

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

Rol de la cronología de anidación y las características parentales en el éxito reproductivo del piquero de Nazca (*Sula granti*) en Isla de la Plata, Ecuador
Proyecto de Investigación

Alberto Reinerio Puertas Samaniego

Biología

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

Quito, 10 de mayo de 2017

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

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Rol de la cronología de anidación y las características parentales en el éxito reproductivo del piquero de Nazca (*Sula granti*) en Isla de la Plata, Ecuador

Alberto Reinerio Puertas Samaniego

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Carlos A. Valle, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 10 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: Alberto Reinerio Puertas Samaniego

Código: 00112814

Cédula de Identidad: 1720358926

Lugar y fecha: Quito, 10 de mayo de 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio del Ambiente, en especial a la Dirección Provincial de Ambiente Manabí, Portoviejo, al Director Provincial por el permiso de investigación No. 002-EPR-DPAM- MAE. Al director general zonal 4. A Rubén Alemán, Director de Biodiversidad del Parque Nacional Machalilla. A todos los guardaparques por la compañía, las historias y la ayuda recibida. A Aventuras la Plata, en especial a Galo Echeverría, por la ayuda logística en cada viaje. A mi director de tesis, Carlos Valle, por la oportunidad de trabajar en este proyecto, enseñarme acerca de estas maravillosas aves y por la paciencia a lo largo de todo el proceso. A Katherine Jaramillo, María José Gavilanes, MaVirginia Gabela, Mateo Dávila, Martín Carrera, Nicolás Dávalos, Erika Troya por su valiosa ayuda en el campo. A todos los profesores y personas que me han dado la oportunidad de trabajar con ellos y enseñarme todo lo que sé. A todos mis amigos por acompañarme, guiarme y ayudarme durante todo el tiempo universitario.

RESUMEN

El éxito reproductivo en *Sula granti* podría estar influenciado por la temporalidad de inicio de la anidación, condición corporal de los padres a lo largo del ciclo y el dimorfismo sexual del tamaño de la pareja (SSD). El objetivo de esta investigación fue establecer si en *S. granti* el éxito reproductivo está relacionado con la temporalidad del inicio de la anidación, la variación de la condición corporal de los miembros de la pareja a lo largo del ciclo y el SSD. Se trabajó con 100 nidos de una colonia de *S. granti* en Isla de la Plata. Padres, polluelos y huevos fueron medidos y pesados para obtener índices de condición corporal, SSD y fecha de inicio de la anidación. El desarrollo de las crías se dividió en seis estadios diferentes para cuantificar el éxito de mejor manera. 52 nidos se perdieron antes que al menos un polluelo naciera. De los 48 nidos restantes se obtuvo una relación significativa entre el tiempo de inicio de la anidación y el éxito reproductivo para el estadio “Winged”, siendo mayor el éxito de sobrevivencia del nido (polluelo) mientras el inicio de la anidación más se acercaba al pico de anidación. Los demás factores no tuvieron relación con el éxito para ningún estadio de los polluelos. El Niño Oscilación Sureña (ENSO) aparentemente no influyó en el éxito reproductivo presumiéndose que el acceso al alimento fue relativamente normal para toda la temporada de anidación. Una disponibilidad relativamente alta de alimento posiblemente oscureció relaciones entre el éxito reproductivo y los múltiples factores estudiados. Se recomienda realizar estudios similares en épocas de mayor estrés alimenticio para cuantificar de mejor manera la influencia de los factores estudiados.

Palabras clave: *Sula granti*, éxito reproductivo, anidación, condición corporal, dimorfismo sexual

ABSTRACT

Reproductive success in *Sula granti* could be influenced by nesting initiation timing, body condition and sexual size dimorphism (SSD). The objective of this investigation is to establish if in *S. granti* reproductive success is related with nesting timing, parental body condition variation throughout the cycle and SSD. A total of 100 nests from one colony of *S. granti* in Isla de la Plata were selected. Parents, chicks and eggs were measured and weighted to obtain body condition and SSD indexes along with the Julian date of nesting commencement. Clutch development was categorized onto six different stages to quantify success. 52 nests were lost before at least one chick was born. From the 48 nests left a significant relationship between nesting timing and reproductive success up to *Winged* stage was found. Probability of success increases when nesting beginning approaches colony nesting season. The other drivers were not related to success in any stage of the clutch. El Niño Southern Oscillation (ENSO) apparently did not influence the reproductive success assuming that access to food resources remained relatively normal through breeding period. A relatively high availability of food resources may have lessened the relationship between reproductive success and the studied drivers. It is recommended to develop similar studies on seasons of greater food supply insufficiency. In times of more stress these factors may be accounted in a better way.

