

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**POSTGRADO EN CIENCIAS, MENCIÓN ZOOLOGÍA**



**De extremis avis: Un estudio de los límites del vuelo  
activo en Neognathae (Aves)**

Tesis Doctoral presentada ante la ilustre Universidad Central de Venezuela por el Licenciado en Biología, Mención Zoología **Marcos A. Manzanares C.**, para optar al título de Doctor en Ciencias, Mención Zoología.

**Tutores:** Dra. Claudia Patricia Tambussi (CONICET, Argentina)  
Roberto Cipriani, Ph.D. (DataTheon, USA)

Caracas – Venezuela

Julio de 2015





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
POSTGRADO EN CIENCIAS, MENCIÓN ZOOLOGÍA

***De extremis avis: Un estudio de los límites del  
vuelo activo en Neognathae (Aves)***

Tesis Doctoral presentada a la Universidad Central de Venezuela por

**Marcos A. Manzanares C.**

Como requisito parcial para optar al grado académico de

**Doctor en Ciencias**

Realizada con la asesoría de los Profesores:

**Dra. Claudia Patricia Tambussi y**

**Roberto Cipriani Fita, Ph.D.**

Julio de 2015.







UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
POSTGRADO EN CIENCIAS, MENCIÓN ZOOLOGÍA

***De extremis avis: Un estudio de los límites del  
vuelo activo en Neognathae (Aves)***

Por: Marcos A. Manzanares C.

C. I. V-13.852.113

Esta Tesis Doctoral ha sido aprobada en nombre de la Universidad Central de Venezuela por el siguiente Jurado Examinador:

**Coordinador del Comité Evaluador**

**Dra. Claudia Patricia Tambussi**

CONICET, Argentina

**Jurado Principal**

**Adriana Rodríguez Ferraro, Ph.D.**

Universidad Simón Bolívar

**Jurado Principal**

**Astolfo Mata, Ph.D.**

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

**Jurado Principal**

**Dra. Ana Bonilla**

Universidad Central de Venezuela

**Jurado Principal**

**Dr. Mario Caicedo**

Universidad Simón Bolívar





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios  
de Postgrado

**VEREDICTO**

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias y el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela, para examinar la **TESIS DOCTORAL** presentada por el **Lcdo. MARCOS ANTONIO MANZANARES CHACÓN, C.I. N° 13.852.113**, bajo el título "**DE EXTREMIS AVIS: UN ESTUDIO DE LOS LÍMITES DEL VUELO ACTIVO EN NEOGNATHAE (AVES)**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, Mención **ZOOLOGÍA**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 20 de julio de 2015, a las 10:30 a.m., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que este hizo en el Auditorio Manuel Bemporad, Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, UCV, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado vigente.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **APROBARLO**, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado representa un valioso aporte teórico al conocimiento del vuelo en las aves.

3.- El jurado por unanimidad decidió otorgar la calificación de **EXCELENTE** al presente trabajo por considerarlo de excepcional calidad por la originalidad del

enfoque y sus potenciales aplicaciones y herramientas predictivas, particularmente en el campo de la paleontología.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 20 días del mes de julio del año 2015, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del Jurado, la tutora del trabajo, Dra. Claudia Tambussi.

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de la Dra. Claudia Tambussi y el Dr. Roberto Cipriani (IT Industry y DataTheon, California-EEUU).

Se hace constar que la Dra. Tambussi atendió la exposición de la Tesis Doctoral mediante Skype desde Argentina (Universidad Nacional de Córdoba).

Ph.D. Adriana Rodríguez  
Univ. Simón Bolívar  
Jurado designado por el Consejo  
de la Facultad  
C.I. 17.384.885

Dra. Ana Bonilla  
IZET-UCV  
Jurado designado por el Consejo  
de la Facultad  
C.I. 5.073.256

Dr. Astolfo Mata  
IVIC  
Jurado designado por el Consejo  
de Estudios de Postgrado  
C.I. 5.548.375

Dr. Mario Caicedo  
Univ. Simón Bolívar  
Jurado designado por el Consejo  
de Estudios de Postgrado  
C.I. 5.529.830

Dra. Claudia Tambussi  
Univ. Nacional de Córdoba-Argentina  
Tutora  
DNI (Arg) - 13424682



A Aníbal, mi tío, quién me llevó a mi primer pajareo.



## Agradecimientos

---

*The pure and simple truth is rarely pure and never simple.*

*(La verdad pura y simple, raramente es pura y nunca es simple)*

**Oscar Wilde, 1895.**

*The Importance of Being Earnest. A Trivial Comedy for Serious People.*

*(La importancia de llamarse Ernesto. Una comedia trivial para gente seria)*

En mis años del doctorado he comprendido que la ciencia no se limita al conjunto de conocimientos sobre lo que somos y aquello que nos rodea. He aprendido que la ciencia, de la forma como se plantea tradicionalmente y, siendo cuidadosa de ser objetiva, está construida bajo la lógica y la razón del investigador que la estudia hasta el punto de involucrarse, tanto que termina formando parte de ella. Ciencia y científico, como una díada, necesitan depender de lo que aportan cada una de las partes. Por un lado el problema y las herramientas para estudiarlo, mientras que por el otro la creatividad que se tiene para analizarlo, describirlo y explicarlo. Creatividad que, en otras palabras, representa aquello que se extingue cuando no se tiene más preguntas.

En la ciencia, como en todos los procesos creativos que conozco, el científico maneja en conjunto la curiosidad, el razonamiento y la labor conducente. Cada una de estas partes son interdependientes y su acción resulta fundamental para el logro de un objetivo, que para lo que corresponde representa esta tesis doctoral.

Este trabajo de investigación se debe al esfuerzo personal y el invaluable aporte de diversas personas, en especial: mi madre, mi maravillosa y numerosa familia y a mis tutores Claudia Tambussi y Roberto Cipriani. Cada uno de ustedes son practicantes de cualidades que admiro, ejemplo que tomaré para las actividades a realizar de ahora en más.

Deseo igualmente agradecer el apoyo que mis profesores me dieron durante el desarrollo de esta investigación: Klaus Jaffé y Mario Caicedo (Universidad Simón Bolívar, Venezuela), Jesús Alberto León, Mercedes Salazar, Jorge Pérez, Lourdes Suárez, Ana Bonilla, Nora Malaver, Francisco Tovar y Héctor López (Universidad Central de Venezuela), Eduardo Tonni (Universidad Nacional de La Plata, Argentina), Juan José Neiff (Universidad Nacional del Nordeste, Argentina), Isabel Castro (Universidad de Massey, Nueva Zelanda) y Elizabeth Höfling (Universidad de São Paulo, Brasil).

La ayuda de los miembros de los museos e instituciones que contribuyeron con este trabajo fue fundamental, incluyendo a Jesús Ramos (†) y a la Dirección Nacional de Diversidad Biológica (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, Venezuela), Marieta Hernández y Alejandro Nagy (Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela), Juan García (Estación Biológica de Rancho Grande, Venezuela), Martha Sulbarán, Ana Ruiz Peña y Marcial Quiroga (Grupo de Guardaparques Universitarios, Venezuela), Miguel Lentino, Margarita Martínez y Yemayá Padrón (Colección Ornitológica Phelps, Venezuela), Francisco Bisbal y Marcos Salcedo (Museo de Rancho Grande, Venezuela), Hiram Moreno (Museo de Ciencias, Venezuela), Mark Adams y Joanne Cooper (Museo de Historia Natural, Reino Unido), Sergio Nissardi, Carla Zucca, Ana Maria Deiana y Fabio Cherchi (Museo de Ciencias de la Universidad de Cagliari, Italia) y a mis compañeros y colegas del Laboratorio de Evolución de la Universidad Simón Bolívar (Venezuela), en especial Klaus Jaffé, Astrid Flórez, Mario Caicedo, Mario Gil, Claudia Montoreano, Ivette Carolina Martínez, Juan Carlos Correa, Gerardo Febres, Miguel González, Rubén Ramírez, Cristina Gómez y Antonio Vidal, entre tantos con quienes compartí y moldeé ideas. Con gran cariño hago mención de Deivi Petaquero, Herminia Daboin y Aida Llopis (Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela), quienes durante cada semestre pudieron lidiar con sabia paciencia mis acostumbradas ocurrencias.

Reiterando el apoyo que he recibido de parte de mi familia, los incluyo en los agradecimientos a mis amigos, quienes a lo largo de los últimos años han sabido manejar con entusiasmo mi proceso formativo, canalizando mis ideas, comprendiendo mis argumentos y disculpando mis ausencias.



También a los que estuvieron, quienes bien no volverán, sea por convicción como por decisión, o sencillamente porque ya no necesitan estar más allí, pero que son aún tan parte de mí como este trabajo. Personas que ya vivieron su tiempo y de los que conservo (cuando no, los padezco) sus recuerdos. A quienes hoy se sentirían contentos de esto, de estar aún por estos lados.

Mis memorias no estarían escritas sin el legado que me dejaron tanto Marco Natera (†) como William Rodríguez (†), específicamente en la formación de campo y en las descripciones anatómicas, respectivamente. Ellos fueron más que guías y maestros; ellos realmente sabían que el placer mas grande, por encima del aprender, es enseñar lo aprendido.

Este trabajo de investigación se ha llevado a cabo gracias al apoyo e iniciativa personal y familiar, así como por el programa de becas del Fondo Nacional para la Ciencia, la Tecnología e Innovación (FONACIT), organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, en especial a una de sus coordinadoras por parte de la Gerencia de Financiamiento y Formación de Talentos, Lic. Raquel Ramírez.

Las mejores ayudas (esas que considero, aprecio, estimo, valoro, comprendo, reconozco) no siempre fueron en el área operativa y/o técnica. También radicarón en el impulso que como individuo me dieron, al materializar este sueño, mi sueño. Esta gran fuerza de empuje no puede ser completada sin las ilusiones con las que llenan mi presente y reclaman el futuro como propio, como mútuo. Gracias Frank V&M.

No fue fácil llegar hasta acá. Pero ahora que lo estoy siento la efímera satisfacción del que sabe hallarse y conoce que este es uno de tantos logros que restan por cumplir. Uno más que completa mi formación personal, que sería imposible de presentar sin el apoyo que recibí de los consecuentes y de las fortalezas que me dejaron los ausentes, de todos aquellos que me hicieron vivir.

Marcos Manzanares  
Caracas, Marzo de 2015.





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

POSTGRADO EN CIENCIAS, MENCIÓN ZOOLOGÍA

***De extremis avis: Un estudio de los límites del vuelo activo en Neognathae (Aves)***

Marcos A. Manzanares C.

C.I. 13.852.113.

**Tutores:** Claudia Tambussi (CONICET; Argentina).

Roberto Cipriani (USB; Venezuela).

**Jurados:** Adriana Rodríguez Ferraro, Ph.D. (USB; Venezuela).

Dra. Ana Bonilla (UCV, Venezuela)

Astolfo Mata, Ph.D. (IVIC; Venezuela)

Dr. Mario Caicedo (UCV, Venezuela)

**RESUMEN**

El vuelo activo depende de la generación de sustentación ( $L$ ) mediante el movimiento de estructuras corporales específicas. En los seres vivos, esto ocurre por el aleteo, de forma que se supere la fuerza ejercida por el peso ( $W$ ). Las variables que describen la forma y el tamaño de las alas, así como la masa corporal que éstas pueden soportar, son determinantes para conocer si un organismo puede efectuar esta locomoción. Este estudio explora estos límites, definiendo y caracterizando un espacio de morfotipos funcionalmente posibles para las aves voladoras modernas (Aves: Neognathae). Basándose en la aproximación estática de la teoría del vuelo, se determinó el intervalo de viabilidad para la envergadura ( $B$ ), la superficie alar ( $S$ ) y la masa corporal ( $m$ ), variables que describen a los organismos en desplazamiento, bajo la condición de  $L \geq W$  y con una velocidad que no supera al record establecido para las aves en vuelo de ataque (108,2 m/seg), definiendo a  $B$  en (0,3.72] m,  $S$  en (0,13.85] m<sup>2</sup> y  $m$  en (0,51.53] Kg, siguiendo el escalado isométrico. Con estos límites se construyó un morfoespacio funcional, el cual fue convalidado con datos de morfología medidos en 2574 ejemplares pertenecientes a 25 órdenes diferentes. La distribución de los datos analizados fue congruente con los límites establecidos. No obstante, el comportamiento de los mismos no responde a una variación geométrica. Partiendo del valor máximo dado para  $m$ , se redimensionaron  $B$  y  $S$  de acuerdo a los exponentes calculados para las respectivas regresiones de potencia, variando en los intervalos (0,4.915] m y (0,17.16] m<sup>2</sup>, respectivamente. De acuerdo a la clusterización por k-means se subdividió el morfoespacio teórico en regiones morfológicas convergentes, los cuales muestran una afinidad funcional y no filogenética entre ellos. Esto se observó en otro nivel de la escala de análisis, al estudiar las proporciones de los segmentos alares en 1048 ejemplares pertenecientes a 27 órdenes. La configuración morfotípica presente en cada clúster fue vinculada en función a la forma que muestran los elementos locomotores de acuerdo a un análisis de redes morfológicas, estudiando dos clústeres extremos definidos por 10 ejemplares de Anseriformes (Anhimidae, *Anseranas*) y 36 de Apodiformes (Trochilidae), mostrando que las variaciones geométricas que tienen los elementos óseos del ala, además de estar intercorrelacionadas, son afines a los morfotipos funcionales definidos. De esta forma, empleando un método de desempeño funcional, no sólo se pueden definir los límites morfológicos posibles, sino que también se puede llegar a caracterizar espacios morfofuncionales.





