lamentablemente, los últimos años (2015-2016) han sido años duros presentando grandes sequías, debido al aumento de temperaturas (39 °C) y falta de lluvias.

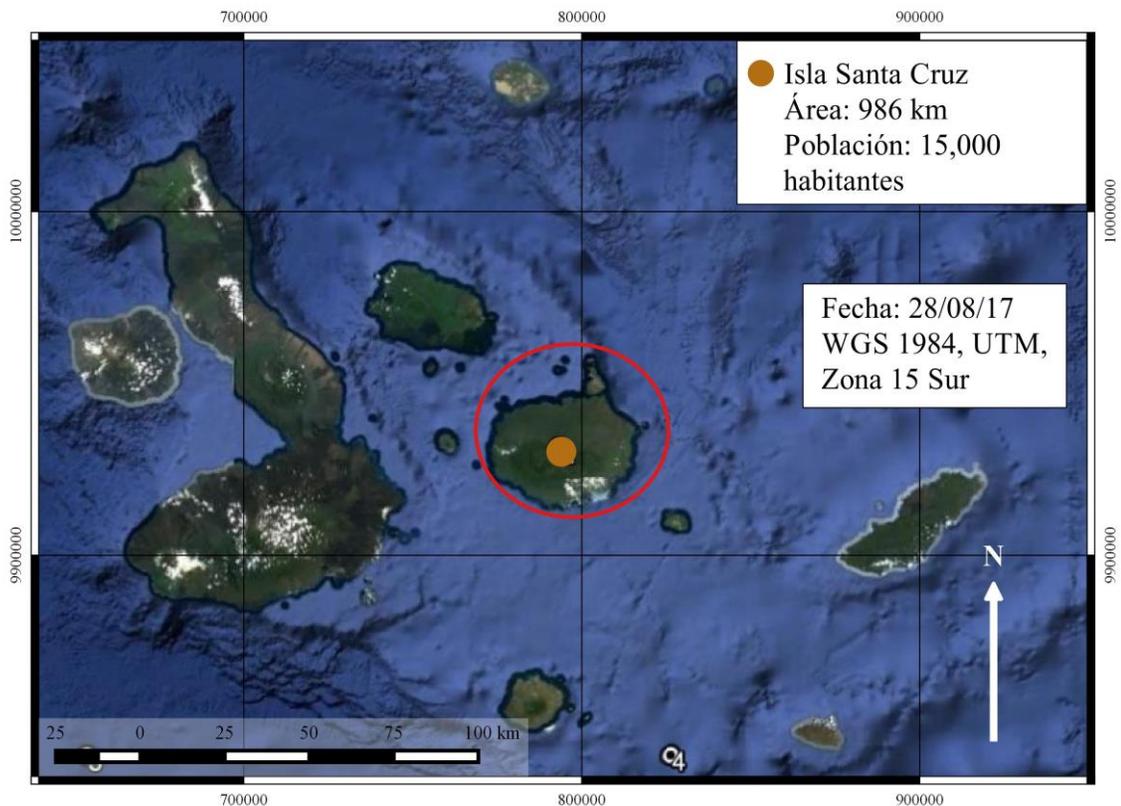


Figura 1. Ubicación de la Isla Santa Cruz, Galápagos, fuente Google Earth.

Condiciones experimentales.

Los juveniles de *C. donfaustoi* y *C. darwini* seleccionados se encuentran en un rango de edad similar, esto debido a que los juveniles provienen de una misma camada, permitiendo obtener resultados más confiables (al disminuir sesgo genético paterno y materno). El alimento que fue proporcionado consistió en Porotillo (tratamiento P), Verdolaga (tratamiento V), una mezcla entre Porotillo + Verdolaga (tratamiento P + V) y una mezcla entre Porotillo + Verdolaga + Otoy (tratamiento P + V + O). Los tratamientos fueron pesados y distribuidos de forma equitativa a los individuos con una frecuencia de tres veces por semana (Lunes, Martes, Miércoles), siempre a la misma hora (10:00 a.m.) en lugares donde haya incidencia de luz solar; con el fin de lograr activar el metabolismo de las tortugas (organismos ectotermos) (Daza y Pérez, 2011). Las medidas tanto como: largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) y peso (g) de los individuos, se tomó al inicio del experimento y posteriormente cada dos semanas, los días de por medio que no eran alimentados ambas especies. Esto con el fin de conocer la variación, en caso que las condiciones ambientales (humedad y temperatura) y endógenas (deshidratación y estrés) no hayan sido siempre las mismas. Todas las observaciones de comportamiento, preferencias alimenticias y factores climáticos fueron anotadas en una bitácora. El estudio completo se llevó en un lapso de tiempo de 55 días (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pesados y distribución para cada tratamiento.

Tratamientos	Pesos (g)	Especie
P	300	<i>Chelonoidis darwini</i>
	300	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
V	300	<i>Chelonoidis darwini</i>
	300	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
P + V	150 + 150	<i>Chelonoidis darwini</i>
	150 + 150	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
P + V + O	100 + 100 + 100	<i>Chelonoidis darwini</i>
	100 + 100 + 100	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>

Análisis nutritivo de las plantas.