Key words: *Sula granti*, reproductive success, nesting timing, body condition, sexual size dimorphism

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Metodología de la investigación.....	13
Resultados.....	17
Discusión	23
Conclusiones.....	26
Referencias bibliográficas.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Resultado de las regresiones logísticas entre la fecha juliana de inicio de la anidación y el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	17
Tabla # 2. Resultado de la regresión logística del nivel de dimorfismo sexual (SSD) en el tamaño de la pareja en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	17
Tabla # 3. Resultado de la regresión la condición corporal inicial de machos en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	18
Tabla # 4. Resultado de la regresión la condición corporal inicial de hembras en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	18
Tabla # 5. Resultado de la regresión entre el cambio de peso al finalizar el ciclo en adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	18
Tabla # 6. Resultado de la regresión entre el cambio de peso al finalizar el ciclo en adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular...	19
Tabla # 7. Resultado de la regresión entre la condición corporal final de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	19
Tabla # 8. Resultado de la regresión entre la condición corporal final de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	20
Tabla # 9. Resultado de la regresión entre el cambio de la condición corporal de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	20
Tabla # 10. Resultado de la regresión entre el cambio de la condición corporal de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular...	20
Tabla # 11. Resultado de la regresión entre el tamaño del ala de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	21
Tabla # 12. Resultado de la regresión entre el tamaño del ala de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura # 1. Estadíos del desarrollo de las crías de <i>Sula granti</i> . Donde a. Naked. b. Downy. c. Fluffy. d. Winged. e. Juvenil	14
Figura # 2. Número de polluelos exitosos para cada estadío de un total de 100 nidos escogidos.....	16
Figura # 3. Relación de la fecha Juliana con la probabilidad del polluelo para llegar al estadío Winged.....	17

INTRODUCCIÓN

El éxito reproductivo en aves marinas se ve afectado por múltiples factores ambientales y las características de los individuos. Entre los factores del ambiente que afectan de manera directa o indirecta está la disponibilidad de alimento, depredación y muchas otras variables dependientes del hábito colonial (Bayer, 1982; Hamer, Schreiber, & Burger, 2001; Schreiber & Schreiber, 1989). Entre las características del individuo se incluyen el momento cuando los individuos inician el ciclo reproductivo, la condición corporal, el dimorfismo sexual de la pareja, la edad, entre otros (Schreiber & Schreiber, 1989). Se han estudiado otras hipótesis como la colonia de anidación como centros de información. De esta forma, mientras más aves estén presentes, existe más información acerca de los lugares más óptimos de forrajeo, mejorando su fitness (Bayer, 1982). De la misma manera, la influencia de la cantidad de aves que puede incurrir en una alteración social de la colonia (Newton, 1998). Un alta densidad de aves promueve conflictos y competencia por sitios de anidación y causar una mayor pérdida de huevos. Sin embargo, el rol del inicio de la anidación, las características individuales a lo largo del ciclo y la característica de la pareja, han sido muy poco estudiadas en su influencia con el éxito reproductivo.

El tiempo de inicio de la anidación no se ha estudiado en relación al éxito reproductivo para *Sula granti*. Sin embargo, se sabe que una anidación temprana supone menor competencia con otros machos y mayor acceso a recursos (Huyvaert & Anderson, 2004). Presentan una fuerte filopatria y establecen sus nidos hasta con una proximidad de 500 m a su lugar de nacimiento. Por otro lado, para que la anidación temprana sea exitosa se ha visto que el macho debe poseer una condición corporal mejor a la esperada para la reproducción (Huyvaert & Anderson, 2004). En aves marinas, los ciclos reproductivos se ajustan a las épocas de mayor disponibilidad de alimento por lo que, dependiendo de la

especie, un inicio temprano de anidación puede no ser efectivo (Newton, 1977). Sin embargo, para *S. granti*, la disponibilidad de alimento varía muy poco en un año promedio, por lo que tiempo de inicio de la anidación puede relacionarse al éxito reproductivo (Miranda, 2011). En pelícanos, grupo muy relacionado a los súlidos, un inicio tardío de la anidación significa una probabilidad muy alta de abandono del nido o polluelos (Bayer, 1982).

La condición de los padres al inicio, durante y al final del ciclo tendrán efecto sobre el *fitness* individual y de la pareja. Esto influirá en la capacidad de poder criar un polluelo de forma exitosa. El costo de la actividad reproductiva es muy costosa desde el punto de vista energético (Drent & Daan, 1980). El costo metabólico de producir un huevo, depositarlo, incubarlo y criar un polluelo es bastante alto (Apanius, Westbrock, & Anderson, 2008). *S. granti* se caracteriza por ser un ave alcatraz que se alimenta lejos de las costas (Araya & Millie, 2005). Es muy importante para la reproducción de las aves marinas la disponibilidad de alimentos. Cuando los recursos son escasos la anidación se posterga o no ocurre (Schreiber & Schreiber, 1989). De esta forma, la condición inicial de los padres dictaminará la capacidad de acceso a recursos y la posibilidad de criar un polluelo exitosamente.

S. granti forma una pareja dimórfica en la que la hembra es, en promedio, un 16% más grande que el macho (Townsend, Maness, & Anderson, 2007). Esto supone que la hembra, siendo el sexo de mayor tamaño, debe complementar las necesidades alimenticias del polluelo creadas por el sexo más pequeño. De esta manera, afectando el *fitness* de la pareja en la cría del polluelo. Sin embargo, la diferencia de tamaños permite a los padres explotar diferentes recursos alimenticios, de esta forma, asegurando que las necesidades del polluelo sean satisfechas (Fairbairn, 1997). Sin embargo, en *Sula granti* esto no ha sido investigado en estudios anteriores. De acuerdo a otros estudios, se cree que el nivel de dimorfismo sexual en aves marinas no tiene relación con el satisfacer las necesidades

metabólicas de la cría. En aves terrestres si se ha encontrado relación del dimorfismo sexual con el éxito reproductivo (Townsend et al., 2007).

Esta investigación se lleva a cabo para incrementar la información de la biología reproductiva de la especie en la Isla de la Plata ya que en otros lugares, como Galápagos, se han realizados estudios más amplios sobre el tema (Humphries, Arevalo, Fischer, & Anderson, 2006). Muy pocos estudios se han realizado en la Isla de la Plata a excepción de ciertos censos poblacionales (Miranda, 2011). La colonia de *S. granti* presentes en la isla presentan el sistema ideal para investigar el rol de la cronología y las condiciones corporales de los padres que no han sido muy exploradas en aves marinas. Además, independientemente de los resultados obtenidos, el incremento de la información a la biología es muy relevante en consecuencia de las fluctuantes condiciones marinas a nivel global. Estas condiciones afectan a las poblaciones de *Sula granti* tanto en el éxito reproductivo y su demografía.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la relación entre el éxito reproductivo y la fecha de inicio de la anidación, el tamaño del individuo, el dimorfismo sexual del tamaño de la pareja y la condición corporal de cada uno de los padres a lo largo del ciclo reproductivo. Específicamente se evaluaron tres hipótesis 1) la hipótesis de la influencia de la fecha de inicio de la anidación, donde dicho factor tiene un efecto sobre el éxito reproductivo, 2) la hipótesis de la influencia de las características físicas de los padres a lo largo del ciclo con el éxito reproductivo y 3) la hipótesis de la influencia de del dimorfismo sexual de la pareja con el éxito reproductivo.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo dentro del parque nacional Machalilla en la isla de la Plata, localizada a 30 km del Ecuador continental en la provincia de Manabí. Posee una extensión de alrededor de 14 km². Su elevación va desde los 0 m.s.n.m. hasta casi los 170 m.s.n.m. en su punto más alto. El estudio se realizó en la colonia del sitio Punta Escalera en la parte más alejada del Sendero de Nazca, el cual es nombrado debido a la alta cantidad de individuos de *Sula granti*.

El estudio se llevó a cabo desde Marzo hasta Agosto 2016. En el mes de marzo se realizó una visita de 12 días y posteriormente hasta agosto se realizaron visitas de 10 días por cada mes aproximadamente. El patrón del tiempo de estudio depende del ciclo reproductivo de *Sula granti*, especialmente ligado a las condiciones climáticas y anomalías previstas por el fenómeno del niño. Cabe recalcar que a finales del año 2015 se vivió un evento fuerte de dicho fenómeno (Veettil, Wang, Bremer, de Souza, & Simões, 2016).

Para el estudio se seleccionó, de manera progresiva desde el mes de marzo hasta mayo, un total de 100 nidos. 37 nidos fueron seleccionados en el mes de marzo, 29 en Abril y 34 en mayo. Cada nido fue marcado con cinta de marcaje y se asignó un código de identificación. Los nidos fueron escogidos mediante muestreo al azar estratificado principalmente en estado de cortejo o nido en construcción, siendo muy pocos los que ya se encontraban empollando uno o dos huevos. Se conoce que los individuos de *Sula granti* se encuentran en la Isla de la Plata durante todo el año, sin embargo, en el mes de mayo es donde se enfoca el inicio de su ciclo reproductivo (Miranda, 2011).

Para determinar el éxito reproductivo se realizó un historial para cada polluelo desde que el huevo fue puesto hasta la independencia del polluelo del nido. Cada huevo del nido fue marcado con un número para saber cuál fue puesto primero y de cual nació cada polluelo. Además, cada huevo fue pesado mediante el uso de una Pesola de 100g. Se tomó las medidas

del punto más largo y más ancho del huevo con ayuda de un calibrador digital. La fecha de puesta el huevo fue anotada y posteriormente convertida a una fecha juliana. Para muchos nidos se estimó la fecha juliana de la puesta del huevo de acuerdo a la densidad obtenida a partir de las mediciones realizadas y la curva de pérdida de densidad de huevos de piqueros de nazca descrita por (Nelson, 1978). La densidad del huevo fue calculada mediante la fórmula $V = K_v * LB^2$ descrita por (Hoyt, 1979).

Cada polluelo fue pesado mediante el uso de una bolsa de tela con el peso determinado y Pesolas de 100g, 300g, 1kg y 5kg. Se midió el largo, ancho y profundidad del pico, longitud del tarso con un calibrador digital. La longitud del ala se midió con ayuda de un flexómetro. Se caracterizó el desarrollo del polluelo en seis estadios de edad, adaptado de Coulter (No Publicado) para piqueros de patas azules, siendo 1) "Naked", polluelo recién nacido sin plumas, 2) "Downy", polluelo con plumón primario grisáceo, 3) "Fluffy", polluelo con plumón secundario, 4) "Winged", donde las plumas empiezan a crecer en las alas 5) "Juvenil 1", donde el polluelo tiene todo el plumaje de juvenil pero no es capaz de volar y 6) "Juvenil 2", donde el polluelo ya puede volar pero regresa al nido. Cada uno de estos estadios se utilizó para determinar hasta qué punto el nido fue exitoso categorizado de forma binomial (Figura 1).



Figura 1. Estadíos del desarrollo de las crías de *Sula granti*. a. Naked. b. Downy. c. Fluffy. d. Winged. e. Juvenil

Con respecto a los padres, la mayoría fueron capturados al inicio, durante y al final de la anidación. Se colocó una banda ornitológica metálica para identificarlos. Además, se los pesó mediante el uso de una bolsa de tela con peso determinado y una Pesola de 5kg. Asimismo, se midió la longitud, profundidad y ancho del pico con ayuda de un calibrador digital. La longitud del ala fue medida con la ayuda de un flexómetro. A partir de la medida de la longitud de la pluma más larga de macho y hembra del nido se realizó el cálculo del dimorfismo sexual de la pareja (SSD). Para ello se usó la fórmula $SSD = \frac{WL_{hembra}}{WL_{macho}} - 1$, propuesta como una medida estándar y confiable de SSD en aves (Fairbairn, 1997).

La condición corporal en aves se estima a partir de los residuales de la relación de una medida linear corporal con el peso en un tiempo determinado. En este caso se usó la relación de la longitud del ala con el peso ya que es una medida corporal más precisa que indica el tamaño de un ave. Esta es un método estándar de medida de condición corporal en la cual, si

el resultado es positivo, el ave se encuentra con una buena condición corporal y si es negativo, su condición es pobre (Green, 2001).

Pruebas de normalidad Shapiro- Wilk de todas las variables analizadas se llevaron a cabo. Sin embargo, normalidad no es un requisito para las regresiones logísticas binomiales realizadas posteriormente. Todos los factores analizados son normales a excepción de la condición corporal tanto en machos como hembras. Se realizaron regresiones logísticas para determinar la relación entre la fecha juliana de inicio de la anidación, dimorfismo sexual y la condición corporal de los padres (inicial y final) con cada estadio de los polluelos para determinar su relación. Se determinó el cambio de peso tanto para machos y para hembras y se realizó una regresión logística para relacionarlo con cada estadio de los polluelos.

RESULTADOS

Al finalizar el estudio, de los 100 nidos seleccionados, tan solo 48% llegaron a tener éxito hasta la etapa de incubación (nació por lo menos un polluelo). 41% llegaron a estadio “Downy”, 38% hasta estadio “Fluffy”, 30% llegaron a “Winged”, 20% sobrevivieron hasta el estadio “Juvenil 1” y tan solo 7% hasta el estadio “Juvenil 2”. De los 48 nidos de los que nació un polluelo, en 12 de ellos no se conoce el éxito total ya que las observaciones se interrumpieron antes que el ciclo de desarrollo se complete o que el polluelo se independice. 52 nidos fueron abandonados antes de producir un polluelo, ya sea en etapa de cortejo, de nido en construcción o después de haber puesto al menos un huevo (Figura 2).

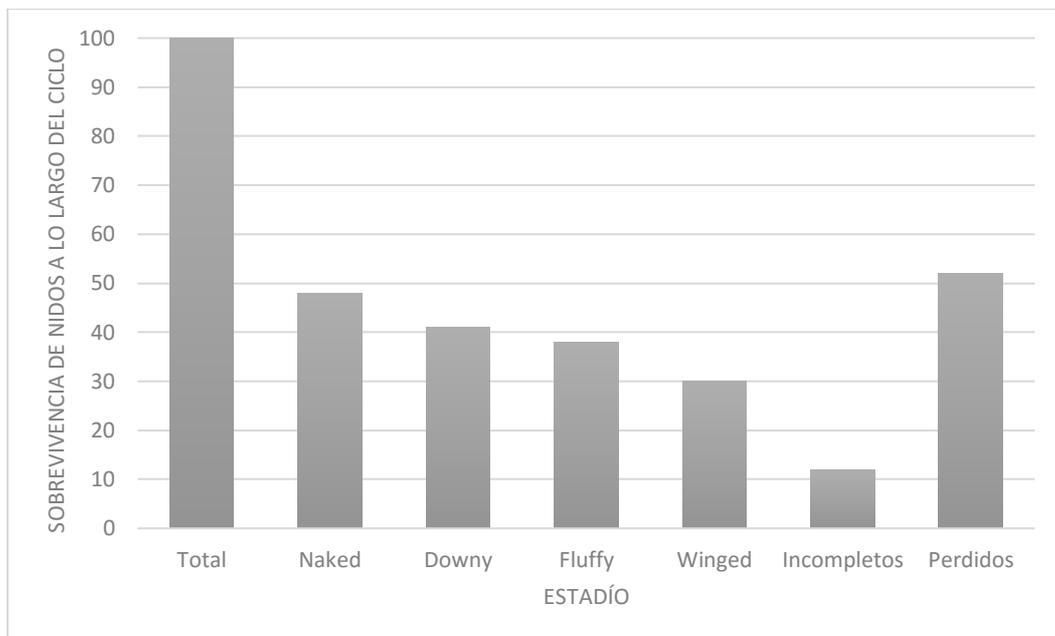


Figura 2. Número de polluelos exitosos para cada estadio de un total de 100 nidos escogidos

Con respecto a la fecha de inicio de la anidación (fecha de puesta del huevo), para el estadio “Winged” se encontró una relación significativa (Tabla 1). Para este estadio se encontró que por cada día más cercano a la época de anidación principal que es en el mes de mayo, la probabilidad del polluelo para llegar al estadio “Winged” aumenta un 2.185% (Figura 3). No se encontró una relación significativa entre un tiempo de inicio del ciclo más

temprano o medio y la sobrevivencia del polluelo hasta llegar a los estadios "Downy", "Fluffy" y "Juvenil 1" (Tabla 1).

Tabla 1. Resultado de las regresiones logísticas entre la fecha juliana de inicio de la anidación y el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. B indica la probabilidad, EE es el error estándar, Wald es el coeficiente de la prueba Wald, gl son los grados de libertad y Sig es la significancia estadística.

Fecha de inicio de anidación					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.007	0.01	0.398	1	0.528
Fluffy	0.014	0.011	1.471	1	0.225
Winged	0.022	0.011	4.2	1	0.04
Juvenil 1	0.018	0.011	2.508	1	0.113

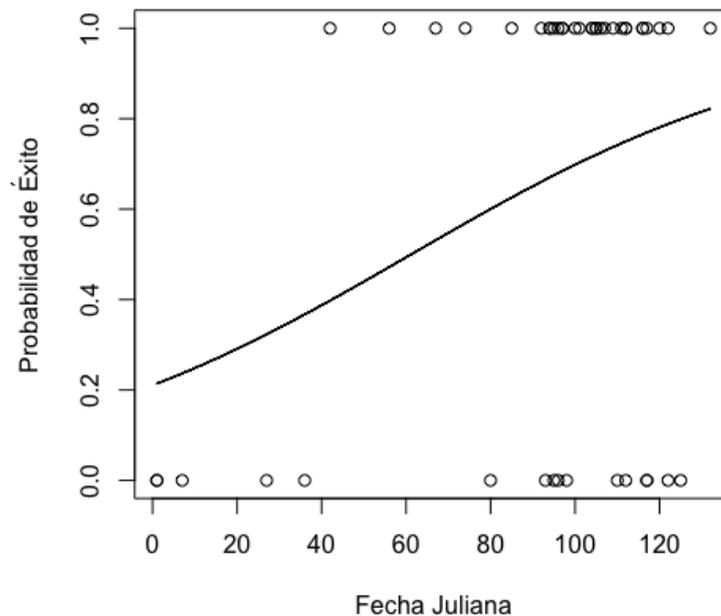


Figura 3. Relación de la fecha Juliana con la probabilidad del polluelo para llegar al estadio Winged

En cuanto al dimorfismo sexual de la pareja, no se encontró alguna relación significativa con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún de los estadios (Tabla 2).

Tabla 2. Resultado de la regresión logística del nivel de dimorfismo sexual (SSD) en el tamaño de la pareja en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1.

Dimorfismo sexual en tamaño de la pareja					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Naked	5.815	8.999	0.418	1	0.518

Downy	8.398	9.284	0.818	1	0.366
Fluffy	14.132	10.603	1.777	1	0.183
Winged	9.455	8.363	1.278	1	0.258
Juvenil 1	8.122	7.663	1.123	1	0.289

En este estudio no se encontró una relación significativa entre la condición inicial de los adultos machos con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado de la regresión la condición corporal inicial de machos en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Condición corporal inicial de machos					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.007	0.008	0.872	1	0.35
Fluffy	0.007	0.008	0.872	1	0.35
Winged	-0.004	0.003	1.144	1	0.285
Juvenil 1	-0.001	0.003	0.054	1	0.816

De la misma forma, no se encontró una relación significativa entre la condición inicial de los adultos hembra con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado de la regresión la condición corporal inicial de hembras en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Condición corporal inicial hembras					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	-0.005	0.005	1.268	1	0.26
Fluffy	-0.003	0.004	0.478	1	0.489
Winged	-0.021	0.012	2.998	1	0.083
Juvenil 1	-0.011	0.008	2.239	1	0.135

Con respecto al cambio de peso de los adultos macho a lo largo del ciclo, no se encontró una relación significativa con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado de la regresión entre el cambio de peso al finalizar el ciclo en adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Cambio de peso en machos					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.002	0.007	0.137	1	0.711
Fluffy	0.002	0.007	0.137	1	0.711
Winged	0	0.003	0.022	1	0.881
Juvenil 1	0.002	0.004	0.25	1	0.617

Con respecto al cambio de peso de los adultos hembra a lo largo del ciclo, no se encontró una relación significativa con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadío (Tabla 6).

Tabla 6. Resultado de la regresión entre el cambio de peso al finalizar el ciclo en adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Cambio de peso en hembras					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.003	0.004	0.509	1	0.476
Fluffy	0	0.002	0.013	1	0.91
Winged	-0.001	0.002	0.477	1	0.49
Juvenil 1	-0.001	0.002	0.483	1	0.487

En este estudio no se encontró una relación significativa entre la condición final de los adultos machos con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadío (Tabla 7).

Tabla 7. Resultado de la regresión entre la condición corporal final de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadío particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Condición corporal final machos					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.047	0.044	1.122	1	0.289
Fluffy	0.047	0.044	1.122	1	0.289
Winged	-0.004	0.005	0.625	1	0.429
Juvenil 1	0.002	0.006	0.06	1	0.806

En este estudio no se encontró una relación significativa entre la condición final de los adultos hembras con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadío (Tabla 8). No se realizó análisis para el estadío “Juveni 1” debido a un reducido tamaño de muestra.

Tabla 8. Resultado de la regresión entre la condición corporal final de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Condición corporal final hembras					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	-0.006	0.007	0.743	1	0.389
Fluffy	0.002	0.002	0.502	1	0.478
Winged	0	0.002	0.002	1	0.963

En este estudio no se encontró una relación significativa entre el cambio de la condición de los adultos macho con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 9).

Tabla 9. Resultado de la regresión entre el cambio de la condición corporal de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Cambio de la Condición Corporal en machos					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0	0.006	0.001	1	0.976
Fluffy	0	0.006	0.001	1	0.976
Winged	0.002	0.004	0.393	1	0.531
Juvenil 1	0.001	0.003	0.067	1	0.796

En este estudio no se encontró una relación significativa entre el cambio de la condición de los adultos hembra con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado de la regresión entre el cambio de la condición corporal de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Cambio de la Condición Corporal en hembras					
Estadío	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	-0.001	0.004	0.056	1	0.812

Fluffy	0.003	0.003	1.209	1	0.272
Winged	0.003	0.002	2.18	1	0.14
Juvenil 1	0.003	0.002	1.77	1	0.183

En este estudio no se encontró una relación significativa entre el tamaño del ala de los adultos macho con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 10).

Tabla 11. Resultado de la regresión entre el tamaño del ala de adultos macho en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Tamaño (WL) en Machos					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	-0.077	0.117	0.427	1	0.514
Fluffy	-0.077	0.117	0.427	1	0.514
Winged	-0.1	0.075	1.785	1	0.181
Juvenil 1	-0.103	0.082	1.576	1	0.209

En este estudio no se encontró una relación significativa entre el tamaño del ala de los adultos hembra con el éxito reproductivo de los polluelos para ningún estadio (Tabla 10).

Tabla 12. Resultado de la regresión entre el tamaño del ala de adultos hembra en relación con el éxito (sobrevivencia) del polluelo hasta cada estadio particular. Para detalles de la notación usada referirse a Tabla 1

Tamaño (WL) en Hembras					
Estadio	B	EE	Wald	gl	Sig
Downy	0.281	0.288	0.95	1	0.33
Fluffy	0.812	0.876	0.859	1	0.354
Winged	0.12	0.089	1.83	1	0.176
Juvenil 1	0.147	0.119	1.542	1	0.214

Para todos los análisis no se realizó regresión logística para el estadio “Juvenil 2” ya que el tamaño de la muestra es muy pequeño. Además, para todos los análisis con excepción del relacionado al dimorfismo sexual, no se realizó regresión logística para el estadio “Naked” ya que todos son valores de éxito.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos, el tiempo de inicio de la anidación si se relaciona con el éxito reproductivo hasta el estadio “Winged”. Es decir, mientras más se acerca el inicio hacia el pico de la temporada de anidación (cuando la mayoría de aves están anidando), hay mayor probabilidad de ser exitoso hasta dicho estadio. Esta es una etapa avanzada del desarrollo del polluelo por lo que puede ser un determinante del éxito reproductivo de la pareja. Para el estadio Juvenil 1, el número de datos disponibles para la muestra es mucho menor por lo que la tendencia no pudo ser ratificada. Más aún, para Juvenil 2 el análisis no se llevó cabo porque los resultados no serían concluyentes debido al pequeño tamaño de la muestra.

No existen muchos estudios acerca de la relación del tiempo de inicio de la anidación, sin embargo, se sabe que un inicio temprano de la anidación implica mayor estrés por parte de la pareja para aumentar la condición (Townsend et al., 2007). Es más, podría predecirse que el éxito reproductivo será mayor al promedio durante el pico (Verhulst & Nilsson, 2008). Esto se debe a que los recursos disponibles para la pareja pueden no ser apropiados al momento del inicio. De esta manera, un inicio temprano puede significar un mayor fracaso en la anidación. Además, se encontró que mientras mayor es la densidad de nidos, mayor es la probabilidad de un polluelo en llegar al estadio “Winged” (Gavilanes, 2017).

El año de muestreo debió ser influenciado fuertemente por el fenómeno ENSO (Veettil et al., 2016). El cambio de las temperaturas del agua tiene un efecto directo sobre la anidación de las aves marinas, alterando el inicio y apogeo de la misma (Dunn & Winkler, 2010; Takasuka, Oozeki, & Aoki, 2007). Sin embargo, esta no explica su influencia con la fecha de inicio de la anidación. La temperatura del agua que rodea la Isla de la Plata se mantuvo cercana a lo normal (INOCAR, 2016). En este caso, la colonia como centro del información podría jugar un rol importante en la transmisión de información acerca de los

mejores lugares de forrajeo o donde se encuentra la mayor cantidad de recursos (Bayer, 1982).

De acuerdo a la curva de crecimiento de los polluelos estudiados, todos se encuentran dentro de los rangos normales establecidos (Jaramillo, 2017; Nelson, 1978). Esto nos indica que el esfuerzo parental de forrajeo y de alimentación de la cría fueron adecuados. De esta manera, se puede decir que el efecto de El Niño no afectó el acceso a recursos o que la pérdida de nidos se dio como resultado de malnutrición o hambruna. Además, el 52% de nidos perdidos antes de que logren tener un polluelo se encuentra dentro del éxito reproductivo esperado para la especie (Miranda, 2011). Un factor muy influyente son las ratas introducidas en este ecosistema. La rata negra posee poblaciones muy densas y no controladas dentro de la isla. Se sabe que son generalistas y se pueden alimentar de huevos y polluelos de aves marinas teniendo efectos muy negativos en sus ciclos reproductivos (Martin, Thibault, & Bretagnolle, 2000).

La condición inicial de los padres, en este caso se midió por medio de una relación del largo del ala con el peso y no se encontró relación con el éxito reproductivo para ningún estadio de los piqueros. Además, la medida linear utilizada pudo no ser la óptima para el tipo de análisis realizado. Esta es una de las mayores limitaciones encontradas en estudios que intentan analizar la condición corporal de aves. Usualmente se usa la medida del peso por sí sola pero se pierde mucha información. Relacionarlo a una medida linear mejora la estimación pero la mejor forma de asesorar la condición corporal es mediante métodos invasivos que requieren la colección de individuos (Robinson, Chiaradia, & Hindell, 2005).

De acuerdo a Jaramillo (2017), se encontró desgaste de la condición corporal de los machos a la finalización del ciclo. Sin embargo, no se encontró relación en el cambio del peso a lo largo de la anidación con el éxito reproductivo. Así mismo, la condición final de los padres no se relacionó de forma efectiva al éxito reproductivo. De esta forma, se debería

explorar el análisis multivariado de otras estructuras lineares para incluir otras estructuras que podrían, en conjunto, ser mejores indicadores de la condición corporal. Puede existir pérdida de información que polariza los resultados obtenidos.

El nivel de dimorfismo sexual basado en longitud del ala no se relacionó con el éxito reproductivo para ningún estadio de los polluelos. En aves marinas no se ha encontrado una verdadera relación entre el nivel de dimorfismo presente en la pareja y la capacidad de criar exitosamente un polluelo (Townsend et al., 2007). Más aún, la selección sexual es realizada por la hembra por lo que se da una selección del macho en base a la condición que tiene la hembra. Una hembra en buena condición elegirá al mejor macho independientemente del tamaño (Drent & Daan, 1980; Maness & Anderson, 2008). Por otro lado, el dimorfismo sexual no significa que existirá desigualdad en el esfuerzo parental para el cuidado de la cría, existe complementariedad de los alimentos. El dimorfismo de otras estructuras como el tamaño del pico podría dar mayor información debido a que esta determina el tamaño de la presa que el individuo puede cazar.

CONCLUSIONES

Se tiene evidencia que el inicio de la reproducción si va a influenciar en el éxito reproductivo de la pareja. Sin embargo, solo se encontró relación entre la fecha juliana de llegada y el estadio Winged. No se encontró relación de la condición corporal de los padres a lo largo del ciclo con el éxito reproductivo. Así mismo, no se encontró relación de la pérdida de peso de machos y hembras a lo largo del ciclo con el éxito reproductivo. Sin embargo, otras medidas corporales deben ser analizadas. Tampoco existió relación entre el nivel de dimorfismo sexual de la pareja con el éxito reproductivo. Por último, el tamaño del ave, medido mediante el tamaño del ala, no se relacionó con el éxito reproductivo para ningún estadio de las crías. De acuerdo a otros autores, no debería existir relación entre estos factores en aves marinas. No haber encontrado una relación no significa que estos factores no jueguen un rol importante en el éxito reproductivo.

Este es un estudio preliminar por lo que se recomienda aumentar el tamaño de la muestra, el tiempo de muestreo y el esfuerzo de muestreo. Con ello se tendrá mayor cantidad de información, más detallada y completa acerca de lo que sucede en cada nido sin perder información entre tiempos de muestreo como en este estudio. Además, se recomienda realizar estudios similares con otras poblaciones y durante varios ciclos reproductivos para evaluar estos factores durante períodos que causen mayor estrés en los individuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apanius, V. M., Westbrock, A., & Anderson, D. J. (2008). Reproduction and immune homeostasis in a long-lived seabird, the Nazca booby (*Sula granti*). *Ornithological Monographs*, 65(1), 1-46.
- Araya, M., & Millie, H. (2005). *Guía de campo de las aves de Chile.*: Santiago: Editorial Universitaria.
- Bayer, R. D. (1982). How important are bird colonies as information centers? *The Auk*, 31-40.
- Drent, R. H., & Daan, S. (1980). The Prudent Parent: Energetic Adjustments in Avian Breeding 1. *Ardea*, 68, 225- 252.
- Dunn, P. O., & Winkler, D. W. (2010). Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. *Effects of climate change on birds*, 11.
- Fairbairn, D. J. (1997). Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. *Annual review of ecology and systematics*, 28(1), 659- 687.
- Gavilanes, M. J. (2017). *Relación entre la densidad de anidación y el éxito reproductivo en el Piquero de Nazca (Sula granti), Isla de la Plata, Ecuador.* (Trabajo de Titulación), Universidad San Francisco de Quito., Quito.
- Green, A. J. (2001). Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology*, 82(5), 1473- 1483.
- Hamer, C., Schreiber, E., & Burger, J. (2001). *Breeding Biology, Life Histories, and Life History- Environment Interactions in Seabirds.* New York: CRC Press.
- Hoyt, D. F. (1979). Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *The Auk*, 73- 77.
- Humphries, C. A., Arevalo, V. D., Fischer, K. N., & Anderson, D. J. (2006). Contributions of marginal offspring to reproductive success of Nazca booby (*Sula granti*) parents: tests of multiple hypotheses. *Oecologia*, 147(2), 379- 390.
- Huyvaert, K., & Anderson, D. J. (2004). Limited dispersal by Nazca boobies *Sula granti*. *Journal of Avian Biology* 35(1), 46- 53.
- INOCAR. (2016). Boletín condiciones océano- atmosféricas. Recuperado el 20 de abril de 2017 desde <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletin-condiciones-oceano-atmosfericas/file/310-semana-n-1-4-al-10-de-enero-2016>
- Jaramillo, K. (2017). *Condición física de los Piqueros de Nazca (Sula granti) a lo largo del periodo de anidación.* (Trabajo de Titulación), Universidad San Francisco de Quito, Quito.

- Maness, T. J., & Anderson, D. J. (2008). Mate rotation by female choice and coercive divorce in Nazca boobies, *Sula granti*. *Animal Behaviour*, 76(4), 1267- 1277.
- Martin, J. L., Thibault, J. C., & Bretagnolle, V. (2000). Black rats, island characteristics, and colonial nesting birds in the Mediterranean: consequences of an ancient introduction. *Conservation Biology*, 14(5), 1452- 1466.
- Miranda, C. (2011). *Fenología reproductiva y tamaño poblacional de cuatro especies de aves marinas (Sula granti, S. neboxii, S. sula y Fregata magnificens) en Isla La Plata, Parque Nacional Machalilla*. (Trabajo de Titulación), Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Nelson, B. (1978). *The Sulidae, Gannets and Boobies*. Oxford: Oxford University Press.
- Newton, I. (1977). *Timing and success of breeding in tundra-nesting geese*. UK: Macmillan Education.
- Newton, I. (1998). *Population Limitation in Birds*. Cambridge: Academic Press.
- Robinson, S., Chiaradia, A., & Hindell, M. A. (2005). The effect of body condition on the timing and success of breeding in Little Penguins *Eudyptula minor*. *Ibis*, 147(3), 483-489.
- Schreiber, E., & Schreiber, W. (1989). Insights into seabird ecology from a global natural experiment. *National Geographic Research*, 5, 64- 81.
- Takasuka, A., Oozeki, Y., & Aoki, I. (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.
- Townsend, H. M., Maness, T. J., & Anderson, D. J. (2007). Offspring growth and parental care in sexually dimorphic Nazca boobies (*Sula granti*). *Canadian journal of zoology*, 85(6), 686- 694.
- Veetil, B. K., Wang, S., Bremer, U. F., de Souza, S. F., & Simões, J. C. (2016). Recent trends in annual snowline variations in the northern wet outer tropics: case studies from southern Cordillera Blanca, Peru. *Theoretical and Applied Climatology*, 1- 15.
- Verhulst, S., & Nilsson, J. Å. (2008). The timing of birds' breeding seasons: a review of experiments that manipulated timing of breeding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 363(1490), 399- 410.