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
POSTGRADUATE PROGRAM IN SCIENCES (ZOOLOGY)

***De extremis avis: A study of the powered flight boundaries in Neognathae (Aves)***

Marcos A. Manzanares C.  
C.I. 13.852.113.

**Supervisors:** Claudia Tambussi (CONICET; Argentina).  
Roberto Cipriani (USB; Venezuela).

**Examining committee:** Adriana Rodríguez Ferraro, Ph.D. (USB; Venezuela).  
Dra. Ana Bonilla (UCV, Venezuela)  
Astolfo Mata, Ph.D. (IVIC; Venezuela)  
Dr. Mario Caicedo (UCV, Venezuela)

**ABSTRACT**

In living forms, such birds and bats, flapping flight depends on wings in order to maintain an appropriate lift ( $L$ ) force to overcome that exerted by the weight ( $W$ ). Variables which measure and explain the shape and size of wings, and also those ones can describe body mass, are important to know whether such organism can fly. This work explores their limits, defining and characterizing functional morphospaces for modern birds (Aves: Neognathae). Based on a simplification of the flight theory, we determined the feasibility range for wingspan ( $B$ ), wing area ( $S$ ) and body mass ( $m$ ), descriptors for any organism in this model, following the condition  $L \geq W$  and studying them under the maximum speed recorded for birds (108.2 m/sec), defining  $B$  in (0,3.72] m,  $S$  in (0,13.85] m<sup>2</sup> and  $m$  in (0,51.53] Kg, using isometric scaling. Under these boundaries, we create a functional morphospace, validated with morpho data obtained from 2574 specimens from 25 taxonomic orders. Data distribution was consistent with the established boundaries, although it doesn't fit in a geometric scale. Starting from the maximum value given for  $m$ , we re-calculated  $B$  and  $S$ , according to the exponent in each power regression, varying in (0,4.915] m and (0,17.16] m<sup>2</sup>, respectively. This morphospace was subdivided into convergent morphological regions, according to a  $k$ -means clustering method, which exhibit non functional and phylogenetic affinity between them. This was also observed studying the proportions of the wing segments measured in 1048 specimens from 27 different orders. Morphotype groups were linked with shape of body elements from this locomotor module, according to a morphological network analysis, focusing in two extreme configurations of the bodyplan, defined by 10 specimens of Anseriformes (Anhimidae, Anseranas) and 36 in Apodiformes (Trochilidae), showing that geometric variations in bone elements are related to the defined functional morphotypes, as well as they're intercorrelated. Thus, we can identify possible morphological boundaries based on functional performance, defining the space contained in them in several morpho-functional areas.



# Índice General

---

	Páginas
Aprobación del Comité Evaluador	iii
Dedicatoria	vii
Agradecimientos	ix
Resumen	xiii
Abstract	xv
Índice General	xvii
Índice de Tablas	xx
Índice de Figuras	xxii
Nomenclatura	xliv
Lista de abreviaciones	xlix
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. El origen del vuelo en las Aves	3
1.2. El vuelo en las aves modernas	6
1.3. La anatomía del vuelo	8
1.4. Estructura de trabajo	11
Capítulo 2. Límites teóricos del vuelo activo en Neognathae	13
2.1. Morfología teórica	15
2.2. Modelado de restricciones funcionales	16
2.3. El modelo estático de vuelo	17
2.4. Objetivo del análisis	21
2.5. Método de estudio	21
2.5.1. Modelo atmosférico	22
2.5.2. El plan corporal de las Neognathae	23
2.6. Condiciones del fluido	27
2.7. Análisis de similitud	31
2.8. Alometría	38

---

---

2.9.	Estructura corporal óptima	41
2.10.	Límites morfológicos en función a la potencia de vuelo	51
Capítulo 3. Morfoespacio teórico del vuelo activo en Neognathae		59
3.1.	Estructura de los morfoespacios	62
3.2.	Tipos de morfoespacios: teórico vs. empírico	64
3.3.	Importancia en el uso de los morfoespacios	65
3.4.	Objetivos de estudio	66
3.5.	Método de estudio	66
3.6.	Morfología corporal en Neognathae voladoras	72
3.7.	Alometría para definir la variación morfológica	74
3.8.	Análisis de componentes principales sobre la morfología corporal	133
3.9.	El espectro de la morfología funcional voladora	136
Capítulo 4. Patrones de integración morfológica del módulo locomotor anterior de Neognathae en los límites teóricos del vuelo		140
4.1.	Niveles de organización anatómica, en función a su actividad locomotora	142
4.2.	La integración morfológica en las aves	144
4.3.	Estrategias para el análisis de la integración morfológica	146
4.4.	Objetivo del análisis	147
4.5.	Método de estudio	147
4.6.	La anatomía alar, en el contexto funcional	160
4.7.	Variación de forma en morfotipos límites	171
4.8.	Proyección de este trabajo en estudios de dinámica de sistemas funcionales complejos	190
Capítulo 5. Resumen de resultados, conclusiones y recomendaciones		192
Referencias bibliográficas		195

---



---

Apéndice A: Modelo estático del vuelo	223
Apéndice B: Simplex regulares para definir morfoespacios	233
B.1.    Simplex en estadística descriptiva	236
B.1.1.  Simplex unidimensionales	238
B.1.2.  Simplex bidimensionales	243
B.2.    Simplex en estadística inductiva	251
B.2.1.  La distribución $T^2$ de Hotelling en simplex bidimensionales	251
Apéndice C: Mediciones diversas en ejemplares de Neognathae (Aves, Neornithes) (**)	253
Apéndice D: Longitudes (en proporción a la extensión ósea alar) para los segmentos del ala en Neognathae (Aves, Neornithes) (I)	292
Apéndice E: Longitudes (en proporción a la extensión ósea alar) para los segmentos del ala en Neognathae (Aves, Neornithes) (II)	317
Apéndice F: Códigos completos para MATLAB® 2012A	325
F.1.    Código para análisis con simplex unidimensionales con métodos de agrupación	326
F.2.    Código para análisis con simplex bidimensionales con métodos de agrupación	332
F.2.1.  simplex2D.m	332
F.2.2.  ternplot.m	338
F.2.3.  ternlabel.m	339
F.2.4.  terncoords.m	339
F.2.5.  ternaxes.m	340
F.2.6.  fractions.m	341
F.3.    Código para determinar regiones de confianza en distribuciones de datos composicionales, basados en el método de $T^2$ de Hotelling para diagramas ternarios	342
F.3.1.  Regiones de confianza en simplex2D.m	342
F.3.2.  comp_conf.m	343
F.3.3.  alr.m	343
F.3.4.  alrinv.m	344

---

## Índice de Tablas

---

	Páginas
Tabla 2.1. Ecuaciones básicas del modelo de Atmósfera Estándar Internacional (ISA) para la determinación de la variación de (a) la temperatura del aire, (b) la presión atmosférica, (c) la densidad del aire y (d) la velocidad del sonido, empleando las constantes descritas en (e), para el estándar atmosférico de 45° de latitud a nivel del mar. El sistema de unidades corresponde al <i>mks</i> , con medición de temperatura en °K.	22
Tabla 2.2. Ecuaciones para determinar (a) el coeficiente de viscosidad dinámico y (b) el coeficiente de viscosidad cinemático, deducidas a partir de la aproximación de Sutherland para gases ideales (Sutherland, 1893) y el modelo estándar de atmósfera (ISA), expresados en $Kg/m.s$ y $m^2/s$ , respectivamente	23
Tabla 2.3. Ecuaciones para determinar (a) el número de Reynolds y (b) el número de Froude, coeficientes adimensionales obtenidos a partir del modelo de fluidodinámica de Bernoulli (Alexander, 2003; Pennycuick, 2008). En (c) se muestran las condiciones de cada una de las variables consideradas	24
Tabla 2.4. Relación entre las variables morfológicas descriptivas de las aves modernas, de acuerdo a condiciones de isometría, empleadas en este estudio y dadas por la ley de alometría descrita por Thompson (1942). <i>n</i> corresponde al grado de variación de tamaño	25
Tabla 2.5. Medidas de masa corporal ( <i>m</i> ) y masa alar ( <i>m<sub>w</sub></i> ) tomadas en 45 especies de 28 familias incluídas en 14 ordenes de aves, de acuerdo a lo publicado por Kirkpatrick (1, 1990) y Van den Berg y Rayner (2, 1995).	49
Tabla 3.1. Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la masa corporal y la envergadura alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.	76
Tabla 3.2. Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la superficie y la envergadura alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.	77
Tabla 3.3. Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la masa corporal y la superficie alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.	77

---

Tabla 4.1. Ejemplares estudiados bajo el método planteado de redes morfológicas	150
Tabla 4.2. Impacto que tiene un hueso determinado sobre sus elementos adyacentes, según los resultados de correlación obtenidos para las matrices por grupo taxonómico, observadas en las Figuras 4.32 y 4.33	189
Tabla B.1. Longitudes relativas de los segmentos del miembro anterior (derecho) considerando la longitud del húmero equivalente a la unidad, medidas en 20 ejemplares de Neognathae con diferentes estilos de vuelo reportados. <i>Cód.</i> , código de identificación. <i>U</i> , ulna. <i>CMC</i> , carpometacarpo. <i>F</i> , suma de las falanges proximal y distal del dígito mayor (o intermedio)	235

## Índice de Figuras

---

	Páginas
Figura 1.1. Relaciones entre los grupos de aves de rango superior, modificado de Cracraft (1986), Sereno y Rao (1992), Garner, <i>et al.</i> (1999), Benton (2005) y Heers y Dial (2012). Se muestra a <i>Archaeopteryx</i> como parte del grupo basal y hermano a las Pygostylia, entre las que se incluyen las Ornithoraces	7
Figura 1.2. Cladograma que muestra las relaciones que se proponen entre los mayores grupos de las aves Neognathae, modificado de Livezey y Zusi (2001, 2007), Benton (2005), Hackett, <i>et al.</i> (2008), Chesser <i>et al.</i> (2010), Livezey (2011) y Suh <i>et al.</i> (2011). Los grupos de aves se han subdividido por órdenes, siguiendo la clasificación establecida por Clements <i>et al.</i> (2012). Este cladograma muestra dos grupos principales: el primero conformado por las Galloanserae, entre las que se incluye a los extintos órdenes Odontopterygiformes (Bourdon, 2005) y Diatrymiformes (Wetmore, 1930), mientras que el segundo está constituido por las Neoaves, propuesto por vez primera por Sibley <i>et al.</i> (1988) con categoría de superorden. Se conserva la clásica dicotomía en el grupo corona, establecida por las divisiones Natatores (aves acuáticas) y Terrestronithes (aves terrestres), con variaciones en la organización producto de los recientes trabajos en genética molecular y anatomía comparada	8
Figura 2.1. Fases para el análisis de morfoespacios teóricos según McGhee (2006), consideradas a partir del planteamiento de un modelo que explique la geometría de una estructura u organismo.	15
Figura 2.2. Tipo de alas en organismos con vuelo activo, modificado de Wootton (1980). El esquema que se muestra en (A) corresponde al más difundido dentro de los invertebrados, basados en alas con un único punto de soporte, en el que se identifican tres grados de libertad significativos, dados por el movimiento en el eje coronal ( <i>X</i> ), el batido ( <i>Y</i> ) y la torsión ( <i>W</i> ). Por su parte, el tipo de ala mostrado en (B) es común en organismos vertebrados con diferentes puntos de articulación en su endoesqueleto. Además de los movimientos descritos, se incluye el cambio de posición de cada punto en el plano transversal ( <i>Z</i> ), lo cual implica en una variación de la forma alar durante la locomoción	18