Antes de comenzar la investigación se realizaron las pruebas de análisis nutritivos de las plantas a proporcionar a los juveniles de la especie *C. donfaustoi* y *C. darwini*. Estos resultados dieron a conocer los porcentajes de la composición nutricional de las plantas, tales como: lípidos, proteínas, carbohidratos, ceniza y humedad. Los análisis nutritivos de las dietas fueron realizados en el laboratorio de análisis de alimentos S.A. Avilés y Vélez "AVVE" ubicado en el Km 11 ½ vía Daule: Parque California 1, Calle Arq. Modesto Luque Rivadeneira, Edif. Comercial No. 3. Local 4ª, Guayaquil, Ecuador. Este análisis se realizó de acuerdo al protocolo establecido por la Sociedad Oficial de Química Analítica (AOAC) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso de muestras requeridas para análisis nutritivos de las plantas.

Muestras	Peso (g)
Otoy (<i>Xanthosoma saggitifolium</i>)	350
Porotillo (<i>Erythrina poeppiagiana</i>)	350
Verdolaga (<i>Portulaca oleraceae</i>)	350

Medidas morfométricas y pesos.

Todas las medidas fueron realizadas utilizando una cinta métrica de un metro de ancho, considerando las variables de: largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) (Perez y Alegría, 2009). Tanto, para el largo curvo (cm) se tomó las mediciones a partir de la incisión en la parte superior a la incisión distal del caparazón de cada tortuga. Para las mediciones del ancho curvo (cm) se tomaron las medidas a partir de la hendidura que se presenta del lado dorsal derecho al izquierdo del caparazón. Las medidas del largo plastro (cm) se tomó de referencia la incisión superior a la distal del plastro. El peso (g) fue tomado usando una balanza digital, en la cual se colocó viceversa a cada tortuga para evitar el movimiento y que los valores de peso sean erróneos (Figura 2).



Figura 2. Medidas de Largo curvo (cm), Ancho curvo (cm), Largo plastro (cm), Peso (g).

Tasa específica de crecimiento.

Este resultado se obtuvo a partir de aplicación del logaritmo natural tanto de cada una de las medidas morfométricas (cm) y pesos (g) finales menos el logaritmo de cada una de las medidas morfométricas (cm) y pesos (g) iniciales de los individuos de cada tratamiento,

dividido por el tiempo de duración del experimento (en medio del experimento), multiplicado por 100% (Perez y Alegría, 2009).

Diseño experimental.

El diseño es completamente al azar y tiene como unidad experimental a cada juvenil de la especie *C. donfaustoi* y *C. darwini*. Se utilizaron 72 juveniles, los cuales fueron distribuidos equitativamente en cada tratamiento (20 individuos por tratamiento P, 20 individuos para el tratamiento V, 16 individuos para el tratamiento P + V y 16 individuos para el tratamiento P + V + O). Estos juveniles se seleccionaron al azar, se les asignó un número que fue escogido por una tómbola para ubicarlo en el tratamiento que le correspondía. El experimento consistió en cuatro tratamientos y cuatro corrales los cuales fueron divididos por la mitad. Las variables de respuesta a analizar fueron: largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) y peso (g) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución de las unidades experimentales para cada tratamiento.

Tratamiento	# Individuos	Distribución de individuos	Especie
P	20	10	<i>Chelonoidis darwini</i>
		10	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
V	20	10	<i>Chelonoidis darwini</i>
		10	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
P + V	16	8	<i>Chelonoidis darwini</i>
		8	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
P + V + O	16	8	<i>Chelonoidis darwini</i>
		8	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>

Parte dos del diseño experimental.

Esta parte se realizó para saber la aceptabilidad de una dieta, es decir, conocer las preferencias de consumo y saber si existe algún problema para su consumo (De Souza y Ladín, 2006). Se utilizaron 32 de los 72 juveniles usados en el diseño experimental, fueron seleccionados aleatoriamente y distribuidos equitativamente por tratamiento (16 individuos para el tratamiento P + V y 16 individuos para el tratamiento P + V + O). Los tratamientos consistieron en una mezcla de Porotillo (150 g) + Verdolaga (150 g) (tratamiento P + V) y una mezcla de Porotillo (100 g) + Verdolaga (100 g) + Otoy (100 g) (tratamiento P + V + O). Las dietas se colocaron en comederos diferentes para ofrecer una libre elección de los dos tratamientos. Esto se llevó a cabo los días de alimentación (lunes, miércoles y viernes). La variable a medir fue preferencia de consumo, mediante la observación y la realización de pruebas binomiales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Preferencias de consumo.

Tratamiento	# Individuos	Distribución de individuos	Especie
P + V	16	8	<i>Chelonoidis darwini</i>
		8	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>
P + V + O	16	8	<i>Chelonoidis darwini</i>
		8	<i>Chelonoidis donfaustoi</i>

Análisis estadístico.

