

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



VARIACIÓN INTERANUAL EN LA TASA DE CRECIMIENTO DE
PICHONES DE PINGÜINO DE HUMBOLDT (*Spheniscus humboldti*,
MEYEN 1834) EN PUNTA SAN JUAN-ICA PERIODO 2000-2019

KAREN ALEXANDRA LAU ALARCÓN

Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Biología

ASESOR: BLGO. ANDRÉS RICARDO CHAVIERI SALAZAR

Lima, Perú

2021

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



VARIACIÓN INTERANUAL EN LA TASA DE CRECIMIENTO DE
PICHONES DE PINGÜINO DE HUMBOLDT (*Spheniscus humboldti*,
MEYEN 1834) EN PUNTA SAN JUAN-ICA PERIODO 2000-2019

KAREN ALEXANDRA LAU ALARCÓN

Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Biología

ASESOR: BLGO. ANDRÉS RICARDO CHAVIERI SALAZAR

Lima, Perú

2021

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



VARIACIÓN INTERANUAL EN LA TASA DE CRECIMIENTO DE
PICHONES DE PINGÜINO DE HUMBOLDT (*Spheniscus humboldti*,
MEYEN 1834) EN PUNTA SAN JUAN-ICA PERIODO 2000-2019

KAREN ALEXANDRA LAU ALARCÓN

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR Y ASESOR

PRESIDENTE: BLGA. FLOR DE MARÍA MADRID DE MEJÍA

SECRETARIO: BLGO. MIGUEL DÁVILA ROBLES

VOCAL: M.V. LUIS ALBERTO DELGADO ALBUQUERQUE

ASESOR: BLGO. ANDRÉS RICARDO CHAVIERI SALAZAR

AGRADECIMIENTOS

A mis papás, mis hermanos, mis sobrinas y mis tías, por estar a mi lado a lo largo del camino y por todo el cariño que me han dado, no lo habría logrado sin su apoyo y sin sus enseñanzas.

A cada persona que conocí en la etapa universitaria y en especial a los profesores de la facultad y al asesor de esta tesis, Andrés Chavieri, a todos siempre los consideraré pilar importante en mi vida académica, profesional y personal.

Al Programa Punta San Juan, que me permitió conocer los lobos marinos y pingüinos que aparecieron por la estación científica y a todas las personas que llegaron como voluntarios del guano, *zookeepers* y pasantes, que me elevaron el ánimo en los días de censos y tardes de redacción. A Susana por el apoyo para que esta tesis vea la luz. A los que voluntariamente apoyaron a digitalizar dos décadas de datos, Leonardo, Leticia y Alonso.

A las personas que en estos casi dos años me han escuchado y apoyado para mejorar este trabajo. Gracias a cada uno de los compañeros de clases de maestría, a los de cursos aleatorios, a los de actividades en voluntariados y amigos de años; sé que hablar de pingüinos ya debe de ser algo aburrido para los que me rodean, pero este trabajo se culminó gracias a que estuvieron ahí para escucharme.

ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
III. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	16
4.1. Objetivo General	16
4.2. Objetivos específicos.....	16
V. MARCO TEÓRICO	17
5.1. PINGÜINO DE HUMBOLDT.....	17
5.1.1. Posición Sistemática	17
5.1.2. Características.....	17
5.1.3. Distribución	18
5.1.4. Crecimiento y desarrollo.....	18
5.1.5. Situación de conservación	20
5.1.6. Amenazas.....	21
5.1.7. Importancia.....	22
5.2. CORRIENTE DE HUMBOLDT.....	23
5.2.1. Características y Distribución.....	23
5.2.2. Variaciones	23
VI. ANTECEDENTES.....	25
6.1. Tasa de crecimiento.....	25
6.2. Estimación de edad.....	26
VII. HIPÓTESIS.....	27
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	28
8.1. Lugar de Ejecución.....	28
8.2. Tipo y diseño de investigación.....	29
8.3. Variables.....	29
8.4. Matriz de consistencia	30
8.5. Muestreo.....	31
8.6. Procesamiento y análisis de datos	32
8.6.1. Colecta de datos	32
8.6.2. Procesamiento de muestra	35

8.7. Aspecto Ético.....	41
IX. RESULTADOS	42
9.1. Estimación en la edad de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	43
9.2. Crecimiento de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	46
9.3. Tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	51
9.4. Comparación interanual de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	52
9.5. Relación entre la anomalía de la temperatura superficial del mar y la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	54
X. DISCUSIÓN.....	59
10.1. Estimación en la edad de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	59
10.2. Crecimiento de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	60
10.3. Tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	60
10.4. Comparación interanual de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	61
10.5. Relación entre la anomalía de la temperatura superficial del mar y la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de <i>Spheniscus humboldti</i> “pingüino de Humboldt”	62
XI. CONCLUSIONES	64
XII. RECOMENDACIONES	65
XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
XIV. ANEXOS.....	73

RESUMEN

El desarrollo de los pichones durante la época de guardia parental puede reflejar las adaptaciones que tienen las especies a efectos adversos durante el ciclo reproductivo y/o las adaptaciones que pueden haber adquirido con el tiempo. El pingüino de Humboldt es un depredador tope endémico del Sistema de la Corriente de Humboldt, un lugar sujeto a fluctuaciones climáticas que condicionan la abundancia de alimento disponible para esta especie. En la presente investigación se estimó y comparó la tasa de crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* interanualmente y se determinó si existe relación con las anomalías de la temperatura superficial del mar entre 2000-2019.

Se analizaron aproximadamente 16000 registros de datos morfométricos durante los 20 años de estudio; éstos fueron ajustados a regresiones no lineales de la familia de las curvas logísticas. Se visualizó el aumento de peso y el crecimiento de las medidas morfométricas cada año para evaluar la variación interanual. Posterior al ajuste se analizó la tasa de aumento de peso diario y se correlacionó con la anomalía de la temperatura superficial del mar de las estaciones de verano y otoño.

De las medidas morfométricas evaluadas, los apéndices óseos muestran un desarrollo constante y con poca variación interanual durante el periodo de estudio, mientras que el peso fluctúa interanualmente. Se observa una correlación negativa no significativa con la anomalía de la temperatura superficial del mar, lo que implica que hay más factores externos que afectan al crecimiento.

Palabras clave: *correlación, pingüino de Humboldt, tasa de crecimiento, Sistema de la Corriente de Humboldt*

ABSTRACT

Chicks' development during the parental guarding moment may reflect adaptations that species have to adverse effects during the reproductive cycle and/or adaptations that they may have acquired over time. The Humboldt penguin is a top predator endemic of the Humboldt Current System, a place subject to climatic fluctuations that condition the abundance of food available to this specie. Therefore, in the present research we estimated and compared the growth rate of *Spheniscus humboldti* chicks interannually and determined if there is a relationship with sea surface temperature anomalies between 2000-2019.

Approximately 16000 morphometric data records were analyzed during the 20 years of study, these were fitted to non –linear regressions of the logistic curve family. Weight gain and growth rate of morphometric measurements were assessed each year to evaluate the interannual variation. The daily weight gain rate was then analyzed and correlated with the sea surface temperature anomaly of the summer and autumn seasons.

From the morphometric measurements evaluated, we observed a constant growth and with small interannual variation. In the other hand the weight fluctuated every year. Never the less we found a non-significant negative correlation between the weight gain and the summer sea surface temperature anomaly, which implies that more external factors influence growth.

Key words: *correlation, growth rate, Humboldt Current System, Humboldt penguin*

I. INTRODUCCIÓN

El sector norte del Sistema de la Corriente de Humboldt, que abarca la costa central y norte del Perú, es una de las zonas con más alta productividad secundaria cuando es comparado a otras zonas de afloramiento occidental (Bakun & Weeks, 2008). Este se ve sujeto a fluctuaciones climáticas a diversas escalas temporales (Chavez et al., 2008) que, a su vez, dependiendo de la intensidad, tienen un efecto en las especies marino costeras. (Paredes & Zavalaga, 1998).

En las aguas circundantes a Punta San Juan (PSJ) se encuentra la celda de afloramiento de mayor intensidad de toda la costa peruana (Bakun & Weeks, 2008) y alberga una de las colonias más grande de pingüinos de Humboldt del Perú (De La Puente et al., 2013). Esta especie muestra gran fidelidad a las locaciones de anidamiento (Schlosser et al., 2009, empero, frente a condiciones adversas, como la baja productividad de los océanos, pueden realizar largos viajes en búsqueda de alimento (Culik et al., 2000). Dadas estas características, los pingüinos podrían reflejar las condiciones de los procesos oceánicos locales mejor que cualquier otro grupo de ave marina (Trathan et al., 2015).

Desde el siglo pasado se incluyen a las actividades humanas como la pesca industrial y la extracción de guano como actividades con un impacto negativo a las poblaciones de pingüinos de Humboldt. (Hays, 1984; Paredes & Zavalaga, 2001; Trathan et al., 2015). Pero una falta de homogeneidad en las metodologías de censo entre Perú y Chile dificulta conocer un número confiable de individuos (De La Puente et al., 2013). A pesar de esto, las estimaciones realizadas en el 2009 indican una población de 48000 individuos (Schlosser et al., 2009), mientras que la evaluación más reciente de la especie, validada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se

ha estimado un total de 32000 individuos sexualmente maduros a lo largo de toda la distribución (Birdlife Internacional, 2018).

De este modo, la recolección de datos mediante los chequeos o revisiones directas de nidos durante la temporada reproductiva del pingüino de Humboldt en PSJ se realizan desde 1992 (Zavalaga & Paredes, 1997); durante las cuales se recolecta información de las medidas morfométricas, tanto de adultos como pichones en el tiempo mediante un seguimiento individual (Riveros Salcedo, 1999). Adicionalmente, se realiza el análisis de parámetros de crecimiento y de éxito reproductivo para poder entender las causas de las diferencias interanuales dentro de la colonia que pudieran ocurrir (Bussalleu, 2013; Castro Izaguirre, 2003).

En ese contexto, estudios anteriores demuestran que en la mayoría de años con eventos de El Niño Oscilación Sur (ENOS), generan un factor limitante para la supervivencia, reproducción y crecimiento para esta especie (Castro Izaguirre, 2003; Culik et al., 2000). En ese sentido, el presente estudio busca evaluar el aumento de peso en pichones de pingüinos de Humboldt en PSJ y la relación con la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) entre el 2000 y 2019.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo y crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* es un resultado de diferentes factores que pueden afectar la capacidad de los adultos en brindar alimento (Simeone et al., 2002) y a los cuidados parentales (Paredes & Zavalaga, 1998). La obtención de alimento por parte de los adultos depende de las variables intrínsecas (edad o experiencia de los padres) y extrínsecas (disponibilidad de alimento y condiciones ambientales). Actualmente, se sabe que la dieta del pingüino de Humboldt en Perú está compuesta por alrededor de 27 ítems presas, siendo los más predominantes la anchoveta y el pejerrey (Luna Donoso, 2016). Estas a su vez son las especies objetivo de la pesquería industrial peruana. Entre las variables ambientales, la anomalía de la temperatura superficial del mar podría servir como un buen indicador de las condiciones para el alta (anomalía negativa) o baja (anomalía positiva) disponibilidad de presas, lo cual se vería reflejado en el incremento o disminución del peso del pichón. Por estos motivos, surge la siguiente pregunta de investigación ¿Existe una relación negativa entre la tasa de crecimiento del peso en los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” y la anomalía de la temperatura superficial del mar?

III. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El sector norte del sistema de corriente de Humboldt (SCH), es caracterizado por ser la zona con mayor abundancia de biomasa (Bakun & Weeks, 2008); este ha sido aprovechado para la extracción masiva de *Engraulis ringens* “anchoveta”, utilizada en la producción de harina de pescado (Martinelli & Valqui Haase, 2016). Esta, es la principal especie consumida por aves guaneras como el pelícano, el guanay, el piquero (Passuni et al., 2016) y el pingüino de Humboldt (Chiu-Werner et al., 2019). La pesca tiene un efecto negativo en la abundancia de este recurso, repercutiendo en la obtención de energía por dichos depredadores, aumentando la tasa la mortalidad, disminuyendo el éxito reproductivo y las tasas de crecimiento en pichones (Barbraud et al., 2018).

Para evitar el daño a las poblaciones de las distintas especies durante los procesos extractivos, el Estado Peruano posee leyes desde la Constitución hasta las normas sectoriales en distintos organismos, como en el Decreto Supremo No 004-2014-MINAGRI, que establece la protección y conservación en todo el territorio nacional, priorizando a las especies silvestres amenazadas.

La recolección de data en silvestría busca obtener datos sin generar un impacto negativo a la especie estudiada; en el caso de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” los chequeos de nidos se realizan en intervalos de 7 a 15 días para evitar estrés a los adultos con pichones, por lo que hay momentos en los cuales no se cuentan con datos y se deben estimar en base a modelos matemáticos (Castro Izaguirre, 2003). En cambio, en cautiverio, existe la ventaja de mantener un registro diario del aumento de peso de pichones de pingüinos de Humboldt, dado que el alimento para los pichones está asegurado por la institución a cargo. Los registros provenientes de cautiverio en otras especies muestran tasas de crecimiento similares a pichones en silvestría, siempre que

son alimentadas ad libitum y con una dieta similar al consumo en silvestría (Benowitz-Fredericks et al., 2006; Lyons & Roby, 2011).

Para los adultos de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” existe un costo-beneficio entre el número de pichones que se pueden producir durante diferentes años y la condición corporal de estos. Este compromiso energético estará modulado por la edad o experiencia de los padres, vinculado a la disponibilidad de alimento y las condiciones ambientales (Riveros Salcedo, 1999). Debido a esto, una forma indirecta de evaluar la productividad de una colonia es estimando la tasa de crecimiento de los pichones, para lo cual se colectan diferentes medidas morfométricas. Diversos estudios en pingüinos han demostrado que el incremento diario del peso de los pichones durante el periodo de crianza sirve como un buen indicador para realizar comparaciones interanuales (Boersma et al., 1990; Frere, 1993). Luego una comparación entre la tasa de incremento de peso y las variables ambientales podría mostrar la capacidad de respuesta de una muestra de adultos reproductivos frente a las variaciones ambientales (Ricklefs, 1967a).

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Comparar la tasa de crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* “Pingüino de Humboldt” interanualmente entre los años 2000 al 2019 en Punta San Juan – Ica, Perú.