---

---

Figura 2.3. Morfología del vuelo de las aves, indicando los posibles límites existentes para tal locomoción, modificado de Rayner (1988). Se destaca la relación entre la masa corporal del ave y el tamaño del ala, el cual debe ser entendido para referirse tanto a la envergadura como al ancho del ala. Las restricciones son mostradas sin orden en particular, agrupando las principales influencias restrictivas (tales como factores ambientales, mecanismos fisiológicos, procesos evolutivos, relaciones filogenéticas, desarrollo ontogénico y características funcionales de las estructuras)	20
Figura 2.4. Cargas experimentadas por un hueso apendicular durante la locomoción: carga axial (compresión y distensión), afectando el eje central óseo, deformación por doblamiento y torsión sobre el eje central. La sección transversal se detalla en la Figura 2.5A. Modificado de Selker y Carter (1989).	26
Figura 2.5. Variación en la aceleración de la gravedad en la tropósfera (desde el nivel del mar hasta los 11000 msnm), en el gradiente latitudinal entre el ecuador y los polos, de acuerdo a la aproximación del modelo de Lambert (1945). La oscilación que tiene la gravedad se restringe entre los 9,7467 m/s <sup>2</sup> y 9,8322 m/s <sup>2</sup> , teniendo apenas una amplitud del 0.87% del valor promedio internacional (de 9.80665 m/s <sup>2</sup> ).	27
Figura 2.6. Reportes de localización de diversas especies de Neognathae según la altitud de vuelo, modificado de Scott (2011). El esquema de referencia representa la altitud del monte Everest (8848 m).	28
Figura 2.7. Variación de las propiedades físicas del aire de acuerdo a la escala altitudinal, según el modelo Internacional de Atmósfera Estándar (ISA). Se observa la proporcionalidad directa entre la temperatura (A) y la velocidad del sonido (B), así como entre la presión atmosférica (C) y la densidad del aire (D). El cambio en la concentración relativa de oxígeno disponible en el ambiente, el cuál se detalla en (C), depende en función al que ocurre en la presión del medio.	29
Figura 2.8. Distribución de la variación de la viscosidad atmosférica en el gradiente vertical, medido en función al coeficiente de viscosidad dinámica (A) y su correspondiente cinemático (B), basado en la modificación del modelo ISA de a la ecuación de Sutherland para gases ideales.	30
Figura 2.9. Desplazamiento de un ave a través de una columna de aire con diámetro B, en donde se destacan las líneas de corriente que se generan en ella. Las superficies $dS_i$ indican las secciones de esta columna, con área regular de $\pi b^2$ , por donde se desplaza un flujo constante de masa $\rho_i v_i dS_i$ . La geometría de la superficie de sustentación facilita la variación en el desplazamiento y trayectoria de las partículas que componen al aire, estableciendo un diferencial de sustentación que facilita la sustentación. Modificado de von Mises (1945), Norberg (1990) y Shyy <i>et al.</i> (2008).	32

---

<p>Figura 2.10. Valores máximos de cuerda media de alas de cuerpos voladores, medidos en condiciones de desplazamiento a la velocidad del sonido (variables según la altitud), obtenidos por aproximación basada en el número de Froude, considerando que el aire se encuentra en una condición crítica (<math>Fr=1</math>). Este estado divide al conjunto de formas entre aquellos que se desplacen a velocidades supersónicas de los subsónicos (en sombreado, los cuales incluyen a los morfotipos viables).</p>	34
<p>Figura 2.11. Espectro del número de Reynolds para diferentes cuerpos voladores, medidos a diferentes velocidades de desplazamiento a nivel del mar. Modificado de Lissaman (1983) y Genç (2012).</p>	36
<p>Figura 2.12. Mínimos de cuerda media alar en aves modernas a lo largo del gradiente altitudinal, calculados en condiciones críticas, con velocidad de desplazamiento equivalente a la del sonido, a diferentes valores del número de Reynolds. El espacio que contiene las combinaciones posibles de cuerda alar para condición atmosférica corresponde al sombreado en verde.</p>	37
<p>Figura 2.13. Variación de la cuerda media calculada de acuerdo a la ecuación del número de Reynolds (constante a <math>1.5 \times 10^4</math>), para cualquier velocidad de desplazamiento, a diferentes niveles altitudinales. La línea discontinua indica la velocidad de vuelo máxima, reportada por Harpole (2005) para <i>Falco peregrinus</i>, mientras que el espacio remarcado en verde muestra el conjunto de combinaciones posibles de superficie alar versus envergadura dentro de la variación de la velocidad de vuelo reportada en la literatura.</p>	38
<p>Figura 2.14. Relación entre la longitud, el área y el volumen de 3 figuras geométricas de la misma forma, pero con diferentes dimensiones. El aumento de la longitud del cubo en cada unidad afecta el área de manera cuadrática y el volumen de forma cúbica.</p>	39
<p>Figura 2.15. Superficie de variabilidad morfológica en aves modernas, definido por la longitud de la extensión alar, la superficie de sustentación y el volumen correspondiente a la masa que se encuentra en ella contenida, considerando la condición de isometría, para un intervalo arbitrario de envergadura de [0 , 100] metros. La leyenda explica la relación entre cada una de las variables consideradas.</p>	40
<p>Figura 2.16. Secciones del morfoespacio teórico para cuerpos isométricos de aves voladoras, entre condiciones limitantes definidas mediante el número de Reynolds y el máximo por el número de Froude, dados para el nivel del mar, a valores de cuerda media de (a) <math>6.49 \times 10^{-4}</math> m (mínimo posible) y (b) <math>1.18 \times 10^4</math> m (máximo posible), partiendo de un intervalo arbitrario de envergadura alar comprendido en [0 , 100] metros. Cuando la cuerda media representa la unidad, la sección del morfoespacio equivale a la presentada en la Figura 2.16.</p>	41

---

<p>Figura 2.17. Modelo de cascada evolutiva (ECM) para los cuatro morfotipos límites de aves modernas voladoras, basado en el presentado por Sander (2013) para Saurópodos. El modelo resume las cascadas de procesos que han ocurrido para el establecimiento de los planes corporales funcionalmente limitantes, a saber: reducción corporal extrema, cuerpos livianos con alas grandes, aves pesadas con alas pequeñas y gigantismo. En el cuadro superior se muestran los tres mayores procesos que fueron empleados para ajustar el modelo físico de aves funcionalmente voladoras.</p>	42
<p>Figura 2.18. Estimación de la concentración relativa de oxígeno atmosférico (línea continua) y su error (espacio sombreado) de acuerdo al tiempo y período geológico, desde el Precámbrico tardío hasta la actualidad. Modificado de Berner y Canfield (1989). Como referencia se señala el valor actual de la concentración de oxígeno (en línea discontinua), el biocrón de <i>Archaeopteryx litographica</i> (como referencia de la aparición de la clase Aves) y el correspondiente a <i>Vegavis iaai</i> (indicando el primer registro de Neognathae).</p>	44
<p>Figura 2.19. Regresión de la masa ósea en contraste con la masa corporal total en aves (passerinos) y mamíferos (roedores y murciélagos), expresada en escala logarítmica natural. Con modificación de Dumont (2010), de acuerdo a sus datos experimentales.</p>	45
<p>Figura 2.20. Curva estándar de tensión versus deformación, ejemplificada para huesos enfrentados a cargas de doblamiento. Esta curva se caracteriza por presentar dos comportamientos: la porción lineal representa la región elástica, de cuya pendiente se deriva la rigidez del hueso y la parte no lineal, en donde el hueso se deforma permanentemente por la carga. Entre ambas regiones ocurre el límite elástico para una tensión dada, con el cual se determina el valor máximo en un intervalo de seguridad. Modificado de Einhorn (1992) y Turner (2006).</p>	46
<p>Figura 2.21. Relación entre la masa corporal (<math>m_i</math>), la masa alar (<math>m_w</math>) y la resistencia máxima al doblamiento (<math>\sigma_{ult}</math>) en aves, considerando al ala como una estructura ósea fija. La superficie muestra el límite superior de los morfotipos posibles para cada valor de masa en el intervalo (0,1100] Kg.</p>	48
<p>Figura 2.22. Frecuencia de aleteo en aves Neognathae en desplazamiento sostenido en velocidad de crucero, obtenidos a partir de datos empíricos. Los valores de masa corporal no corresponden a las frecuencias medidas en cada individuo. Rayner (1988) calculó las ecuaciones de regresión para todas las aves (<math>f = 3.870m^{-0.333}</math>, <math>r^2_{597} = 0,7448</math>), las aves sin los colibríes (<math>f = 3.976m^{-0.269}</math>, <math>r^2_{523} = 0,5868</math>) y para los colibríes (<math>f = 1.320m^{-0.597}</math>, <math>r^2_{74} = 0,6416</math>). Los límites propuestos por Pennycuik (1986) para la distribución de masas corporales en función a frecuencias de aleteo viables en condiciones aeróbicas varían de <math>m^{-1}</math> para la cota inferior y <math>m^{-1/3}</math> para la superior. Por su parte, los límites superiores e inferiores de frecuencia que Rayner (1988) ha propuesto se fundamentan en la resistencia estructural de huesos y músculos (<math>m^{-1/3}</math>) y en la generación de sustentación (<math>m^{-1/6}</math>), respectivamente. Modificado de Pennycuik (1986), Rayner (1988) y Norberg (1990).</p>	51

---

<p>Figura 2.23. (a) Curvas de frecuencias de aleteo para sus extremos máximos y mínimos, convergiendo con el incremento de la masa corporal. El área sombreada corresponde a vertebrados voladores posibles. La línea horizontal es una restricción aproximada, fundamentada en el tiempo mínimo que toma el pectoralis mayor para reactivarse entre cada contracción. (b) Potencia requerida para el desplazamiento aéreo (<math>P_r</math>), a un valor mínimo de velocidad, en contraste con la potencia disponible (<math>P_a</math>) proveniente de la actividad aeróbica (continua) y anaeróbica (punteada) de los músculos pectorales. (c) Margen de potencia para vertebrados voladores. Se destaca los límites de masa corporal (<math>m=12\text{ Kg}</math>) y potencia de vuelo (<math>P=115\text{ W}</math>) que Pennycuick (1986) propuso. Modificado de Norberg (1990). Todas las ordenadas se expresan en escala logarítmica.</p>	<p>52</p>
<p>Figura 2.24. Potencia en función a la velocidad dada para un ave ideal. La curva superior (<math>P</math>) representa el total de potencia necesaria para efectuar el vuelo, siendo la suma de la potencia inducida <math>P_i</math> y la potencia parasítica <math>P_p</math>. La potencia necesaria para volar a una velocidad mínima está marcada con <math>V_{mp}</math>, mientras que el valor máximo se lleva a cabo a una velocidad <math>V_{mr}</math>, ambas con potencias respectivas de <math>P_{rb}</math> y <math>P_{mr}</math>.</p>	<p>55</p>
<p>Figura 2.25. Representación grafica del área plana equivalente en un cuerpo volador. En (a), el área hipotética detiene el aire completamente sobre el espacio contenido en el cilindro. En (b) se muestra sobre el cuerpo de un ave en vuelo. La superficie de arrastre (<math>dS_i</math>, según lo indicado en la Figura 2.9) es equivalente a aquella definida por el área plana equivalente. Modificado de Pennycuick (1969).</p>	<p>56</p>
<p>Figura 2.26. Espacio de masa corporal posible, de acuerdo al momento de igualación de curvas de potencia de entrada y salida, descritas en la ecuación 2.10.4. La masa corporal posible a nivel del mar en aves que desarrollan el vuelo activo, bajo las condiciones de aerodinamicidad y estructura corporal estándar, y manteniendo un escalamiento geométrico, varía en el intervalo (0 , 51.53] Kg.</p>	<p>58</p>
<p>Figura 3.1. Ejemplo de paisaje de cambio establecido para estudios de morfología y evolución, dado para tres morfotipos (I, II y III) definidos por dos caracteres con ejes referenciales, modificado de McGhee (2007). Los <i>paisajes adaptativos</i>, en los cuales se relacionan los caracteres con restricciones específicas, el eje definido como <math>X</math> indica la adaptación. Este mismo puede ser modificado para mostrar la viabilidad del conjunto de caracteres, de forma que se exprese una <i>superficie de aptitud</i>. En los <i>morfoespacios</i> se representan las combinaciones de caracteres morfológicos dados, por lo que <math>X</math> indicaría la frecuencia de su aparición</p>	<p>61</p>
<p>Figura 3.2. Escalas de análisis morfológicos basadas en un taxón hipotético compuesto de cinco especies. (I) indica un estudio filogenético, donde se determina la variación morfológica en las especies integrantes evaluando organismos de la misma condición etaria. Por su parte, (II) muestra un estudio ontogénico, determinado por la comparación de la morfología de una misma especie a distintas edades</p>	<p>63</p>