El procesamiento de los datos obtenidos para ambas especies se realizó por medio del programa estadístico SPSS, versión 19, con nivel de significancia de $\alpha=0.05$. A todos los datos se les aplicó en primer lugar la prueba de Shapiro-Wilk para probar la normalidad de los datos y seguidamente se utilizó la prueba de Levene para probar la homogeneidad de la varianza (varianzas iguales). Los resultados obtenidos de la prueba de análisis nutritivos de las plantas (humedad, proteína total, lípidos, cenizas y extracto libre de nitrógeno) de las dietas fueron expresados en porcentaje. Para las variables de respuesta peso (g), largo curvo (cm), ancho curvo (cm) y largo plastro (cm), se analizaron mediante las tasas de crecimiento que generó cada tratamiento, seguidamente se aplicó un ANDEVA de una vía. Posteriormente, se aplicó la prueba de post-hoc de Duncan, en las variables que se presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) para conocer la separación de las medias. Con los datos obtenidos de las preferencias de consumo en los dos tratamientos (P + V) y (P + V + O), se aplicó una prueba binomial para cada uno, con un nivel de significancia de 0.05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis nutritivo de las plantas.

Los resultados del laboratorio “AVVE” mostró que el Porotillo (*Erythrina poeppigiana*) contiene un mayor porcentaje de proteína (11.91%) a diferencia del Otoy (*Xanthosoma saggitifolium*) (0.86%) y la Verdolaga (*Portulaca oleraceae*) (0.51%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis nutritivo de las plantas.

Parámetros	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
		Verdolaga	Otoy	Porotillo
Humedad en muestra original	g/100g	84.86	85.47	52.99
Humedad a 100°C	g/100g	83.50	73.02	11.99
Cenizas exp. Base Seca	g/100g	0.58	0.56	3.78
Grasa exp. Base Seca	g/100g	0.18	0.21	1.72
Proteínas exp. Base Seca (N x 6.25)	g/100g	0.51	0.86	11.91
Carbohidratos	g/100g	6.71	3.41	9.99
Extracto Libre de Nitrógeno	g/100g	4.45	2.23	2.16
Fibra exp. Base Seca	g/100g	2.26	1.18	7.83

Normalidad y Homogeneidad.

El resultado de la prueba de Shapiro Wilk presentó un nivel de significancia mayor a 5% ($P > 0.05$), por tanto, existe una normalidad de la distribución de los tratamientos (Toledo, 2011), en las variables de respuesta largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) y peso (g) para las especies *C. darwini* y *C. donfaustoi*. El resultado de la prueba de Levene mostró un nivel de significancia mayor a 5% ($P > 0.05$) indicando que existe una homogeneidad de la varianza (varianzas iguales) (Correa, Iral, y Rojas, 2006), debido a que ambas especies están dentro de un mismo rango de edad para las variables de respuesta largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) y peso (g).

Variables de crecimiento.

Ambas especies mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos respecto a las variables morfométricas (cm) y pesos (g) (Cuadro 6, 7). Por tanto, se rechaza la Hipótesis nula (H_0) de que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a las variables de respuesta. Aceptando la Hipótesis alterna (H_a) que si existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de respuesta. Tanto en la especie *C. darwini* (Figura 3, 4, 5, 6) y *C. donfaustoi* (Figura 7, 8, 9, 10) los mejores

tratamientos fueron las combinaciones de: Porotillo + Verdolaga (P + V) y Porotillo + Otoy + Verdolaga (P + O + V) para el desarrollo de las medidas morfométricas (cm) y pesos (g). Una dieta ligada a un solo tipo de alimento es muy poco probable que cumpla con todos los requerimientos nutritivos. Por ende, dietas basadas en efectos sinérgicos (interacciones o mezclas) generan una mejor respuesta en los individuos, para los requerimientos nutritivos que necesitan. Además, el uso de una dieta basada en efectos sinérgicos tiende a saber incluso mejor. Esto influye en la selección de los tratamientos de: (P + V) y (P + O + V), ya que las tortugas en estado natural prefieren plantas portadoras de altos niveles de líquidos; y tanto la Verdolaga como el Otoy contienen un mayor porcentaje de humedad, a diferencia del Porotillo que tiene un menor porcentaje de humedad. Finalmente, se puede decir que esta es la razón por la cual las combinaciones fueron los mejores tratamientos en cuanto al desarrollo de las medidas morfométricas de largo curvo (cm), ancho curvo (cm), largo plastro (cm) y peso (g) para ambas especies.

Cuadro 6. Análisis de varianza de una vía (ANDEVA) para medidas morfométricas (cm) y pesos (g) de *C. darwini*.

Variable dependiente	Significancia
Largo curvo (cm)	.004
Ancho curvo (cm)	<.001*
Largo plastro (cm)	.010
Peso (g)	<.001*

*Denota significancia estadística al 0.001 ($P < 0.05$).

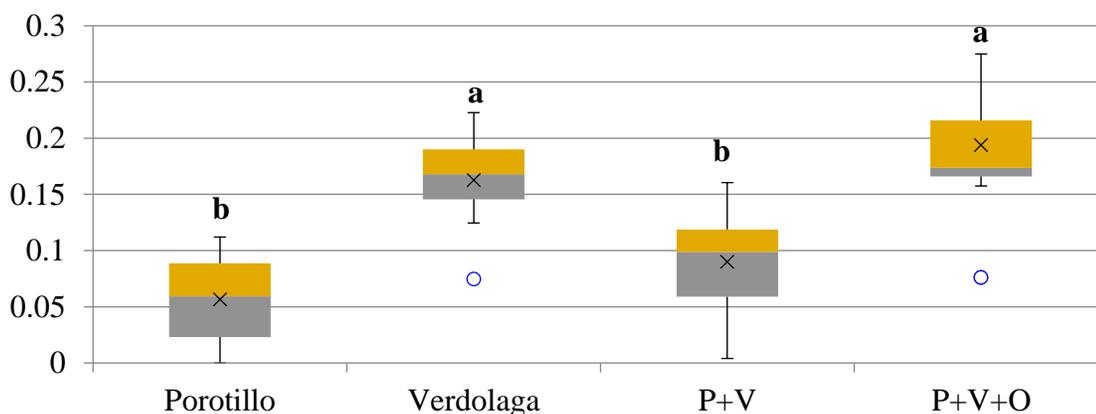


Figura 3. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable peso (g) - *C. darwini*.

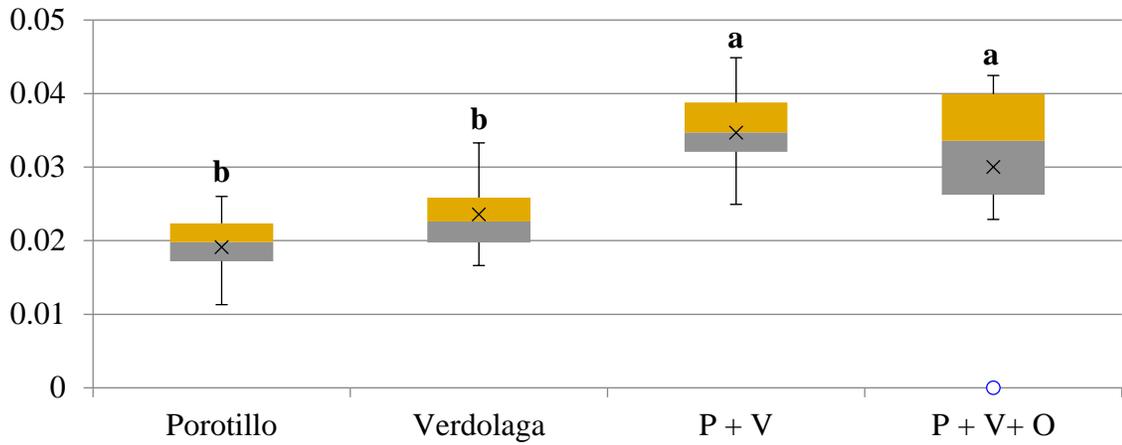


Figura 4. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo curvo (cm) - *C. darwini*.

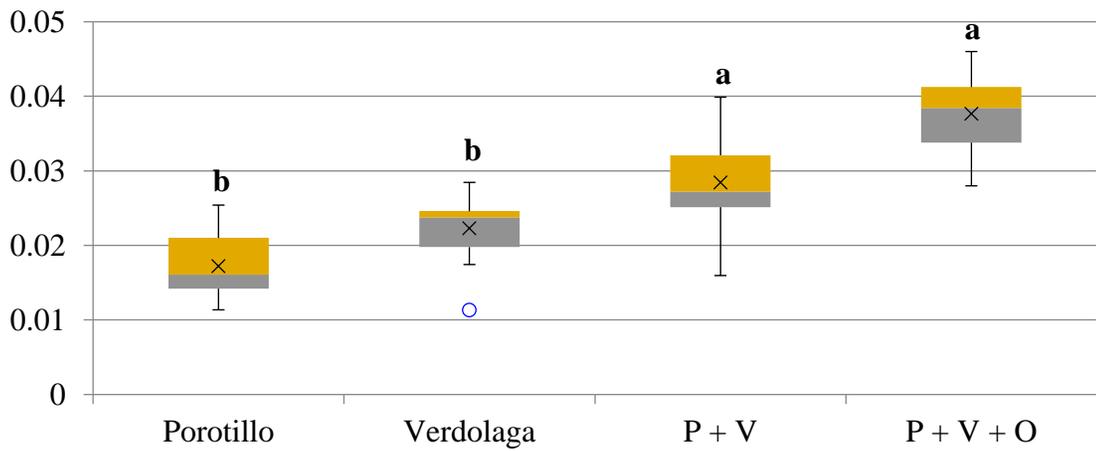


Figura 5. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable ancho curvo (cm) - *C. darwini*.

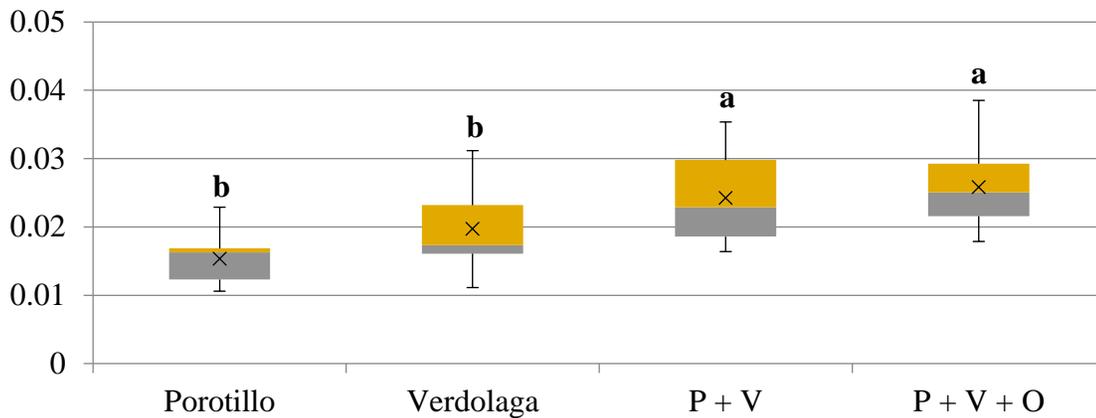


Figura 6. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - *C. darwini*.

Cuadro 7. Análisis de varianza de una vía (ANDEVA) para medidas morfométricas (cm) y pesos (g) con juveniles de *C. donfaustoi*.

Variable dependiente	Significancia
Largo curvo (cm)	.020
Ancho curvo (cm)	.003
Largo plastro (cm)	.014
Peso (g)	<.001*

*Denota significancia al 0.001 ($P < 0.05$).

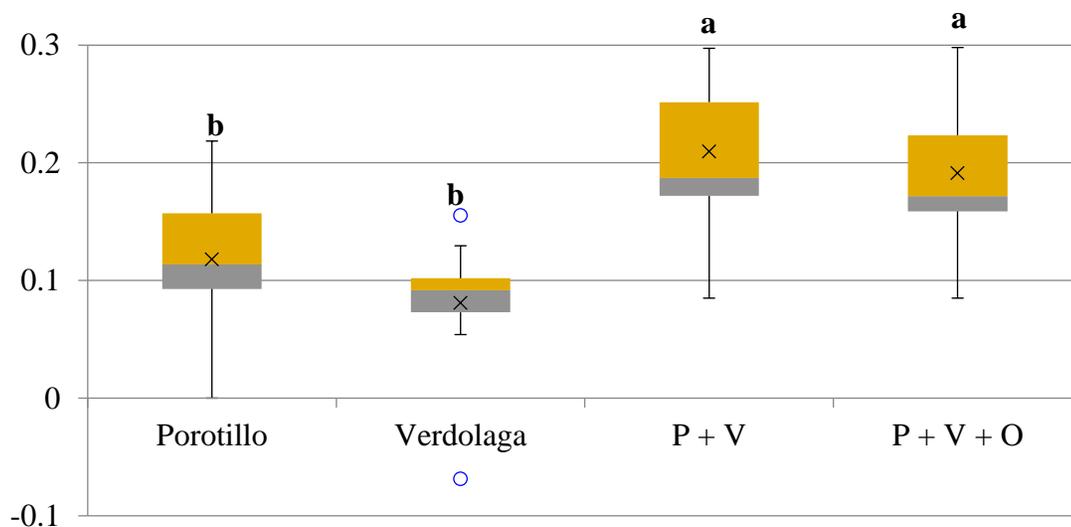


Figura 7. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable peso (g) - *C. donfaustoi*.

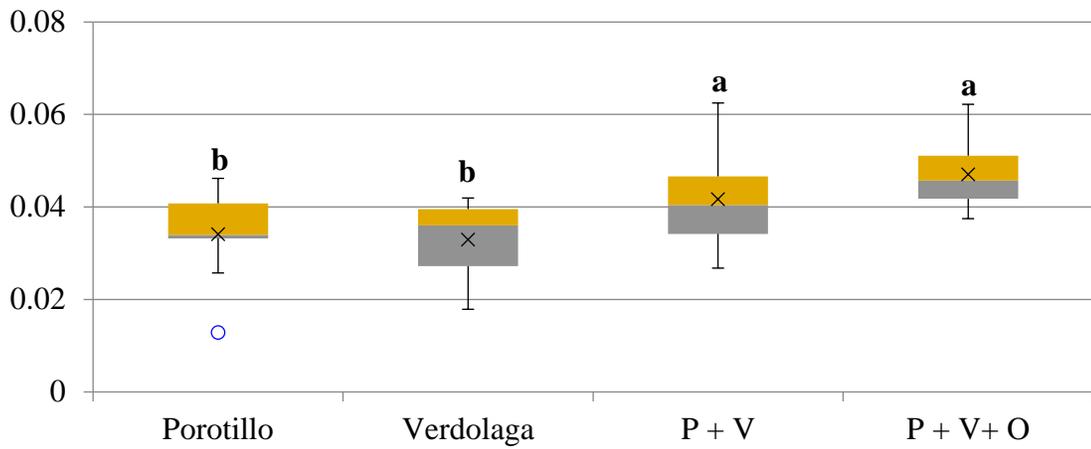


Figura 8. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - *C. donfaustoi*.

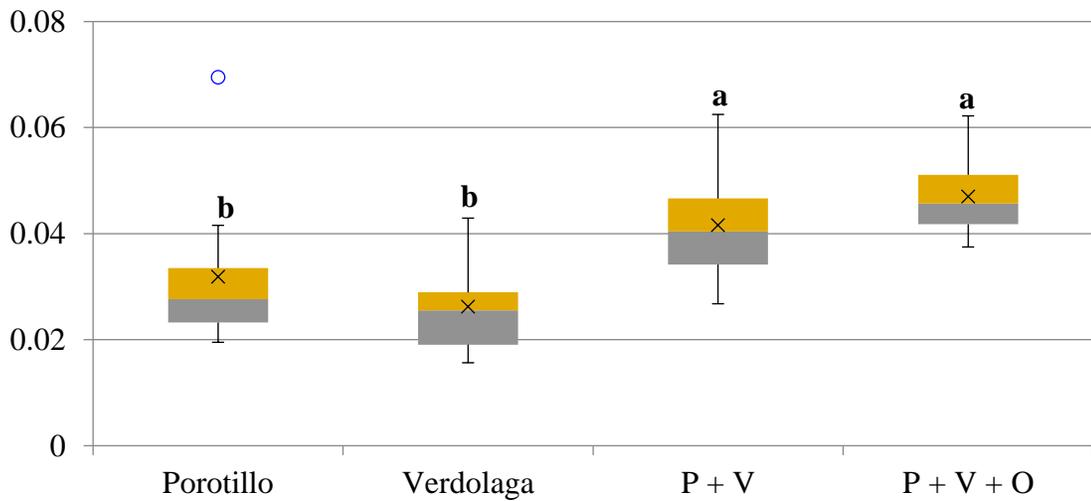


Figura 9. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable ancho curvo (cm) - *C. donfaustoi*.

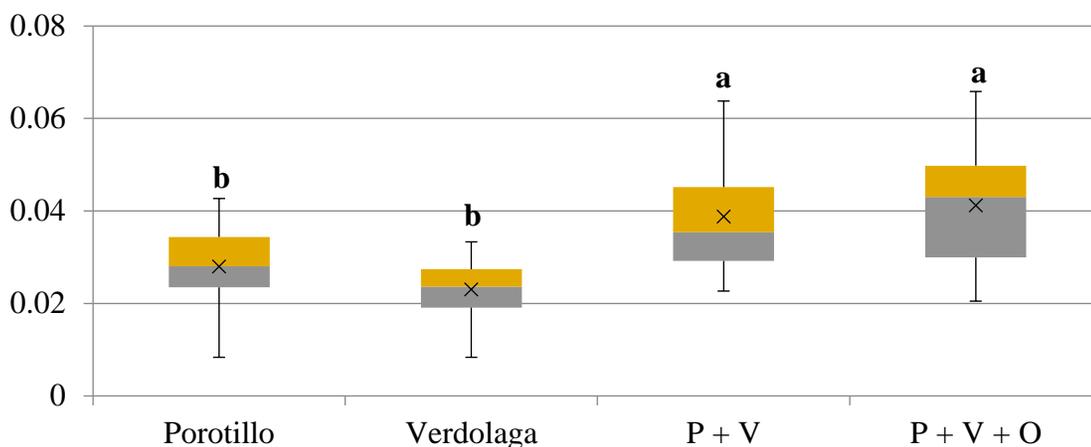


Figura 10. Gráfico de cajas de los tratamientos para la variable largo plastro (cm) - *C. donfaustoi*.

Preferencia de consumo.

La mezcla de Porotillo + Verdolaga (tratamiento P+V) mostró tanto para *C. darwini* y *C. donfaustoi* una mayor preferencia hacia la Verdolaga (Cuadro 8), debido a que es más fácil de ingerir ya que es una hoja pequeña, suave y con mayor contenido de humedad (Amirul, Abdul, Mohd, Azizah, y Abdul, 2014); en comparación al Porotillo que presenta una hoja ancha, dura y con un menor contenido de humedad (Lóve, 1970) (Cuadro 5). Por otra parte, la mezcla de Porotillo + Verdolaga + Otoy (tratamiento P+V+O) presentó para ambas especies una mayor preferencia hacia el Otoy (Cuadro 9); ya a que en su composición química contiene mayor porcentaje de humedad que la Verdolaga (Cuadro 5); lo que se traduce como un mayor agrado, debido a su jugosidad, generando una preferencia de consumo. Posiblemente, estos resultados estén asociados a la palatabilidad, que junto a consecuencias post-ingestivas determinan la mejor asociación del sentido del gusto y estimulación causada por un alimento (Villalba, 2009).

Cuadro 8. Preferencia de consumo tratamiento P + V para juveniles de *C. donfaustoi* y *C. darwini*.

Categoría	Número	Probabilidad de prueba	Significancia exacta (bilateral)
Verdolaga	8 8	.50	.008

Cuadro 9. Presencia de consumo tratamiento P + V + O para juveniles de *C. donfaustoi* y *C. darwini*.

Categoría	Número	Probabilidad de prueba	Significancia exacta (bilateral)
Otoy	8	.33	<.001

4. CONCLUSIONES

- Los análisis nutritivos de las plantas, presentaron que el Porotillo presenta el mayor contenido de proteína, sin embargo, este alimento tuvo poca aceptación por las tortugas debido a que es una planta con menos humedad y difícil de digerir.
- Diferentes dietas demostraron que el mejor crecimiento se da con una dieta combinada.
- Se determinó que la alimentación a base de Otoy presentó mayor preferencia de consumo debido a su jugosidad, seguidas por la Verdolaga y por último el Porotillo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis bioquímicos en sangre, ya que esto ayudará a conocer con mayor certeza la absorción y asimilación de cada dieta.
- Realizar análisis químicos de las heces fecales para poder entender mejor su metabolismo (digestibilidad *in vivo*).
- Tomar en cuenta para las preferencias de consumo, realizar varios tratamientos con y sin agua para observar si cambia la preferencia.
- Antes repatriar las tortugas a sus islas de orígenes, empezar a alimentarlas con dietas existentes en cada una de ellas.
- Realizar un estudio observacional en campo para saber que come cada especie de tortuga en su hábitat.

6. LITERATURA CITADA

- Amirul, A., Abdul, S., Mohd, R., Azizah, A., y Abdul, H. (2014). Morpho-physiological and mineral nutrient characterization of 45 collected Purslane (*Portulaca oleracea L.*) accessions. Putrajaya: University Putra Malaysia.
- Barry, J. (2015). *New giant tortoise species named*. California: Galapagos news.
- Blake, S., Yackulic, S., Wikelski, M., Tapia, W., Gibbs, J., Deem, S., Cabrera, F. (2015). La migración de las tortugas gigantes de Galápagos requiere de esfuerzo de conservación a escala de paisajes. Puerto Ayora, Galápagos: Dirección Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, Galápagos Conservancy.
- Correa, J., Iral, R., y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Medellín: Universidad nacional de Colombia, Escuela de estadística.
- Danulat, E., y Edgar, G. (2002). Reserva marina de Galápagos: línea base de la biodiversidad. California: Universidad de California.
- Daza, E., y Pérez, R. (2011). Termorregulación de lagartos en la formación de profesores de ciencias naturales y educación ambiental. Málaga Santaner, Colombia: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
- De Souza, R., y Ladín, M. (2006). Animal production and animal science worldwide. Wageningen Academic.
- Díaz, C. (2014). Diseño y evaluación de protocolos para el manejo y disposición de tortugas continentales en Colombia post-decomiso. Bogota D.C: Programa de medicina veterinaria, Universidad de la Salle.
- Facultad de Ciencias Biologicas. (2012). Tortugas terrestres y de agua dulce de Colombia y manejo de los decomisos. Bogotá: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- La Nación. (2015). Descubren una nueva especie de tortuga gigante en Galápagos. *La Nación* (Ciencia).Paginas 11-14.
- Lóve, Á. (1970). Método de evaluación rápida de invasividad para especies exóticas en México. D.F México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mader, D. (2002). Reptile medicine and surgery (Vol. 2). Florida: Saunders. Paginas: 51-57.
- Magaña, E. (2014). Determinación del valor nutricional del floc en el camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* y el camarón rojo del caribe *Farfantepenaeus brasiliensis*. D.F México: Universidad Autónoma de México.
- Mcarthur, S., Wolkinson, R., y Meyer, J. (2004). Medicine and surgery of tortoises and turtles (Vol. 1). Denmark: Blackwell. Paginas: 73-80.
- Milián, M., Xonia, X., Roman, M., Gonzalez, C., Sanchez, I., Nadal, M., Guerra, D. (2012). Caracterización de la variabilidad del género *Xanthosoma* en Cuba, con el uso de descriptores morfoagronómicos, citogenéticos e isoenzimáticos. Santa Domingo: Instituto de investigaciones en viandas tropicales.
- Parque Nacional Galápagos. (29 de Junio de 2009). www.galapagospark.org. Obtenido de Reproducción, crianza, repatriación y monitoreo de tortugas terrestres: http://galapagospark.org/nophprg.php?page=parque_nacional_nativas_endemicas_tortugasysset_lang=es
- Parque Nacional Galápagos. (1 de Febrero de 2012). www.galapagospark.org. Obtenido de Centro de Crianza "Arnoldo Tupiza" Isla San Cristobal, Galápagos. http://www.galapagospark.org/sitiosdevisita/centro_crianza_arnoldo_tupiza.html
- Perez, J., y Alegría, J. (2009). Evaluación morfométrica y dimorfismo sexual intrapoblacional de *Rhinoclemmys nasuta* en una zona insular continental del pacífico colombiano. Cali: Departamento de biología, universidad del valle. Cali. Colombia.
- Poulakakis, N., Edwards, D., Chiari, Y., Garrick, R., Rusello, M., Benavides, E., Caccone, A. (2015). Description of a new galapagos giant tortoise species (*Chelonoidis*; *Testudines: Testudinidae*) from Cerro Fatal on Santa Cruz island. San Francisco: PLOS one.
- Senneke, D. (2004). Nutrient analysis of replacement turtle and tortoise foods. World chelonian trust.
- Tapia, L. (2016). Plan de manejo de áreas protegidas de Galápagos para el buen vivir. Santa Cruz: Parque Nacional Galápagos.
- Toledo, R. (2011). Prueba de normalidad. Huaraz: Universidad nacional Santiago Antunez De Mayolo.
- Villalba, J. (2009). Explicación funcional de la palatabilidad en herbívoros. Mecanismos de retroalimentación postingestiva: aversiones a toxinas y preferencias por nutrientes. Evidencia, fisiológica y de comportamiento. Utah: Utah State University.

Vivanco, L., Marquez, C., Oftedal, O., y Cayot, L. (1996). Dieta experimental con tortugas gigantes de la isla Española (*Geochelone elephantopus hoodensis*) en el centro de crianza. Puerto Ayora, Galápagos: Zoologico nacional de Washington.

Vivanco, L., Marquez, C., Oftedal, O., y Cayot, L. (1996). Dieta experimental con tortugas gigantes juveniles de la isla Española (*Geochelone elephantopus hoodensis*) en el Centro de Crianza. Santa Cruz, Galápagos: Parque Nacional Galápagos.

7. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Shapiro-Wilk para *Chelonoidis darwini*.

	Tratamiento	Estadístico	Grados libertad	Significancia
Largo curvo(cm)	P	.894	10	.188
	V	.972	10	.905
	P + V	.849	8	.092
	P + V + O	.932	8	.534
Ancho curvo(cm)	P	.931	10	.188
	V	.878	10	.905
	P + V	.943	8	.092
	P + V + O	.915	8	.534
Largo plastro(cm)	P	.952	10	.696
	V	.927	10	.416
	P + V	.982	8	.971
	P + V + O	.948	8	.695
Peso(g)	P	.930	10	.448
	V	.918	10	.343
	P + V	.956	8	.768
	P + V + O	.978	8	.953

Anexo 2. Prueba de Shapiro-Wilk para *Chelonoidis donfaustoi*.

	Tratamiento	Estadístico	Grados libertad	Significancia
Largo curvo(cm)	P	.978	10	.951
	V	.908	10	.266
	P + V	.952	8	.735
	P + V + O	.921	8	.436
Ancho curvo(cm)	P	.983	10	.979
	V	.918	10	.339
	P + V	.939	8	.597
	P + V + O	.935	8	.559
Largo plastro(cm)	P	.976	10	.940
	V	.954	10	.718

	P + V	.950	8	.706
	P + V + O	.900	8	.288
	P	.935	10	.497
	V	.915	10	.314
Peso(g)	P + V	.942	8	.633
	P + V + O	.949	8	.705

Anexo 3. Prueba de Levene para *Chelonoidis darwini*.

	Estadístico Levene	Grados libertad 1	Grados libertad 2	Significancia
	2.193	3	32	.108
Largo	1.900	3	32	.149
curvo(cm)	1.900	3	25.705	.155
	2.124	3	32	.117
	2.142	3	32	.114
Ancho	1.516	3	32	.229
curvo(cm)	1.516	3	28.490	.232
	2.108	3	32	.119
	.489	3	32	.693
Largo	.451	3	32	.718
plastro(cm)	.451	3	30.903	.718
	.488	3	32	.693
	1.432	3	32	.252
Peso(g)	1.307	3	32	.289
	1.307	3	28.955	.291
	1.426	3	32	.253

Anexo 4. Prueba de Levene para *Chelonoidis donfaustoi*.

	Estadístico Levene	Grados libertad 1	Grados libertad 2	Significancia
	.238	3	32	.869
Largo	.167	3	32	.918
curvo(cm)	.167	3	29.007	.918
	.239	3	32	.868
	.485	3	32	.695
Ancho	.479	3	32	.699
curvo(cm)	.479	3	28.183	.699
	.483	3	32	.696

	.219	3	32	.883
Largo	.132	3	32	.940
plastro(cm)	.132	3	28.457	.940
	.226	3	32	.877
	.595	3	32	.623
Peso(g)	.323	3	32	.809
	.323	3	24.671	.809
	.552	3	32	.650

Anexo 5. Post-hoc DUNCAN - *C. darwini*.

Peso (g)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Porotillo	10	-1.97	
P+V	8	1.38	
Verdolag a	10		8.66
P+V+O	8		11.78
Sig.		.118	.143

Anexo 6. Post-hoc DUNCAN - *C. darwini*.

Largo_curvo (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Porotillo	10	1.90		
Verdolag a	10	2.30	2.30	
P+V+O	8		2.88	2.88
P+V	8			3.38
Sig.		.314	.151	.210

Anexo 7. Post-hoc DUNCAN - *C. darwini*.

Ancho_curvo (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Porotillo	10	1.70		
Verdolag a	10	2.10		
P+V	8		3.00	
P+V+O	8			3.75
Sig.		.219	1.000	1.000

Anexo 8. Post-hoc DUNCAN - *C. darwini*.

Largo_plastro (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Porotillo	10	1.60	
Verdolag a	10	2.00	2.00
P+V	8		2.50
P+V+O	8		2.63
Sig.		.216	.070

Anexo 9. Post-hoc DUNCA - *C. donfaustoi*.

Peso (g)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Verdolag a	10	-.50	
Porotillo	10	3.30	
P+V+O	8		10.38
P+V	8		12.50
Sig.		.191	.461

Anexo 10. Post-hoc DUNCAN - *C. donfaustoi*.

Largo_curvo (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Porotillo	10	3.30	
Verdolaga	10	3.40	
P+V	8	4.13	4.13
P+V+O	8		4.63
Sig.		.094	.278

Anexo 11. Post-hoc DUNCAN - *C. donfaustoi*.

Ancho_curvo (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Verdolaga	10	2.70		
Porotillo	10	3.20	3.20	
P+V	8		4.13	4.13
P+V+O	8			4.63
Sig.		.343	.085	.343

Anexo 12. Post-hoc DUNCAN - *C. donfaustoi*.

Largo_plastro (cm)

Dietas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Verdolaga	10	2.30	
Porotillo	10	2.90	2.90
P+V	8		3.75
P+V+O	8		4.13
Sig.		.306	.052