4.2. Objetivos específicos

- Estimar la edad de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”.
- Describir el crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” según las mediciones estructurales y peso a lo largo del periodo de guardia parental.
- Determinar la tasa de crecimiento (gr/día) de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”.
- Determinar si existen diferencias significativas entre años en la tasa de crecimiento (gr/día) de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”.
- Determinar si existe relación entre la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar y la tasa de crecimiento (gr/día) de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. PINGÜINO DE HUMBOLDT

5.1.1. Posición Sistemática

Clase: Aves

Subclase: Neornithes

Superorden: Neognathae

Orden: Sphenisciformes

Familia: Spheniscidae

Género: *Spheniscus*

Especie: *Spheniscus humboldti* (Meyen, 1834)

Nombre común: pingüino de Humboldt, pájaro bobo, pájaro niño, pachanca, patranca. (De La Puente et al., 2013)

5.1.2. Características

El pingüino de Humboldt es un pingüino de tamaño mediano (65 centímetros de alto), de plumaje de color blanco y negro. Se caracteriza por tener la base del pico un área sin plumas de color rosa y solo cuenta con una banda negra en el pecho (BirdLife Internacional, 2018). Los machos de esta especie suelen ser ligeramente más grandes que las hembras. (Zavalaga & Paredes, 1997)

5.1.3. Distribución

El pingüino de Humboldt es endémico de las áreas frías y ricas de nutrientes del Sistema de la Corriente de Humboldt (Culik et al., 2000; Hays, 1984), debido a la relación con grandes concentraciones de peces pelágicos (Riveros Salcedo, 1999).

Se han descrito 60 colonias dentro de toda la distribución, desde el norte en Isla Foca-Perú, hasta el sur en Metalqui-Chile (De La Puente et al., 2013).

5.1.4. Crecimiento y desarrollo

El proceso del crecimiento abarca desde la fecundación hasta que se alcanza casi el tamaño de un adulto; en el caso de las aves, se caracterizan por dos periodos: el desarrollo embrionario dentro del huevo y el crecimiento postnatal, a partir de la eclosión (Riveros Salcedo, 1999). El pingüino de Humboldt como la mayoría de las aves marinas pelágicas, tienen un modo de crecimiento semi altricial (Culik et al., 2000). Este, caracteriza al pichón por tener los ojos cerrados, sin capacidad de movimiento dirigido y son totalmente dependientes del aporte de alimento proporcionado por los padres durante la primera semana de recién nacido (Riveros Salcedo, 1999).

Las hembras de la especie ponen regularmente dos huevos con una diferencia de 2 a 3 días entre ambos y los incuban por un periodo aproximadamente de 40 y 42 días (De La Puente et al., 2013; Hays, 1984), finalizado el tiempo de incubación, el primer huevo, suele ser el primero en nacer y por tanto presentará una ventaja sobre su hermano (Riveros Salcedo, 1999). Ambos padres se turnan para salir en búsqueda de alimento, estos turnos tienen una variación de entre 6 horas a 4 días dependiendo del estadio de la nidada (Chiu-Werner et al., 2011; Taylor et al., 2002).

El periodo de crianza o época de guardia de los pichones se caracteriza por su alta variación interanual, oscilando entre 45 a 54 días, aunque se observa que muchas parejas retornan al nido hasta que finalmente el pichón lo abandona definitivamente (Castro Izaguirre, 2003). Los pichones abandonan el nido con una edad aproximada de 72 a 75 días, aunque también se han observado pichones de hasta 80 días (Riveros Salcedo, 1999).

La forma en la cual los pichones se desarrollan durante el periodo postnatal da a conocer las adaptaciones y el desempeño individual (Gownaris & Boersma, 2021; Ricklefs, 1967a). Puede ser descrito a través de ecuaciones matemáticas que caracterizan la forma, magnitud y tasa de crecimiento (Ricklefs, 1967a). Cuando un pichón nace, pesa en promedio 72 gramos, pero al abandonar el nido su peso varía entre 3300 y 4100 gramos (De La Puente et al., 2013). Para la mayoría de especies de aves el crecimiento es asintótico y progresivamente más rápido hacia el final del periodo de atención parental (Luna-Jorquera et al., 2003; Ricklefs, 1984).

5.1.5. Situación de conservación

El pingüino de Humboldt se encuentra desde 1981 en el Apéndice I (“especies en peligro de extinción”) de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) la cual regula el comercio internacional debido a que existen una mayor cantidad de amenazas sobre esta especie. A partir del año 2000, se encuentra categorizado en la lista roja de especies en peligro de la UICN bajo estado “Vulnerable” por el deterioro del hábitat de anidación, competencia y captura accidental de la pesquería y caza directa por pescadores; y dentro de la normativa peruana, el Decreto Supremo 004-2014-MINAGRI, esta especie se encuentra dentro de la categoría “En peligro”.

A pesar de su categorización como “Vulnerable” y de la protección en la que se encuentra el pingüino de Humboldt, el número de individuos y el número de colonias reproductivas están disminuyendo. Como prueba de esto, en el 2013 se contabilizaron alrededor de 60 colonias repartidas entre Perú y Chile, de las cuales para el 2018 solo se registraron aproximadamente 49 (BirdLife Internacional, 2018; De La Puente et al., 2013).

5.1.6. Amenazas

Las principales amenazas del pingüino de Humboldt en el siglo pasado eran la matanza por carne y piel, captura como mascotas y zoológicos, pescados incidentalmente en redes y sobrepesca (Hays, 1984). La degradación o pérdida del hábitat es un problema recurrente en todas las especies, en el caso del pingüino de Humboldt la extracción de guano en y/o cerca a la zona de anidamiento genera un efecto negativo (Paredes & Zavalaga, 2001).

Además, las aves guaneras que habitan dentro del SCH dependen de la abundancia o accesibilidad a la anchoveta (Barbraud et al., 2018), en el caso del pingüino se asume que puede existir una competencia por comida ya que la evidencia directa es escasa (Trathan et al., 2015).

Al conjunto de actividades antropogénicas que pueden tener un impacto dentro de la población de esta especie, de manera directa o indirecta, las condiciones oceanográficas, como eventos ENOS, regulan el número individuos que podemos encontrar dentro de la población (Culik et al., 2000).

5.1.7. Importancia

Los pingüinos y sus poblaciones potencialmente pueden reflejar las condiciones de los procesos oceánicos locales o regionales mejor que cualquier otro grupo de aves ya que son sensibles a la variabilidad natural y el cambio de la producción oceanográfica, incluso los cambios inducidos por las actividades humanas (Trathan et al., 2015). En el caso del pingüino de Humboldt se ha observado que, en condiciones ENOS, se alejan de sus colonias en busca de mejores condiciones para alimentarse (Culik et al., 2000).

5.2. CORRIENTE DE HUMBOLDT

5.2.1. Características y Distribución

El Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH) representa un 65% del ecosistema marino de Humboldt y está bajo la influencia del afloramiento costero entre los 4° y 40° latitud sur (Gutiérrez, Akester, & Naranjo, 2016). El afloramiento costero o también denominado surgencia, es el responsable de la alta productividad biológica en el SCH (Montecino & Lange, 2009), haciéndolo uno de los más productivos en el mundo (Bakun & Weeks, 2008).

5.2.2. Variaciones

El SCH se ve afectado por El Niño – Oscilación del Sur (ENOS), este es un evento meteorológico y oceanográfico que ocurre en intervalos regulares (2 – 7 años) en el Pacífico Tropical Oriental, alterando radicalmente la variabilidad normal y estacional de las condiciones marinas (Ono & Trillmich, 1991).

El ENOS es caracterizado por condiciones anómalas en la atmósfera y el océano, donde aumenta la ATSM a lo largo de la costa de Perú y Ecuador (Pauly, Muck, Mendo, & Tsukayama, 1989). Este aumento disminuye la productividad primaria, influenciando la abundancia de la anchoveta (Bouchon et al., 2010; Oliveira, Darsie Fraga, & Majluf, 2012), principal producto de extracción en la economía y de consumo de los predadores superiores marinos. Por otro lado, el evento La Niña se caracteriza por variaciones negativas en las ATSM, indicando un enfriamiento de las aguas que bañan la costa (Takahashi, Mosquera, & Reupo, 2012).

VI. ANTECEDENTES

6.1. Tasa de crecimiento

En la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta San Juan, Riveros (1999) reportó un promedio de 75.35 gr/día y 77.66 gr/día para los años 1985 y 1986 respectivamente. En el mismo estudio menciona que el orden de nacimiento y el tamaño de la nidada influyen en este parámetro. Posteriormente, Castro (2003) reportó, para el mismo parámetro, 54 gr/día, 68 gr/día, 66 gr/día y 66 gr/día para los años 2000 al 2003. En este caso, debido a la poca cantidad de individuos, no se consideró los efectos aleatorios mencionados por Riveros (1999).

Dentro del género Spheniscidae, (Heath & Randall, 1985) evaluaron como la dieta en los pichones de *Spheniscus demersus* “pingüino africano” afecta la velocidad de ganancia de peso. Observaron que una dieta restringida a solo calamares disminuye la tasa de crecimiento y genera una mayor estancia de los pichones dentro del nido, retrasando la independencia de volantones. Mientras que una dieta rica en anchovetas mantiene un crecimiento constante en los pichones.

En Boersma (1990) se analizaron por 5 años consecutivos, de 1983 a 1988, las medidas recolectadas de pichones de *Spheniscus magellanicus* “pingüino de Magallanes” en Punta Tombo, Argentina. Menciona que durante años de bajo éxito reproductivo y la tasa de crecimiento de los pichones podría estar relacionado a poca disponibilidad de alimento y condiciones pobres para la crianza exitosa.

En el caso del “*Pygoscelis antarctica*” pingüino barbijo (Moreno et al., 1998) se realizó la comparación entre nidadas dobles y simples durante los años 1993 y 1994. Los autores encontraron que las medidas de la aleta y pico a diferentes edades eran mayores en los pichones de nidadas simples, por lo que concluyen que el número de pichones dentro del nido tiene un efecto en la tasa de crecimiento en esta especie.

6.2. Estimación de edad

En el caso de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” (Riveros Salcedo, 1999) y *Spheniscus magellanicus* “pingüino de Magallanes” (Gownaris & Boersma, 2021) se requirió de mayor esfuerzo durante los chequeos de nido para poder encontrar a los pichones recién nacidos y/o tener un margen de error de uno o dos días.

Una opción para disminuir el esfuerzo de muestreo que algunos autores proponen es usar medidas morfométricas para estimar la edad (Lyons & Roby, 2011, Heath & Randall, 1985). Heath & Randall (1985) utilizaron la regresión del crecimiento de culmen versus la edad para estimar las edades de los pichones utilizados en la evaluación del efecto de dietas en el *Spheniscus demersus* “pingüino africano”. En sus resultados se observa que, a pesar de tener una dieta restringida, los pichones en cautiverio mantuvieron un crecimiento similar a los silvestres.

VII. HIPÓTESIS

Existe una relación negativa entre la tasa de crecimiento (gr/día) diario de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” y la anomalía de la temperatura superficial del mar.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Lugar de Ejecución

El presente estudio fue realizado dentro del Area Natural Protegida (ANP) “Punta San Juan”. Esta ANP pertenece a la Reserva Nacional de Islas, Islotes y Puntas Guaneras desde el 31 de diciembre del 2009. Se encuentra ubicada en la provincia de Nazca, departamento de Ica.

Esta ANP abarca 54 hectáreas de tierra y se encuentra protegida por un muro de concreto que evita la entrada de depredadores terrestres. Se encuentra dividida en 20 playas, 10 Norte y 10 Sur, para poder realizar fácilmente un seguimiento de las diferentes especies ubicadas. El chequeo de nidos para la recolección de datos de morfométricos de pichones y adultos se realizó en las playas S4 y S5.

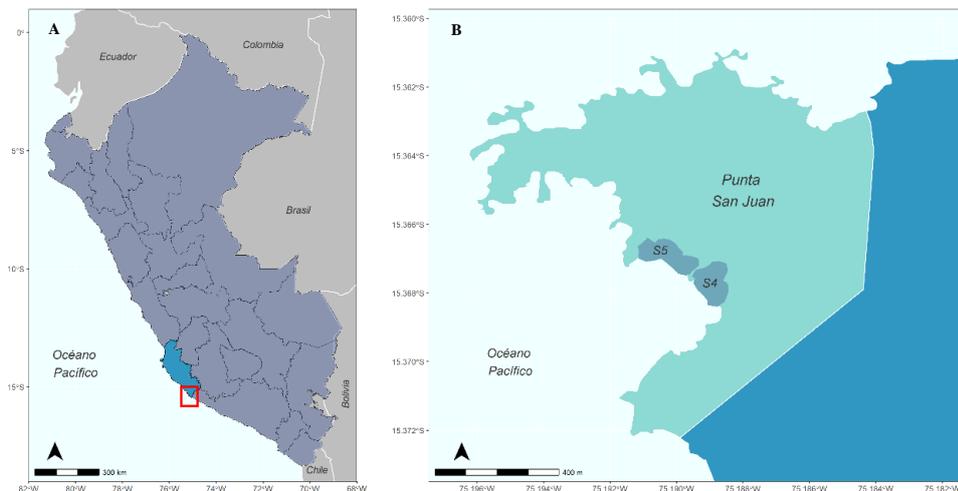


Figura 1. (A) Mapa del Perú con recuadro rojo enmarcando el ANP Punta San Juan en el departamento de Ica y (B) Mapa de Área Natural Protegida Punta San Juan con las playas S4 y S5 delimitadas.



Fotografía 1. *Playa S5 – Punta San Juan, Ica - Perú*

8.2. Tipo y diseño de investigación

El tipo de estudio fue correlacional y el diseño fue longitudinal de tendencia, ya que se busca ver el efecto negativo que tendría la Anomalía de la Temperatura superficial del Mar sobre la ganancia de peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” durante todo el periodo de estudio, de los años 2000 al 2019.

8.3. Variables

Independiente: Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

Dependiente: Tasa de ganancia de Peso (gr/día) de los pichones de *Spheniscus humboldti*

8.4. Matriz de consistencia

Tabla 1. *Operacionalización de las variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión o nivel de medición	Indicadores	Ítems
Anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM)	Parámetro oceanográfico. Es la diferencia entre el valor observado de la temperatura superficial del mar y el valor promedio.	Por medio del mareógrafo compacto-DATAMAR 2000, perteneciente a la Dirección de Hidrografía y Navegación de la marina de guerra, se recolectó la Temperatura Superficial del mar	Anomalía de la temperatura Superficial del mar en grados Celsius.	Diferencia del promedio mensual de la temperatura superficial del mar y el promedio de dos décadas de la temperatura superficial del mar para cada mes .	>1.5 °C >1.0 °C >0.5 °C 0 °C -0.5 °C > -1.0 °C > -1.5 °C >
Medidas morfométricas y peso	Características de los individuos, en relación directa al aumento de acuerdo a la edad.	Por medio de un vernier y una balanza romana con resorte y/o balanza digital se registran las medidas morfométricas y el peso de los individuos de manera periódica.	Tasa de crecimiento (gr/día o cm/día) diario durante el periodo de cuidado parental.	Aumento en centímetros por día o ganancia de gramos por día.	>0.2 cm/día >0.1 cm/día y/o >70 gr/día >65 gr/día >60 gr/día

8.5. Muestreo

Los datos de los pichones de pingüino de Humboldt criados en cautiverio fueron proveídos por el Zoológico de Saint Louis. Estos datos fueron recopilados por los trabajadores del zoológico entre los años 2007 al 2019. La toma del peso se realizó de acuerdo al manual de manejo de la Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA Penguin Taxon Advisory Group, 2014).

Las fichas de chequeo de nido y fotografías corresponden al Programa Punta San Juan del Centro para la sostenibilidad Ambiental de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Del año 2000 al 2019 se realizó el chequeo de nidos cada 4-15 días a cargo del coordinador de campo y los diferentes pasantes y/o voluntarios en las diferentes temporadas.

Los datos de la Temperatura Superficial del Mar a escala mensual fueron recolectados por la Dirección de Oceanografía y Navegación de la Marina de Guerra de Perú. Estos datos fueron recopilados y almacenados en la base de datos del Programa Punta San Juan.

8.6. Procesamiento y análisis de datos

8.6.1. Colecta de datos

El pingüino de Humboldt coloca huevos entre marzo y diciembre, sin embargo, hay dos momentos principales o picos significativos de puesta de huevos. Durante el periodo reproductivo se mantiene un seguimiento directo de los nidos ubicados en la playa S4 y S5 dentro del ANP Punta San Juan. La toma de datos se realiza cada 4 a 15 días. Cada nido presenta una codificación única, la cual permite su identificación en las revisiones posteriores, con el mismo procedimiento mencionado por Zavalaga & Paredes (1997).

En cada seguimiento de nido se registró el número de individuos y la estructura etaria; se diferenció a los pichones mediante bandas de cinta filamentosas, en la cual se anotaba el número del nido y el orden de nacimiento, se denominó “A” al primero en nacer y “B”, al segundo; la finalidad de retirar a los pichones de los nidos fue realizar un registro biométrico y el peso de los pichones, como:

- Peso, registrado mediante una balanza digital o una balanza romana de resorte
- Longitud y ancho del pico, con un vernier.
- Largo de la narina, de igual manera con un vernier.
- Largo de la aleta y largo de la pata, mediante una regla de metal con tope



Fotografía 2. *Medición de la aleta a pichón de pingüino de Humboldt*

La base de datos física fue procesada y digitalizada mediante las herramientas de datos REDCap alojadas en los servidores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. REDCap (*Research Electronic Data Capture*) es una plataforma basada en la web y diseñada para apoyar el almacenamiento de datos para estudios de investigación (Harris et al., 2009, 2019).

Durante el periodo de estudio se revisaron 107 ± 64.4 nidos y se observaron 79 ± 54.04 pichones en promedio para cada año (Figura 2 y Figura 3).

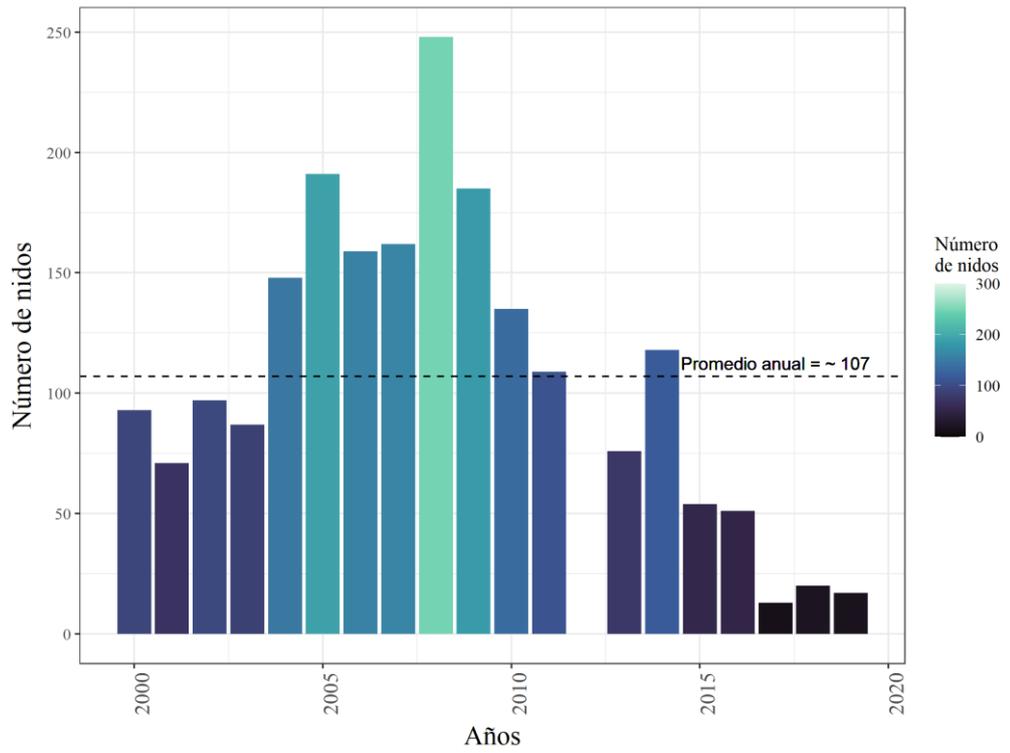


Figura 2. *Número de nidos ocupados para cada año evaluado en el área de estudio*

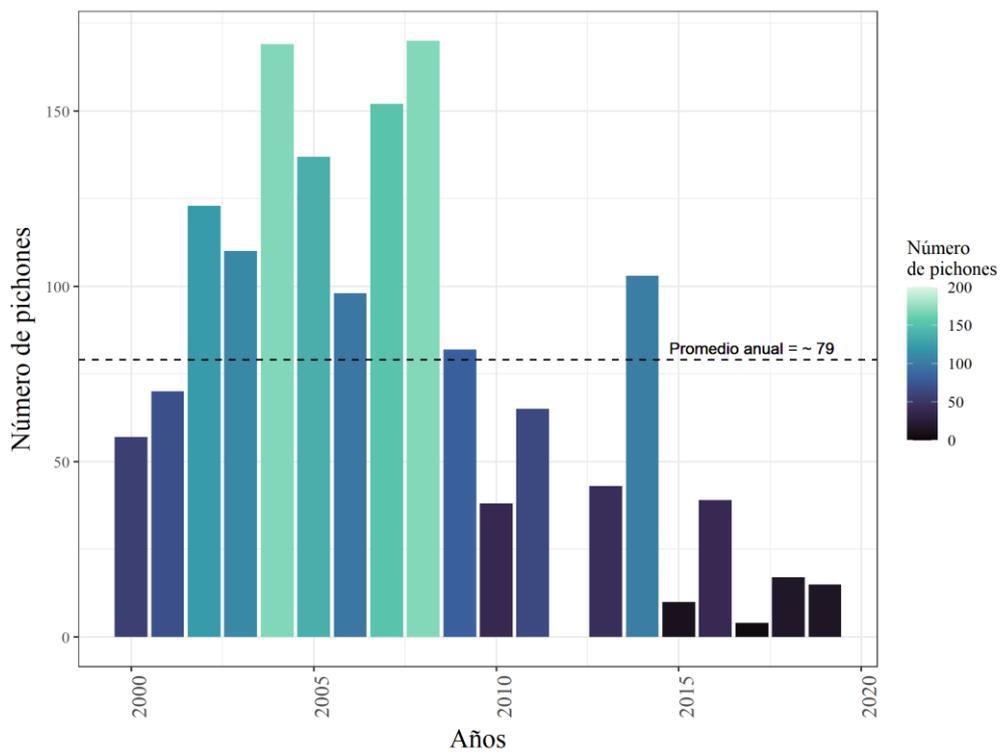


Figura 3. *Número de pichones observados para cada año evaluado en el área de estudio*

8.6.2. Procesamiento de muestra

8.6.2.1. Selección de muestra

A partir de la base de datos digitalizada se realizó una selección de nidos para disminuir la variabilidad presente en la población de estudio.

Se seleccionaron solo los nidos exitosos cuyos pichones fueron observados por primera vez hasta el 31 de mayo de cada año, en estas fechas se da el primer intento reproductivo dentro del ciclo anual de esta especie (Figura 4). Además, se definió como nido exitoso cuando al menos un pichón dentro del nido alcanzó el peso de 2000 gramos.

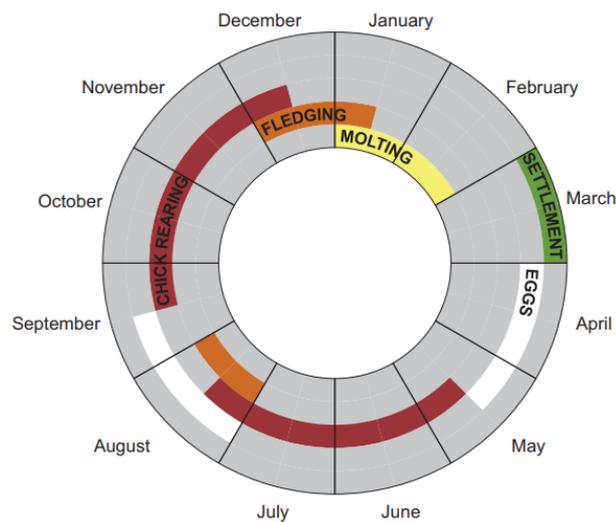


Figura 4. *Ciclo anual de Spheniscus humboldti “pingüino de Humboldt”*

Fuente: De La Puente et al., (2013) “Annual cycle of Humboldt penguin”

8.6.2.2. Estimación de la edad de los pichones de *Spheniscus humboldti* “Pingüino de Humboldt” en silvestría

Los pichones exitosos no siempre fueron observados por primera vez el día en el cual eclosionan o no cuentan con características que ayuden a determinar el tiempo transcurrido desde el momento de la eclosión. En algunos casos, los pichones se observaron durante la primera o segunda semana luego de nacidos, lo que reduce la muestra disponible, dado que se busca estimar la tasa de gramos por día desde su nacimiento. En estos casos, para poder estimar la edad de los pichones en silvestría, se realizó una comparación del primer peso registrado de cada individuo durante el chequeo de nidos, con la base de pesos promedios diarios de los pingüinos de Humboldt criados en cautiverio para estimar el tiempo transcurrido desde la eclosión.

Debido a las posibles variaciones por las condiciones presentes dentro del área de estudio, solo se seleccionaron a los pichones cuyas edades estimadas fueron menor o igual a 15 días, ya que es durante estas primeras dos semanas que el aumento de peso es lento y escalonado y la variación es menor a la observada durante la etapa de crecimiento rápido (de la semana dos a la semana siete).

Para comprobar la similitud entre ambas muestras, se realizó una comparación de medias semanales de las medidas de Aleta, Culmen y Pata entre los pichones cuyas edades fueron estimadas a partir de los pesos de cautiverio y aquellos pichones que fueron observados al momento de eclosionar. Se compararon solo estas medidas porque son estructuras que varían menos durante el periodo de guarda

parental, ya que se ha observado que mantienen un crecimiento constante a pesar de las condiciones en años adversos (Gownaris et al 2021; Heath & Randall, 1985).

Con el fin de tener una media representativa para cada año, se utilizaron sólo aquellos años que contaran con un mínimo de 3 observaciones.

8.6.2.3. Descripción del crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt” según las mediciones estructurales y peso a lo largo del periodo de guardia parental

La caracterización del crecimiento de las cuatro medidas evaluadas fue basada en lo descrito por Ricklefs (1967b) y evaluado para *Spheniscus humboldti* por Riveros Salcedo (1999). Cada una de las medidas fue ajustada tomando en consideración el tipo de curva previamente estudiada.

La caracterización se hizo ajustando los datos de todos los pichones en conjunto para tener una media de crecimiento para la especie y también se hizo un modelo ajustado a cada año para observar el ajuste y variación entre ellos.

En el caso de Peso, se utilizó la fórmula general de Gompertz (1). Esta fórmula es parte de la familia de las curvas logísticas, pero se caracteriza por tener un mejor ajuste a las semanas iniciales, momento en el cual la pendiente de la curva tiene una menor inclinación.

$$(1) \quad W = A * e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 t}}$$

Donde:

W = *Peso en el tiempo*

A = *Asíntota de la curva*

β_1 = *Constante*

β_2 = *Proporción de crecimiento con respecto a la Asíntota*

Mientras que, para el resto de medidas recolectadas, Aleta, Culmen y Pata, se utilizó la fórmula general de curva logística (2).

$$(2) \quad W = \frac{A}{1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 * t)}}$$

Donde:

W = *Peso en el tiempo*

A = *Asíntota de la curva*

β_1 = *Constante*

β_2 = *Proporción de crecimiento con respecto a la Asíntota*

En ambos casos se determinó el valor de la Asíntota con el valor promedio obtenido para cada medición de los adultos observados durante el periodo de estudio.

8.6.2.4. Determinación de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “Pinguino de Humboldt”

La tasa de crecimiento del peso para los diferentes años evaluados se realizó a partir de una regresión lineal de los datos recopilados

dentro del periodo de crecimiento rápido, entre la semana dos y la semana siete.

Se seleccionaron solo los años que poseían más de cinco individuos registrados y que poseían más de 4 registros durante este periodo de crecimiento para tener un mínimo de repeticiones.

8.6.2.5. Determinación de la diferencia interanual de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso

El modelo de regresión lineal previamente realizado permite determinar el punto de ganancia máxima durante todo el desarrollo del pichón del pingüino de Humboldt. Este dato se ve reflejado en la pendiente de la regresión lineal.

8.6.2.6. Determinación de la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar

Los datos recopilados por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la marina de guerra fueron utilizados para determinar la climatología de la zona de estudio y la anomalía de la temperatura superficial del mar.

Se seleccionó solo los años de estudio (2000-2019) para hallar todas las variables previamente mencionadas con relación a la Temperatura Superficial del Mar.

La anomalía de la temperatura superficial del mar fue determinada al momento de ver la diferencia entre el valor de temperatura

climatológica de cada mes dentro del tiempo de estudio y la temperatura observada del mismo mes.

8.6.2.7. Determinación de la relación entre la tasa de crecimiento (gr/día) del peso y la anomalía de la temperatura superficial del mar

Utilizando la media de crecimiento de los pichones de pingüino de Humboldt de todos los años seleccionados y sus respectivos valores de anomalía de la temperatura superficial del mar, se evaluó la correlación positiva o negativa mediante pruebas estadísticas.

8.6.2.8. Análisis estadístico

Se realizaron los análisis exploratorios examinando la normalidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk, cuando la muestra tuvo menos de 50 repeticiones, y de Lilliefors, cuando la muestra tuvo más de 50 repeticiones.

Si los datos se ajustaban para una prueba paramétrica, se empleó la prueba de Barlett; si fuese pruebas no paramétricas, se empleó la prueba de Wilcoxon.

Para determinar la relación entre el aumento de peso en pichones de *Spheniscus humboldti* y la anomalía de la temperatura superficial del mar se empleó la prueba de correlación de Pearson.

Todas las pruebas se realizaron en el programa RStudio 4.0.2 (2020)

8.7. Aspecto Ético

El trabajo requirió de la presentación del acuerdo titulado “Acuerdo de Autorización de Uso de Datos Técnicos del programa Punta San Juan” (CAR - CSA - API-Dat - 010 - 2020) para la obtención de datos históricos de las medidas morfométricas y pesos de pichones del pingüino de Humboldt, la serie de la Temperatura Superficial del Mar y de la misma manera al Zoológico de Saint Louis. Los datos utilizados para observar la Temperatura Superficial del Mar y para hallar la Anomalía de Temperatura Superficial del Mar en cada mes provienen de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú colectado en San Juan de Marcona y al récord que mantiene el Programa Punta San Juan. Para realizar la colecta de información de *Spheniscus humboldti* el Programa Punta San Juan cuenta con el convenio de cooperación interinstitucional titulado “Convenio Específico de Cooperación Interinstitucional entre el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado y la Universidad Peruana Cayetano Heredia” para la recolección de datos de monitoreo y manejo de fauna dentro del ANP Punta San Juan.

IX. RESULTADOS

La base digitalizada contó con 16 131 datos que agrupaban un total de 1878 nidos registrados entre el periodo 2000 al 2019. Durante el 2012 no se recolectaron medidas morfométricas de pichones en el área de estudio, por lo que no se cuenta con información para ese año. (Anexo 2)

Tabla 2. *Número de nidos y pichones evaluados*

<i>Año</i>	<i>Número de nidos evaluados</i>	<i>Número de pichones evaluados</i>
2000	1	2
2001	4	8
2002	5	7
2003	7	12
2004	20	32
2005	14	21
2006	10	17
2007	13	23
2008	4	5
2009	5	7
2011	1	2
2014	3	6
Total	87	142

Los nidos exitosos para este periodo de tiempo durante todo el ciclo anual del pingüino de Humboldt fueron solo 411, lo que representa un 20% del total de nidos evaluados. De los nidos exitosos solo se seleccionó una muestra de 87 nidos (Tabla 2), equivalente al 34% de los nidos exitosos.

9.1. Estimación en la edad de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

En total se estimó la edad de 142 pichones al comparar el peso recolectado de los pichones en silvestría con el peso promedio de los pichones criados en cautiverio. Además, se logró registrar el día de eclosión de 22 individuos durante todo el periodo de estudio.

Al comparar el crecimiento entre la base de cautiverio y silvestría, solo se utilizaron los años 2004 y 2005 debido a que en estos años está el mayor número de pichones observados, 16 de los 22 reportados. Se comparó la media semanal de las medidas de los pichones de los años 2004 y 2005 con el fin de comparar la media de Aleta, Culmen y Pata en cada semana entre los pichones de edad estimada ($n=34$) y observada ($n=16$).

Tabla 3. Número de nidos y número de pichones comparados

Año	N. nidos evaluados	Nidos		Pichones	
		<i>N. estimados</i>	<i>N. observados</i>	<i>N. estimados</i>	<i>N. observados</i>
2004	19	12	7	17	13
2005	13	11	2	17	3

En el caso de la Aleta se utilizó la prueba de Wilcoxon ($p > 0.05$) para comparar de la semana uno a la semana diez. Solo se encontró diferencia significativa ($p = 0.014$) al comparar las medias en la semana tres.

Para el Culmen se realizó la prueba de Barlett ($p > 0.05$) al momento de comparar las medias de la semana uno y dos. Para el resto de semanas se utilizó la prueba de Wilcoxon ($p > 0.05$). De igual manera que la Aleta, solo se encontró diferencia significativa al comparar las medias en la semana tres ($p = 0.036$).

Finalmente, en la comparación de medias semana a semana de la Pata, se encontró un resultado similar que en las medidas anteriores. La comparación de medias se evaluó con la prueba de Wilcoxon ($p > 0.05$) y solo en la semana tres se encontró una diferencia significativa ($p = 0.03$)

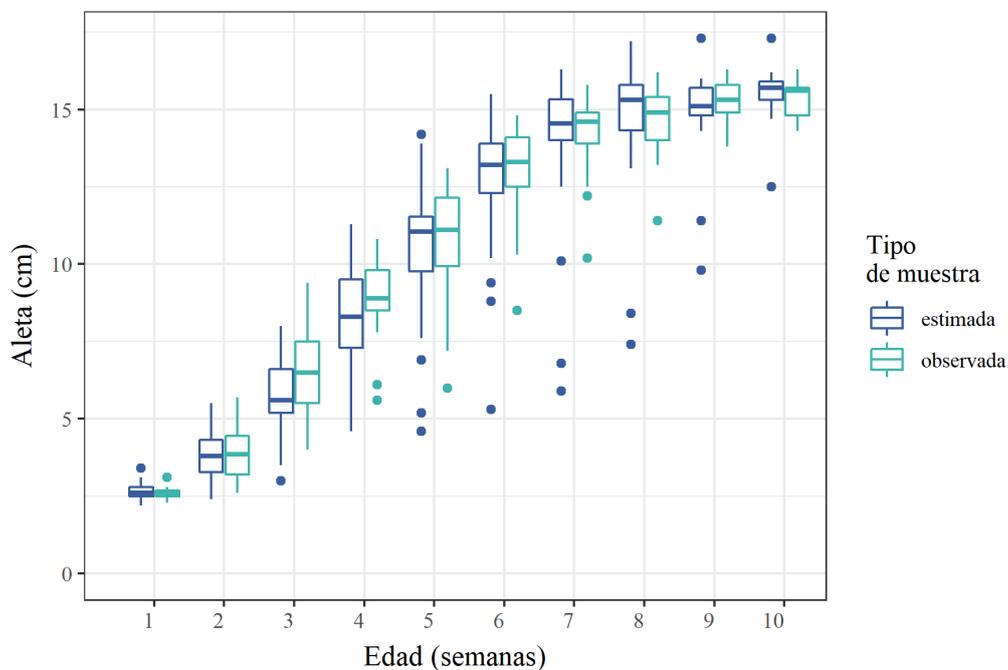


Figura 5. Variación semanal de la media de la Aleta en centímetros para pichones con edad observada y estimada.

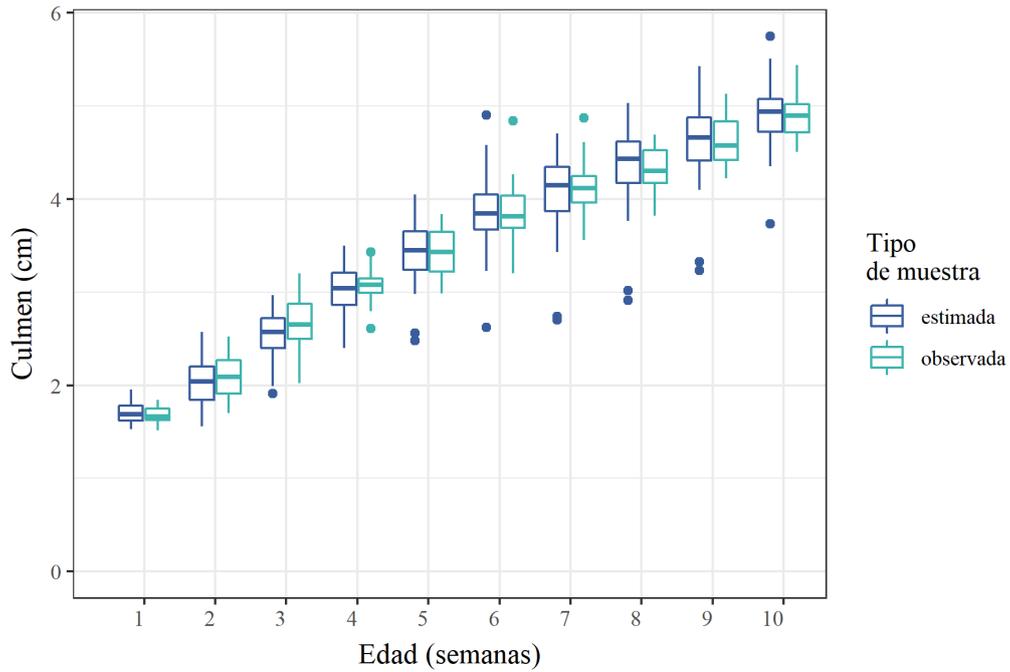


Figura 6. Variación semanal de la media del Culmen en centímetros para pichones con edad observada y estimada

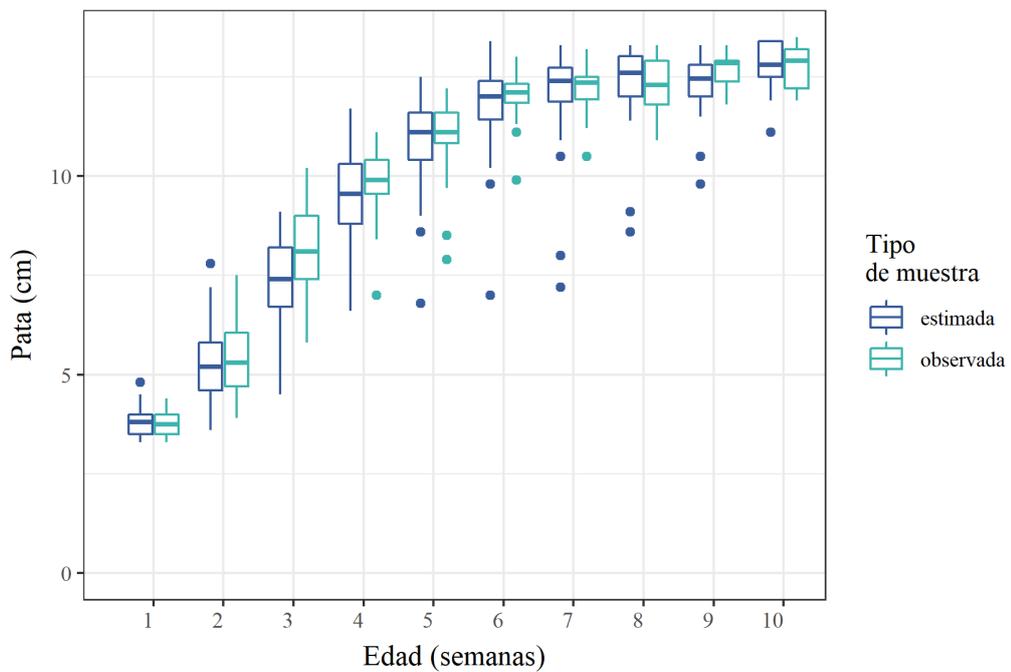


Figura 7. Variación semanal de la media de la Pata en centímetros para pichones con edad observada y estimada

9.2. Crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Utilizando las medidas recolectadas de los 182 individuos evaluados se generaron las curvas de ajuste de acuerdo a cada fórmula previamente mencionada. Los valores de las asíntotas de cada medida se hicieron con respecto a las medidas recolectadas de los adultos ($n=476$) en los distintos años. El ajuste a las curvas fue mayor al 90 % en todas las medidas (Tabla 5, Figuras 8-11).

Tabla 4. *Medidas promedio de adultos y su desviación estándar*

<i>Medida</i>	<i>Promedio</i>	<i>DS</i>
Aleta	15.54 cm	0.78
Culmen	6.19 cm	0.40
Pata	12.49 cm	1.37
Peso	4225.32 gr	502.12

Tabla 5. *Ajuste de los valores de las curvas a las medidas estudiadas*

<i>Medida</i>	<i>Asíntota</i>	$\beta 1$	$\beta 2$	r^2
Aleta	15.91	2.43	0.66	0.94
Culmen	5.29	1.13	0.35	0.93
Pata	12.67	1.72	0.72	0.92
Peso	4074.26	4.92	0.34	0.91

Se observa que las medidas de la Aleta y Pata logran sobrepasar la barra de la asíntota, demarcada por el valor promedio de las mismas medidas para el caso de los adultos (Figura 8 y Figura 10). Mientras que, en el caso del Peso, pocos son los individuos que logran alcanzar este valor (Figura 11). En el caso del Culmen, la distribución de las medidas no alcanza este valor (Figura 9). Tanto el Peso como el Culmen son medidas que siguen su desarrollo una vez culminado el período de guardia parental.

Para cada año muestreado se realizó la media del valor de la asíntota alcanzado en cada una de las medidas recolectadas (Anexo 4). Se observa que la medida Pata es la que tiene variación, seguida por la Aleta y el Culmen. El Peso es en el que se observa mayor variación en todos los años estudiados (Figura 12).

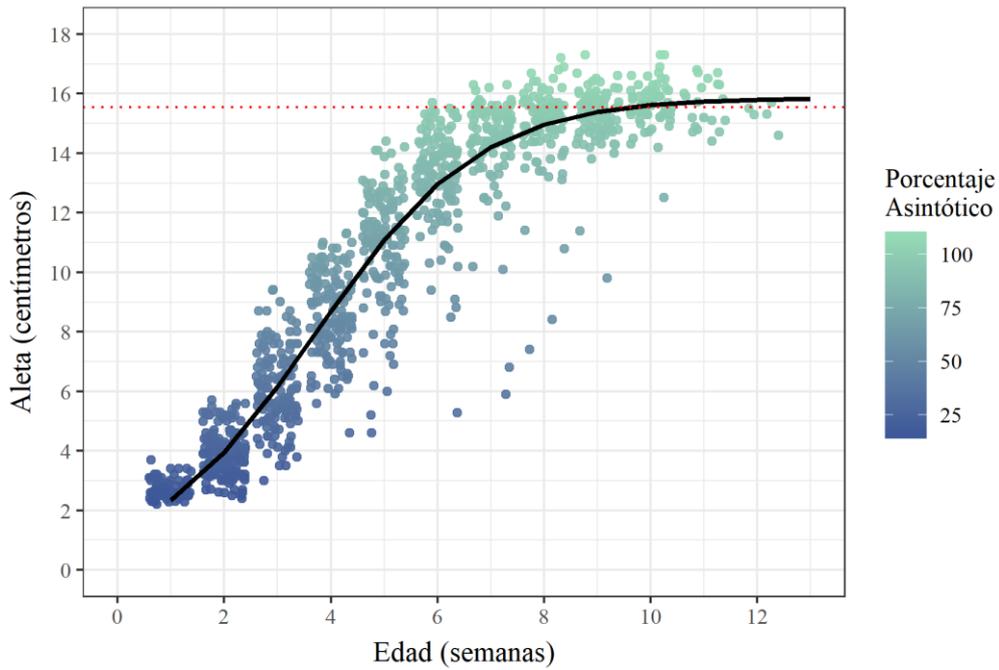


Figura 8. Curva de crecimiento semanal de la medida de Aleta en centímetros. De rojo el valor asintótico utilizado para el ajuste de la curva.