Figura 3.3. Esquema de restricciones físicas y biológicas dadas para un morfoespacio hipotético $n$ -dimensional, considerando que estas presiones se encuentran anidadas. El espacio resultante de la intersección del conjunto indica el espacio de formas potencialmente posibles. Modificado de McGhee, 2006.	64
Figura 3.4. Cálculo de área alar ( $S$ ) y envergadura ( $B$ ) en el cuerpo de un ave. El ejemplar debe mantenerse en posición ventral, con el miembro anterior en su máxima extensión. El área $\left(\frac{S}{2}\right)$ debe incluir la porción corporal delimitada por la proyección horizontal de la cuerda base a la línea alba. La envergadura ( $b$ ) se delimita desde la línea media corporal hasta el extremo distal alar. Modificado de Pennycuick (2008)	68
Figura 3.5. Medición de superficies alares y envergaduras en aves colectadas en campo. (A) Aves en posición ventral dispuestas sobre fondo en papel milimetrado fueron fotografiadas a una distancia focal entre 40 y 80 cm. (B) Las fotografías fueron editadas digitalmente para corregir la deformación de lente y seleccionar la zona corporal a medir. (C) Finalmente, se generó un polígono cuya longitud equivale a la semi-envergadura $b$ y el área a un medio de superficie de sustentación $\left(\frac{S}{2}\right)$ .	69
Figura 3.6. Espacio de formas posibles de acuerdo a límites funcionales de envergadura, superficie alar y masa corporal, basados en la revisión del modelo estático de aerodinámica y factores de fisiología y resistencia estructural, definidos en la sección 2 de este trabajo, para aves Neognathae con vuelo activo. En verde claro se muestra el espacio propuesto por Pennycuick (1986), definiendo la masa corporal límite de 12 Kg (ver Figura 2.23), y manteniendo las condiciones de escalado geométrico (isometría) descritas en el capítulo precedente. Se incluyen los ejemplares analizados en este estudio, agrupados por órdenes taxonómicos ( $n = 2574$ , 25 órdenes).	74
Figura 3.7. Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: envergadura en función a la superficie alar ( $B$ vs. $S$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.2. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.	79
Figura 3.8. Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: Envergadura en función a la masa corporal ( $B$ vs. $m$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.1. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.	80
Figura 3.9. Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: Superficie alar en función a la masa corporal ( $S$ vs. $m$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.3. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.	81

Figura 3.10. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en todas las Neognathae. Los límites para cada variable se describen en el texto.	82
Figura 3.11. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Anseriformes, para n = 254.	83
Figura 3.12. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Anseriformes, para n = 254.	83
Figura 3.13. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Anseriformes, para n = 254.	84
Figura 3.14. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Anseriformes, para n = 254.	84
Figura 3.15. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Galliformes, para n = 42.	85
Figura 3.16. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Galliformes, para n = 42.	85
Figura 3.17. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Galliformes, para n = 42.	86
Figura 3.18. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Galliformes, para n = 42.	86
Figura 3.19. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Gaviiformes, para n = 32.	87
Figura 3.20. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Gaviiformes, para n = 32.	87
Figura 3.21. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Gaviiformes, para n = 32.	88
Figura 3.22. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Gaviiformes, para n = 32.	88
Figura 3.23. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Podicipediformes, para n = 7.	89

---

Figura 3.24. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Podicipediformes, para n = 7.	89
Figura 3.25. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Podicipediformes, para n = 7.	90
Figura 3.26. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Podicipediformes, para n = 7.	90
Figura 3.27. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Phoenicopteriformes, para n = 7.	91
Figura 3.28. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Phoenicopteriformes, para n = 7.	91
Figura 3.29. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Phoenicopteriformes, para n = 7.	92
Figura 3.30. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Phoenicopteriformes, para n = 7.	92
Figura 3.31. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Procellariiformes, para n = 166.	93
Figura 3.32. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Procellariiformes, para n = 166.	93
Figura 3.33. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Procellariiformes, para n = 166.	94
Figura 3.34. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Procellariiformes, para n = 166.	94
Figura 3.35. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Phaethontiformes, para n = 18.	95
Figura 3.36. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Phaethontiformes, para n = 18.	95
Figura 3.37. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Phaethontiformes, para n = 18.	96

---

---

Figura 3.38. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Phaethontiformes, para n = 18.	96
Figura 3.39. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Ciconiiformes, para n = 17.	97
Figura 3.40. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Ciconiiformes, para n = 17.	97
Figura 3.41. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Ciconiiformes, para n = 17.	98
Figura 3.42. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Ciconiiformes, para n = 17.	98
Figura 3.43. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Suliformes, para n = 60.	99
Figura 3.44. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Suliformes, para n = 60.	99
Figura 3.45. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Suliformes, para n = 60.	100
Figura 3.46. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Suliformes, para n = 60.	100
Figura 3.47. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Pelecaniformes, para n = 122.	101
Figura 3.48. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Pelecaniformes, para n = 122.	101
Figura 3.49. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Pelecaniformes, para n = 122.	102
Figura 3.50. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Pelecaniformes, para n = 122.	102
Figura 3.51. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Accipitriformes, para n = 303.	103

---

---

Figura 3.52. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Accipitriformes, para n = 303.	103
Figura 3.53. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Accipitriformes, para n = 303.	104
Figura 3.54. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Accipitriformes, para n = 303.	104
Figura 3.55. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Otidiformes, para n = 4	105
Figura 3.56. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Otidiformes, para n = 4	105
Figura 3.57. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Otidiformes, para n = 4.	106
Figura 3.58. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Otidiformes, para n = 4.	106
Figura 3.59. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Gruiformes, para n = 25.	107
Figura 3.60. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Gruiformes, para n = 25.	107
Figura 3.61. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Gruiformes, para n = 25.	108
Figura 3.62. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Gruiformes, para n = 25.	108
Figura 3.63. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Charadriiformes, para n = 276.	109
Figura 3.64. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Charadriiformes, para n = 276.	109
Figura 3.65. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Charadriiformes, para n = 276.	110

---

Figura 3.66. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Charadriiformes, para n = 276.	110
Figura 3.67. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Columbiformes, para n = 33.	111
Figura 3.68. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Columbiformes, para n = 33.	111
Figura 3.69. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Columbiformes, para n = 33.	112
Figura 3.70. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Columbiformes, para n = 33.	112
Figura 3.71. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Cuculiformes, para n = 7.	113
Figura 3.72. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Cuculiformes, para n = 7.	113
Figura 3.73. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Cuculiformes, para n = 7.	114
Figura 3.74. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Cuculiformes, para n = 7.	114
Figura 3.75. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Strigiformes, para n = 49.	115
Figura 3.76. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Strigiformes, para n = 49.	115
Figura 3.77. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Strigiformes, para n = 49.	116
Figura 3.78. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Strigiformes, para n = 49.	116
Figura 3.79. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Caprimulgiformes, para n = 17.	117

---

Figura 3.80. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Caprimulgiformes, para n = 17.	117
Figura 3.81. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Caprimulgiformes, para n = 17.	118
Figura 3.82. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Caprimulgiformes, para n = 17.	118
Figura 3.83. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Apodiformes, para n = 207.	119
Figura 3.84. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Apodiformes, para n = 207.	119
Figura 3.85. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Apodiformes, para n = 207.	120
Figura 3.86. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Apodiformes, para n = 207.	120
Figura 3.87. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Trogoniformes, para n = 3.	121
Figura 3.88. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Trogoniformes, para n = 3.	121
Figura 3.89. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Trogoniformes, para n = 3.	122
Figura 3.90. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Trogoniformes, para n = 3.	122
Figura 3.91. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Coraciiformes, para n = 13.	123
Figura 3.92. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Coraciiformes, para n = 13.	123
Figura 3.93. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Coraciiformes, para n = 13.	124

---

---

Figura 3.94. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Coraciiformes, para n = 13.	124
Figura 3.95. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Piciformes, para n = 22.	125
Figura 3.96. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Piciformes, para n = 22.	125
Figura 3.97. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Piciformes, para n = 22.	126
Figura 3.98. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Piciformes, para n = 22.	126
Figura 3.99. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Falconiformes, para n = 82.	127
Figura 3.100. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Falconiformes, para n = 82.	127
Figura 3.101. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Falconiformes, para n = 82.	128
Figura 3.102. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Falconiformes, para n = 82.	128
Figura 3.103. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Psittaciformes, para n = 16.	129
Figura 3.104. Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Psittaciformes, para n = 16.	129
Figura 3.105. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Psittaciformes, para n = 16.	130
Figura 3.106. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Psittaciformes, para n = 16.	130
Figura 3.107. Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Passeriformes, para n = 792.	131

---



---

Figura 3.108. Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Passeriformes, para $n = 792$ .	131
Figura 3.109. Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Passeriformes, para $n = 792$ .	132
Figura 3.110. Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Passeriformes, para $n = 792$ .	132
Figura 3.111. Analisis de Componentes Principales para 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras, empleando para ello el conjunto de datos que miden las variables morfológicas de relevancia para efectuar la locomoción aérea, usando la matriz de correlación. El componente principal 1 mantiene un alto porcentaje de variabilidad, estando muy relacionado con las variables principales definidas en el biplot. Los ejemplares fueron agrupados en función a taxa definidos en la Figura 1.2: Galloanserae (en negro), Natatores (en verde), Terrestromithes (en magenta), Dendromithes (en cyan), Picoclamatores (en amarillo) y Eufalconimorphae (en azul oscuro).	133
Figura 3.112. Analisis de Componentes Principales para 362 ejemplares de aves Neognathae voladoras, pertenecientes a los ordenes Apodiformes y Passeriformes, empleando para ello el conjunto de datos que miden las variables morfológicas de relevancia para efectuar la locomoción aérea (masa corporal [en Kg], envergadura [en m], área alar [en m <sup>2</sup> ], longitud alar [en m], longitud corporal absoluta [en m], longitud de la cola [en m], ancho de la base de la cola [en m] y área de la cola [en m <sup>2</sup> ]), usando la matriz de correlación y agrupando el 86.15% de variación. Las envolventes convexas definen la distribución de los ejemplares integrantes de familias con más de dos individuos en el nuevo espacio de coordenadas.	135
Figura 3.113. Mosaico de distribución de organismos voladores según Templin (2000), basado en el programa ANFLTSIM para definir formas funcionales de vuelo.	136
Figura 3.114. Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.7 mediante el método de <i>k-means</i> para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados ( $n = 2574$ ), dadas para la relación entre la envergadura y la superficie alar.	137
Figura 3.115. Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.8 mediante el método de <i>k-means</i> para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados ( $n = 2574$ ), dadas para la relación entre la envergadura y la masa corporal.	138

