

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Valoración del estado de salud del piquero de patas azules (*Sula nebouxii*),
el piquero de Nazca (*Sula granti*) y la gaviota de cola bifurcada (*Creagrus
furcatus*) de Galápagos**

Proyecto de investigación

María Gabriela Mateo Calderón

Licenciatura en Biología

Trabajo de titulación presentado como requisito

para la obtención del título de

Licenciado en Biología

Quito, 23 de mayo de 2019

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

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Valoración del estado de salud del piquero de patas azules (*Sula nebouxii*),
el piquero de nazca (*Sula granti*) y la gaviota de cola bifurcada (*Creagrus
furcatus*) de Galápagos**

María Gabriela Mateo Calderón

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Carlos Valle, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 23 de mayo de 2019

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:

María Gabriela Mateo Calderón

Código:

00116587

Cédula de Identidad:

0919118828

Lugar y fecha:

Quito, 23 de mayo de 2019

DEDICATORIA

A Sebas, por el apoyo, el cariño y la paciencia que me brinda y por recordarme siempre que soy capaz.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las instituciones y personas que hicieron posible la realización de este trabajo. Principalmente a mi director Carlos Valle por su paciencia, su guía y por inspirarme a querer ser mejor. A Catalina Ulloa por brindarme sus conocimientos tanto en el campo como en el laboratorio. A Gregory Lewbart, Diane Deresienski y Alice Skehel por su participación durante el trabajo en el campo. Al Galápagos Science Center por permitirme el uso de sus instalaciones. A María José Mateo por brindarme su apoyo y facilitar el acceso a las instalaciones del Hospital de los Valles. Un agradecimiento muy especial a Sebastián Andrade por su apoyo y compañía durante este proceso. Y a mi familia por no dejar de creer en mí.

Gracias a las Islas Encantadas por brindarme tanta paz....

RESUMEN

El presente estudio evaluó el estado de la salud de tres especies de aves marinas de las islas Galápagos, el piquero de patas azules (*Sula nebouxii*), el piquero de Nazca (*Sula granti*) y la gaviota de cola bifurcada (*Creagrus furcatus*). Se capturaron 30 individuos de cada especie de forma manual y se les realizó una valoración física mediante la colección de información morfométrica, temperatura corporal, ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria y la colección y análisis bioquímico de una muestra de sangre. Se hicieron frotis sanguíneos para realizar conteos diferenciales de glóbulos blancos y conteos estimados de glóbulos blancos (WBC). Los rangos para las variables de bioquímica sanguínea y de hematología se encuentran dentro de los normales reportados para aves sanas en otros estudios. La única diferencia que se encontró fue en el hematocrito donde se hallaron valores más bajos para las tres especies. Se calculó un índice de masa corporal (BMI) el cual sirve como proxy del estado de salud de las aves para evaluar diferencias entre sexos (*S. nebouxii*) y su correlación con otros parámetros de salud. No se hallaron relaciones significativas entre el BMI y las variables con las que se lo comparó, el hematocrito, la hemoglobina y proporción H/L. Se comparó el tiempo de manipulación (captura) con el nivel de lactato y solo se encontró diferencias significativas para *C. furcatus*. Los valores de los parámetros de salud de este estudio servirán como línea base para futuros estudios y para poder identificar variaciones en la condición de salud de las aves marinas de Galápagos a través del tiempo.

Palabras clave: Aves marinas, parámetros de salud, conteos diferenciales, conteos estimados de glóbulos blancos (WBC), índice de masa corporal (BMI).

ABSTRACT

The present study evaluated the health status of three seabird species from the Galapagos Islands, the blue-footed booby (*Sula nebouxii*), the Nazca booby (*Sula granti*) and the swallow-tailed gull (*Creagrus furcatus*). Thirty individuals of each species were captured manually, and a physical assessment was performed through the collection of morphometric information, body temperature, heart rate, respiratory rate and the collection and biochemical analysis of a blood sample. Blood smears were made to perform white blood cell (WBC) differential and estimated counts. Ranges for blood chemistry and hematological variables are within the normal ranges reported for healthy birds in other studies. There were differences only in hematocrit where lower values were found for the three species. A body mass index (BMI) was calculated, which serves as a proxy for the health status of the birds to evaluate differences between sexes (*S. nebouxii*) and their relationship with other health parameters. No significant correlations were found between the BMI and the variables with which it was correlated (hematocrit, hemoglobin, H / L ratio). Manipulation time (capture) was compared with lactate level and significant differences were found only for *C. furcatus*. The values of the health parameters of this study serve as a baseline for future studies and to be able to identify variations in the health condition of Galapagos seabirds over time.

Key words: Seabirds, health parameters, white blood cell (WBC) counts, differential counts, body mass index (BMI).

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	11
Métodos	13
Resultados.....	16
Discusión	17
Conclusiones	21
Referencias Bibliográficas	22
Anexo A: Tablas	26
Anexo B: Figuras	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología del piquero de patas azules (BFB) en Seymour Norte (n= 30).....26

Tabla 2. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología del piquero de Nazca (NZB) en Daphne Mayor (n=30).....27

Tabla 3. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología de la gaviota de cola bifurcada (STG) en Plazas Norte (n =30).....28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de <i>S. neboxii</i>	29
Figura 2. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de <i>S. granti</i>	29
Figura 3. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de <i>C. furcatus</i>	30
Figura 4. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de <i>S. neboxii</i>	30
Figura 5. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de <i>S. granti</i>	31
Figura 6. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de <i>C. furcatus</i>	31
Figura 7. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de <i>S. neboxii</i>	32
Figura 8. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de <i>S. granti</i>	32
Figura 9. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de <i>C. furcatus</i>	33
Figura 10. Regresión lineal del lactato y el tiempo de muestro de <i>S. neboxii</i>	33
Figura 11. Regresión lineal del lactato y tiempo de muestro de <i>S. granti</i>	34
Figura 12. Regresión lineal del lactato y tiempo de muestro de <i>C. furcatus</i>	34
Figura 13. Medias y desviaciones estándar del hematocrito entre géneros de <i>S. neboxii</i>	35
Figura 14. Medias y desviaciones estándar del índice de masa corporal entres géneros de <i>S. neboxii</i>	35

INTRODUCCIÓN

Los cambios que se generan en un ecosistema tienen gran influencia sobre las especies que lo habitan (Mallory et al., 2010). Como consecuencia, el estado de salud y la supervivencia de los organismos, está estrechamente ligado a estos cambios (Thomas et al., 2004). Los ecosistemas marinos son de los más afectados por el fenómeno del cambio climático (Doney et al., 2012) y las presiones antropocéntricas (Mallory et al., 2006), teniendo como resultado un impacto directo sobre biodiversidad (Croxall et al., 2012). Las aves marinas, son particularmente sensibles a estos cambios (Şekercioğlu et al., 2012) y a partir del estudio de su estado de salud y fisiología, se puede evaluar como las variaciones ambientales afectan a sus poblaciones a lo largo del tiempo (Siebert et al., 2012).