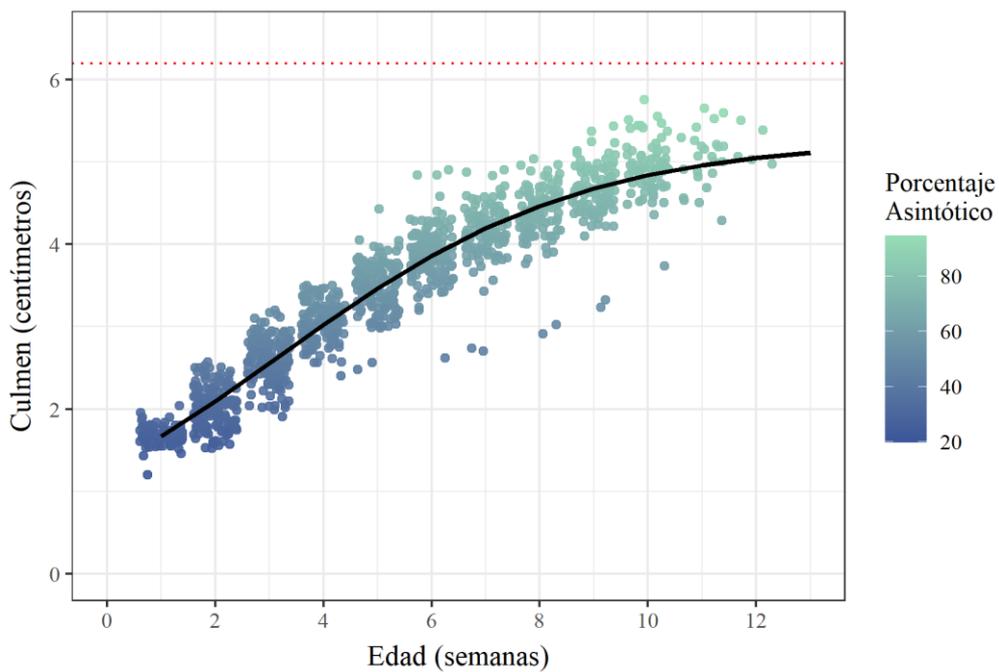


Figura 9. Curva de crecimiento semanal de la medida de Culmen en centímetros, mostrando el valor asintótico utilizado para el ajuste de la curva (rojo).

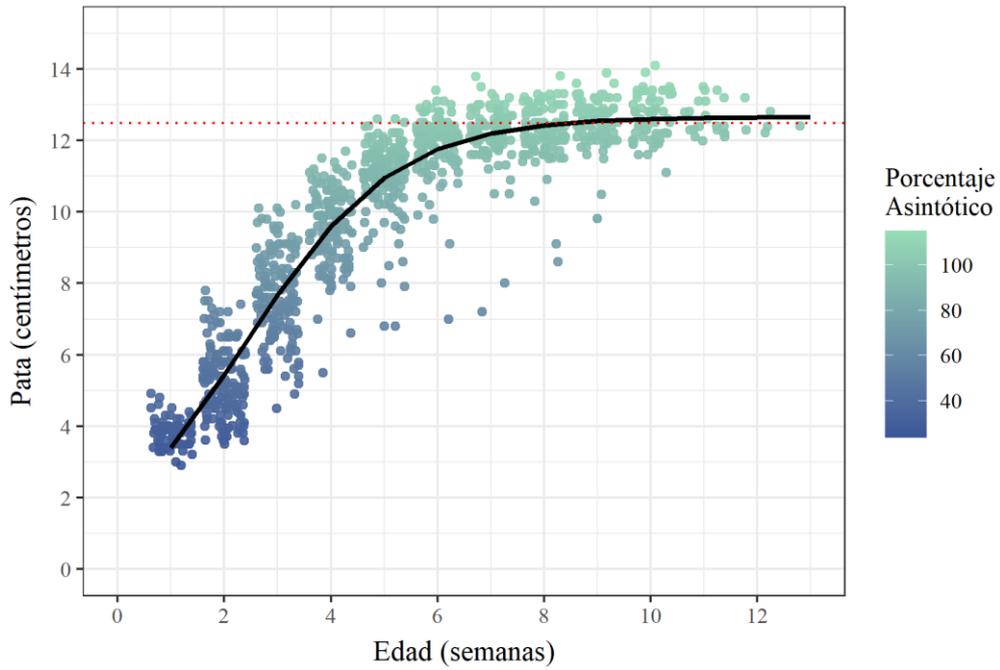


Figura 10. Curva de crecimiento semanal de la medida de Pata en centímetros, mostrando el valor asintótico utilizado para el ajuste de la curva (rojo).

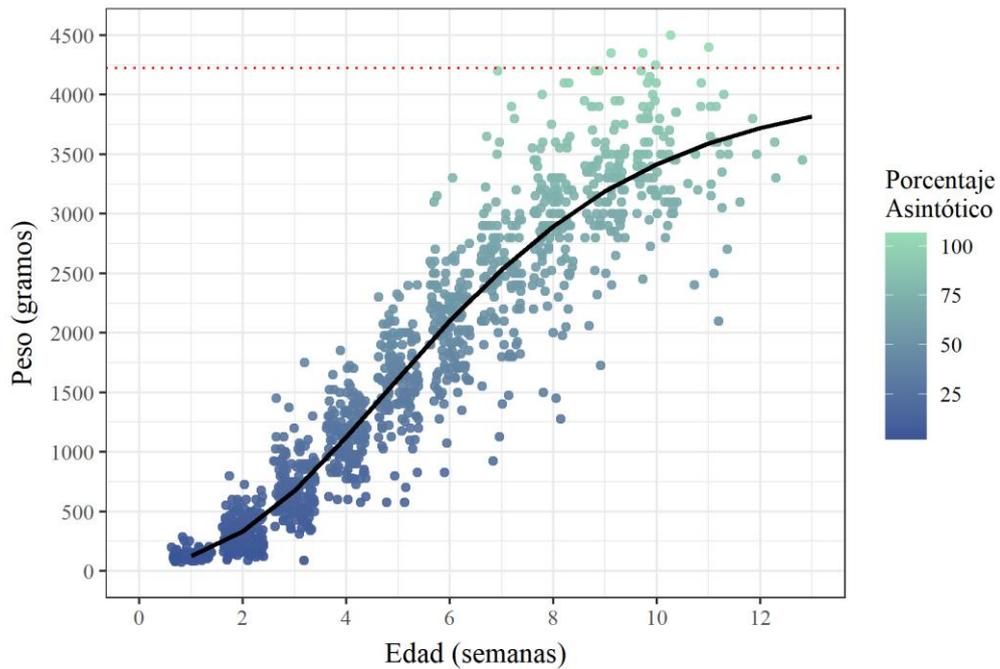


Figura 11. Curva de crecimiento semanal del Peso en gramos, mostrando el valor asintótico utilizado para el ajuste de la curva (rojo).

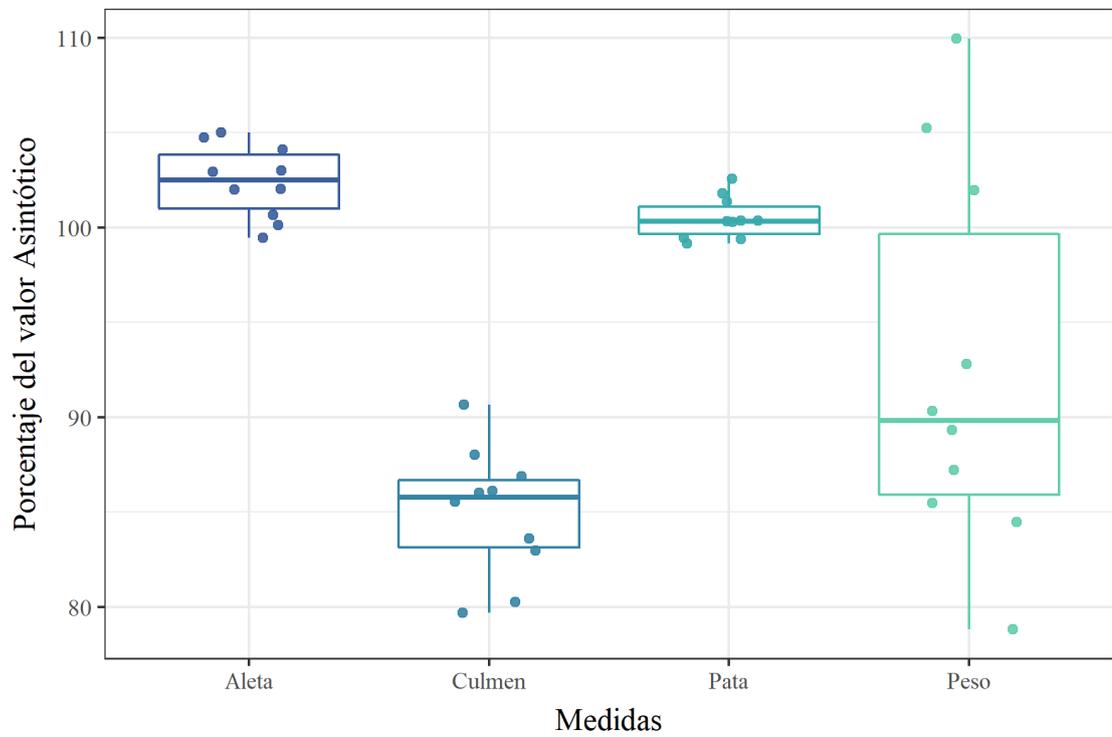


Figura 12. Variación interanual del valor asintótico de las cuatro medidas evaluadas.

9.3. Tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

La determinación de la tasa de crecimiento de gramos por día para cada año evaluado se realizó mediante una regresión lineal al momento del crecimiento rápido, el cual se da entre la semana dos y la semana siete. El valor de la pendiente de cada regresión representa la ganancia diaria de peso.

Se presenta el ajuste para cada año evaluado en la Tabla 6. Esta regresión se realizó solo con los años que cumplieran las condiciones de que cada año debía tener un mínimo de 5 individuos evaluados y que además estos contaran con un número no menor a tres observaciones durante este periodo.

Tabla 6. *Ganancia de peso diaria de pichones de pingüino de Humboldt*

<i>Año</i>	<i>Número de pichones evaluado</i>	<i>Ganancia de peso diario (gr/día)</i>	<i>Desviación estándar</i>
2002	5	64.41	13.24
2003	7	58.17	7.84
2004	32	63.83	14.59
2005	21	57.50	10.00
2006	17	67.36	6.22
2007	22	62.75	10.31
2009	7	68.58	9.84
2014	6	55.96	6.74

9.4. Comparación interanual de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Se exploró visualmente la distribución de la ganancia de peso diaria para todos los años de estudio (Figura 13); sin embargo, debido al reducido número muestral para algunos años (Tabla 6) sólo se seleccionaron los años con más de 15 individuos evaluados. Por ellos se seleccionaron los datos entre el 2004 y el 2007 para hacer la prueba de comparación entre todos los años.

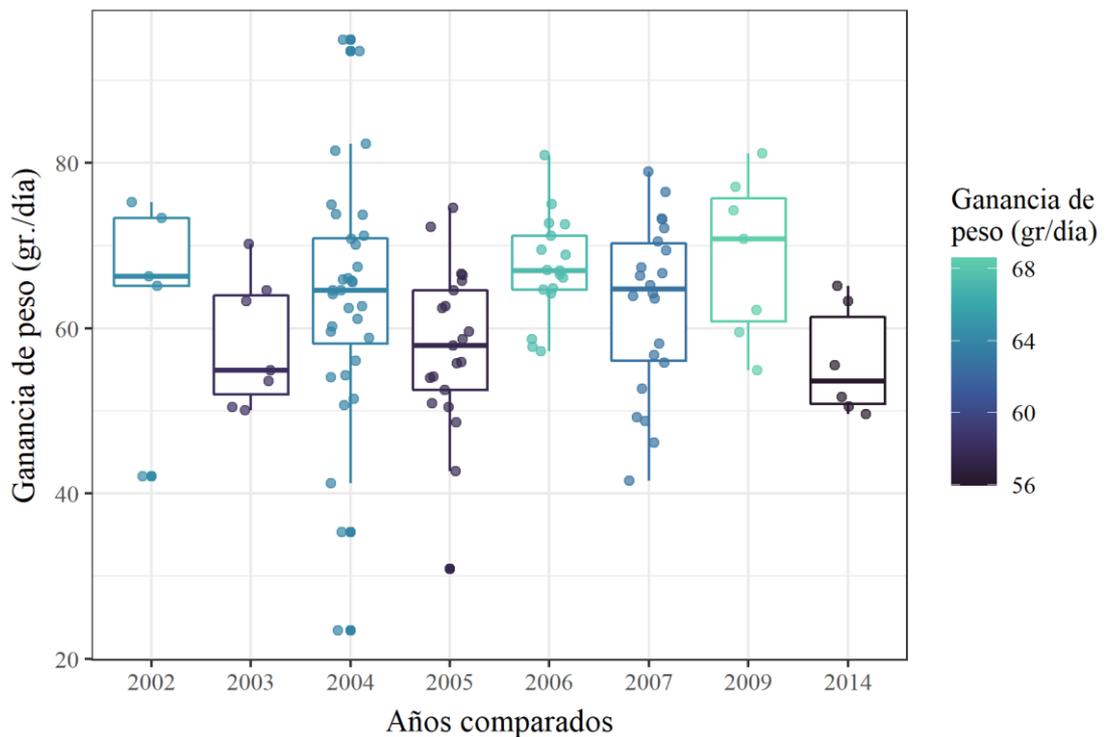
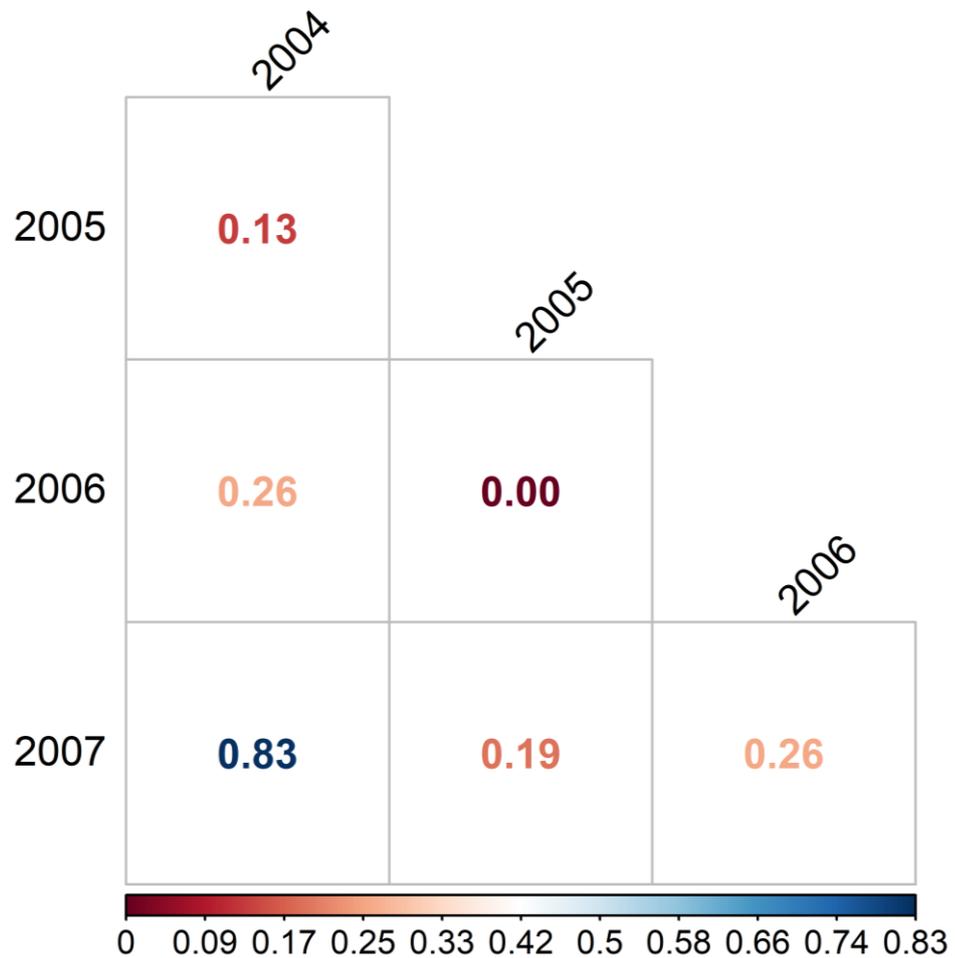


Figura 13. Tasa de crecimiento del aumento del peso de *Spheniscus humboldti* para los años estudiados.

Para comparar los años 2004, 2005, 2006 y 2007 se realizó la prueba de Wilcoxon (Figura 14.). Solo se encontró diferencia significativa entre los años 2005 y 2006 ($p < 0.05$)



. **Figura 14.** Prueba de Wilcoxon para años seleccionados.

9.5. Relación entre la anomalía de la temperatura superficial del mar y la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Se realizó una exploración a las variables de la Temperatura Superficial del Mar y la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar en una escala mensual. También se agregó la categoría ICEN (Tabla 7) de cada uno de los meses durante el periodo de estudio (Figura 15, Figura 16).

Tabla 7. Categorías de las anomalías en las condiciones de la temperatura según el ICEN

<i>Categorías</i>	<i>Valor mensual del ICEN</i>
Fría Fuerte	Menor que -1.4
Fría Moderada	Mayor o igual que -1.4 y menor que -1.2
Fría Débil	Mayor o igual que -1.2 y menor que -1.0
Neutras	Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4
Cálida Débil	Mayor o igual que 0.4 y menor o igual que 1.0
Cálida Moderada	Mayor o igual que 1.0 y menor o igual que 1.7
Cálida Fuerte	Mayor o igual que 1.7 y menor o igual que 3.0
Cálida Extraordinaria	Mayor que 3.0

Fuente: EFEN, (2012) “Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú”

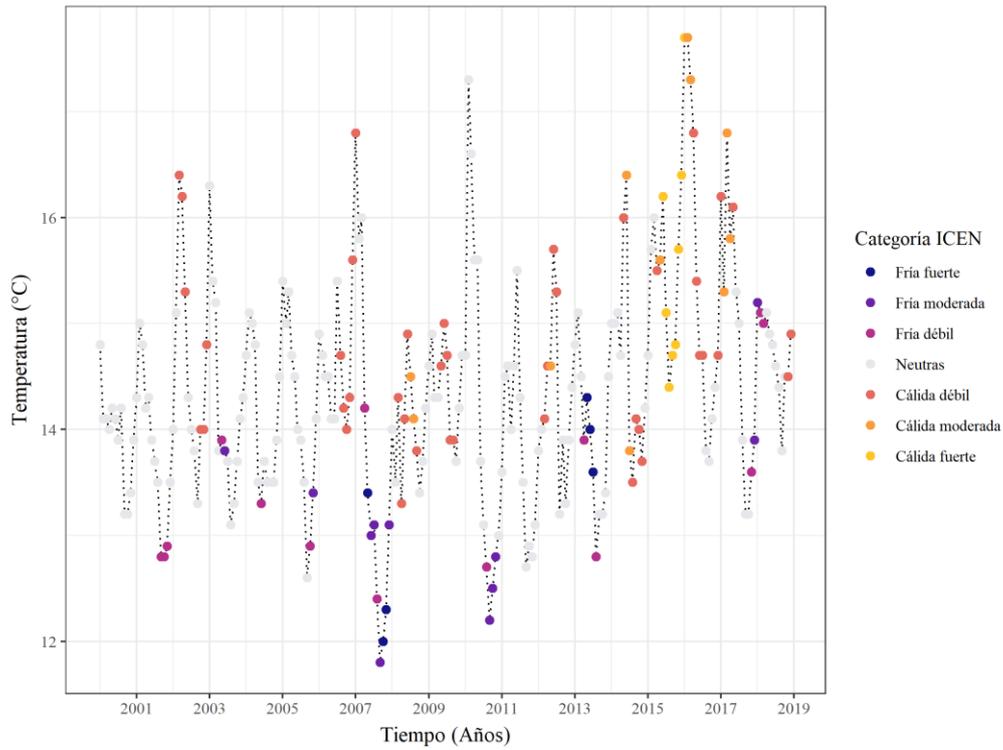


Figura 14. *Temperatura Superficial del Mar a escala Mensual el Punta San Juan*

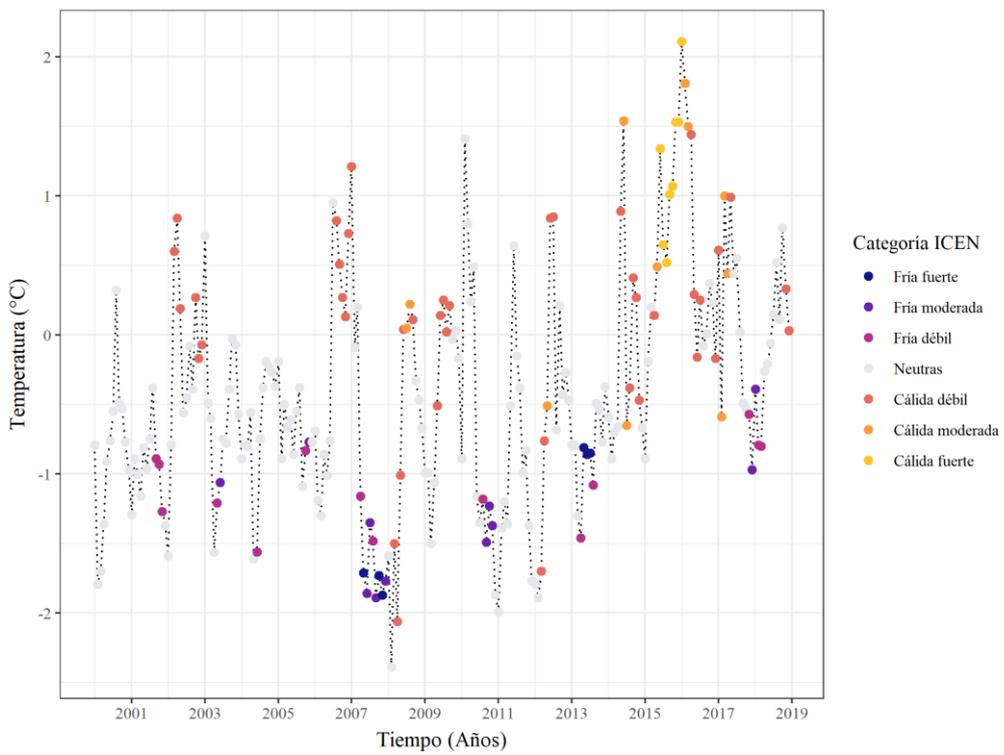


Figura 15. *Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar a escala Mensual el Punta San Juan*

De acuerdo a lo expuesto anteriormente sobre la selección de la muestra de pichones de pingüino de Humboldt, se detalla a continuación las condiciones durante las estaciones de verano y otoño, comprendidas entre los meses de enero y junio.

De acuerdo a la categoría ICEN durante el 2004 predominaron las condiciones neutras a excepción de enero del mismo año donde se vio una condición “Cálida débil”. Para el caso de los años 2005 y 2006 se observa la predominancia de condiciones “Neutras” durante los seis meses propuestos.

En el 2007 se observan los meses de enero y febrero con condiciones “Cálida débil”, este es la continuación de las condiciones de ENOS Moderado registrado entre los meses de septiembre y diciembre del 2006. Los dos meses posteriores son de condiciones “Neutras” y los meses de mayo y junio cuentan con condiciones “Fría débil” y “Fría moderada” respectivamente.

Como se observa las condiciones a escala mensual son altamente fluctuantes año a año y abarcan por segmentos no significativos los momentos claves del ciclo de vida del pingüino de Humboldt. Debido a esto, solo se realiza la prueba de correlación a escala estacional (verano y otoño).

Para evaluar la correlación entre los valores de la Ganancia de peso (gr/día) de cada año y los dos valores de Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar de ambas estaciones, se utilizó la prueba de Pearson. En ambos casos se observa una correlación negativa; sin embargo, no es significativa (Tabla8, Figura 16, Figura 17).

Tabla 8. *Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar a escala estacional durante los años de estudio*

<i>Año</i>	<i>Ganancia de peso (gr/día)</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>ATSM* Verano</i>	<i>ATSM* Otoño</i>
2004	63.83	14.59	-0.22	-0.79
2005	57.53	10.0	0.08	-0.26
2006	67.36	6.22	-0.45	-0.43
2007	62.75	10.31	1.05	-1.13

***ATSM:** *Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar*

Tabla 9. *Valor de Correlación de Pearson entre la Ganancia de Peso (gr/día) y la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar a escala estacional.*

Correlación	Valor de Correlación estimado	p valor
ATSM Verano y GdP	-0.35	0.66
ATSM Otoño y GdP	-0.24	0.76

***ATSM:** *Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar*

***GdP:** *Ganancia de Peso*

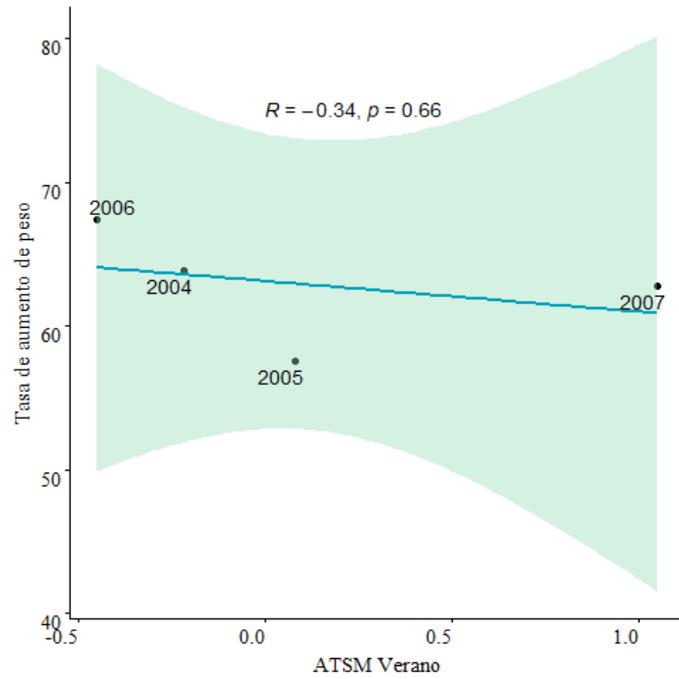


Figura 16. *Correlación entre el valor de Ganancia de Peso y la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar de la estación de verano.*

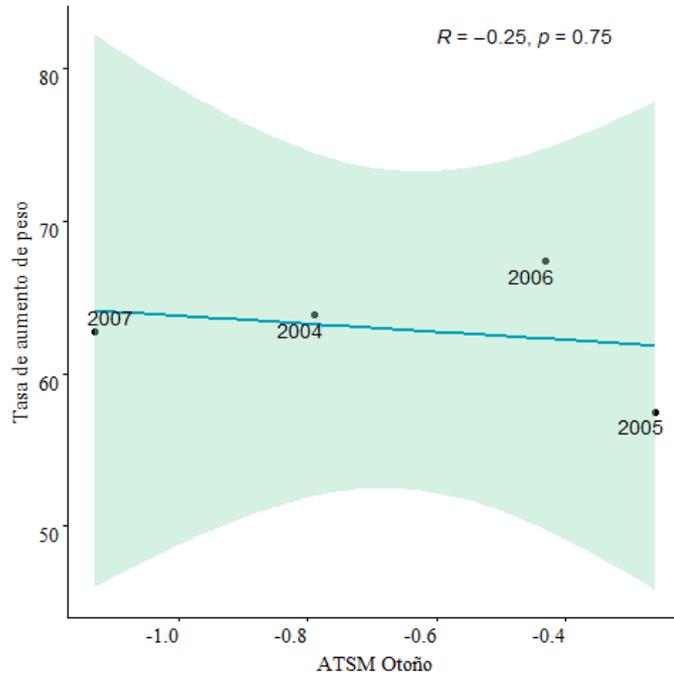


Figura 17. *Correlación entre el valor de Ganancia de Peso y la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar de la estación de otoño.*

X. DISCUSIÓN

Durante los 20 años de estudio, se revisaron 2034 nidos, de los cuales solo 411 fueron exitosos. Sin embargo, solo 87 nidos fueron seleccionados para analizar la tasa de aumento de peso y la tasa de crecimiento de los pichones. Este número reducido de nidos no solo se debe a la disminución del número de individuos reportados en la zona de monitoreo, sino también a la variación en el intervalo de tiempo para realizar los chequeos de nido.

Adicionalmente debido a que la ubicación geográfica es un factor importante al aumento del peso en los pichones de pingüino de Humboldt, según reporta Hennike en 2005, solo es recomendable poder hacer comparaciones de crecimiento con los reportes anteriores dentro de la misma colonia de Punta San Juan.

10.1. Estimación en la edad de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Se observó que el peso promedio de cautiverio fue óptimo para estimar la edad de 120 pichones de los 142 en total utilizados durante este estudio, similares a los reportados en Lyons & Roby, 2011 para otra especie. A pesar de esto, el crecimiento constante y poco variable interanualmente de los apéndices óseos observados en las curvas de crecimiento del pingüino de Humboldt podrían llegar a ser igual o más confiables predictores de edad que el peso, similar a lo observado por Heath & Randall, 1985 en el pingüino africano.

10.2. Crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Las medidas de los pichones del pingüino de Humboldt fueron ajustadas a curvas previamente ajustadas a la especie en Riveros Salcedo 1999 y tuvieron un ajuste mayor al 90% en todas las tres medidas morfométricas y el peso. Los resultados del presente estudio y el de Riveros Salcedo 1999 son similares en cuanto a los valores de la asíntota ajustada a las 3 medidas morfométricas y al peso.

Al hacer la comparación con el presente estudio de los valores asíntóticos ajustados a las medidas de los pichones fue menor del 10%. En el caso de Riveros Salcedo 1999 se alcanzó el 107.9%, 86.12%, 106.2% y 90% para las medidas de la aleta, culmen, pata y peso respectivamente, y en el presente estudio se alcanzó 102.3%, 85.4%, 101.4% y 98.8% para las mismas medidas.

Adicionalmente, en ambos se ve que el valor de la asíntota ajustada de la medida de la longitud de la pata y la longitud de la aleta son mayores a la media de las medidas de los adultos. Sin embargo, si se encuentran dentro del rango máximo reportado.

10.3. Tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

En este estudio, la pendiente fue elaborada posterior al ajuste de las curvas y haciendo el corte entre la semana dos y la semana siete. Esta selección fue similar a los criterios utilizados por Riveros Salcedo en 1999 y Castro Izaguirre en 2003. Sin embargo, los tres estudios difieren en la metodología para ajustar los datos a los modelos matemáticos.

Se encontró que el valor mínimo de ganancia de gramos por día para este periodo de tiempo fue de 55.96 en el 2014 y el máximo fue de 68.58 para el 2009. Estos valores se encuentran por debajo de la ganancia de peso registrada para los años 1985 y 1986 con 75.35 gr/día y 77.61 respectivamente presentados por Riveros Salcedo en 1999; un posible motivo es que los años evaluados contaron con mejores condiciones para la obtención de alimentos que los años evaluados en el presente estudio.

En el caso de los valores registrados por Castro Izaguirre en 2003 cuentan con datos similares en cuanto a los valores de los años 2002 y 2003; la variación entre los datos presentados por Castro Izaguirre 61.4 y 56.35 gr/día respectivamente para cada año y los del presente estudio 64.41 y 58.16 gr/día. En este caso la diferencia en la selección de muestra, el tipo de modelo y las covariables utilizadas pueden ser el motivo de la diferencia.

10.4. Comparación interanual de la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

Para evitar la influencia del número de individuos evaluados para cada año, sólo se logró comparar 4 años del total del tiempo de estudio. Se comprobó que existía diferencia significativa entre 2 años 2005 y 2006.

En el 2005 se encontró una media de 57.5 gr/día y una variación de 10 gr/día, similar al reportado por Castro Izaguirre, 2003 para el año 2000; no obstante, las condiciones de ambos años eran Neutras de acuerdo al ICEN. Por otro lado, Castro Izaguirre también reporta que otros valores como el éxito de eclosión y el éxito de anidación dan una mejor perspectiva para poder explicar mejor el motivo de una baja tasa de aumento de peso.

10.5. Relación entre la anomalía de la temperatura superficial del mar y la tasa de crecimiento (gr/día) del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* “pingüino de Humboldt”

No se pudo comprobar una relación negativa significativa entre la anomalía de la temperatura superficial del mar y la ganancia de peso anual para los 4 años seleccionados para evaluar. Parte del motivo, es por el bajo número de años que contienen el mismo número de individuos en la muestra.

En el año 2007 se presentaron aguas cálidas moderadas, mientras que el 2005 se reportaron aguas cálidas débiles. Sin embargo, en el 2005 se reportó una tasa de aumento de peso menor que en el 2007 por lo que otros factores pueden estar influyendo en la capacidad de los padres en brindar alimento a los pichones y sobrellevar el estrés que representa el cambio en la Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar. Una forma de sobrellevar la variación podría ser ampliando la dieta como reportó Chiu-Werner en 2019, en el que el análisis de dieta por isótopos estables mostró un comportamiento generalista en 2008, año en el que ocurrió un evento El Niño, a comparación de los años 2009, 2010 y 2011.

De acuerdo al modelo utilizado a Castro Izaguirre 2003, solo en años con una variación mayor, como en los años El Niño, se podría presentar una correlación significativa. En el presente estudio no se pudieron analizar años como 2008 o 2015-2016, que fueron caracterizados como años con eventos El Niño, debido justamente a la poca cantidad de pichones exitosos durante esos años.

XI. CONCLUSIONES

- Utilizar el peso diario registrado en cautiverio para determinar la edad de los pichones en silvestría es confiable.
- El crecimiento de las tres medidas morfométricas y el peso de los pichones del pingüino de Humboldt se ajusta a las curvas previamente descritas y presentan un ajuste alto a pesar de las variaciones interanuales del peso.
- El aumento diario del peso de los pichones del pingüino de Humboldt se logró estimar solo para algunos años que contaban con suficientes observaciones a lo largo de las semanas dos y siete.
- Se encontró diferencia significativa en la tasa de aumento de peso entre dos de los cuatro años comparados.
- No se halló una correlación negativa significativa entre el aumento diario del peso de los pichones del pingüino de Humboldt y la anomalía de la temperatura superficial del mar en escala estacional para los años de estudio comparados.

XII. RECOMENDACIONES

- Recopilar las bases utilizadas en estudios anteriores para poder tener una imagen completa de la variación en el crecimiento previos a años con eventos El Niño Fuertes como el de 1997.
- Estandarizar la metodología para analizar los datos de crecimiento para poder tener un mejor análisis de comparación entre años y entre las distintas bases de datos recolectadas.
- Explorar otras técnicas de recopilación de datos que puedan complementar la información, como los tiempos de relevo entre la pareja de adultos para observar el efecto que podría tener el cuidado parental en la tasa de crecimiento de los pichones.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AZA Penguin Taxon Advisory Group (Ed.). (2014). Penguin (Spheniscidae) care manual.
- Bakun, A., & Weeks, S. J. (2008). The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 290-299. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027>
- Barbraud, C., Bertrand, A., Bouchón, M., Chaigneau, A., Delord, K., Demarcq, H., Gimenez, O., Torero, M. G., Gutiérrez, D., Oliveros-Ramos, R., Passuni, G., Tremblay, Y., & Bertrand, S. (2018). Density dependence, prey accessibility and prey depletion by fisheries drive Peruvian seabird population dynamics. *Ecography*, 41(7), 1092-1102. <https://doi.org/10.1111/ecog.02485>
- Benowitz-Fredericks, Z. M., Kitaysky, A. S., & Thompson, C. W. (2006). Growth and allocation in captive common murre (*Uria aalge*) chicks. *The Auk*, 123, 13.
- Birdlife Internacional. (2018). *Spheniscus humboldti*: BirdLife International: The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22697817A132605004 [Data set]. International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22697817A132605004.en>
- Boersma, P. D., Stokes, D. L., & Yorio, P. M. (1990). Reproductive Variability and Historical Change of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo, Argentina. En *Penguin Biology* (pp. 15-43). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057106-5.50008-5>

- Bussalleu, A. J. (2013). Effects of nest and nest site characteristics on Humboldt penguins' breeding success at Punta San Juan, Peru: Implications for conservation. University of Missouri, St. Louis.
- Castro Izaguirre, N. (2003). Variación temporal del éxito reproductivo del Pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti* (Meyen, 1834) en Punta San Juan. Univeridad Nacional Agraria La Molina.
- Chavez, F. P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P., & Csirke, J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography*, 79(2-4), 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- Chiu-Werner, A., Cárdenas-Alayza, S., Cardeña-Mormontoy, M., Bussalleu Cavero, A., Guerrero Bustamante, P., Sandoval García, F., & Tremblay, Y. (2011). La ruta del pingüino: Uso de hábitat marino y patrón de atención al nido por el Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) en Punta San Juan, Perú. 6(2), 21-27.
- Chiu-Werner, A., Ceia, F. R., Cárdenas-Alayza, S., Cardeña-Mormontoy, M., Adkesson, M., & Xavier, J. (2019). Inter-annual isotopic niche segregation of wild humboldt penguins through years of different El Niño intensities. *Marine Environmental Research*, 150, 104755. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104755>
- Culik, B., Hennenke, J., & Martin, T. (2000). Humboldt penguins outmanoeuvring El Niño. *The Journal of Experimental Biology*, 2311-2322.
- De La Puente, S., Bussalleu, A., Cardeña, M., Valdés-Velásquez, A., Majluf, P., & Simeone, A. (2013). Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*). En P. G. Borboroglu & P. D. Boersma (Eds.), *Penguins: Natural history and conservation* (pp. 265-283). University of Washington Press.

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Recuperado de: <https://www.minagri.gob.pe/>.
- Fréon, P., Arístegui, J., Bertrand, A., Crawford, R. J. M., Field, J. C., Gibbons, M. J., Tam, J., Hutchings, L., Masski, H., Mullon, C., Ramdani, M., Seret, B., & Simier, M. (2009). Functional group biodiversity in Eastern Boundary Upwelling Ecosystems questions the wasp-waist trophic structure. *Progress in Oceanography*, 83(1-4), 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.07.034>
- Frere, E. (1993). Ecología reproductiva del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la colonia de Cabo Vírgenes [Tesis de Posgrado, Universidad de Buenos Aires]. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2583_Frere.pdf
- Glantz, M. H. (1997). Currents of change. El Niño's impact on climate and society. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0025315400071940/type/journal_article
- Gownaris, N. J., & Boersma, P. D. (2021). Feet first: Adaptive growth in magellanic penguin chicks. *Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1002/ece3.7331>
- Harris, P. A., Taylor, R., Minor, B. L., Elliott, V., Fernandez, M., O'Neal, L., McLeod, L., Delacqua, G., Delacqua, F., Kirby, J., & Duda, S. N. (2019). The REDCap consortium: Building an international community of software platform partners. *Journal of Biomedical Informatics*, 95, 103208. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103208>

- Harris, P. A., Taylor, R., Thielke, R., Payne, J., Gonzalez, N., & Conde, J. G. (2009). Research electronic data capture (REDCap)—A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *Journal of Biomedical Informatics*, 42(2), 377-381. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2008.08.010>
- Hays, C. (1984). The Humboldt penguin in Peru. *Oryx*, 18(2), 92-95. <https://doi.org/10.1017/S0030605300018767>
- Hays, C. (1986). Effects of the 1982–1983 El Niño on Humboldt penguin colonies in Peru. *Biological Conservation*, 36(2), 169-180. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(86\)90005-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(86)90005-4)
- Heath, R. G. M., & Randall, R. M. (1985). Growth of Jackass penguin chicks (*Spheniscus demersus*) hand reared on different diets. *Journal of Zoology*, 205(1), 91-105. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1985.tb05615.x>
- Luna Donoso, A. (2016). Caracterización de la dieta de *Spheniscus humboldti* "Pingüino de Humboldt" durante los años 1992, 1993 y 1996 procedentes de los alrededores de Punta San Juan—Ica, Peru. Universidad Ricardo Palma.
- Luna-Jorquera, G., Simeone, A., & Aguilar, R. (2003). Ecofisiología de animales endotermos en un desierto cálido y un mar frío: El caso de las aves marinas de la corriente de Humboldt. *Fisiología Ecológica & Evolutiva*, 297-316.
- Lyons, D. E., & Roby, D. D. (2011). Validating growth and development of a seabird as an indicator of food availability: Captive-reared Caspian Tern chicks fed ad libitum and restricted diets: Tern Chick Growth and Food Availability. *Journal of Field Ornithology*, 82(1), 88-100. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2010.00311.x>

- Majluf, P. (1992). Timing of births and juvenile mortality in the South American fur seal in Peru. *Journal of Zoology*, 227(3), 367-383. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb04400.x>
- Martinelli, E. C., & Valqui Haase, M. (2016). Pesca. En *Metas del Perú al Bicentenario* (pp. 94-102). <http://www.consortio.edu.pe/metlas-bicentenario/>
- Paredes, R., & Zavalaga, C. B. (1998). Overview of the effects of El Niño 1997-98 on Humboldt Penguins and other seabirds at Punta San Juan, Peru. *Penguin Conservation*.
- Paredes, R., & Zavalaga, Carlos. B. (2001). Nesting sites and nest types as important factors for the conservation of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*). *Biological Conservation*, 100(2), 199-205. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00023-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00023-4)
- Passuni, G., Barbraud, C., Chaigneau, A., Demarcq, H., Ledesma, J., Bertrand, A., Castillo, R., Perea, A., Mori, J., Viblanc, V. A., Torres-Maita, J., & Bertrand, S. (2016). Seasonality in marine ecosystems: Peruvian seabirds, anchovy, and oceanographic conditions. *Ecology*, 97(1), 182-193. <https://doi.org/10.1890/14-1134.1>
- Pol, M., Bailey, L. D., McLean, N., Rijdsdijk, L., Lawson, C. R., & Brouwer, L. (2016). Identifying the best climatic predictors in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1246-1257. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12590>
- Ricklefs, R. E. (1967a). Patterns of growth in birds. *Ibis*, 110(4), 419-451. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1968.tb00058.x>

- Ricklefs, R. E. (1967b). A Graphical Method of Fitting Equations to Growth Curves. *Ecology*, 48(6), 978-983. <https://doi.org/10.2307/1934545>
- Ricklefs, R. E. (1984). The Optimization of Growth Rate in Altricial Birds. *Ecology*, 65(5), 1602-1616. <https://doi.org/10.2307/1939139>
- Riveros Salcedo, J. C. (1999). Crecimiento y Desarrollo Postnatal del Pingüino de Humboldt Lima – Perú. Univeridad Nacional Agraria La Molina.
- Sauve, D., Friesen, V. L., & Charmantier, A. (2021). The Effects of Weather on Avian Growth and Implications for Adaptation to Climate Change. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 569741. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.569741>
- Schlosser, J. A., Dubach, J. M., Garner, T. W. J., Araya, B., Bernal, M., Simeone, A., Smith, K. A., & Wallace, R. S. (2009). Evidence for gene flow differs from observed dispersal patterns in the Humboldt penguin, *Spheniscus humboldti*. *Conservation Genetics*, 10(4), 839-849. <https://doi.org/10.1007/s10592-008-9644-8>
- Simeone, A., Araya, B., Bernal, M., Diebold, E., Grzybowski, K., Michaels, M., Teare, J., Wallace, R., & Willis, M. (2002). Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance patterns of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in central Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 227, 43-50. <https://doi.org/10.3354/meps227043>
- Taylor, S. S., Leonard, M. L., Boness, D. J., & Majluf, P. (2002). Foraging by Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) during the chick-rearing period: General patterns, sex differences, and recommendations to reduce incidental catches in fishing nets. *Canadian Journal of Zoology*, 80(4), 700-707. <https://doi.org/10.1139/z02-046>

- Trathan, P. N., García-Borboroglu, P., Boersma, D., Bost, C., Crawford, R. J. M., Crossin, G. T., Cuthbert, R. J., Dann, P., Davis, L. S., De La Puente, S., Ellenberg, U., Lynch, H. J., Mattern, T., Pütz, K., Seddon, P. J., Trivelpiece, W., & Wienecke, B. (2015). Pollution, habitat loss, fishing, and climate change as critical threats to penguins. *Conservation Biology*, 29(1), 31-41. <https://doi.org/10.1111/cobi.12349>
- Trillmich, F., & Ono, K. A. (1991). *Pinnipeds and el Niño Responses to Environmental Stress*. Springer Berlin / Heidelberg. <http://public.eblib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=6500867>
- Zavalaga, C. B., & Paredes, R. (1997). *Humboldt Penguins at Punta San Juan, Peru. Penguin Conservation*.