---

Figura 3.116. Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.9 mediante el método de <i>k-means</i> para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados (n = 2574), dadas para la relación entre la superficie alar y la masa corporal.	138
Figura 4.1. Modulos locomotors en las aves: pectoral (en negro), miembros inferiores (en marrón) y caudal (en verde). Modificado de Gatesy y Dial, 1996	143
Figura 4.2. Diferentes niveles de modularidad, modificado de Klingenberg (2014). El diagrama representa a cuatro especies interrelacionadas, con tres etapas diferentes de desarrollo. A nivel de cada estadio se estudia la modularidad ontogénica, evaluando la variación por grupos etarios. Por su parte, la modularidad evolutiva se enfoca en las asociaciones que muestran las especies a cualquier nivel. En un nivel estático se estudia una especie, un ejemplar y/o un estadio. Por ejemplo, la modularidad funcional, la del desarrollo, la genética, la ambiental y la comportamental, son usualmente estudiadas dentro de un contexto estático	145
Figura 4.3. Esquemas para el análisis de integración en la estructura ósea del miembro anterior de las aves. (A) Nomenclatura de las piezas que constituyen el esqueleto del ala, según Baumel <i>et al.</i> (1993). (B) grafo morfológico definido para el módulo locomotor anterior. Los nodos se han separado de acuerdo a los elementos que constituyen el brazo (I), antebrazo (II) y mano (III)	149
Figura 4.4. Selección de hitos homólogos estudiados en el húmero, para la cara craneal del miembro anterior de las aves. (1) Caput humeri, (2) Extremo lateral de la crista bicipitalis, (3) Base de la crista bicipitalis, (4) Extremo lateral del corpus humeri, (5) Tuberculum supracondylare ventrale, (6) Epicondylus ventralis, (7) Processus flexorius, (8) Extremo distal del condylus ventralis, (9) Condylus dorsalis, (10) Processus supracondylaris dorsalis, (11) base del processus supracondylaris dorsalis, (12) Extremo medial del corpus humeri, (13) Intersección distal de la crista deltopectoralis con el contorno óseo, (14) Extremo medial de la crista deltopectoralis, (15) Extremo apical de tuberculum dorsale. Muestra ósea correspondiente a un ejemplar de <i>Chauna chavaria</i> , NHM-1863-12-28-9.	151
Figura 4.5. Vista dorsal del radio de <i>Chauna chavaria</i> , NHM-1863-12-28-9, indicando los hitos homólogos analizados en este estudio. (1) Extremo interno de la facies articularis ulnaris, (2) Proyección lateral de la facies articularis ulnaris, (3) Base distal lateral de la cabeza articular proximal, (4) Punto de máxima concavidad en el cuerpo óseo, (5) Base proximal lateral de la cabeza articular distal, (6) Extremo distal óseo, (7) Extremo medial de la cabeza articular distal, (8) Extremo medial de mayor curvatura del cuerpo óseo.	151

<p>Figura 4.6. Hitos homólogos seleccionados para el estudio de la forma de la ulna, dada su cara dorsal. (1) Extremo proximal del hueso (Olecranon), (2) Cotyla dorsalis, (3) Pliegue óseo del impressio brachialis, (4) Extremo de mayor curvatura en el cuerpo óseo, (5) Base interosseus de la cabeza articular distal, (6) Incisura ósea en el tuberculum carpale, (7) Extremo distal del tuberculum carpale, (8) Condylus dorsalis ulnaris, (9) Base proximal caudal de la cabeza articular distal, (10) Punto de mayor curvatura en el margo caudalis. Hueso correspondiente a <i>Chauna chavaria</i>, NHM-S/1954-3-3.</p>	151
<p>Figura 4.7. Vista dorsal del hueso (A) os carpi radiale de un ejemplar de <i>Anseranas semipalmata</i>, NHM-91-4-20-110, y (B) os carpi ulnare de <i>Chauna torquata</i>, NHM-1891-7-20-95, mostrando los hitos homólogos seleccionados: En (A) se detallan (1) Proyección ósea apical, (2) Tuberculum lateral, externo a la facies articularis con el carpometacarpo, (3) Ápice lateral, (4) Ápice óseo. En (B) se especifican (1) Proyección ósea proximal en el cuerpo óseo, (2) Base distal del processus muscularis, (3) Proyección ósea del borde distal del ulnar, (4) Extremo distal, (5) Convexidad en la incisura metacarpalis.</p>	152
<p>Figura 4.8. Hitos homólogos empleados en el carpometacarpo, mostrados en su cara dorsal, representados en un ejemplar de <i>Anseranas semipalmata</i>, NHM-91-4-20-110. (1) Extremo proximal de la cabeza articular apical, (2) Depresión ósea en la facies articularis carpiradialis, (3) Processus extensorius, (4) Borde interno óseo entre el os metacarpale mayor y el processus alularis, (5) Borde distal y externo de la facies articularis digitalis minor, (6) Facies articularis digitalis minor, (7) Punto de mayor convexidad en el cuerpo óseo del os metacarpale minus, (8) Depresión ósea en la facies articularis ulnocarpalis, (9) Proyección externa de la curvatura hecha por el contorno de la facies articularis ulnocarpalis.</p>	152
<p>Figura 4.9. Phalanges digiti alulae I et II de un <i>Anseranas semipalmata</i>, NHM-S/1952-1-117, en su lado dorsal, mostrando los hitos homólogos seleccionados para estudio: (1) Extremo distal del conjunto óseo, (2) Extremo dorsal de la cabeza articular, en el apófisis articular, (3) Extremo proximal del conjunto, en la falange proximal, (4) Facies articularis ventrales.</p>	153
<p>Figura 4.10. Phalanx digiti majoris I de un <i>Anseranas semipalmata</i>, NHM-S/1952-1-117, mostrando en su cara dorsal los hitos homologos seleccionados para estudio morfométrico: (1) Extremo dorsal de la cresta ósea, (2) Borde dorsal distal del hueso, (3) Apófisis ventral, (4) Curvatura máxima en el margo ventrales del hueso, ventral a la pila cranialis, (5) Extremo ventral del hueso, en el apófisis articular ventral, (6) Apófisis articular, de posición dorsal, en la cara articular al carpometacarpo.</p>	153

---

Figura 4.11. Phalanx digiti majoris II de un <i>Chauna torquata</i> , NHM-1891-7-20-95, en su cara dorsal, mostrando los puntos homólogos estudiados: (1) Extremo distal de la falange, (2) Extremo apical dorsal, proximal a la articulación con la primera falange, (3) Extremo ventral proximal del hueso.	153
Figura 4.12. Puntos homólogos elegidos para la phalanx digiti Minoris, mostrados en la superficie dorsal de un ejemplar de <i>Anseranas semipalmata</i> , NHM-1862-7-6-6. (1) Extremo distal óseo, (2) Extremo dorsal del hueso, (3) Extremo ventral del hueso.	154
Figura 4.13. Esquema de análisis realizado con los datos provenientes de morfometría geométrica	159
Figura 4.14. Simplex bidimensional de relaciones longitudinales del brazo (húmero), el antebrazo (ulna) y la mano (carpometacarpo) en 581 especies de aves (N = 1030) con diferentes estrategias de vuelo. Los vértices muestran la composición total para cada sección del ala, mientras que los ejes y el cuerpo del diagrama las relaciones entre cada una de las variables	165
Figura 4.15. Análisis de clúster con algoritmo <i>k-means</i> sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 1030 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada <i>v-fold</i>	166
Figura 4.16. Diagrama ternario en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de $T^2$ de Hotelling para el tamaño muestral evaluado. Se especifican las tres áreas de confianza principales, dados un 90% (azul), 95% (rojo) y 99% (cian) de confianza	167
Figura 4.17. Simplex bidimensional de relaciones proporcionales del miembro anterior de 202 especies de aves (N = 245), midiendo la longitud de los segmentos del brazo (húmero), antebrazo (ulna) y mano (en huesos articulados desde el carpometacarpo a la segunda falange del dígito mayor)	168
Figura 4.18. Análisis de clúster con algoritmo <i>k-means</i> sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 245 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo	169
Figura 4.19. Diagrama ternario en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de $T^2$ de Hotelling para el tamaño muestral de 245 ejemplares. Se especifican las tres áreas de confianza, según un 90% (azul), 95% (rojo) y 99% (cian) de confianza	170

---

---

<p>Figura 4.20. Análisis morfométrico del húmero de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 90.18%</p>	173
<p>Figura 4.21. Análisis morfométrico del radio de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.22%</p>	174
<p>Figura 4.22. Análisis morfométrico de la ulna de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 69.33%</p>	175
<p>Figura 4.23. Análisis morfométrico del os carpi radiale de 18 ejemplares (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.14%</p>	176
<p>Figura 4.24. Análisis morfométrico del os carpi ulnare de 18 ejemplares (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 79.43%</p>	177
<p>Figura 4.25. Análisis morfométrico del carpometacarpo de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 71.57%</p>	178

---

---

<p>Figura 4.26. Análisis morfométrico del dígito 1 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 83.18%</p>	<p>179</p>
<p>Figura 4.27. Análisis morfométrico de la falange proximal del dígito 2 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.12%</p>	<p>180</p>
<p>Figura 4.28. Análisis morfométrico de la falange distal del dígito 2 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 99.8%</p>	<p>181</p>
<p>Figura 4.29. Análisis morfométrico del dígito 3, de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 99.43%</p>	<p>182</p>
<p>Figura 4.30. Árboles de distancias para los ejemplares analizados de Anseriformes (izquierda) y Apodiformes (derecha), determinados a partir de los valores de las determinantes de sus matrices de centroides, previamente definida en la ecuación 4.8. Estos árboles se calcularon con el algoritmo de pareamiento, teniendo valores del índice cofenético de 0.857 y 0.385, respectivamente. Se observa una mayor diferenciación entre los colibríes, producto de la variabilidad mostrada en los datos provenientes de la transformación de Procrustes</p>	<p>184</p>
<p>Figura 4.31. Árbol de distancias para el conjunto de los ejemplares analizados en este estudio (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes), determinados a partir de los valores de las determinantes de sus matrices de centroides, según la definición dada en la ecuación 4.8. El árbol se obtuvo con el algoritmo de pareamiento, teniendo un valor del índice cofenético de 0.368.</p>	<p>185</p>

---

---

<p>Figura 4.32. (A) Matriz de correlación de Pearson, con su variación dada por cada par de huesos, para los Anseriformes. Cada columna muestra como una unidad en magnitud de variación del correspondiente elemento óseo influye al resto de las piezas. En (B) se exponen los resultados más resaltantes. Las magnitudes de intensidad y la dirección de las flechas indican de manera gráfica los principales efectos entre las subunidades</p>	187
<p>Figura 4.33. (A) Matriz de correlación de Pearson, con su variación dada por cada par de huesos, para los Apodiformes. Cada columna muestra como una unidad en magnitud de variación del correspondiente elemento óseo influye al resto de las piezas. En (B) se exponen gráficamente los resultados más resaltantes</p>	188
<p>Figura 4.34. Las aves vistas como un mosaico de módulos locomores. Los principales tipos de locomoción dentro de las aves pueden ser definidos por uno de los tres grandes módulos locomotores. No obstante, se debe considerar que en las variaciones de cada forma de movimiento no sólo participan los cambios puntuales de cada elemento anatómico, sino también la inclusión de un módulo entero. Bien esto se observa con el impulso recibido por los miembros posteriores en muchas de las aves acuáticas, como gansos y patos; o también el empleo de la cola como superficie de sustentación durante el desplazamiento (bounding) de las aves terrestres, como los carpinteros y tucanes. Modificado de Gatesy y Dial, 1996</p>	191
<p>Figura A.1. Representación de un ave en vuelo, destacando la zona de mínima presión que ocurre sobre la superficie de este. El área de cada sección transversal de dicha zona corresponde al de un semicírculo de diámetro igual al tamaño de la envergadura de alas. Esta zona también es conocida como área equivalente de lámina plana (<math>A</math>). Modificado de Pennycuick (2008), con información de Pennycuick <i>et al.</i> (1988)</p>	225
<p>Figura A.2. Cuatro fuerzas resultantes del vuelo, representadas en un plano medial ventral durante el vuelo de un Halcón (Aves: Falconiformes). Modificado de Videler (2005)</p>	225
<p>Figura A.3. Representación de un hipotético cilindro de aire de base circular desviado oblicuamente hacia abajo y acelerado hacia atrás, debido a la acción del vuelo de un ave. Modificado de Videler (2005)</p>	226
<p>Figura A.4. Representación del arrastre en función a la velocidad de vuelo. Modificado de Anderson y Eberhardt (2001)</p>	229
<p>Figura A.5. Superficie de amplitud de ala (<math>A_a</math>), dado para el modelo de disco actuador. Modificado de Shyy <i>et al.</i> (2008)</p>	231
<p>Figura B.1. Resumen del análisis de morfoespacios mediante el uso de simplex isométricos</p>	237