Los ecosistemas insulares, poseen gran variedad de amenazas que atentan contra las poblaciones de aves marinas (Croxall, et al., 2012). En las islas Galápagos estos riesgos se deben a la presencia humana (asentamientos, pesca y turismo), la contaminación y la introducción tanto de agentes patógenos como de especies invasoras (Wikelski et al., 2004). Se han realizado estudios enfocados en establecer la condición de salud de especies de aves marinas. Padilla et al., (2006) generó líneas base para distintos parámetros de salud basados en la química sanguínea en varias especies incluyendo el piquero de patas rojas (*Sula sula*), el piquero de Nazca (*Sula granti*), la gaviota de cola bifurcada (*Creagrus furcatus*) y la fragata (*Fregata minor*) en la isla Genovesa en Galápagos. Lee-Cruz, et al., (2016) y Travis et al., (2006) buscaron la prevalencia de parásitos en el pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*) y el piquero de patas azules (*Sula nebouxii*). Estudios más actuales como los de Valle, et al., (2018) y Lewbart, et al., (2017) han generado líneas base para fragatas (*Fregata minor*) y el piquero de patas rojas (*S. sula*), contribuyendo con más información referencial sobre salud.

Aunque los estudios de estado de salud en las aves marinas de Galápagos son cada vez más frecuentes, aun se requiere generar más estudios que provean información referencial, la cual es necesaria para la toma de decisiones en cuanto a conservación.

El presente trabajo, procuró proveer información actualizada de la condición de salud de tres especies de aves marinas residentes de las islas Galápagos, analizando parámetros sanguíneos y morfológicos en cada especie. Identificar relaciones entre un índice de masa corporal y distintos parámetros de salud para comparar los valores obtenidos con otros estudios y observar si existen cambios en la condición de salud de las aves a través del tiempo como se presenta a continuación.

MÉTODOS

El estudio fue realizado en tres localidades en el archipiélago de Galápagos, Seymour Norte ($0^{\circ}23'29.4''S$ $90^{\circ}1702.8''W$), Daphne Mayor ($0^{\circ}25'24.3''S$ $90^{\circ}22'20.5''W$) y Plazas Norte ($0^{\circ}35'01.0''S$ $90^{\circ}09'45.0''W$). A cada sitio se accedió por vía marítima y se estableció un laboratorio temporal en el cual se realizó la recolección de muestras y datos. Las muestras fueron obtenidas de las colonias reproductivas del piquero de patas azules (*Sula nebouxii*) en Seymour Norte, piquero de Nazca (*Sula granti*) en Daphne Mayor y la gaviota de cola bifurcada (*Creagrus furcatus*) en Plazas Norte, obteniendo un total de 30 muestras para cada especie. La recolección se realizó durante la temporada seca en el mes de junio del 2017.

Los individuos fueron capturados manualmente y de forma temporal para efectuar una valoración física, en la que se tomó datos morfológicos, temperatura corporal (cloacal), ritmo cardiaco, frecuencia respiratoria y una muestra sanguínea. Las muestras de sangre se obtuvieron de la punción en la vena braquial con agujas heparinizadas y jeringas de 3.0 ml para obtener 1.0 ml de sangre para cada individuo. Para evitar cualquier efecto de la manipulación, se procuró tomar las muestras de sangre dentro de los primeros diez minutos tras la captura (Valle et al., 2018). A partir de cada muestra, se realizaron frotis sanguíneos con duplicados, análisis de lactato con el analizador *Lactate-Plus* y en el Istat para medir parámetros bioquímicos y de gases en la sangre, tales como Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , iCa , TCO_2 , glucosa, hematocrito y hemoglobina. La sangre sobrante se almacenó en tubos Eppendorff que se conservaron en refrigeración.

Los datos morfométricos se obtuvieron con un calibrador para las mediciones del tarso (largo) y el pico (largo, ancho y espesor). La longitud del ala se midió con un flexómetro y el peso de cada individuo con una pesola. Adicionalmente, se colectó muestras de aceite uropigial y una

muestra de cinco plumas para cada ave, para realizar otras pruebas que no se analizaron en el presente proyecto.

Los frotis sanguíneos realizados, fueron fijados y teñidos con *Diff Quik* en los laboratorios del Galapagos Science Center (GSC) y en los laboratorios de docencia del Hospital de los Valles en Quito. Se realizaron conteos diferenciales de glóbulos blancos (Work, 1996) y conteos estimados de glóbulos blancos (WBC) (Newman et al., 1997), con la modificación en la metodología de utilizar el objetivo de 100x.

Para los análisis estadísticos se empleó el programa informático *SPSS*. Se elaboró un índice de masa corporal (BMI), con el objetivo de tener una medida que represente el estado de salud de las aves independientemente de su tamaño, utilizando la metodología descrita por Peig y Green, 2009, la cual consiste en estandarizar la masa corporal de los individuos en base a una medida morfométrica lineal (longitud del ala) (Peig & Green, 2009). El mismo se utilizó para realizar comparaciones con distintas variables (hematocrito, hemoglobina, proporción H/L) para cada especie. La proporción H/L se calculó por el método descrito por (Gross & Siegel, 1983). Debido a que el índice de masa corporal no presentó normalidad (prueba de Shapiro – Wilk) y que no se le puede realizar una transformación a los valores ya que es una medida que para ser obtenida sufre una transformación fuerte (Peig & Green, 2009) se realizó una prueba no paramétrica. Regresiones lineales y correlación no paramétrica (Rho de Spearman) se realizaron para las variables hematocrito, hemoglobina y proporción H/L; la prueba U de Mann-Whitney para los análisis de sexo (*S. neboxii*) con índice de masa corporal y hematocrito. Adicionalmente, se realizó una regresión lineal con las variables del tiempo de manipulación hasta el momento en el que se extrajo la sangre versus el lactato para evaluar si el tiempo de manipulación se relaciona con el nivel de estrés del ave.

Se eliminaron algunos valores atípicos para las pruebas estadísticas debido a inconsistencias en la información o por que dichos valores no se encontraban dentro de los rangos adecuados previamente reportados en otros estudios (Avereck, 2015; Doussang et al., 2015).

Se calcularon estadísticos descriptivos para los parámetros bioquímicos de cada especie para realizar comparaciones con estudios anteriores.

RESULTADOS

Los parámetros bioquímicos y los valores de hematología evaluados para las tres especies de aves marinas, *Sula. nebouxii* (BFB), *Sula. granti* (NZB) y *Creagrus. furcatus* (STG) se organizaron para su respectiva comparación.

Se reportaron los valores de hematología y bioquímica sanguínea como media, desviación estándar y valores mínimos y máximos para BFB (Tabla 1), NZB (Tabla 2) y STG (Tabla 3).

No se encontró una relación significativa entre el hematocrito y el índice de masa corporal (BMI) en BFB (n=30, $r = 0.102$, $P = 0.592$) (fig. 1), en NZB (n=30, $r = 0.136$, $P = 0.474$) (fig. 2) ni en STG (n=30, $r = -0.211$, $P = 0.264$) (fig. 3).

Tampoco se encontró relación significativa entre BMI y la hemoglobina en *S. nebouxii* (n=30, $r = 0.102$, $P = 0.592$) (fig.4), *S. granti* (n=30, $r = 0.136$, $P = 0.474$) (fig.5) ni *C. furcatus* (n=29, $r = -0.218$, $P = 0.256$) (fig.6).

De igual manera, no hubo relación entre el BMI y la proporción heterófilo/ linfocito (H/L) de *S. nebouxii* (n= 30, $r = -0.060$, $P = 0.752$) (fig.7), *S. granti* (n=30, $r = -0.113$, $P = 0.553$) (fig.8) ni *C. furcatus* (n=29, $r = 0.342$, $P = 0.069$) (fig.9).

No se halló una relación significativa entre el nivel de lactato y el tiempo de muestreo (toma de la muestra de sangre) en BFB (n=28, $r = -0.173$, $p = 0.379$) (fig.10) ni en NZB (n=29, $r = -0.177$, $p = 0.359$) (fig. 11). Pero si se halló una relación significativa en STG (n=28, $r = -0.488$, $p = 0.008$) (Fig. 12).

El hematocrito varía de forma significativa entre sexos en BFB ($z = -3,664$, $p > 0.001$) (fig.13).

Mientras que el índice de masa corporal es similar entre machos y hembras de BFB (n= 30, $p = 0.647$) (Fig.14).

DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para los parámetros bioquímicos y hematológicos de cada especie muestran que existen rangos bastante variables. Esto se debe a factores como las diferencias naturales que existen entre cada especie, la edad, el género, la temporada e incluso el momento del día en el que se colectan los datos (Norte et al., 2009). Por lo que cabe mencionar que la información generada para las especies de este estudio son una referencia cuya principal finalidad es evidenciar variaciones al realizar comparaciones con otros estudios. Por lo que los resultados que se exhiben corresponden al estado de salud de las tres especies de aves marinas (*Sula nebouxii*, *Sula granti* y *Creagrus furcatus*) en sus respectivas localidades durante la temporada seca en julio de 2017.

Los valores del hematocrito encontrados son bajos en comparación a otros estudios (Padilla et al. 2006). Esta diferencia puede deberse a que la productividad de los ecosistemas en los que se encuentran las poblaciones de este estudio comparados con los de Padilla et al. 2006 son diferentes. Busch et al., (2011) menciona que se pueden encontrar valores de hematocrito más altos en las zonas donde existe una mayor productividad y valores más bajos en zonas con menor productividad. La temperatura es otro factor que puede influir sobre las variaciones del hematocrito (Ruiz & Novoa, 1995; Swanson, 2010), en la mayoría de las especies de aves se reporta que los niveles del hematocrito son más bajos durante las épocas más cálidas.

Por otra parte, no se encontró relación significativa entre el hematocrito y el índice de masa corporal. Fair et al., 2007 menciona que estas variables pueden estar relacionadas, pero el hematocrito puede verse afectado por otras variables (edad, nutrición, influencia hormonal, temporada) que no afectan de la misma manera al índice corporal. Adicionalmente, el hematocrito es una variable que no solo se basa en la concentración de glóbulos rojos si no también en el tamaño del ave (Fair et al., 2007), a diferencia del índice de masa corporal el cual

no depende del tamaño ya que este busca estandarizar el tamaño de cada individuo (Peig & Green, 2009).

En el caso de la hemoglobina, los valores son similares a los reportados por Lewbart et al., (2017) en ambas especies de piqueros (*S. nebouxii*, *S. granti*). Para *C. furcatus* los valores también fueron similares a los reportados por Ulloa, (2017). La temporada del año es un factor que puede influir en los cambios de la concentración de hemoglobina por variaciones de temperatura (Swanson, 2010). Las diferencias de temperatura entre el año del estudio y los estudios de comparación fueron muy pequeñas, lo cual podría explicar las similitudes en los valores de la hemoglobina (Lewbart et al., 2017; Ulloa, 2017) (Norte et al., 2009).

No se encontró relación significativa entre la hemoglobina y el BMI. La hemoglobina es la proteína sanguínea encargada del transporte de oxígeno a todo el cuerpo (Minias, 2015). La concentración de esta proteína en la sangre se relaciona con un mejor desempeño del organismo (fitness) (Milenkaya et al., 2015). Índices corporales como el que se empleó para el presente estudio, no reflejan de forma adecuada el fitness individual de un organismo (Milenkaya et al., 2015), lo que explica la falta de relación.

Respecto a los conteos diferenciales de glóbulos blancos, se encontró que los valores de *S. nebouxii* son similares a los reportados por Lewbart et. al., (2017) y Ulloa (2017). Igualmente, para *S. granti* y *C. furcatus* los valores coinciden con los de Padilla et al., (2006) y Ulloa, (2017). El leucocito que mayor proporción presentó en todos los casos fue el heterófilo. Este tipo de glóbulo blanco es un fagocito, que actúa en la primera línea de defensa innata contra las infecciones (Genovese et. al., 2006) y en la mayoría de las especies de aves es el leucocito que predomina en la sangre (Maxwell & Robertson, 1998).

La proporción heterófilo / linfocito (H/L) presentó valores similares a los reportados por Ulloa (2017) para las tres especies. Dado que los datos colectados para las especies del estudio se

tomaron durante la misma temporada en distintos años, esto sugiere que la carga parasitaria (Lee-cruz et al., 2015), disponibilidad de alimento (Hoi-Leitner et al., 2001) y otros agentes de estrés fueron similares. La proporción H/L para las tres especies es baja, lo cual sugiere que no existen niveles crónicos de estrés (Ruiz et al., 2002).

No se encontró correlación entre la proporción H/L y el BMI en ninguna de las tres especies. Bambura et. al.,(2013) menciona que un agente de estrés puede afectar de forma distinta a ambas variables. Agentes como la carga parasitaria, pueden tener influencia sobre la proporción H/L haciendo que varíe, pero en la mayoría de los casos no afecta directamente al estado de salud de las aves (BMI). En el estudio realizado por O 'Dell, (2014), los resultados son similares a los del presente trabajo y sugiere que el uso de medidas como el tamaño del músculo pectoral podrían brindar mejor información entre la relación de la proporción H/L y la condición corporal, ya que esta medida no depende del estado energético de individuo y como tal no varía por factores como la condición nutricional que si hacen variar al BMI utilizado en este estudio.

Al comparar el hematocrito con el género de *S. nebouxii* se encontró relación entre las dos variables. En el estudio realizado por Ots et al. (1998) se menciona que las diferencias se pueden atribuir a factores fisiológicos como las diferencias hormonales entre géneros, pero también a que posiblemente exista diferencias en el esfuerzo realizado entre machos y hembras (tiempo de forrajeo). Por otro lado, otras variables como el estado reproductivo pueden tener influencia sobre las variaciones en el hematocrito (Fair et al., 2007).

No se encontró relación entre el índice de masa corporal (BMI) y el género en *S. nebouxii*. Estudios en la misma especie y especies cercanas como el piquero de patas rojas (*Sula sula*) revelan resultados similares, indicando que no hay variación entre machos y hembras en la condición corporal (Wingfield et al., 1999; Lormeé et al., 2003). En varias especies, se reportan

diferencias significativas entre estas variables principalmente durante la época de crianza del polluelo debido a la demanda alta de alimento requerida por el mismo (Williams et al., 2007). Sin embargo, en súlidos como *S. nebouxii* cuya cría tiene bajos requerimientos de alimentación, los individuos no se ven forzados a ajustar su condición corporal para satisfacer las necesidades del polluelo (Lormeé et al., 2003). Adicionalmente, las aves se encontraban en distintos estados del ciclo reproductivo, por lo que, aun si existiera relación entre las variables no se vería reflejado en los resultados.

Respecto a la relación entre el tiempo de manipulación (captura) y el nivel de lactato no se encontró relación para *S. nebouxii* ni *S. granti*, pero si para *C. furcatus*. El lactato es un indicador inmediato de estrés en aves. En su estudio con flamings (*Phoenicopterus Ruber*) Burgdorf- Moisuk et al., (2012) menciona que existe un incremento significativo en las concentraciones de lactato cuando el tiempo de manipulación del individuo es más largo. Mientras que Maho et al., (1992) indica que una posible razón para que no se relacionen ambas variables es que el individuo capturado presentaba estrés desde antes de ser capturado.

CONCLUSIONES

Las especies de aves marinas estudiadas en el presente trabajo presentan valores similares en sus parámetros sanguíneos y bioquímicos en comparación con otros estudios. Siendo que la condición de las aves de los estudios de comparación es buena, las tres poblaciones de aves marinas de las distintas localidades de las islas Galápagos analizadas presentan una condición similar. El monitoreo de estas poblaciones brinda información útil para generar líneas base para la salud de las aves, es importante realizar valoraciones de salud durante distintas temporadas y en distintos años para tener una buena perspectiva de los cambios que se pueden dar en la condición de salud de estas a lo largo del tiempo.

El índice de masa corporal es una buena herramienta que proporciona información adecuada para determinar la condición de salud en aves. Se deben tomar en cuenta más variables que puedan relacionarse con la masa de las aves para encontrar otros indicadores de la salud de estas.

El conocimiento del estado de salud de las aves marinas estudiadas permite comprender como factores ambientales y efectos de la actividad antropocéntrica pueden afectar a sus poblaciones. Identificar cambios en el estado de salud y determinar si estos tienen potenciales efectos negativos sobre las poblaciones ayudará a tomar decisiones en cuanto a conservación a tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banbura, J., Skwarska, J., Banbura, M., Gladalski, M., Holysz, M., Kalinski, A., . . . Zielinski, P. (2013). Spatial and Temporal Variation in Heterophil-to-Lymphocyte Ratios of Nestling Passerine Birds: Comparison of Blue Tits and Great Tits. *PLoS ONE*,8(9). doi:10.1371/journal.pone.0074226
- Burgdorf-Moisuk, A., Wack, R., Ziccardi, M., Larsen, R. S., & Hopper, K. (2012). Validation Of Lactate Measurement In American Flamingo (*Phoenicopterus Ruber*) Plasma And Correlation With Duration And Difficulty Of Capture. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*,43(3), 450-458. doi:10.1638/2010-0124r5.1
- Busch, D. S., Robinson, W. D., Robinson, T. R., & Wingfield, J. C. (2011). Influence of proximity to a geographical range limit on the physiology of a tropical bird. *Journal of Animal Ecology*,80(3), 640-649. doi:10.1111/j.1365-2656.2010.01791.x
- Croxall, J. P., Butchart, S. H., Lascelles, B., Stattersfield, A. J., Sullivan, B., Symes, A., & Taylor, P. (2012). Seabird conservation status, threats and priority actions: A global assessment. *Bird Conservation International*,22(01), 1-34. doi:10.1017/s0959270912000020
- Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Duffy, J. E., Barry, J. P., Chan, F., English, C., . . . Hollowed, A. B. (2012). Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*,4, 11-37. doi:10.1146/annurev-marine-041911-111611
- Fair, J., Whitaker, S., & Pearson, B. (2007). Sources of variation in haematocrit in birds. *Ibis*,149(3), 535-552. doi:10.1111/j.1474-919x.2007.00680.x
- Genovese, K. J., He, H., Lowry, V. K., Swaggerty, C. L., & Kogut, M. H. (2006). Comparison of heterophil functions of modern commercial and wild-type Rio Grande turkeys. *Avian Pathology*,35(3), 217-223. doi:10.1080/03079450600711029
- Hoi-Leitner, M., Romero-Pujante, M., Hoi, H., & Pavlova, A. (2001). Food availability and immune capacity in serin (*Serinus serinus*) nestlings. *Behavioral Ecology and Sociobiology*,49(5), 333-339. doi:10.1007/s002650000310

- Lee-Cruz, L., Cunningham, A. A., Martínez, P., Cruz, M., Goodman, S. J., & Hamer, K. C. (2016). Prevalence of *Haemoproteus* sp. in Galápagos blue-footed boobies: Effects on health and reproduction. *Parasitology Open*, 2. doi:10.1017/pao.2015.6
- Lewbart, G. A., Ulloa, C., Deresienski, D., Regalado, C., Muñoz-Pérez, J., Garcia, J., Hardesty, BD, Valle, C. A. (2017). Health Status Of Red-Footed Boobies (*Sula Sula*) Determined By Hematology, Biochemistry, Blood Gases, And Physical Examination. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 48(4), 1230-1233. doi:10.1638/2017-0031.1
- Lormée, H., Jouventin, P., Trouve, C., & Chastel, O. (2003). Sex-specific patterns in baseline corticosterone and body condition changes in breeding Red-footed Boobies *Sula sula*. *Ibis*, 145(2), 212-219. doi:10.1046/j.1474-919x.2003.00106.x
- Maho, Y. L., Karmann, H., Briot, D., Handrich, Y., Robin, J. P., Mioskowski, E., . . . Farni, J. (1992). Stress in birds due to routine handling and a technique to avoid it. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 263(4). doi:10.1152/ajpregu.1992.263.4.r775
- Mallory, M. L., Robinson, S. A., Hebert, C. E., & Forbes, M. R. (2010). Seabirds as indicators of aquatic ecosystem conditions: A case for gathering multiple proxies of seabird health. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1), 7-12. doi:10.1016/j.marpolbul.2009.08.024
- Maxwell, M., & Robertson, G. (1998). The avian heterophil leucocyte: A review. *Worlds Poultry Science Journal*, 54(02), 155-178. doi:10.1079/wps19980012
- Milenkaya, O., Catlin, D. H., Legge, S., & Walters, J. R. (2015). Body Condition Indices Predict Reproductive Success but Not Survival in a Sedentary, Tropical Bird. *Plos One*, 10(8). doi:10.1371/journal.pone.0136582
- Minias, P. (2015). The use of haemoglobin concentrations to assess physiological condition in birds: A review. *Conservation Physiology*, 3(1). doi:10.1093/conphys/cov007
- Norte, A. C., Ramos, J. A., Sousa, J. P., & Sheldon, B. C. (2009). Variation of adult Great Tit *Parus major* body condition and blood parameters in relation to sex, age, year and season. *Journal of Ornithology*, 150(3), 651-660. doi:10.1007/s10336-009-0387-1

- O'Dell, D. A., Carlo, M. A., Kimmitt, A., Bikowski, E., Morris, K. R., & Dolby, A. (2014). A Comparison of Techniques Measuring Stress in Birds. *Virginia Journal of Science*, 65(3), 4th ser., 134-148. doi:10.25778/5h4z-5938
- Ots, I., Murumagi, A., & Horak, P. (1998). Haematological health state indices of reproducing Great Tits: Methodology and sources of natural variation. *Functional Ecology*, 12(4), 700-707. doi:10.1046/j.1365-2435.1998.00219.x
- Padilla, L. R., Whiteman, N. K., Merkel, J., Huyvaert, K. P., & Parker, P. G. (2006). Health Assessment Of Seabirds On Isla Genovesa, Galápagos Islands. *Ornithological Monographs*, 60(1), 86. doi:10.1642/0078-6594(2006)60[86:haosoi]2.0.co;2
- Peig, J., & Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: The scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118(12), 1883-1891. doi:10.1111/j.1600-0706.2009.17643.x
- Ruiz, G., Rosenmann, M., & Novoa, F. F. (1995). Seasonal changes of blood values in Rufous-collared sparrows from high and low altitude. *International Journal of Biometeorology*, 39(2), 103-107. doi:10.1007/bf01212588
- Ruiz, G., Rosenmann, M., Novoa, F. F., & Sabat, P. (2002). Hematological Parameters And Stress Index In Rufous-Collared Sparrows Dwelling In Urban Environments. *The Condor*, 104(1), 162. doi:10.1650/0010-5422(2002)104[0162:hpsii]2.0.co;2
- Şekercioglu, Ç H., Primack, R. B., & Wormworth, J. (2012). The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*, 148(1), 1-18. doi:10.1016/j.biocon.2011.10.019
- Siebert, U., Schwemmer, P., Guse, N., Harder, T., Garthe, S., Prenger-Berninghoff, E., & Wohlsein, P. (2012). Health status of seabirds and coastal birds found at the German North Sea coast. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 54(1). doi:10.1186/1751-0147-54-43
- Swanson, D. L. (2010). Seasonal Metabolic Variation in Birds: Functional and Mechanistic Correlates. *Current Ornithology Volume 17*, 75-129. doi:10.1007/978-1-4419-6421-2_3
- Thomas, C., Cameron A., Green, R., Bakkenes, M., Beaumont, L., Collingham Y.,... Williams, S. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*. 427. 145-8. doi: 10.1038/nature02121.

- Travis, E. K., Vargas, F. H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, R. E., & Parker, P. G. (2006). Hematology, Serum Chemistry, And Serology Of Galápagos Penguins (*Spheniscus Mendiculus*) In The Galápagos Islands, Ecuador. *Journal of Wildlife Diseases*, 42(3), 625-632. doi:10.7589/0090-3558-42.3.625
- Ulloa, Catalina. (2017). *El estado actual de la condición de salud de las aves marinas de Galápagos* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Valle, C. A., Ulloa, C., Deresienski, D., Regalado, C., Muñoz-Pérez, J., Garcia, J, Hardesty BD, Skehel A, Lewbart, G. A. (2018). Health Status of Great Frigatebirds (*Fregata minor*) Determined by Haematology, Biochemistry, Blood Gases, and Physical Examination. *Conservation Physiology*, 6(1). doi:10.1093/conphys/coy034
- Wikelski, M., Foufopoulos, J., Vargas, H., & Snell, H. (2004). Galápagos Birds and Diseases: Invasive Pathogens as Threats for Island Species. *Ecology and Society*, 9(1). doi:10.5751/es-00605-090105
- Williams, C. T., Kildaw, S. D., & Buck, C. L. (2007). Sex-specific differences in body condition indices and seasonal mass loss in Tufted Puffins. *Journal of Field Ornithology*, 78(4), 369-378. doi:10.1111/j.1557-9263.2007.00125.x
- Wingfield, J. C., Ramos-Fernandez, G., Mora, A. N., & Drummond, H. (1999). The Effects of an “El Niño” Southern Oscillation Event on Reproduction in Male and Female Blue-footed Boobies, *Sula nebouxii*. *General and Comparative Endocrinology*, 114(2), 163-172. doi:10.1006/gcen.1998.7243

ANEXO A: TABLAS

Tabla 1. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología del piquero de patas azules (BFB) en Seymour Norte (n= 30).

Parámetro	Media	DS ±	Mínimo	Máximo
Hematocrito (%)	34.167	4.324	24.000	41.000
Proteína total manual (%)	5.702	1.245	4.200	9.800
Hemoglobina (g/dl)	11.613	1.470	8.200	13.900
Tco2 (mmhg)	17.000	2.704	13.000	23.000
Na (mmol/l)	146.100	3.726	138.000	152.000
K (mmol/l)	3.620	0.429	2.700	4.800
Ica (mmol/l)	1.031	0.174	0.600	1.210
Glucosa (mmol/l)	217.100	31.166	156.000	296.000
Lactato (mmol/l)	5.047	1.758	2.000	10.200
Tipo de célula				
Heterófilo (%)	35.750	4.804	25.500	46.500
Monocito (%)	3.467	1.468	1.000	6.500
Eosinófilo (%)	30.950	6.152	20.000	44.000
Linfocito (%)	29.833	5.550	19.500	40.000
Estimados WBC (x10 ⁹ /l)	14713.333	2991.106	10200.000	24000.000
Proporción heterófilo/linfocito	1.252	0.347	0.699	2.325

Tabla 2. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología del piquero de Nazca (NZB) en Daphne Mayor (n=30)

Parámetro	Media	DS±	Mínimo	Máximo
Hematocrito (%)	32.200	3.845	22.000	37.000
Proteína total manual (%)	5.600	0.832	3.200	8.000
Hemoglobina (g/dl)	10.947	1.309	7.500	12.600
Tco2 (mmhg)	16.700	7.086	7.000	50.000
Na (mmol/l)	144.267	4.705	129.000	150.000
K (mmol/l)	3.587	0.567	2.600	4.600
Ica (mmol/l)	0.959	0.220	0.390	1.270
Glucosa (mmol/l)	228.410	53.110	22.300	294.000
Lactato (mmol/l)	5.567	1.419	2.500	8.600
Tipo de célula				
Heterófilo (%)	34.217	5.825	22.500	46.000
Monocito (%)	7.117	3.621	1.500	13.500
Eosinófilo (%)	29.117	6.929	17.000	42.000
Linfocito (%)	29.550	4.901	17.000	42.500
Estimados WBC (x10 ⁹ /l)	17553.333	3332.777	9600.000	26800.000
Proporción heterófilo/linfocito	1.194	0.324	0.667	2.235

Tabla 3. Media, desviación estándar y rango para los parámetros bioquímicos y de hematología de la gaviota de cola bifurcada (STG) en Plazas Norte (n =30).

Parámetro	Media	DS ±	Mínimo	Máximo
Hematocrito (%)	35.667	2.857	31.000	42.000
Proteína total manual (%)	6.000	1.543	4.000	11.300
Hemoglobina (g/dl)	11.800	2.109	1.900	14.300
Tco2 (mmhg)	19.233	2.431	14.000	24.000
Na (mmol/l)	150.733	2.586	146.000	156.000
K (mmol/l)	3.317	0.687	2.400	4.800
Ica (mmol/l)	1.121	0.143	0.850	1.400
Glucosa (mmol/l)	296.267	37.659	214.000	361.000
Lactato (mmol/l)	3.433	1.276	0.900	6.300
Tipo de célula				
Heterófilo (%)	46.883	9.718	24.500	69.000
Monocito (%)	4.867	2.729	1.000	11.500
Eosinófilo (%)	7.233	3.699	2.000	16.000
Linfocito (%)	41.017	8.960	22.500	63.500
Estimados WBC (x10 ⁹ /l)	18300.000	4209.431	13000.000	26400.000
Proporción heterófilo/linfocito	1.244	0.532	0.458	3.067

ANEXO B: FIGURAS

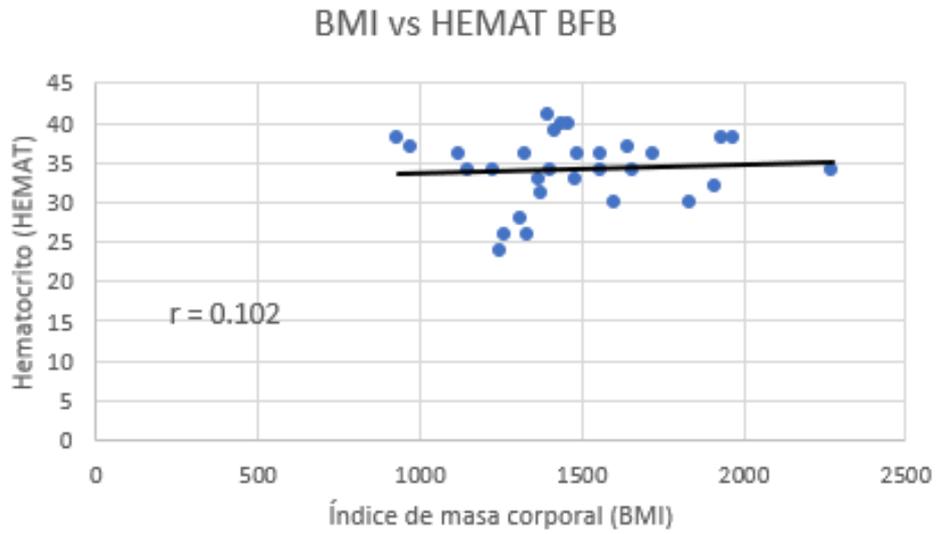


Figura 1. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de *S. neboxii*

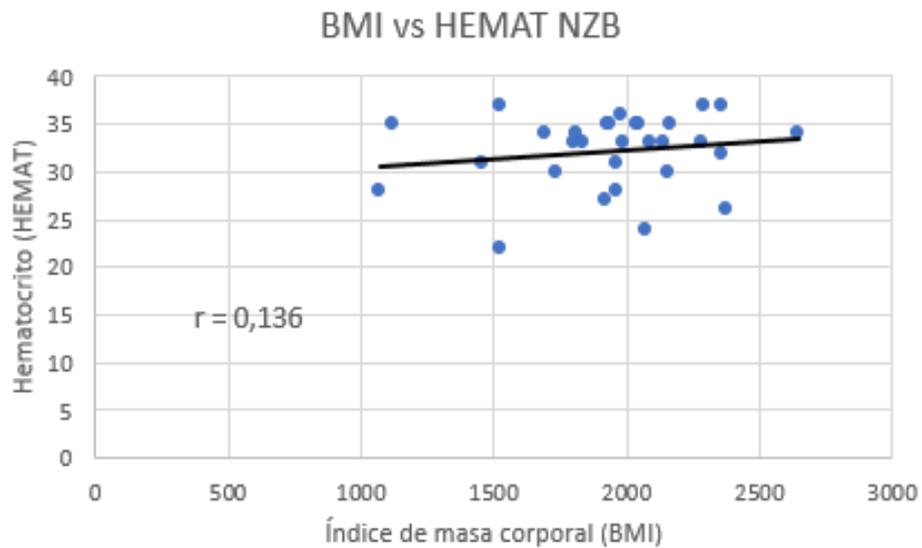


Figura 2. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de *S. granti*

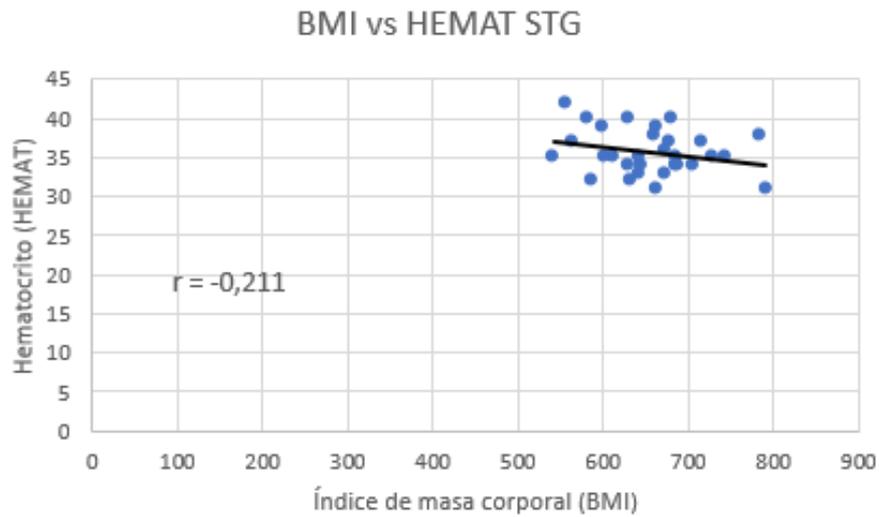


Figura 3. Regresión lineal del BMI y el hematocrito de *C. furcatus*

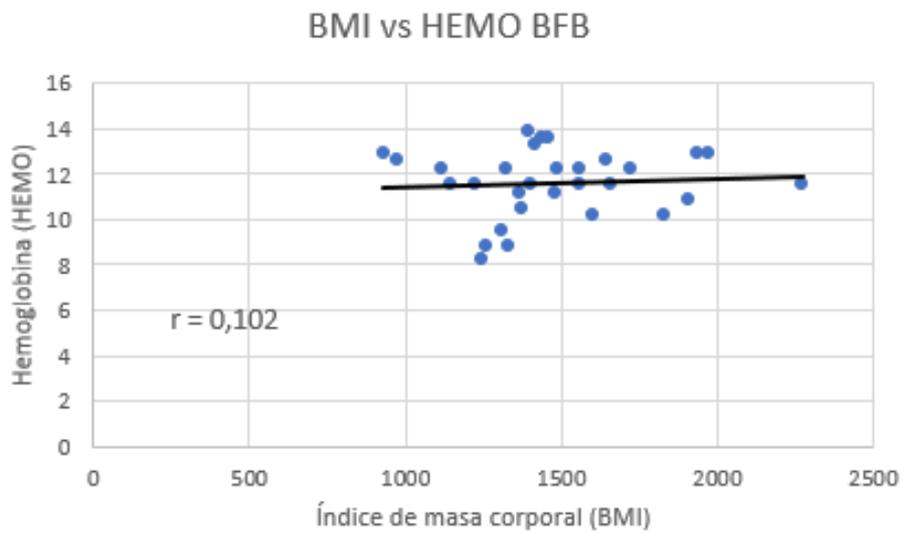


Figura 4. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de *S. neboxii*

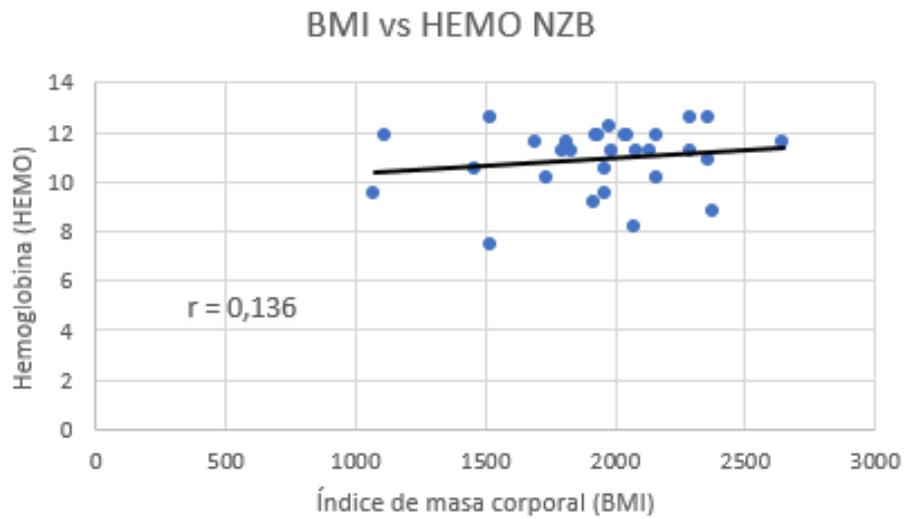


Figura 5. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de S. granti

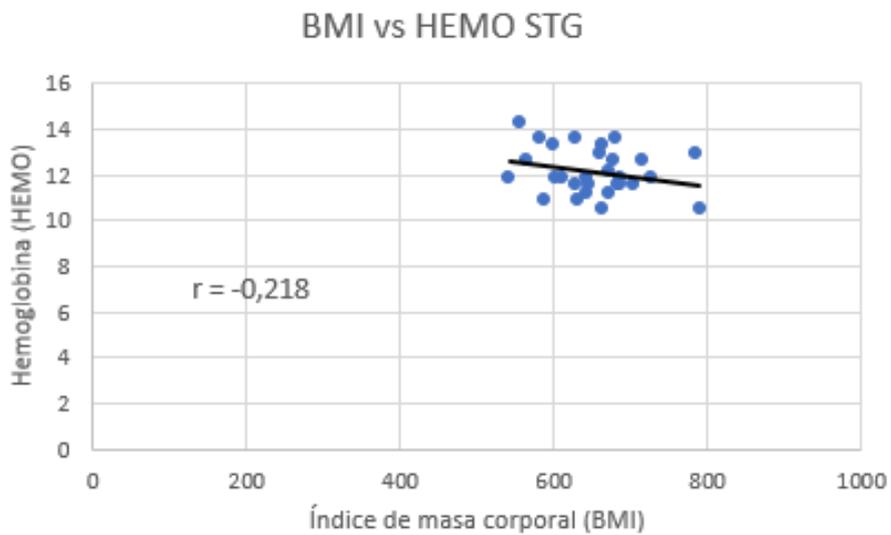


Figura 6. Regresión lineal del BMI y la hemoglobina de C. furcatus

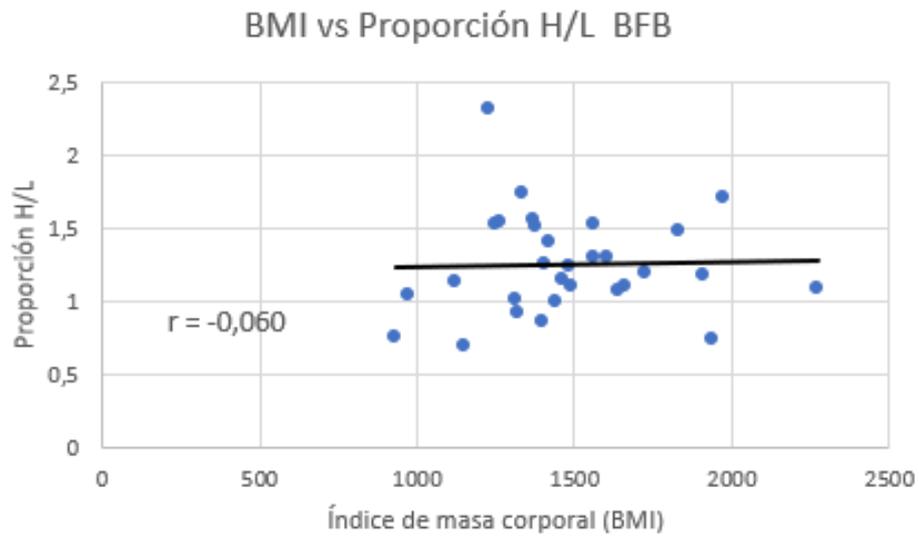


Figura 7. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de S. neboxii

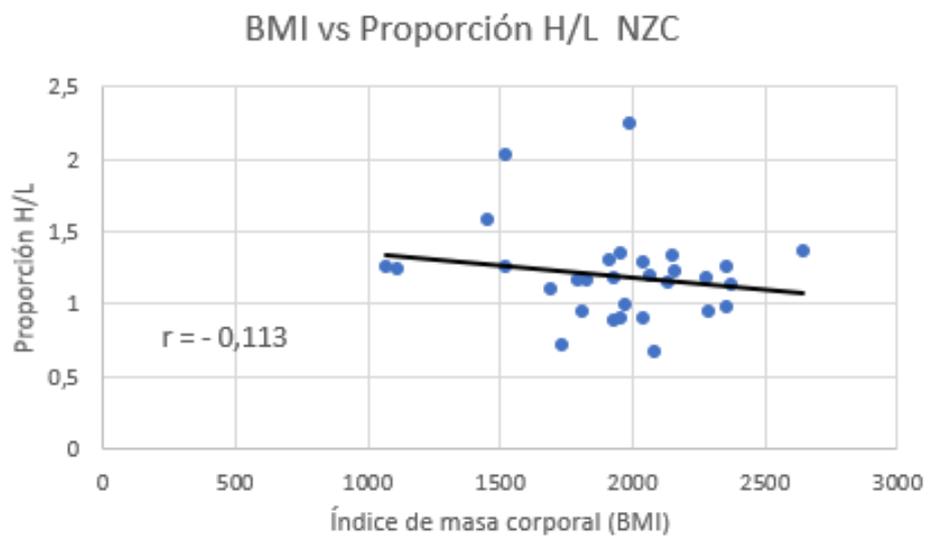


Figura 8. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de S. granti

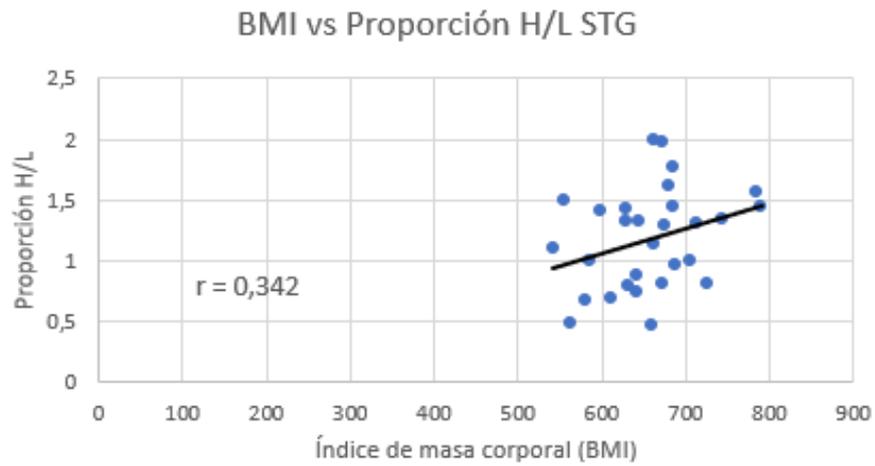


Figura 9. Regresión lineal del BMI y la proporción heterófilo / linfocito de *C. furcatus*

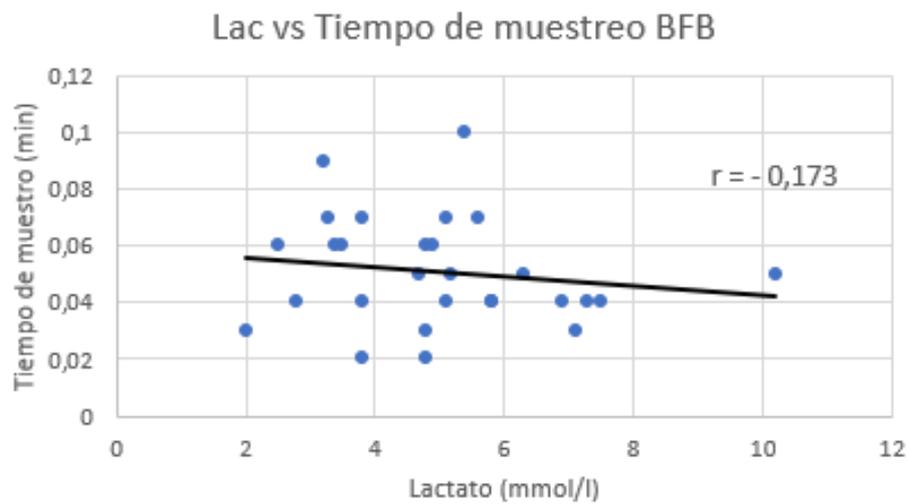


Figura 10. Regresión lineal del lactato y el tiempo de muestro de *S. neboxii*

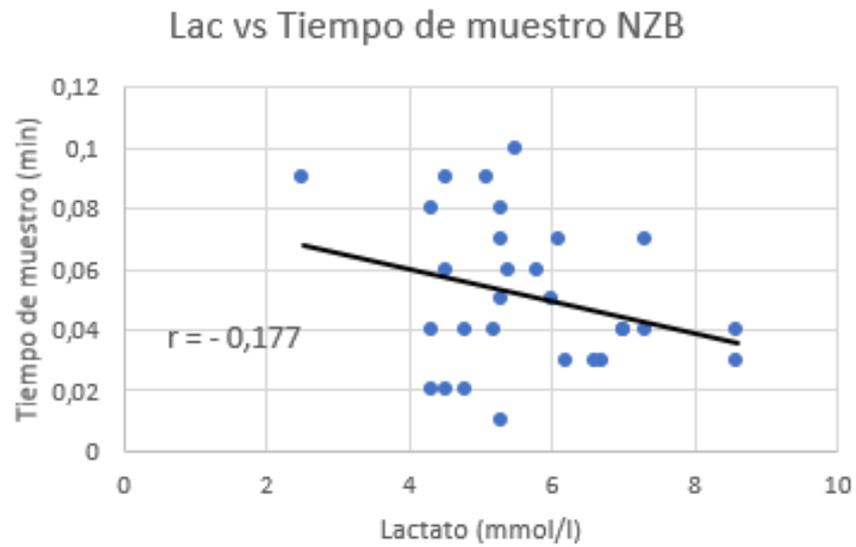


Figura 11. Regresión lineal del lactato y tiempo de muestro de *S. granti*

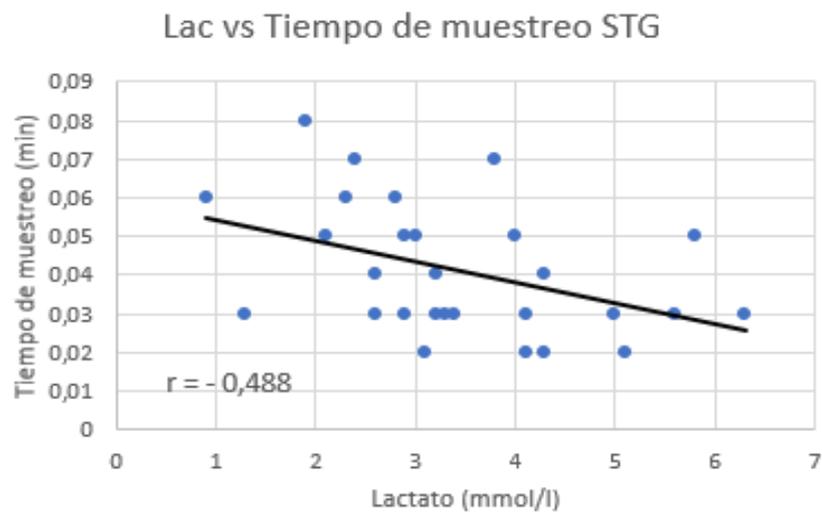


Figura 12. Regresión lineal del lactato y tiempo de muestro de *C. furcatus*

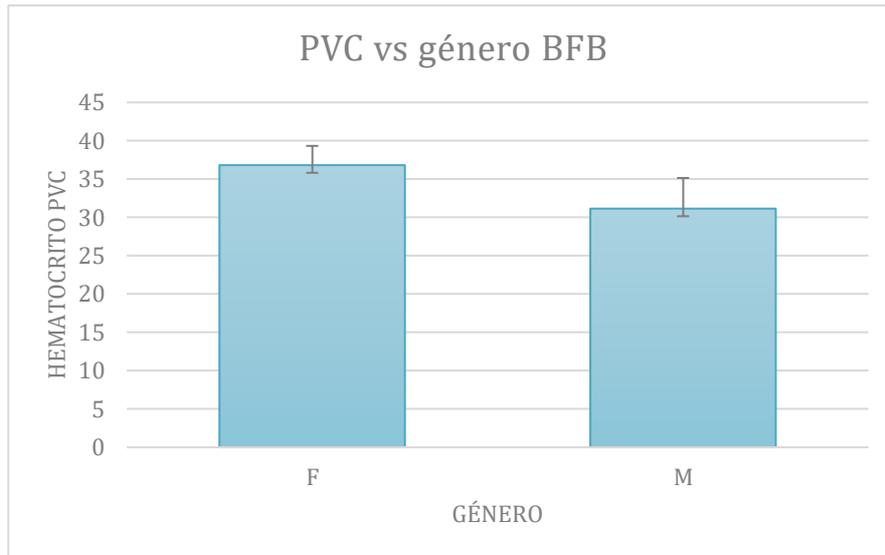


Figura 13. Medias y desviaciones estándar del hematocrito entre géneros de *S. neboxii*

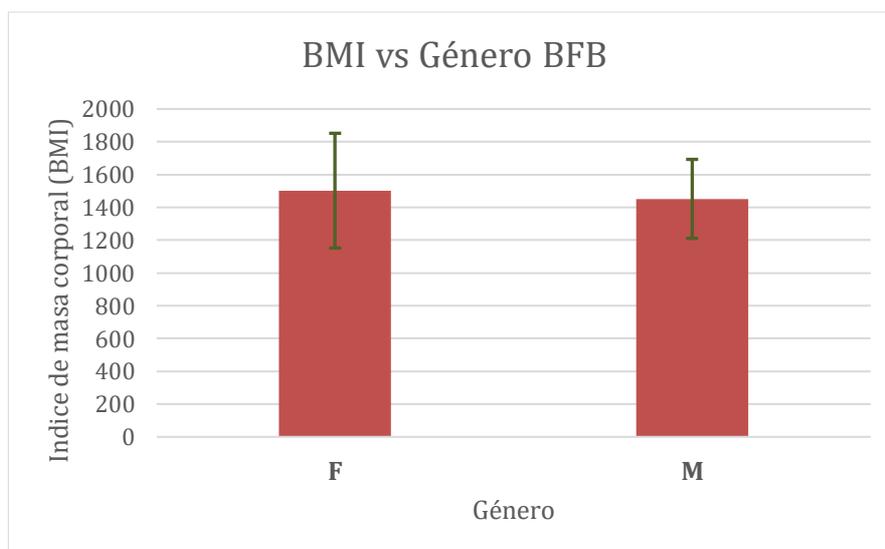


Figura 14. Medias y desviaciones estándar del índice de masa corporal entres géneros de *S. neboxii*