XIV. ANEXOS

Anexo 1.

Acuerdo de Autorización de Uso de Datos por parte del Programa Punta San Juan



CAR - CSA - API-Dat - 010 - 2020

Acuerdo de Autorización de Uso de Datos Técnicos del Programa Punta San Juan

1. Presentación de las partes

El Programa Punta san Juan del Centro para la Sostenibilidad Ambiental (CSA) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, la Srta. **Karen Alexandra Lau Alarcón** con Documento de identidad (DNI) No. **73178151**, en calidad de **tesista**, de ahora en adelante referido como "*Candidato*", celebran este Acuerdo de autorización de uso de "*datos técnicos*" del Programa Punta San Juan, de ahora en adelante referido como "*Acuerdo*" a partir del día **03** del mes **Septiembre** del año **2020** (Fecha de entrada en vigencia).

2. Objetivos y Productos

Los *datos técnicos* se utilizarán para el cumplimiento del proyecto titulado:

Variación interanual del incremento de peso en los pichones de pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) en la Reserva Nacional Punta San Juan-Ica durante el periodo 2000 – 2019

Cuyos objetivos son (mencionar objetivos general y específicos en caso existan):

Objetivo General:

Comparar el aumento de peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* "pingüino de Humboldt" entre los años 2000 y 2019 en la Reserva Nacional Punta San Juan – Ica

Objetivos Específicos:

- 1. Estimar la edad de los pichones de *Spheniscus humboldti* "pingüino de Humboldt".**
- 2. Determinar el aumento diario del peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* "pingüino de Humboldt".**
- 3. Determinar si existen diferencias significativas en el aumento diario de peso entre diferentes años.**

4. Determinar si existe relación entre la Temperatura Superficial del Mar y el aumento de peso de los pichones de *Spheniscus humboldti* "pingüino de Humboldt".

Este proyecto de investigación tendrá como producto(s) final(es):

**marca con un "x" entre los paréntesis y completa los campos.*

Tesis

- Indicar grado: **Licenciatura**
- Indicar carrera: **Biología**
- Indicar universidad: **Universidad Ricardo Palma**
- Indicar asesor(es) académico(s): **Andres Chavieri, Susana Cardenas**

Artículo Científico

- Indicar cantidad:
- Indicar coautores:
- Indicar revista(s) científica(s):

Base de Datos

- Indicar repositorio:

Otro:

- Especificar:

3. Periodo de cumplimiento

El período de cumplimiento de este *Acuerdo* comienza en la fecha de entrada en vigencia y finalizará el **31** del mes **Julio** del año **2021**a menos que se extienda por acuerdo escrito entre las partes.

4. Evaluación de progreso del proyecto

El proyecto puede ser revisado, de ser necesario, bajo solicitud expresa por escrito del Director del Programa Punta San Juan.

Tanto el *Candidato*, así como el Programa Punta San Juan (Director) pueden rescindir este *Acuerdo* mediante una comunicación por escrito a la otra parte, con 30 días de antelación.

No obstante, este Acuerdo nace bajo el espíritu de buena voluntad, por lo que ambas partes harán todo lo posible para prevenir o minimizar la interrupción de la colaboración.

5. Disposiciones generales

- i. Ambas partes reconocen que los *datos técnicos* (1. bases de datos, 2. fotografías, 3. Videos (editados o sin editar) y 4. documentos institucionales, es decir formatos, reportes, manuales, informes y fichas técnicas), compartidos por el Programa Punta San Juan con el *Candidato*, son confidenciales y de propiedad intelectual exclusiva del Programa Punta San Juan del CSA de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. El *Candidato* se compromete no compartir los *datos técnicos* con terceros, o, a utilizarlos para realizar investigaciones o publicaciones fuera de las establecidas en el presente *Acuerdo*.
- ii. Si el *Candidato* comparte los *datos técnicos* con terceros o utiliza los *datos técnicos* para realizar investigación o publicaciones fuera de las establecidas en el presente *Acuerdo*, perderá la autorización de uso de los *datos técnicos* por parte del Programa Punta San Juan del CSA y la Universidad Peruana Cayetano Heredia; además de enfrentar las acciones legales correspondientes. Las disputas que emerjan del presente *Acuerdo*, podrán ser resueltas por conciliación o en última instancia, en un tribunal de la ciudad de Lima.
- iii. Ambas Partes reconocen que este *Acuerdo* está sujeto al cumplimiento de las leyes, regulaciones u órdenes aplicables al Perú, incluidas las que pueden estar relacionadas con la exportación o transferencia de tecnología o datos técnicos. Si las leyes de exportación del Perú y el país receptor son aplicables, no divulgará ni reexportará ninguna tecnología o datos técnicos recibidos bajo este *Acuerdo* a ningún país, o sus ciudadanos o residentes.
- iv. Cada disposición de este *Acuerdo* es separable. Si alguna disposición se vuelve inválida o inaplicable por un estatuto o reglamento o es declarada nula y sin efecto por cualquier tribunal de jurisdicción competente, las disposiciones restantes permanecerán en pleno vigor y efecto si los términos esenciales de este *Acuerdo* siguen siendo válidos, legales y ejecutables

6. Disposiciones específicas

- i. El Programa Punta San Juan proporcionará *datos técnicos* de tipo: **Base de Datos Chequeo SH S4/S5, TSM SJM 2000-2019** colectados entre **01/2000** y **12/2019**, a menos que se extiendan por acuerdo escrito entre las partes, mediante la "*Autorización de Ampliación*", la cual puede ser solicitada al Director del Programa Punta San Juan.

- ii. El *Candidato*, **Karen Alexandra Lau Alarcón** utilizará esta información para cumplir con los objetivos del proyecto titulado: **Variación interanual del incremento de peso en los pichones de pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) en la Reserva Nacional Punta San Juan-Ica durante el periodo 2000 – 2019**. No se compartirán los *datos técnicos* con terceros a menos que obtenga el consentimiento por escrito mediante la “*Autorización de Divulgación*” de la dirección del programa.
- iii. El *Candidato*, **Karen Alexandra Lau Alarcón** compartirá los resultados finales o preliminares de análisis de datos de manera oportuna con el Programa Punta San Juan, o según solicitud.
- iv. Los resultados finales o preliminares del proyecto de investigación: **Drive con repositorio de fotografías de las fichas físicas, códigos para la manipulación de datos**, serán compartidos por parte del Programa Punta San Juan, en informes con el Estado Peruano, informes al consorcio de zoológicos que apoyan el trabajo del Programa Punta San Juan, trabajos de investigación en revistas científicas, de divulgación, redes sociales y / u otras plataformas.
- v. Las partes acuerdan que cualquier publicación impresa o digital, mediante libros, revistas, portales web o en redes sociales, que involucre los *datos técnicos*, proporcionados por el Programa Punta San Juan, previamente requerirá el consentimiento escrito por parte la dirección del Programa mediante la “*Autorización de Divulgación*”; de obtenerse el consentimiento se reconocerá su coautoría.
- vi. El candidato, se compromete a no revelar resultados preliminares de su estudio en plataformas de divulgación masiva (redes sociales y otras plataformas digitales) durante la vigencia del presente *Acuerdo*.

Las partes abajo firmantes aceptan los términos del presente *Acuerdo* y se comprometen a su ejecución.



Director Programa Punta San Juan
Nombre: **Susana Cárdenas Alayza**
DNI #: **41835464**
Fecha: **03/09/2020**



Candidato
Nombre : **Karen Alexandra Lau Alarcón**
DNI : **73178151**
Fecha: **03/09/2020**

Anexo 2.

Tabla de pesos diarios de los quince primeros días de los pichones de pingüinos de Humboldt criados en cautiverio

Edad (días)	Peso promedio (gr.)	Desviación Estándar	Número de pichones
1	73	4.22	11
2	75.57	7.5	7
3	92.3	11.98	10
4	103.33	18.6	12
5	130.17	26.52	12
6	162.45	30	11
7	186.73	36.83	11
8	223.1	49.97	10
9	256.58	59.59	12
10	316.9	59.98	10
11	347.25	93.69	12
12	388	91.78	12
13	431.82	102.44	11
14	470.45	110.07	11
15	533	121.62	10

Anexo 3.

Tabla de nidos examinados durante 20 años de estudio, el número de nidos exitosos y el número de nidos evaluados en conjunto con los pichones evaluados para cada año.

Año	Número de nidos	Nidos Exitosos	Nidos evaluados	Pichones evaluados
2000	93	23	1	2
2001	71	31	8	14
2002	97	51	9	13
2003	87	33	8	14
2004	148	64	20	32
2005	191	47	14	21
2006	159	16	11	18
2007	162	42	13	23
2008	248	40	15	25
2009	185	14	7	11
2010	135	3	*	*
2011	109	5	2	3
2013	76	5	*	*
2014	118	15	3	6
2015	54	1	*	*
2016	51	10	*	*
2017	13	*	*	*
2018	20	8	*	*
2019	17	3	*	*
Total	2034	411	111	182

* = Sin nidos presentes durante el año y/o pichones dentro de la categoría

Anexo 4.

Tabla de número de repeticiones para cada medida por semana de crecimiento de los pichones de *Spheniscus humboldti* dependiendo del tipo de muestra

Edad (Semanas)	Culmen		Aleta		Pata	
	Medida muestra estimada	Medida muestra observada	Medida muestra estimada	Medida muestra observada	Medida muestra estimada	Medida muestra observada
1	25	14	25	14	25	14
2	61	32	60	32	61	32
3	57	31	57	31	57	31
4	58	15	58	15	58	15
5	48	30	48	30	48	30
6	50	24	49	25	46	24
7	36	25	36	25	36	22
8	34	13	30	13	32	13
9	28	21	27	21	28	22
10	24	14	21	13	21	13

Anexo 5.

Tabla de evaluación de normalidad para los tres apéndices óseos evaluados (Aleta, Culmen y Pata) dependiendo de la muestra

<i>Medida</i>	<i>Edad (Semanas)</i>	<i>p valor</i>	<i>Método de evaluación</i>
Aleta	<i>Estimada</i>		
	1	0.137	Shapiro-Wilk
	2	0.054	Kolmogorov-Smirnov
	3	0.181	Kolmogorov-Smirnov
	4	0.067	Kolmogorov-Smirnov
	5	0.009	Shapiro-Wilk
	6	0.000	Kolmogorov-Smirnov
	7	0.000	Shapiro-Wilk
	8	0.000	Shapiro-Wilk
	9	0.000	Shapiro-Wilk
	10	0.000	Shapiro-Wilk
	<i>Observada</i>		
	1	0.181	Shapiro-Wilk
	2	0.082	Shapiro-Wilk
	3	0.959	Shapiro-Wilk
	4	0.143	Shapiro-Wilk
	5	0.051	Shapiro-Wilk
	6	0.005	Shapiro-Wilk

	7	0.003	Shapiro-Wilk
	8	0.092	Shapiro-Wilk
	9	0.283	Shapiro-Wilk
	10	0.402	Shapiro-Wilk
	<i>Estimado</i>		
	1	0.557	Shapiro-Wilk
	2	0.746	Kolmogorov-Smirnov
	3	0.302	Kolmogorov-Smirnov
	4	0.809	Kolmogorov-Smirnov
	5	0.289	Shapiro-Wilk
	6	0.318	Kolmogorov-Smirnov
	7	0.000	Shapiro-Wilk
	8	0.001	Shapiro-Wilk
	9	0.013	Shapiro-Wilk
Culmen	10	0.596	Shapiro-Wilk
	<i>Observado</i>		
	1	0.987	Shapiro-Wilk
	2	0.579	Shapiro-Wilk
	3	0.839	Shapiro-Wilk
	4	0.677	Shapiro-Wilk
	5	0.370	Shapiro-Wilk
	6	0.011	Shapiro-Wilk
	7	0.515	Shapiro-Wilk
	8	0.863	Shapiro-Wilk

	9	0.474	Shapiro-Wilk
	10	0.914	Shapiro-Wilk
	<i>Estimada</i>		
	1	0.197	Shapiro-Wilk
	2	0.300	Kolmogorov-Smirnov
	3	0.675	Kolmogorov-Smirnov
	4	0.238	Kolmogorov-Smirnov
	5	0.000	Shapiro-Wilk
	6	0.015	Kolmogorov-Smirnov
	7	0.000	Shapiro-Wilk
	8	0.000	Shapiro-Wilk
	9	0.004	Shapiro-Wilk
	10	0.244	Shapiro-Wilk
Pata	<i>Observada</i>		
	1	0.362	Shapiro-Wilk
	2	0.261	Shapiro-Wilk
	3	0.797	Shapiro-Wilk
	4	0.052	Shapiro-Wilk
	5	0.001	Shapiro-Wilk
	6	0.015	Shapiro-Wilk
	7	0.142	Shapiro-Wilk
	8	0.852	Shapiro-Wilk
	9	0.029	Shapiro-Wilk
	10	0.090	Shapiro-Wilk

Anexo 6.

Tabla de comparación entre la muestra observada y estimada en escala semanal de los tres apéndices óseos evaluados (Aleta, Culmen y Pata) de los pichones de *Spheniscus humdolti*

<i>Semana</i>	<i>p valor</i>	<i>Método</i>
<i>Aleta</i>		
1	0.801	Test de Barlett
2	0.501	Test de Barlett
3	0.014	Test de Barlett
4	0.190	Test de Barlett
5	0.647	Test de Barlett
6	0.651	Test de Wilcoxon
7	0.407	Test de Wilcoxon
8	0.272	Test de Barlett
9	0.588	Test de Barlett
10	0.302	Test de Barlett
<i>Culmen</i>		
1	0.333	Test de Barlett
2	0.373	Test de Barlett
3	0.036	Test de Barlett
4	0.918	Test de Barlett
5	0.738	Test de Barlett

6	0.673	Test de Wilcoxon
7	0.918	Test de Barlett
8	0.360	Test de Barlett
9	0.793	Test de Barlett
10	0.751	Test de Barlett
<i>Pata</i>		
1	0.637	Test de Barlett
2	0.180	Test de Barlett
3	0.003	Test de Barlett
4	0.283	Test de Barlett
5	0.719	Test de Wilcoxon
6	0.461	Test de Wilcoxon
7	0.930	Test de Barlett
8	0.482	Test de Wilcoxon
9	0.052	Test de Wilcoxon
10	0.901	Test de Barlett