---

---

Figura B.2. Correlación entre las longitudes de los huesos componentes de la mano con respecto al conjunto dado por el brazo y antebrazo en 20 ejemplares de aves, expresadas en valores porcentuales a la longitud total	239
Figura B.3. Simplex unidimensional de relaciones longitudinales de la mano <i>versus</i> el conjunto brazo-antebrazo en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El eje muestra la composición de la sección proximal del ala con respecto a su extensión total	240
Figura B.4. Distancia recorrida acumulada entre centroides dada para $n$ clústeres $2 \leq n \leq 20$ , según el método de validación cruzada <i>v-fold (k-means)</i> dado para una evaluación	241
Figura B.5. Frecuencia (en porcentaje) de selección de clústeres para 100 réplicas del algoritmo de validación cruzada <i>v-fold (k-means)</i> . El número de clústeres de mayor ocurrencia (45%) corresponde a 5	241
Figura B.6. Análisis de clúster con algoritmo <i>k-means</i> sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada <i>v-fold</i>	242
Figura B.7. Dendrograma basado en la matriz de distancias euclídeas, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo, para un Coeficiente de Correlación Cofenético ( <i>CCF</i> ) superior a 0.85. Se detallan los cinco grupos o clústeres definidos en la Figura B.6. Los acrónimos de las especies se detallan en la Tabla B.1	243
Figura B.8. Correlación entre las longitudes de los huesos componentes de la mano con respecto al dado por el brazo (húmero) y antebrazo (ulna) en 20 ejemplares de aves, expresadas en valores frecuenciales a la longitud total	245
Figura B.9. Representación gráfica de la transformación de un espacio euclídeo tridimensional a un simplex para tres componentes (modificado de Cornell, 2011). Los casos en estudio se encuentran contenidos en un espacio definido por las variaciones entre tres variables cuya suma resulta en una constante. (a) En un plano de regresión, los casos se ajustan directamente sobre éste, de forma que la reducción espacial permite el análisis en un diagrama ternario (b).	246
Figura B.10. Simplex bidimensional de relaciones longitudinales de la mano <i>versus</i> el brazo (húmero) y el antebrazo (mano) en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. Los vértices muestran la composición total para cada sección del ala, mientras que los ejes y el cuerpo del diagrama las relaciones entre cada una de las variables	247

---



---

<p>Figura B.11. Distancia recorrida acumulada entre centroides dada para <math>n</math> clústeres (<math>2 \leq n \leq 20</math>), según el método de validación cruzada <i>v-fold (k-means)</i> dado para una evaluación en un diagrama ternario</p>	<p>248</p>
<p>Figura B.12. Frecuencia (en porcentaje) de selección de clústeres para 100 réplicas del algoritmo de validación cruzada <i>v-fold (k-means)</i>. El número de clústeres de mayor ocurrencia (32%) corresponde a 5</p>	<p>248</p>
<p>Figura B.13. Análisis de clúster con algoritmo <i>k-means</i> sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada <i>v-fold</i></p>	<p>249</p>
<p>Figura B.14. Dendrograma basado en la matriz de distancias euclídeas, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo, para un Coeficiente de Correlación Cofenético (<i>CCF</i>) superior a 0.85. Se detallan los cinco grupos o clústeres definidos en la Figura B.13. Los acrónimos de las especies se detallan en la Tabla B.1</p>	<p>250</p>
<p>Figura B.15. Diagrama ternario basado en la Figura B.10, en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de <math>T^2</math> de Hotelling para el tamaño muestral evaluado. Se especifican tres áreas de confianza principales: 90%, 95% y 99% de confianza</p>	<p>252</p>

---

# Nomenclatura

---

		Primera aparición
$a$	Velocidad del sonido	Tabla 2.1
$A$	Área corporal	Figura 2.14
$A$	Área plana equivalente o área de arrastre efectivo	Ecuación 2.10.6
$A_a$	Superficie de amplitud del ala	Ecuación A.11
$AR$	Relación de aspecto	Capítulo 2
$B$	Envergadura	Tabla 2.4
$b$	Semi-envergadura	Figura 2.8
$c$	Cuerda	Capítulo 2
$c_m$	Cuerda media	Tabla 2.3
$C$	Constante de Sutherland para el aire	Tabla 2.2
$C_L$	Coefficiente de sustentación	Ecuación 2.1.2
$C_D$	Coefficiente de arrastre	Ecuación A.7.1
$dS_i, S_d$	Superficie $i$ de corte en una columna de aire	Figura 2.9
$D$	Fuerza de Arrastre	Ecuación A.6.1
$D_{aero}$	Arrastre aerodinámico	Ecuación A.6.1
$D_{ind}$	Arrastre inducido	Ecuación A.6.1
$D_{par}$	Arrastre parasítico	Ecuación A.6.1
$D_{pro}$	Arrastre de perfil	Ecuación A.6.1
$D_w$	Arrastre en un ala finita	Ecuación A.6.1
$E$	Módulo elástico	Ecuación 2.7
$FoS$	Factor de Seguridad	Ecuación 2.6.1
$Fr$	Número de Froude	Tabla 2.3

Primera aparición

---

$f$	Frecuencia de aleteo	Figura 2.22
$f_{max}$	Frecuencia máxima de aleteo	Figura 2.23
$f_{min}$	Frecuencia mínima de aleteo	Figura 2.23
$F$	Fuerza	Ecuación 2.10.1
$g$	Aceleración gravitacional	Ecuación 2.1.2
$g_e^0$	Aceleración gravitacional en el Ecuador, a nivel del mar	Figura 2.5
$h$	Altitud terrestre	Tabla 2.1
$h_a$	Amplitud de aleteo	Apéndice A
$i$	Número de componentes $q$ , desde 1 a $i$	Ecuación D.1
$I$	Momento de inercia	Apéndice A
$j$	Número de componentes $q$ , desde 1 a $j$	Apéndice D
$k$	Factor de potencia inducido	Apéndice A
$k$	Número de componentes $q$ , desde 1 a $k$	Apéndice D
$l$	Longitud del ala, desde la cuerda base al extremo distal	Figura 2.14
$L$	Sustentación	Ecuación 2.1.1
$L_M$	Fuerza de sustentación dada por el aleteo	Ecuación 2.5.1
$L_{Total}$	Fuerza de sustentación total (alateo + presión dinámica)	Ecuación 2.5.1
$L_{\Delta P}$	Fuerza de sustentación dada por el diferencial de presión	Ecuación 2.5.1
$m$	Masa corporal	Ecuación 2.1.2
$MoS$	Margen de Seguridad	Ecuación 2.6.1
$m_w$	Masa alar	Ecuación 2.9
$n$	Grado de variación del tamaño	Tabla 2.4
$p_h$	Presión estática	Tabla 2.1
$p_i$	Valor de la constante $p$ en la posición $i$ en la ecuación de regresión	Ecuación D.5

---

---

$p_0$	Presión atmosférica a nivel del mar (estándar internacional de 101320 Pa)	Tabla 2.1
$P$	Potencia de vuelo	Figura 2.23
$P_a$	Potencia disponible	Figura 2.23
$P_{aero}$	Potencia aerodinámica	Capítulo 2
$P_i$	Potencia inducida	Figura 2.24
$P_{iner}$	Potencia inercial	Capítulo 2
$P_{mr}, P_{tot}$	Potencia máxima disponible	Figura 2.24
$P_{rb}$	Potencia mínima para efectuar vuelo	Figura 2.24
$P_p$	Potencia parasítica	Figura 2.24
$P_{pro}$	Potencia de perfil	Capítulo 2
$P_r$	Potencia requerida	Figura 2.23
$q$	Números de componentes con los que se describe una variable	Ecuación D.1
$q$	Presión dinámica	Ecuación A.3.3
$R$	Constante universal de los gases	Tabla 2.1
$R$	Longitud alar	Capítulo 3
$Re$	Número de Reynolds	Ecuación 0.0
$r_0$	Radio efectivo estándar de la Tierra (6356,766 Km)	Figura 2.5
$S$	Superficie alar	Ecuación 2.1.2
$S$	Tamaño del centroide normalizado	Ecuación 4.1
$T$	Empuje	Ecuación A.4.1
$T$	Temperatura	Tabla 2.1
$T_0$	Temperatura a nivel del mar (estándar internacional de 15°)	Tabla 2.1
$t$	Tiempo	Página 19
$U$	Velocidad de impulso	Apéndice A

---

---

$\bar{u}_i$	Vector de velocidad normalizada en coordenadas Cartesianas	Apéndice A
$U_{mp}$	Velocidad a $P_{tot}$ mínimo	Apéndice A
$v$	Velocidad de desplazamiento	Ecuación 2.1.2
$v_e$	Velocidad de aleteo	Ecuación A.1.1
$v_{mp}$	Velocidad a $P_{tot}$ mínima	Figura 2.24
$v_{mr}$	Velocidad a $P_{tot}$ máximo	Figura 2.24
$v_r$	Velocidad relativa del fluido	Ecuación A.1.1
$V$	Volumen corporal	Figura 2.14
$w$	Velocidad vertical del fluido	Ecuación A.1.1
$W$	Peso	Ecuación 2.1.1
$W$	Volumen corporal proporcional a la masa	Tabla 2.4
$W$	Torsión	Figura 2.2
$WL$	Carga alar	Ecuación 2.2
$X$	Eje Cartesiano de las abscisas	Figura 2.2
$x_i$	Coordenada espacial en el eje de las abscisas	Capítulo 4
$x_i$	Valor de un elemento $x$ en el punto $i$	Ecuación D.1
$Y$	Eje Cartesiano de las ordenadas	Figura 2.2
$y_i$	Coordenada espacial en el eje de las ordenadas	Capítulo 4
$Z$	Coordenada espacial en el eje de las cotas	Figura 2.2
$\alpha$	Velocidad del sonido	Tabla 2.1
$\alpha_a$	Amplitud angular	Apéndice A
$\gamma$	Radio del calor específico del aire (=1,4)	Tabla 2.1
$\theta(t)$	Ángulo de elevación del batido alar	Apéndice A
$\lambda$	Gradiente térmico	Tabla 2.1
$\mu$	Viscosidad del aire	Tabla 2.2

---

**Primera aparición**

---

$\mu_0$	Viscosidad del aire referencial (a 45° de latitud, a nivel del mar y a 0 °C)	Tabla 2.2
$\nu$	Viscosidad cinética	Tabla 2.2
$\Phi$	Amplitud angular del batido	Apéndice A
$\varphi$	Latitud terrestre, en (°)	Figura 2.5
$\rho$	Densidad del aire	Ecuación 2.1.2
$\rho_0$	Densidad del aire a nivel del mar	Tabla 2.1
$\sigma_{ult}$	Carga máxima ósea	Ecuación 2.8
$\omega$	Velocidad angular del vuelo batido	Apéndice A

---

## Lista de abreviaciones

---

### Abreviación

---

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
AoA	Ángulo de Ataque
AR	Relación de Aspecto
B	Envergadura
BI	Índice Braquial (relación entre la longitud del húmero y la ulna)
CMC	Longitud del Carpometacarpo
COP	Colección Ornitológica Phelps
EBRG	Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande
H	Longitud del Húmero
ISA	Modelo Internacional de Atmósfera Estándar
K	Número de grupos o clústeres
ISA	Atmósfera Estándar Internacional
M	Conjunto de características
M	Longitud de los huesos de la mano (Carpometacarpo y falanges del dígito intermedio)
MA	Millones de años antes del presente
MLA	Módulo locomotor anterior
MLC	Módulo locomotor caudal
MLP	Módulo locomotor posterior
<i>msnm</i>	Metros sobre el nivel del mar
N	Conjunto de características
N	Número de casos

---

## Abreviación

---

NHM	Museo de Historia Natural de Londres
R	Longitud del Radio
S	Superficie alar
U	Longitud de la Ulna
v	Número de agrupamientos o clústeres
W	Peso

---



7



**Introducción**



## Introducción

---

*Quelli che s'innamoran di practica sanza scienza son come il nocchiere  
che entra naviglio sanza timone e bussola, che mai ha certeza dove si  
vada*

*(Aquellos que se enamoran de la práctica sin el conocimiento científico son  
como un barco que navega sin timonel ni brújula, sin certeza de su rumbo)*

**Leonardo Da Vinci. 1510-1515.**

*Manuscritos de Francia (G), folio 8R.*

El hombre es un ser que resuelve problemas, o quizás tan sólo presume de hacerlo. Así resume Popper (1999) con respecto al afán que tiene el ser humano para hallar, enfrentar y dilucidar los cuestionamientos que se plantea sobre sí mismo y su entorno. Cada problema se enfrenta de manera que se consideren los descubrimientos anteriormente realizados. Esto ocurre con los estudios en biomecánica, como en otras disciplinas del saber.

Las investigaciones en biomecánica se inician con el desarrollo de la civilización, como por ejemplo con los trabajos de Aristóteles, Arquímedes y Galeno (Heath, 1921; Snook, 1978; Videler, 2006; Netz y Noel, 2009). En este período se establecieron las bases para el conocimiento en medicina y física, que fueron posteriormente empleados por renacentistas como Leonardo Da Vinci y Galileo Galilei para desarrollar los fundamentos de la anatomía y mecánica modernas. La física de la locomoción se explora luego de iniciado el siglo XVII, con las contribuciones de Isaac Newton, Daniel Bernoulli y Gottfried Leibniz, entre tantos que permitieron explorar los principios en la

mecánica de los cuerpos y los fluidos en donde se mueven, aunque con ciertas diferencias como aún se hace en la actualidad (Videler, 2006).

En la ciencia contemporánea, se entiende como biomecánica a la disciplina que se encarga de estudiar las estructuras biológicas y su función locomotora de acuerdo a fundamentos mecánicos (Huston, 2009). Aplicada a los animales, la biomecánica analiza el movimiento de sus partes, como órganos, sistemas y fluidos. El vuelo, en particular, es un tipo de locomoción que reviste un gran interés por el medio en donde efectúa: el aire. El fundamento físico por el cual ocurre es sencillo: un cuerpo se desplaza con cierta resistencia (fuerza direccional), contrarrestando el peso con una fuerza ascendente (sustentación) (Tennekes & Tennekes, 1997; Torenbeek y Wittenberg, 2009). La diversidad de formas de vuelo que autores como Pennycuick (1972, 2008), Rayner (1988), Alexander, (2003), Vogel (2003) y Shyy, *et al.* (2008) han descrito, se fundamenta en la variabilidad de los morfotipos corporales y la respuesta que tiene ante el fluido por el cual se desplazan.

Considerando la naturaleza de la fuerza direccional, el vuelo puede describirse como 1) activo: en donde existe una propulsión muscular para el movimiento de estructuras anatómicas, que permiten mantener la sustentación, b) pasivo: de forma que el desplazamiento se favorece con el despliegue de extensiones corporales o con la dinámica del fluido, sin incluir un costo dado por actividad muscular y, c) combinado: en el cual se alternan fases de vuelo activo y pasivo, asistiendo en el ahorro de energía y la reducción de la fatiga muscular, así como lo describe Pennycuick (1972). Estos tipos de vuelo han podido ser reconocidos por separado o en su conjunto en especies existentes de los dos grandes grupos del Reino Animal: los invertebrados (Arachnida: Linyphiidae, Platnick, 2007; Insecta, Thomas & Norberg, 1996; Grimaldi & Engel, 2005; Cephalopoda, Maciá, *et al.*, 2004) y los vertebrados (Osteichthyes, Fish, 1990; Davenport, 1994; Piper, 2007; Amphibia, Oliver, 1951; Reptilia, Oliver, 1951; Piper, 2007; Aves, Feduccia, 1996; Mammalia, Schmidt-Nielsen, 1972). Igualmente, ha sido descrito para varios grupos fósiles (Pennycuick, 1972, 2008; Hildebrand, 1995; Liem y Walker, 2001 y Kardong, 2011).

### **1.1. El origen del vuelo en las Aves**

Si bien el plan corporal de las aves no ha variado en gran medida durante cerca de 150 millones de años desde el momento de sus primeros registros, los grupos primitivos presentaban condiciones anatómicas diferentes a las que se pueden estudiar en la actualidad. Algunos organismos como *Archaeopteryx* (Shipman, 1998; Mayr, *et al.*, 2005) y *Wellnhoferia* (Elzanowski, 2001), encontrados

en sedimentos del sur de Alemania de edad Titoniana (Jurásico tardío, 151-145 MA), mostraban formas que facilitaban al vuelo como un tipo de locomoción efectiva, entre ellas se destacan las fúrculas fusionadas, la fusión y/o pérdida de huesos (en comparación con grupos de reptiles basales) y las típicas rémiges asimétricas. Éstas son muy importantes para entender, no solo la evolución de las aves y su estilo de locomoción, sino para la interpretación dada por la comunidad científica.

Las explicaciones que se han tenido sobre origen del vuelo en las aves siempre han estado relacionadas con el descubrimiento de *Archaeopteryx*. Sin embargo, desde el contexto filogenético que se conoce en la actualidad (Shipman, 1998; O'Connor *et al.*, 2011; Chatterjee y Templin, 2012), las características que describen al grupo y a su locomoción resultan ser apomórficas dentro de los saurisquios terópodos. La falta de ejemplares fósiles intermedios contribuye a la incertidumbre, por lo cuál no puede sostenerse con seguridad si el vuelo en las aves surge con el origen del mismo grupo. Esta discusión permanece abierta, de acuerdo como lo documentan De Beer (1954a), Chiappe (1995), Feduccia (1996), Garner, *et al.* (1999), Zhou (2004), Chiappe (2009), Chatterjee y Templin (2012) y Xu (2012).

Se presume que el grupo ancestral de las aves haya estado conformado por reptiles terrestres de locomoción bípeda, similares a *Compsognathus* (Holtz, 1996; Witmer, 2002). Estas protoaves estarían cubiertas de plumas, las cuales constituirían una exaptación al vuelo (Chatterjee y Templin, 2012). Las explicaciones que se tienen para conocer el *cómo* se originara el vuelo en las aves a partir de organismos con estos hábitos y características resultan tan controvertidas como el *cuándo*. Tradicionalmente se han considerado dos hipótesis contrastantes para explicar el origen del vuelo en las aves (Feduccia, 1996), tomando a *Archaeopteryx* como referencia anatómica. Sus diversos fósiles muestran alas con garras, un carácter que también se observa en algunas aves actuales como ratites, galloanséridos, aves acuáticas, búhos y cigüeñas, entre otras tantas (Jefferies, 1881; Fisher, 1940; Rand, 1964). En la chenchena (*Opisthocomus hoatzin*), las garras se mantienen sólo en estadíos tempranos del desarrollo, facilitando a los juveniles treparse hasta los lugares de anidación (Shipman, 1998). De manera similar pudo ocurrir este hábito en *Archaeopteryx*, de forma que estos organismos alcanzaran lugares con la altitud necesaria para iniciar el vuelo. Este es el principio de la *hipótesis arbórea*, descrita inicialmente por Marsh (1880) y defendida en la actualidad por autores como Bock (1985), Chatterjee (1997), Elzanowski (2002), Zhang, *et al.* (2002) y Chatterjee y Templin (2003, 2004, 2012).

Sin embargo, la presencia de rémiges asimétricas en *Archaeopteryx* permite pensar que desarrollaba un vuelo activo complejo. Una hipótesis alternativa explica que esta forma de locomoción pudo originarse a partir del batido de las alas, complementado con otros hábitos, como el correr. Esta idea fundamenta la *hipótesis cursorial*, planteada inicialmente por Williston (1879), y que autores como Nopcsa (1907), Ostrom (1976, 1979, 1986), Padian y Chiappe (1998), Burgers y Chiappe (1999), Gatesy y Baier (2005) y Chiappe (2007) sostienen, compartiendo la premisa que tanto *Archaeopteryx* como las protoaves eran organismos bípedos especializados (Feduccia, 1996).

En años recientes se han planteado otras propuestas que complementan o describen las faltas, según sea el caso, que muestran tanto la hipótesis cursorial como la arbórea. Una de ellas es la que Garner *et al.* (1999) denominan como el *modelo de salto súbito en Proavis*. Los autores parten de un organismo primitivo emplumado con hábito depredador y con estrategias de caza, como el acecho y la emboscada, la cual pudo haber sido realizada desde sitios elevados, atacando a sus presas usando sus miembros posteriores. Según esta hipótesis, los miembros anteriores de Proavis cumplían la función de mantener el cuerpo en posición de ataque, función que varió desde promover el equilibrio luego del salto (basado en la resistencia al aire) hasta aumentar la velocidad de embestida (basado en la sustentación), mecanismo que por selección pudo favorecer aquellos morfotipos que pudieran mejorar el coeficiente de sustentación (al reducir la masa corporal o aumentar la superficie de sustentación, según Hedenström, 1999) y, por ende, la caza por emboscada.

Por otra parte, Bundle y Dial (2003), Dial (2003), Tobalske y Dial (2007) y Dial, *et al.* (2008) plantean que el vuelo no necesariamente se originó a partir de zonas elevadas o sobre el suelo. Según el comportamiento locomotor de *carrera con impulso alar*, este tipo de locomoción pudo haber surgido a partir de aves que empleaban sus alas para impulsarse mientras se desplazaban por superficies inclinadas, de acuerdo a como se observa en las perdices actuales (*Alectoris chukar*) y en ejemplares juveniles de locomoción limitada en diferentes especies, como en Psittacidae (K. S. Berg, comunicación personal, 23 de Noviembre, 2012), en donde además de conferir impulso esta estrategia proporciona equilibrio durante su movimiento. Como bien se deduce y de la forma como estos autores explican, los escenarios en donde pudo haber surgido el vuelo como una forma efectiva de locomoción han sido diversos, de manera que se puede especular que su origen pudo no haber sido monofilético como su taxón (Bakker, 1986; Paul, 2002; Chiappe, 2007).

## 1.2. El vuelo en las aves modernas

Durante el Cretácico temprano divergieron los dos mayores linajes de las aves (Figura 1.1). Por una parte, las Enantiornithes, con un biocrón ajustado a este periodo (135 a 66 MA, según Feduccia, 1996 y O'Connor, 2009); por otra las Ornithurae, entre las que se cuentan grupos de aves fósiles como las Hesperornithiformes y las Ichthyornithiformes, así como las actuales Neornithes. Este grupo de aves se originó posiblemente en el Cretácico temprano, hace unos 130 MA, según se evidencia con el registro fósil reportado hasta la fecha, como por ejemplo *Ambiortus* (Kurochkin, 1985), *Yanornis* (Zhou y Zhang, 2001), *Apatornis* (Feduccia, 1996), entre otros. Los primeros ornithuridos eran aves con un esqueleto macizo, provisto de un pico dentado, alas con garras y cráneos densos (Witmer, 1990). No obstante, estos organismos mostraban características anatómicas muy similares a las aves modernas, como plumas diferenciadas, un esternón con quilla, clavículas rígidas unidas en una sínfisis y carpometacarpos fusionados. Estas permanecieron, aunado con el cambio progresivo en otras partes del cuerpo, como en el tegumento (Xu & Guo, 2009), y en la conformación ósea, en especial, dada por la neumatización (Hedenström, 1999), la fusión y la pérdida de elementos (Feduccia, 1996).

Las aves modernas se agrupan dentro de la subclase Neornithes, conformadas por dos grandes linajes con categorías de superorden: las Palaeognathae (integradas por las Ratites y tinámidos) y las Neognathae. Las primeras aves con anatomía moderna se establecieron en el Cretácico superior (Clarke, *et al.*, 2005; Dyke y Gardiner, 2011), experimentando una amplia radiación en el Paleogeno de la misma forma que las Enantiornithes durante el Cretácico. En la actualidad, las cosmopolitas Neornithes son uno de los grupos de cordados más numerosos, integrados por 60 especies en cinco órdenes en las Palaeognathae y 10180 especies en 32 órdenes en las Neognathae (Clements *et al.* 2012, Figura 1.2). Dentro de esta diversidad y manteniendo su plan corporal básico, las aves modernas han desarrollado una gran variabilidad de formas, reflejadas en la multiplicidad de los patrones de locomoción. Las Palaeognathae son esencialmente terrestres, incluyendo a las ratites terrestres obligadas y a los tinámidos con capacidad de vuelo limitada. Ejemplos en la pérdida de la capacidad de esta locomoción, cuyo origen en este grupo se mantiene en discusión (Harshman *et al.*, 2008), se observan también en las Neognathae, destacándose en Anseriformes, Sphenisciformes y Gruiformes, entre otros tantos (Roots, 2006).

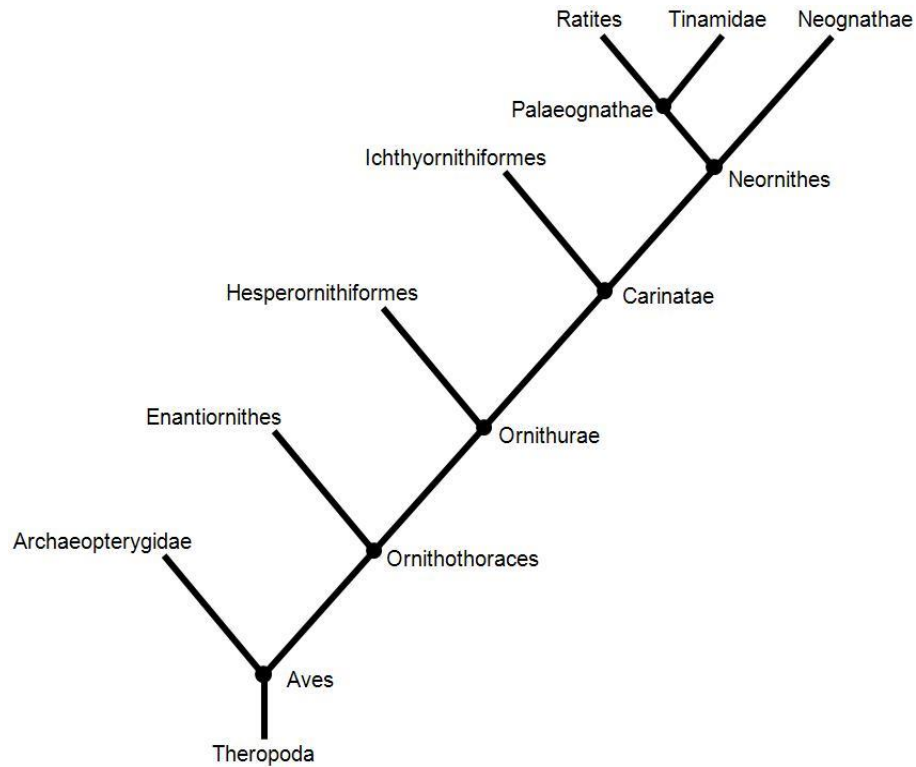
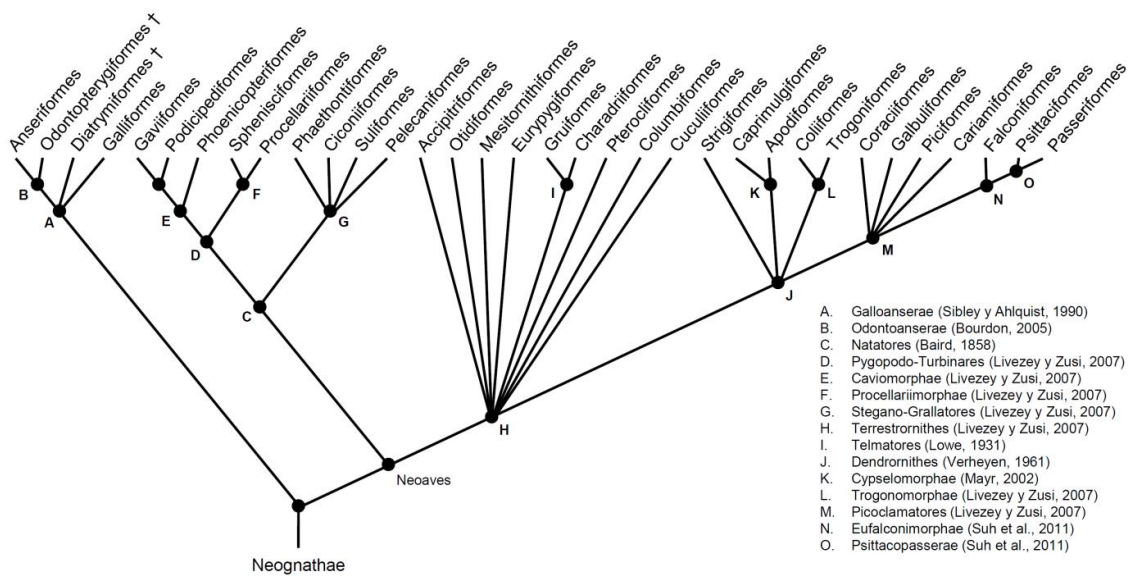


Figura 1.1: Relaciones entre los grupos de aves de rango superior, modificado de Cracraft (1986), Sereno y Rao (1992), Garner, *et al.* (1999), Benton (2005) y Heers y Dial (2012). Se muestra a *Archaeopteryx* como parte del grupo basal y hermano a las Pygostylia, entre las que se incluyen las Ornithoraces.

La explicación, en términos evolutivos, de la aparición de esta forma de locomoción a partir de organismos predecesores, se centra en el mantenimiento de una habilidad con alto costo energético (James y Olson, 1983). Según como lo explica Feduccia (1996), en los linajes de aves voladoras la selección ha permitido el mantenimiento del aparato locomotor de forma que se favorezcan los morfotipos con mayor rendimiento energético (por ejemplo, alas con mayor superficie de sustentación, mejor aprovechamiento de la energía, aumento de la superficie de intercambio gaseoso, disminución de la masa corporal por neumatización, mayor fusiformidad del sistema esquelético, etc.). Si las fuerzas selectivas no son continuas, independientemente de las causas que las originen, el sistema locomotor tiende a cambiar, causando a su vez que el vuelo tienda a desaparecer. El vuelo, por ende, es tanto una estrategia de locomoción como una consecuencia evolutiva.





**Figura 1.2:** Cladograma que muestra las relaciones que se proponen entre los mayores grupos de las aves Neognathae, modificado de Livezey y Zusi (2001, 2007), Benton (2005), Hackett, *et al.* (2008), Chesser *et al.* (2010), Livezey (2011) y Suh *et al.* (2011). Los grupos de aves se han subdividido por órdenes, siguiendo la clasificación establecida por Clements *et al.* (2012). Este cladograma muestra dos grupos principales: el primero conformado por las Galloanserae, entre las que se incluye a los extintos órdenes Odontopterygiformes (Bourdon, 2005) y Diatrymiformes (Wetmore, 1930), mientras que el segundo está constituido por las Neoaves, propuesto por vez primera por Sibley *et al.* (1988) con categoría de superorden. Se conserva la clásica dicotomía en el grupo corona, establecida por las divisiones Natatores (aves acuáticas) y Terrestronithes (aves terrestres), con variaciones en la organización producto de los recientes trabajos en genética molecular y anatomía comparada.

### 1.3. La anatomía del vuelo

Como consecuencia evolutiva y desde la perspectiva que ésta ofrece, la variabilidad en las formas de vuelo se puede interpretar mediante el estudio de la secuencia de cambios que se tienen en la anatomía aviar desde su plan corporal básico, consistente de un cuerpo fusiforme de esqueleto ligero, cubierto de un tegumento modificado en plumas. El origen de estos cambios y los procesos que se han visto involucrados son temas de mucho interés en la evolución. De forma tradicional se ha entendido que estas variaciones han surgido de manera puntual (Eldredge y Gould, 1972; Gould y Eldredge, 1977) y progresiva (Simpson, 1945; Wright, 1945; Witmer, 1995). No obstante, las diversas evidencias paleontológicas, fisiológicas y funcionales (De Beer, 1954a; Gatesy y Dial, 1996; Gatesy y Middleton, 1997; Gatesy, 2002; Dial, 2003; Dyke y Gardiner, 2011), consideran la existencia de un marcado sesgo en esta visión.

Sucesivos cambios puntuales no pudieran condicionar el surgimiento de un nuevo taxón en un *reducido* lapso de tiempo, desde el primer antepasado terópodo hasta la aparición de los primeros representantes de los taxa superiores, de forma que el proceso evolutivo no sólo pudo haber ocurrido con el cambio puntual e independiente de cada carácter sino también con la selección por grupos de caracteres con afinidades entre sí. Este proceso conocido como *evolución en mosaico* o *evolución modular* ha sido ampliamente descrito, tanto en aves como en otros organismos, por Olson y Miller (1958), West-Eberhard (2003), Martin (2004) y Pigliucci y Preston (2004). Dentro de este mecanismo, las afinidades por las cuales ocurren las presiones selectivas son diversas, como ontogénicas, genéticas, fisiológicas e inclusive, *prácticas*. En las aves, los conjuntos de caracteres que siguen un orden funcional, los cuales mantienen una fuerte interrelación a nivel de diferentes sistemas (miológico, osteológico, nervioso y tegumentario) y en distintas escalas de tiempo (filogénica y ontogénica), fueron definidos como *módulos locomotores* por Gatesy y Dial (1996) y Gatesy (2002). Estos autores apuntan a que las aves poseen tres conjuntos claramente diferenciados: el módulo posterior (MLP), el módulo locomotor anterior (MLA) y el módulo locomotor caudal (MLC), siendo el movimiento una variable dependiente de los patrones de cambio en cada uno de estos (Hedenström, 2002; Dial, 2003).

Durante el vuelo, los módulos locomotores actúan de forma casi independiente en cada una de sus fases, como en el despegue (MLP), durante la propulsión (MLA) y en el mantenimiento del control (MLC) de esta locomoción. Las variaciones en cada movimiento se evidencian en la diversidad de formas que se muestran en cada módulo, enmarcados entre límites de selectividad, considerados al estudiar el conjunto de características (morfológicas) presentes para que la locomoción se efectúe de manera ceñida (Ellington, 1991). Según esta lógica, la ausencia de una restricción no implicaría la presencia de todas las formas posibles, sino de aquellas que se ajusten a otro nivel selectivo de rango superior. De esta manera, las formas observadas en las aves actuales constituirían el resultado de las participaciones de múltiples fuerzas restrictivas (Antonovics y van Tienderen, 1991), enmarcadas en un espacio que incluiría todos los tipos geoméricamente posibles. Este fundamento, originalmente propuesto por Raup (1966) con el nombre de *morfoespacio*, es resumido por McGhee (2006) como aquel espacio dado para un sistema multidimensional de variables morfológicas, el cual contiene las combinaciones posibles para un morfotipo dado, comprendido entre límites restrictivos establecidos. Una explicación extendida sobre los morfoespacios se expone en el Apéndice C.

Los morfoespacios son una clara herramienta para describir y comparar morfotipos. No obstante, definidas las restricciones de uno o un conjunto de fuerzas selectivas, éstos se constituyen como

descriptores de otros morfotipos potencialmente existentes, los cuales pueden ajustarse a grupos específicos de organismos si éstos son asociados a una característica determinada (un taxón, una función locomotora). A pesar de la potencialidad que tiene esta herramienta en la descripción y proyección de formas biológicas, su uso dentro de las aves ha servido principalmente para destacar relaciones entre grupos filogenéticos. Con los trabajos de Greenewalt (1962) sobre la relación entre la morfología de las aves y su locomoción, se inician los primeros avances de los morfoespacios funcionales. En los años posteriores, el impacto que tuvo su obra se reflejó con las publicaciones de Rayner (1988), McGowan y Dyke (2007) y Pennycuick (2008), entre otros tantos que mantienen esta misma línea de actividad. Son diversas las variables analizadas, pero el énfasis en estos estudios radica en el empleo de modelos biológicos estándar, con morfología promedio (*i.e.*, longitudes, áreas y pesos) y correlacionada (alometría). El conjunto entero en la disparidad que muestran los morfotipos, incluyendo aquellos en los cuales se aprecian condiciones funcionales limitantes (*i.e.*, alas cortas en cuerpos pesados, alas extensas en cuerpos pequeños, etc.) generalmente no son considerados dentro de tales análisis.

Caben entonces los cuestionamientos sobre los intervalos viables de vuelo, en donde se agrupen los morfotipos funcionales posibles. Para ello, algunos autores como Pennycuick (1969, 2002, 2003, 2008), Rayner (1979, 1985, 1988), Welham (1994) y Norberg (2002), proponen el uso de modelos físicos y morfológicos de manera combinada. Los modelos dinámicos de vuelo presentados por Pennycuick (1972, 1986, 1989, 2008), Spedding (1993), Alexander (2003) y Vogel (2003) utilizan características morfológicas del ave, variables físicas del entorno y su relación. Otros autores proponen que si bien los módulos se asocian a diferentes tipos de locomoción, el efecto que tiene la interacción de las subunidades modulares es determinante para comprender la locomoción (McMahon y Bonner, 1983; Schmidt-Nielsen, 1984; Feduccia, 1996; Brown y West, 2000; Alexander, 2003; Valentine, 2003). Dichas posiciones se han mostrado independientes para con un mismo cuestionamiento, si bien a todas luces se aprecian como complementarias.

Esta tesis doctoral se fundamenta en ambas visiones para definir y describir morfológicamente un ave voladora moderna (Aves: Neornithes, Neognathae), estudiando sus límites físicos funcionales. