

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Condición física de los Piqueros de Nazca (*Sula granti*)
durante el período de anidación
Proyecto de investigación**

Katherine Alejandra Jaramillo Armijo

Biología

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Licenciada en Biología

Quito, 12 de mayo de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AMBIENTALES

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Condición física de los Piqueros de Nazca (*Sula granti*) durante el período
de anidación**

Katherine Alejandra Jaramillo Armijo

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Carlos Valle, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 12 de mayo de 2017

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Katherine Alejandra Jaramillo Armijo

Código: 00111720

Cédula de Identidad: 1718324088

Lugar y fecha: Quito, 12 de mayo de 2017

DEDICATORIA

A Amy

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ministerio del Ambiente de Portoviejo y al Parque Nacional Machalilla por ayudarnos a obtener el permiso de investigación No 002 EPR-DPAM-MAE en la Isla de la Plata. A mi director de tesis Carlos Valle, por permitirme trabajar con él. Por su paciencia y por enseñarme a que puedo ser mejor. A mis compañeros de tesis Alberto Puertas y María José Gavilanes por trabajar conmigo durante este año. A Andrea Vega, Stalin Baldeón, MaVirginia Gabela y Nicolás Dávalos por colaborar conmigo en el campo en la recolección de datos. Un agradecimiento especial a Mateo Dávila por su ayuda constante en el campo, pero también por ser mi apoyo a lo largo de este proceso. A Galo Echeverría por asistirnos en la logística y por su acogida durante mi estadía en Puerto López. A mis padres por apoyarme durante toda la carrera y en esta investigación. A mis amigos por caminar conmigo en las sendas de la Biología. Gracias a Gunter Reck por permitirme trabajar con él y apoyarme en este proceso de tesis.

Gracias a la Isla por su magia, a la vida, al infinito mar...

RESUMEN

Las aves marinas experimentan un notable cambio en su condición física (i.e., fluctuaciones en su peso) como consecuencia del alta demanda energética de la reproducción tanto en la incubación, pero particularmente durante la crianza de los polluelos. Tales cambios con frecuencia podrían ser exacerbados por las fluctuaciones en factores ambientales. En particular las alteraciones oceanográficas y las anómalas condiciones de El Niño que inciden en la disponibilidad de recursos y el éxito reproductivo. En este estudio investigamos si la variación de la condición física de *Sula granti* está vinculada con el el progreso del reproductivo o con factores como el nivel del dimorfismo sexual de la pareja y otras características de cada uno de los miembros de la pareja. De igual se evaluó el posible efecto de las alteraciones oceanográficas asociadas con El Niño 2016. Se encontraron cambios significativos únicamente en el peso de los machos. El cambio en la condición física fue independiente para cada miembro de la pareja. No hubo efecto de la temporalidad del inicio del ciclo ni relación del fenómeno del Niño en la condición física de los padres.

Palabras clave: Cuidado biparental, dimorfismo sexual, condición física, alteraciones oceanográficas

ABSTRACT

Seabirds undergo a notable change in their physical condition (i.e., fluctuations in their weight) as a consequence of the high energetic demand for reproduction both in hatching but particularly during brood rearing. Such changes could often be exacerbated by fluctuations in environmental factors. In particular, the oceanographic alterations and the anomalous El Niño conditions that affect the availability of resources and reproductive success. In this study, we investigated whether the variation of the physical condition of *Sula granti* is related to the progress of the reproductive or with factors such as the level of the sexual dimorphism of the couple and other characteristics of each of the members of the pair. Likewise, the possible effect of the oceanographic alterations associated with El Niño 2016 was evaluated. Significant changes were found only in the weight of the males. The change in fitness was independent for each partner. There was no effect of the temporality of the beginning of the cycle nor the relation of the phenomenon of the Child in the physical condition of the parents.

Keywords: Biparental care, sexual dimorphism, physical condition, oceanographic alterations.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN10

METODOLOGÍA17

022118 \

h 17

RESULTADOS.....21

022123 \

h 21

DISCUSIÓN27

022124 \

h 27

CONCLUSIONES30

022125 \

h 30

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS31

022126 \

h 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Isla de la Plata: Senderos y área de estudio.....18

F _Toc4

8225296

8 \h 18

Figura 2. Correlación entre fecha juliana de inicio de ciclo y (a) Δ BMI machos,
(b) Δ BMI hembras.....22

F _Toc4

8225296

9 \h 22

Figura 3. Relación entre la variación de la condición física entre el macho y la
hembra madre de miembros de la pareja..23

F _Toc4

8225297

0 \h 23

Figura 4. Correlación entre el logaritmo del peso de los padres y (a) tiempo transcurrido desde puesta de huevo. Correlación entre el logaritmo del peso de los padres y (b) logaritmo del peso del polluelo.24

F_Toc4

8225297

1 \h 24

Figura 5. Índices trimestrales de El Niño en el 2016 vs. (a) Δ BMI machos; (b) Δ BMI hembras25

F_Toc4

8225297

2 \h 25

Figura 6. Curva de crecimiento de polluelos de *Sula granti* a lo largo del periodo de anidación en la Isla de la Plata 2016 sobrepuesta sobre la figura de

crecimiento de Nelson, 1978.....26

F_Toc4

8225297

3 \h 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. ANOVA de una vía para el análisis entre los trimestres de El Niño en el 2016 y la condición de los padres a lo largo del periodo de anidación.	25
--	----

F_Toc4

8225334

2 \h 25

INTRODUCCIÓN

En el ciclo vital de las aves marinas, la reproducción y la muda son procesos altamente demandantes en términos energéticos (Apanius et al., 2008). La muda se suspende durante la temporada de reproducción y se reanuda durante las últimas etapas de alimentación del juvenil. Son procesos que se excluyen en alto grado sobre todo en Pelecaniformes (Reville et al, 1990; Nelson, 1978). El piquero de Nazca, *Sula granti*, es un ave marina de alimentación semi pelágica cuyo tamaño de la nidada se presume está relacionado en cierto grado por las demandas energéticas o la cantidad de alimento que los padres pueden proporcionar a los polluelos (Maness et al.,2007). La inversión energética por parte de los padres es tan alta que inclusive se producen cambios en sus tasas metabólicas lo que a su vez produce que tanto la hembra como el macho pierdan masa corporal y se dé una disminución en el mantenimiento de su sistema inmunológico Se ha determinado que en Galápagos *Sula granti*, tanto la hembra como el macho pierden del 7 al 11% de su peso a lo largo del periodo de cuidado parental con diferencias interindividuales en la masa corporal específica del sexo (Maness y Anderson 2007).

La condición física de los padres está vinculada con la provisión de alimento a los polluelos, donde las demandas energéticas incrementan a medida que el polluelo crece. Esto conduce a la disminución del peso y condición física de los padres (Nelson, 1978). Aquellos padres que se ven más estresados que el resto de la colonia tienden a proveer menos alimento a sus polluelos y a invertir menos en el esfuerzo de forrajeo por lo que se produce una extensión subsecuente del periodo de anidación. Esto genera una conexión entre la habilidad de forrajeo, masa corporal de los padres y la duración del periodo de

anidación (Apanius et al. 2008). La destreza en el forrajeo suele estar vinculada con la edad y experiencia de los padres, pero además verse influenciada por el dimorfismo sexual (García & López-Victoria, 2007). Además de estos factores, hay cambios que se pueden dar por las condiciones marinas. La disponibilidad de recursos que suplen esta energía se ve afectada por factores ambientales. El medio cambiante va a incrementar o disminuir el estrés energético que provoca esta reproducción. Las aves marinas en su hábitat natural están expuestas a fluctuaciones constantes por lo que poseen un patrón temporal no uniforme de exigencias energéticas. Son sensibles a variaciones en las condiciones físico-químicas y biológicas del océano. La supervivencia y éxito reproductivo se fundamentan en la regulación eficiente que les permitirá ajustar sus funciones fisiológicas a periodos óptimos. Por esta razón la reproducción y sus ciclos tienden a ajustarse para asegurar el éxito reproductivo y así coincidir con los periodos en los cuales la disponibilidad de alimento es mayor (Rodríguez y Troncoso 2006, Williams 1995). Sin embargo, este fenómeno puede variar entre colonias de anidación como en una misma colonia en años consecutivos, ya sea por factores intrínsecos como extrínsecos (Apanius et al. 2008). Cuando el estrés es alto y las condiciones son malas, los padres optan por la opción de abastecer primeramente sus necesidades y los polluelos mueren por inanición. Esto está relacionado con las expectativas de vida porque son aves longevas que tienen más oportunidad de reproducirse y anidar en próximas ocasiones (Apanius et al., 2008).

El movimiento de corrientes marinas causa variaciones climáticas y meteorológicas. Alteraciones oceanográficas asociadas a El Niño de efecto local genera una menor disponibilidad de alimento para las aves marinas ya que los bancos de peces desaparecen de la superficie marina (Crawford et al. 2006). En estos casos los piqueros tienden a cambiar su dieta, abandonar la crianza polluelos o incubación o se dispersarse

hacia el sur o norte en busca de sustento. La principal fuente de alimento la constituyen sardinas (*Clupeidae*), peces voladores (*Exocoetidae*) y anchovetas (*Engraulidae*) (Takasuka et al. 2007). Factores que también reportan como influyentes son la sobrepesca, contaminación con plástico y restos de artes de pesca (Hurtado et al., 2010) además de alteraciones en las condiciones oceánicas derivadas del cambio climático (Crawford et al. 2006). En general *Sula granti* se encuentra expuesto a perturbaciones frecuentes y recurrentes (Ainley y Divoky 2001) lo cual incide en su actividad de reproducción, éxito reproductivo y la condición física, especialmente de aquellas que se encuentran anidando.

El objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto de la reproducción en la condición física de los padres conforme progresa el ciclo reproductivo. Además, se buscó determinar la relación en el cambio de condición física entre miembros de la nidada e identificar la relación entre las condiciones oceanográficas locales (El Niño pronosticado para el 2016) y la condición física de los padres. El desarrollo de este estudio es importante pues la inversión energética de los padres a lo largo del periodo de anidación es un factor determinante de la supervivencia y éxito de los individuos. De esta manera se establecen relaciones entre el gasto energético de los padres y el desarrollo de los polluelos. Los resultados obtenidos incrementan la información de la ecología reproductiva de *Sula granti* en la Isla de la Plata, lugar donde no se han realizado estudios tan amplios como en las islas Galápagos a más de censos.

MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la isla de La Plata (01° 16'S 81° 03'W) la cual se encuentra aproximadamente a 30 km de las costas de la provincia de Manabí, Ecuador y posee un área de 14,2 km², donde su punto más alto alcanza los 167 m sobre el nivel del mar. La vegetación de la Isla se caracteriza por ser xerofítica y se compone de alrededor de 100 especies pertenecientes al Matorral Seco (Cerón y Montalvo, 1998). La Isla de la Plata es un sitio de importancia para las aves marinas. El Piquero de Nazca (*Sula granti*), de Patas Azules (*S. nebouxii*), de Patas Rojas (*S. sula*), la Fragata Magnífica (*Fregata magnificens*), el Albatros de Galápagos (*Phoebastria irrorata*) y el Pájaro Tropical (*Phaethon aethereus*) son especies de aves marinas coloniales que habitan, se reproducen y alimentan en los alrededores de la Isla (Miranda, 2011).

La Isla de la Plata forma parte del Parque Nacional Machalilla (PNM) y pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Figura 1). Debido a que la mayor parte de las costas están formadas en por acantilados, la playa de Bahía Drake es el único punto de acceso (Cisneros, 2005). En esta misma bahía se encuentra el control de ingreso de visitantes y la vivienda de guardaparques e investigadores. A partir de este punto se llega al ingreso general del cual parten los senderos Punta Machete, Los Acantilados, Fragatas y Piqueros Patas Rojas, el cual esta anexado al sendero Piqueros de Nazca. El primero y último sendero se encuentran actualmente cerrados, sin embargo, para llevar a cabo esta investigación se ingresó por el sendero Piqueros de Nazca en Punta Escalera.



Figura 1. Isla de la Plata. Senderos y área de estudio

Selección de nidos

En la colonia de punta de escalera donde se llevó a cabo el estudio se delimitaron cuatro sectores (zonas) en cada una de las cuales se seleccionó un determinado número de nidos que fueron monitoreados entre marzo y agosto del 2016. Estas zonas fueron denominadas: Zona alta 1 (HI), Zona alta 2 (HII), Zona baja 1 (LI) y Zona baja (LII). El inicio del estudio coincidió con la época de cortejo por lo cual los nidos seleccionados en primera instancia incluían nidos en cortejo (C) o nido en construcción (NC). Se pospuso la medición y marcaje para aquellos nidos que estaban próximos a la puesta o en los cuales ya se encontraba un huevo. Esto limitó la selección de nidos debido a que en estos estadios no hay garantía de la continuidad del ciclo reproductivo, ya que las aves son sensibles a manipulación. Se realizó un historial por cada nido seleccionado.

Captura, medición y marcación de aves

Los piqueros fueron capturados directamente con la mano, ayudándose de un bastón y guantes de cuero. En un tiempo no mayor a 10 minutos se tomaron medidas morfométricas que incluyeron largo (BL), altura (BD) y ancho (BW) del pico, longitud del ala (WL) y peso (WT); la medida del tarso (TL) se realizó únicamente para polluelos. Las

mediciones del pico y tarso se realizaron mediante un calibrador electrónico, el largo del ala con un flexómetro y el peso con pesolas del calibre adecuado al peso de las aves. Se caracterizó el desarrollo del polluelo en seis estadios de edad: Naked (N), Downy (D), Fluffy (F), Winged (W), Juvenil 1 (J1) y Juvenil 2 (J2). El ciclo desde la eclosión hasta la independización tarda alrededor de 120 días, donde cada periodo sucede con una diferencia aproximada de un mes (Nelson 1978). Debido a que para el segundo y tercer mes de muestreo un alto porcentaje de nidos no fueron exitosos se aumentaron nidos aledaños en cada una de las zonas, llegando a un total de 100 nidos muestreados (30 en HI, 22 en HII, 28 en LI y 20 en LII). La ubicación de los nidos monitoreados fueron establecidas mediante GPS.

Para la marcación permanente se utilizaron anillos de aluminio numerados de tamaño 7B para machos y 8 para hembras. Los huevos fueron medidos cuidadosamente con un calibrador tomando en cuenta longitud (L) y ancho máximo (W). Fueron pesados con una pesola de 100g dentro de fundas ziploc. Esta información fue utilizada para la determinación de su volumen y densidad usando la fórmula descrita por Hoyt (1979).

Análisis de datos y estadística

Para determinar si el cambio de peso a lo largo del periodo de anidación fue significativo se utilizó una prueba t para muestras pareadas. Este análisis solamente incluyó nidos en el que los padres fueron pesados por segunda vez en un estadio avanzado del ciclo (cuando el polluelo se encontraba como Fluffy, winged o juvenile). Con la finalidad de establecer alguna relación potencial entre la variación de la condición física (Δ BMI) y la fecha juliana de iniciación del ciclo (puesta del huevo), se realizó una correlación de Pearson. La fecha juliana es el número de días transcurridos desde el primer día del año y permite detectar el efecto de la temporalidad. El Δ BMI (Body Mass Index)

fue calculado entre la diferencia de los pesos finales e iniciales dividido para la longitud del ala (WL, proxy del tamaño lineal) (Chastel et al., 1995).

Para explorar alguna posible relación en la variación en la condición física (Δ BMI) entre los miembros de la pareja se llevaron a o análisis de correlación de Pearson. La relación entre los días del ciclo de los polluelos desde la incubación y el peso de los padres; junto con el peso de los polluelos y el peso de los padres a lo largo del periodo anidación fue determinada mediante una correlación de Pearson. Se realizó una transformación logarítmica tanto del peso en gramos de los padres (hembra y macho) como el de los polluelos. El posible efecto de El Niño en la condición física de los padres, fue evaluado mediante un ANOVA de una vía usando los índices trimestrales reportados por la NOAA en el 2016. Mediante un diagrama de dispersión se estableció la curva de crecimiento de los polluelos a lo largo del periodo de anidación comparándola con la curva de Nelson 1978 para *Sula granti* en Galápagos.

RESULTADOS

En promedio el peso del padre disminuyó de manera significativa durante el periodo de anidación ($\bar{x}_i = 1908,75$ [s=214,634], $\bar{x}_f = 1755,89$ [s=113,75]) (t=3,594, gl=27, p=0,001), sin embargo y a pesar de esta tendencia el peso no varió en 7,14%, y se incrementó en el 14,28% de los nidos (28 nidos de los cuales se obtuvo el peso inicial y final). En el caso de la hembra no se encontró diferencias significativas ($\bar{x}_i = 2168,33$ [s=221,695], $\bar{x}_f = 2151,33$ [s=330,7,75]) (t=0,185, gl=14, p=0,856). El peso no varió en 13,33%, y se incrementó en el 40% de los nidos (15 nidos de los cuales se obtuvo el peso inicial y final).

El análisis de correlación entre el Δ BMI del padre y la madre, y las fechas julianas demostraron una correlación positiva (r=0,098, p=0,618) con presencia de valores atípicos; por lo tanto, no existe un efecto del periodo del ciclo sobre el índice de masa corporal. Sin embargo, en la Figura 2A se eliminó el valor atípico generando una correlación negativa (r= -0,199, p=0,320). El 67% de machos presentan un decrecimiento en su condición, en comparación a los que iniciaron antes el ciclo (10%). Se identifican casos en los cuales no se presentan cambios y un 14% donde la condición mejoró. En las hembras la variación del índice de masa corporal es homogénea. Existen valores extremos que indican tanto la pérdida como la ganancia de peso con respecto a las fechas de inicio del ciclo. En este caso se obtuvo una correlación positiva (r=0,330, p=0,229) (Figura 2B). El 40% mejoró su condición mientras que el 47% bajo. De la misma manera se pueden identificar casos en los cuales no se produjeron cambios (13%).

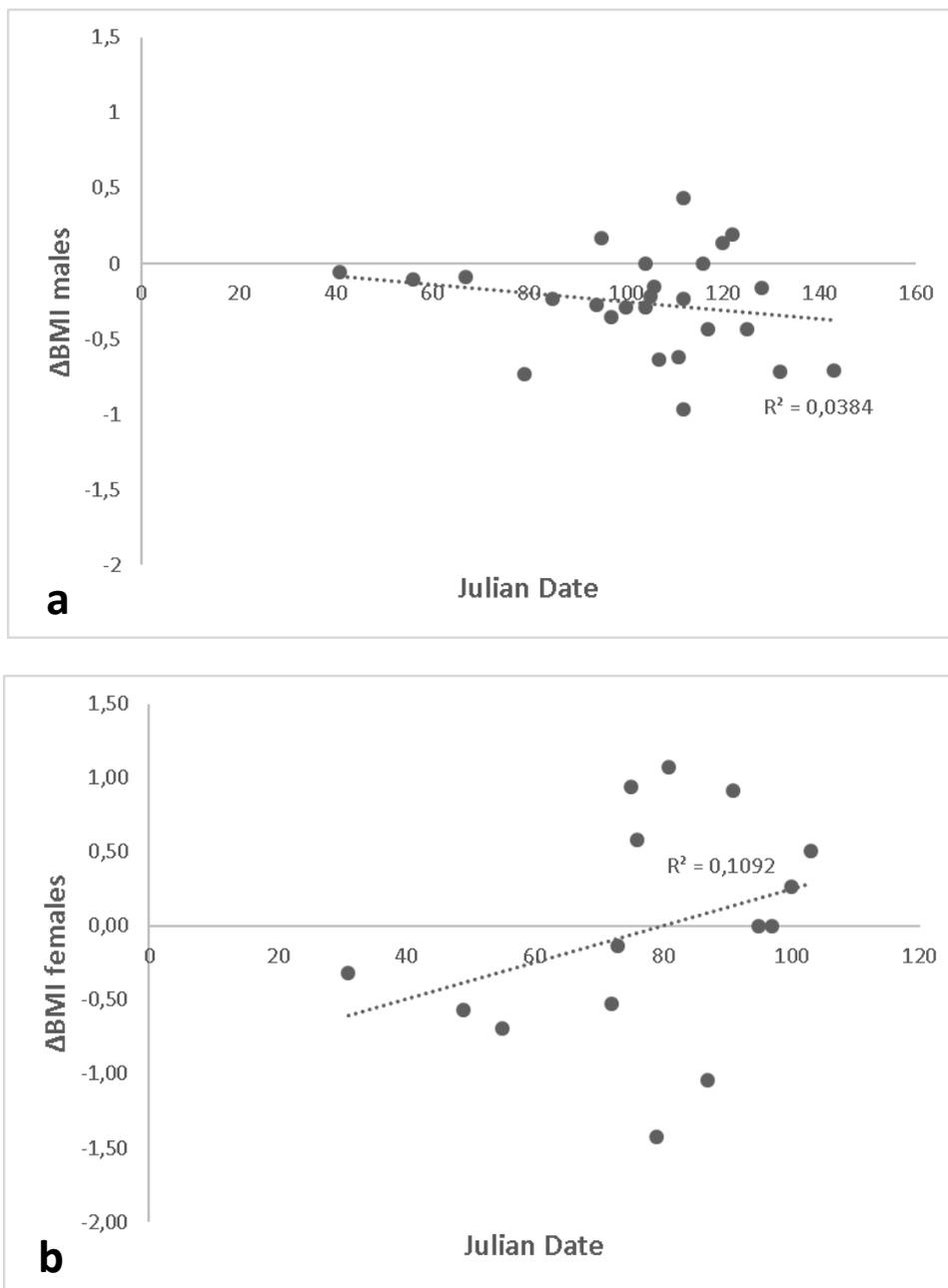


Figura 2. Correlación entre fecha juliana de inicio de ciclo y (a) Δ BMI machos, (b) Δ BMI hembras.

En el análisis de correlación entre el Δ W de machos y hembras, los datos en bruto indican una correlación positiva baja ($r=0,380$, $p=0,223$). Se eliminó el valor atípico de la correlación y el coeficiente de la misma aumentó ($r=0,426$, $p=0,192$) (Figura 3).

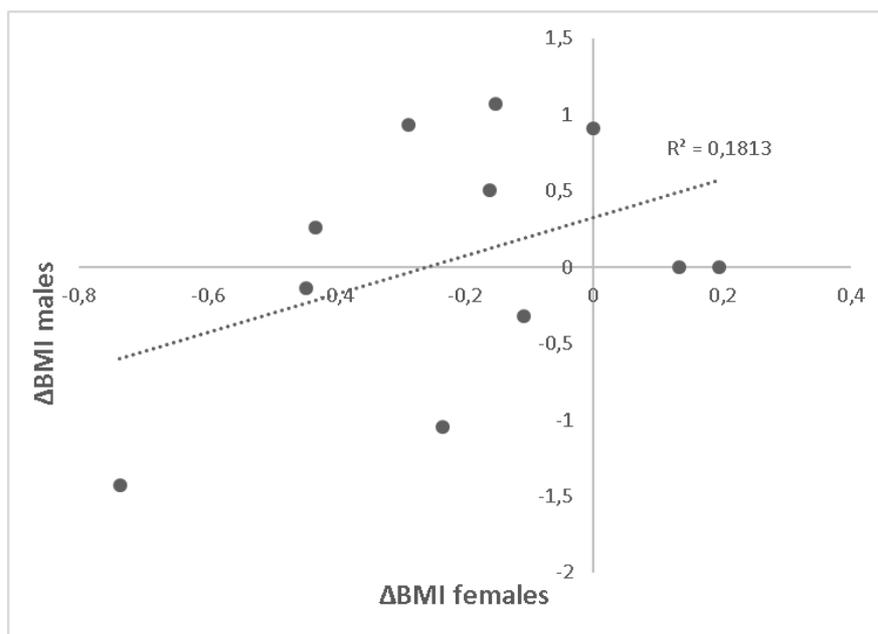


Figura 3. Relación entre la variación de la condición física del macho padre y la hembra madre de miembros de la pareja. La variación de la condición física se refiere a la diferencia de condición de cada individuo entre el inicio del ciclo (Cortejo o incubación temprana) y el final (con polluelo mayor a 60 días de edad) del ciclo.

El análisis de regresión y correlación entre el peso de las aves y el tiempo transcurrido desde el inicio del ciclo reproductivo fueron llevados a cabo por separado para cada uno de los sexos con la finalidad de corroborar la tendencia encontrada para cada uno de los sexos en cuanto a la diferencia de peso al inicio y final del ciclo reproductivo. Los resultados de estos análisis demostraron una correlación negativa entre el peso del macho y el progreso del ciclo reproductivo del polluelo ($r=-0,707$, $p<0,05$). En el caso de las hembras, los resultados demostraron una correlación negativa entre el peso de la hembra y el progreso del ciclo reproductivo del polluelo ($r=-0,487$, $p=0,01$) (Figura 4a). De igual manera se encontró una correlación negativa entre el peso del polluelo y el peso del padre macho ($r=-0,724$, $p<0,05$). Por su parte las hembras demuestran una correlación negativa entre el peso del polluelo y el peso de la madre hembra ($r=-0,332$, $p=0,105$) (Figura 4b).

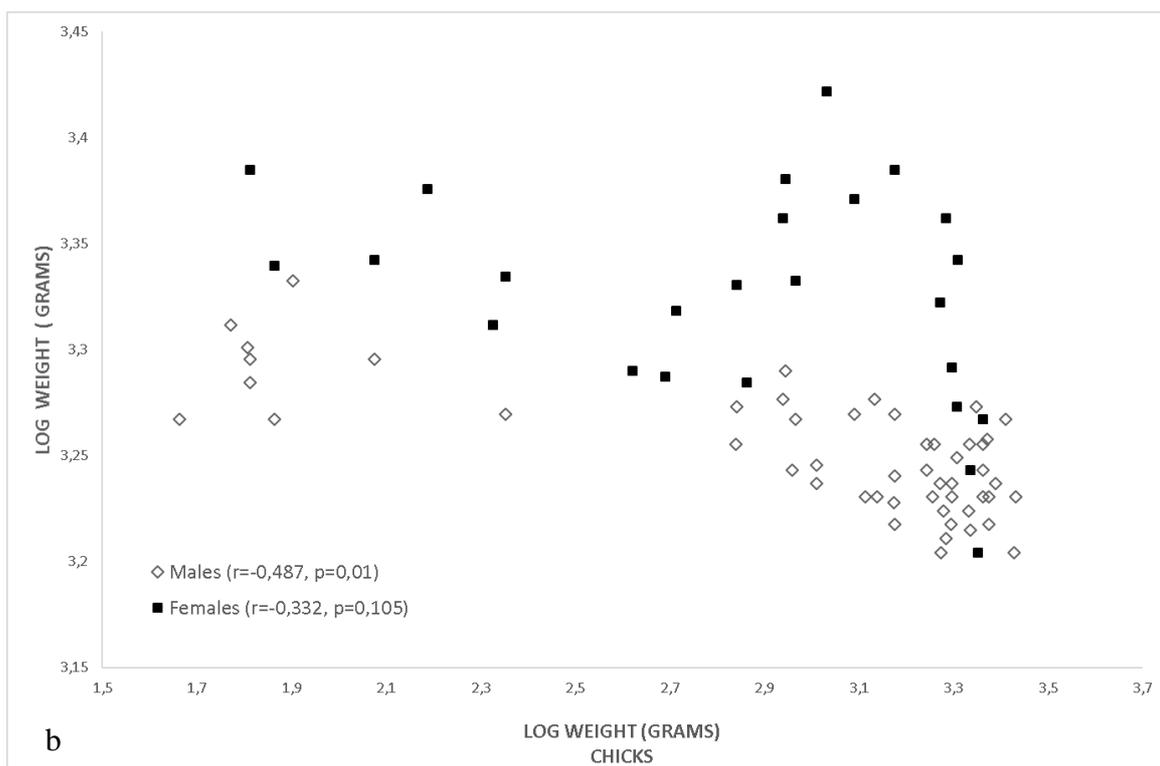
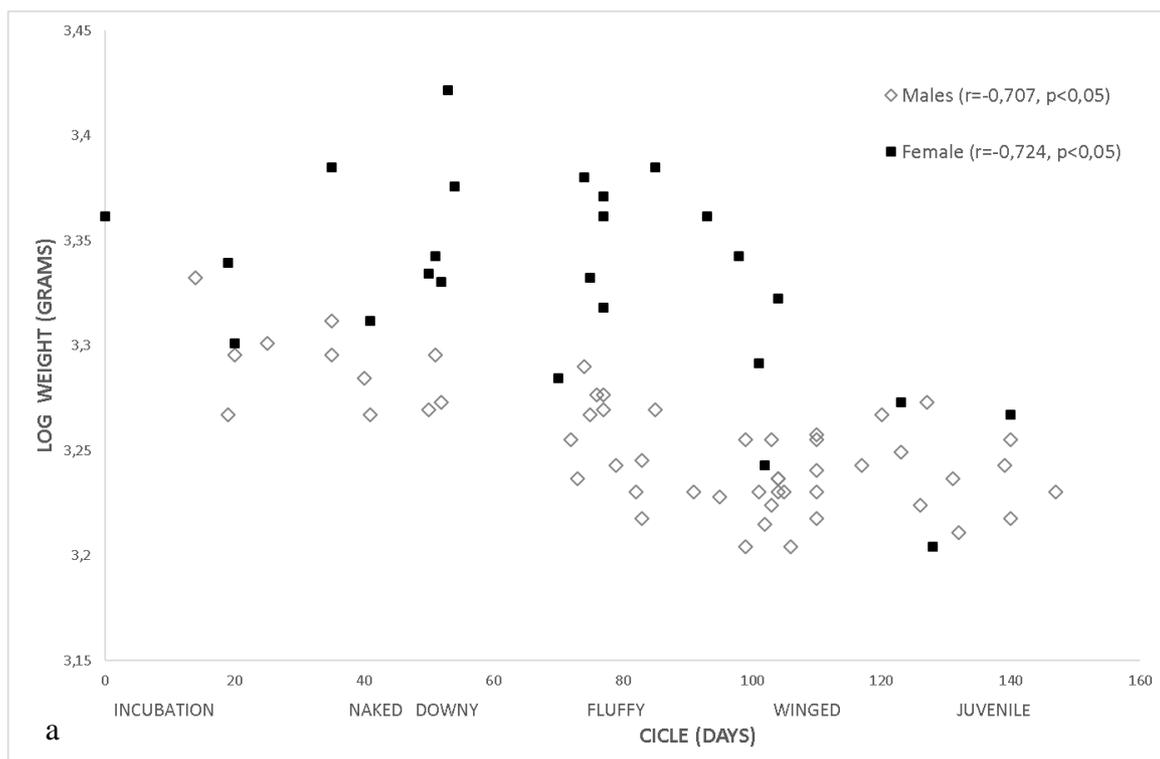


Figura 4. Correlación entre el logaritmo del peso de los padres y (a) tiempo transcurrido desde puesta de huevo. Correlación entre el logaritmo del peso de los padres y (b) logaritmo del peso del polluelo.

En el análisis de varianza de los trimestres de El Niño y la condición de los padres, la mayor cantidad de datos se acumulan en el trimestre de marzo, abril y mayo (MAM) cuando el índice es igual a 1,1. En los machos se determinó que no hay significancia ($F_{2,24}=1,182$, $p=0,324$) al igual que en el caso de las hembras ($F_{2,11}=0,762$, $p=0,490$) .

Tabla 1. ANOVA de una vía para el análisis entre los trimestres de El Niño en el 2016 y la condición de los padres a lo largo del periodo de anidación.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Machos	Residuales	0,247	2	0,124	1,182	0,324
	Dentro de grupos	2,512	24	0,105		
	Total	2,759	26			
Hembras	Residuales	0,951	2	0,476	0,762	0,490
	Dentro de grupos	6,864	11	0,624		
	Total	7,815	13			

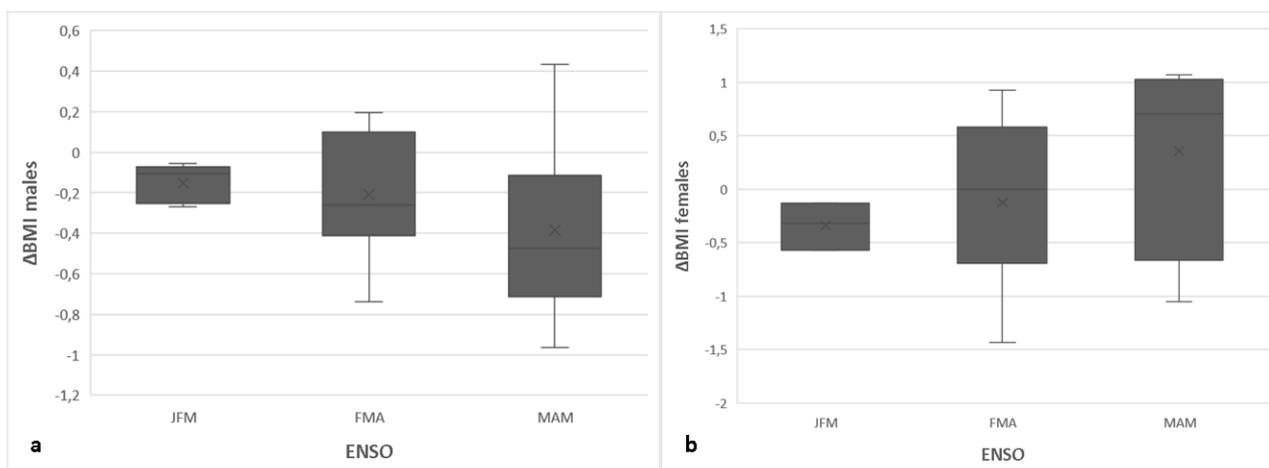


Figura 5. Índices trimestrales de El Niño en el 2016 según la NOAA vs. (a) Δ BMI machos; (b) Δ BMI hembras

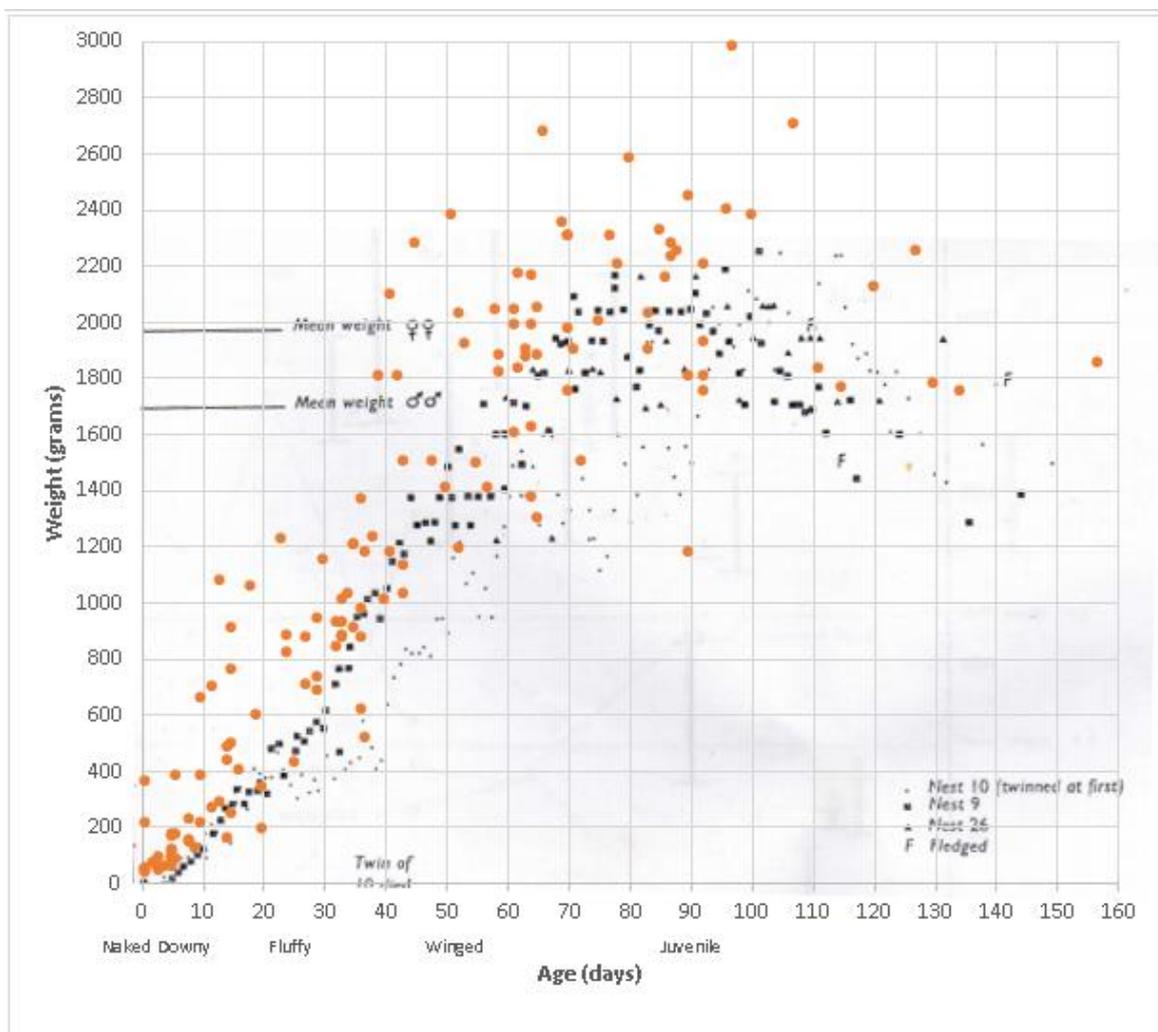


Figura 6. Curva de crecimiento de polluelos de *Sula granti* a lo largo del periodo de anidación en la Isla de la Plata 2016 (Puntos naranja). La información del 2016 fue sobrepuesta sobre la figura de crecimiento de los polluelos de *Sula granti* en Galápagos (Nelson, 1978).

DISCUSIÓN

A pesar de que el cuidado biparental supone una pérdida energética y por ende de peso en ambos sexos (Castillo y Mellink, 2011) la pérdida de peso significativa solo en machos puede ser explicada por las diferencias en la dieta entre los miembros de la pareja. Las hembras consumen más alimento en proporción a su peso a diferencia de los machos y tienen preferencia por presas de mayor tamaño según lo reportado en Malpelo (García y López-Victoria, 2008). Esto podría estar relacionado con el dimorfismo sexual exhibido por esta especie, tomando en cuenta variables como la eficiencia en el vuelo, la tasa y profundidad de los clavados, la distribución de las áreas de forrajeo y la frecuencia con la cual regresan a los sitios de anidación (Gilardi 1992, Lewis et al. 2005). A su vez podría resultar como una respuesta a la competencia intraespecífica por los recursos alimenticios (Apanius et al., 2008; García y López-Victoria, 2008). Sin embargo, no hay soporte para la hipótesis de que existan conflictos entre los dos, sino que puede haber influencia de las condiciones ambientales y variables que no se han detectado. Estas pueden estar afectando por igual o no necesariamente a ambos miembros de la nidada (Castillo y Mellink, 2011). *Sula granti* al ser una especie de forrajeo pelágico por lo general viaja cientos de kilómetros desde las costas. Se alimentan normalmente durante el día, pero en ocasiones se realizan viajes durante la noche. Estos viajes largos son usualmente nocturnos ya que se realizan descansos en mar. Estos parecen ser una estrategia para recuperar la energía invertida en la primera parte del viaje y capturar una gran cantidad de presas al siguiente día (Zavalaga et al., 2012).

La división del trabajo en el cuidado parental y la reducción de la competencia entre sexos por división del nicho de forrajeo se han sugerido como parte de la base

evolutiva para el dimorfismo de tamaño sexual invertido en Sulidos (Townsend et al., 2007). Las diferencias inter-sexos parecen ser parte de una estrategia para maximizar la crianza de los polluelos bajo un régimen ambiental variable (Dunn y Winkler, 2010). Si es que no existe relación con las habilidades de forrajeo podría estar relacionado con la experiencia y la edad de los padres. Variables que no se determinaron en este estudio. Esto significaría que hay mucha heterogeneidad y se alimentan en sitios muy diferentes. El rango de forrajeo es un resultado de las condiciones oceanográficas locales. Por ejemplo, en Galápagos se ha podido observar que está relacionado con eventos del Niño que en la fenología de la crianza y dieta (Zavalaga et al., 2012).

Las altas demandas energéticas después de los 25 primeros días de vida de los polluelos llama tanto a la hembra como al macho a buscar alimento (Anderson & Ricklefs 1992;. Anderson et al, 2004). El mayor decrecimiento se da a partir del estadio Winged, cuando el tamaño de los polluelos empieza a asimilarse al de los padres y su peso supera los 1000 gr (50 días). En este caso los padres necesitan ir en busca de una mayor cantidad de alimento tanto como para abastecer sus necesidades como la de su progenie. Los polluelos llegan a un punto máximo de peso y posteriormente empieza a decrecer en los estadios juveniles. Lo contrario se ve en los padres ya que estos empiezan a ganar peso y a recuperar la condición física invertida en el periodo de anidación (Nelson, 1978). En los estadios juveniles los padres pasan muy poco tiempo en el nido y los juveniles volantones empiezan a improvisar en el vuelo y realizar sus primeras búsquedas de alimento. Después de alcanzar la etapa de vuelo pasan os primeros cuatro años de vida fuera de sus colonias natales, sin embargo, la mayoría de juveniles muestran alta filopatría (Estela & Anderson, 2013).

Los eventos del Niño operan a escalas estacionales y están vinculadas con los cambios en la productividad. Influyen al ciclo vital de las aves marinas ya que generan cambios en la temperatura de la superficie del mar y en las termoclinas, a las cuales las aves marinas piscívoras son sensibles (Devney et al., 2009). La mayor cantidad de eventos de anidación se dan en el trimestre de marzo, abril y mayo, cuando el índice de El Niño es igual a 1,1. En esta temporada las aguas son cálidas y de baja salinidad (Hurtado et al., 2010) provocando cambios en los microhábitats marinos y en la distribución de los peces (Devney et al., 2009). Sin embargo, la falta de relación entre este fenómeno y el cambio de condición física de los padres señalan que fue un buen año y las aves pudieron alimentarse para abastecer sus necesidades.

Además de las variables ya mencionadas hay otros factores que pueden tener efecto sobre los resultados obtenidos. Uno de ellos es que la captura de machos fue mucho más fácil ya que las hembras mostraron una reacción más agresiva y territorialidad con respecto a sus nidos o polluelos. Además de que al momento de la toma de datos, eran los machos los que se encontraban en el nido. Esto guarda relación con la distribución de labores. No se determinó si es que ellos eran los que pasaban más tiempo en el nido o si justo era el momento en el cual las hembras salían a alimentarse para posteriormente cambiar los roles. Por otro lado, cabe mencionar que las hembras en Galápagos tienen una dispersión y mortalidad más alta que en los machos lo que conduce al sesgo en la proporción de sexos y terminan habiendo más machos adultos que hembras (Maness et al., 2007). La dificultad de captura en el campo genera estos resultados. Sin embargo, aunque en algunos casos son pocos, son significativos y pueden estar mostrando la tendencia que se da en la población de la Isla de la Plata a diferencia de otras áreas de estudio.

CONCLUSIONES

Sula granti en la Isla de la Plata presenta un claro deterioro en la condición física de los machos lo largo del periodo de anidación, lo cual no se determinó en el caso de las hembras. Estas marcadas diferencias entre sexos pueden estar relacionadas con el dimorfismo sexual. De la misma manera no se detectó un efecto de la temporalidad del inicio del ciclo ni de las alteraciones oceanográficas de efecto local (El Niño).

Es parte del ciclo vital y reproductivo de las aves marinas, en este caso del Piquero de Nazca, que se produzcan fluctuaciones en su peso y que no todos los nidos de la colonia sean exitosos. Por otro lado, en los nidos exitosos los polluelos tienden a presentar un peso mayo al estándar según Nelson 1978. Debido a esto se concluye que las condiciones no fueron adversas durante el periodo de anidación estudiado y que fue un buen año a pesar de las predicciones para El Niño en el 2016.

. Es importante continuar con el estudio de estas aves para comprender su dinámica reproductiva en la Isla de la Plata. Esto es más sencillo ya que un alto porcentaje de piqueros se encuentran anillos y se posee un historial de los mismos. Es necesario ampliar el tamaño de la muestra expandiéndose a todas las colonias de la Isla y además incluir variables como depredación de nidos por ratas (*Rattus rattus*) o la intervención de fragatas (*Fregata magnificens*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ainley, D. G. and Divoky, G. J. 2001. Seabird Responses to Climate Change. Steele, JH, Turekian, KK, and Thorpe, SA eds. Encyclopedia of Ocean Sciences 5, 26692677.
- Apanius, V. M, A. Westbrook. D. J. Anderson. 2008. Reproduction and immune homeostasis in a long-lived seabird, the Nazca booby (*Sula granti*). Ornithological Monographs 65(1), 1-46.
- Castillo-Guerrero, J. A., & Mellink, E. (2011). Occasional inter-sex differences in diet and foraging behavior of the Blue-footed Booby: maximizing chick rearing in a variable environment?. *Journal of Ornithology*, 152(2), 269-277.
- Cerón, C. E. & Montalvo A., C. 1998. Flora de las islas Salango y de La Plata, Parque Nacional Machalilla, Manabí-Ecuador. *Bol. Funbotánica* 6.
- Chastel, O., Weimerskirch, H., & Jouventin, P. 1995. Body condition and seabird reproductive performance: a study of three petrel species. *Ecology*, 76(7), 2240-2246.
- Cisneros-Heredia, D. 2005. La avifauna de la isla de La Plata, Parque Nacional Machalilla, Ecuador, con notas sobre nuevos registros. *Cotinga* 24: 22-27.
- Crawford, R., E. Goya, J.P. Roux y C.B. Zavalaga. 2006. Comparison of assemblages and some life-history traits of seabirds in the Humboldt and Benguela systems. *African Journal of Marine Science*. 28: 553-560.
- Devney, C. A., Short, M. and Congdon, B. C. 2009. Sensitivity of tropical seabirds to El Niño precursors. *Ecology*, 90: 1175–1183.
- Hurtado, M., M.A. Hurtado-Dompinguez, L.M. Hurtado-Domínguez, L. Soto, M.A. Merizalde. 2010. Áreas costeras y Marinas Protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente MAE-Fundación Natura.

- Maness, T. y D. Anderson. 2007. Serial monogamy and sex ratio bias in Nazca Boobies. *Proceedings of the Royal Society B*. 274: 2047-2054.
- Maness, T., M. Westbrock y D. Anderson. 2007. Ontogenic Sex Ratio Variation in Nazca Boobies Ends in Male-Biased Adult Sex Ratio. *30*: 10-16.
- Miranda, C. 2011. Fenología reproductiva y tamaño poblacional de cuatro especies de aves marinas (*Sula granti*, *S. nebouxii*, *S. sula* y *Fregata magnificens*) en Isla La Plata, Parque Nacional Machalilla. Tesis (Pregrado en Biología y Ecología Marina), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales; Quito, Ecuador.
- Morgan, S., M. Ashley-Ross y D. Anderson. 2006. Foot-Mediated Incubation: Nazca Booby (*Sula granti*) Feet as Surrogate Brood Patches. *Physiological and Biochemical Zoology*.76: 360-366.
- Nelson, B. 1978. *The Sulidae: Gannets and Boobies*. 1st Edition. Oxford University Press.
- Reville, B. J., Tranter, J. D., & Yorkston, H. D. 1990. Timing of Primary Moults in the Tropical Seabird *Sula abbotti*. *Emu-Austral Ornithology*, 90(4), 266-268.
- Rodríguez, J y F, Troncoso. 2006. Éxito de anidación de la garza real *Egretta alba* (Aves, *Ardeidae*) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*.
- Tarlow, E., M. Wikelski y D. Anderson. 2001. Hormonal Correlates of Siblicide in Galápagos Nazca Boobies. *Hormones and Behavior*. 40:14-20.
- Schreiber, E. W. Schreiber. 1989. Insights into seabird ecology from a global natural experiment. *National Geographic Research* 5: 64- 81.
- Takasuka, A. Y. Oozeki. I. Aoki. 2007. Optimal growth temperature hypothesis: Why do anchovy flourish and sardine collapse or vice versa under the same ocean regime?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(5), 768-776.
- Williams T.D. 1995. *The penguins: Spheniscidae*. Oxford University Press,

Zavalaga, C. B., Emslie, S. D., Estela, F. A., Müller, M. S., DELL'OMO, G. I. A. C. O. M.

O., & Anderson, D. J. (2012). Overnight foraging trips by chick-rearing Nazca

Boobies *Sula granti* and the risk of attack by predatory fish. *Ibis*, 154(1), 61-73.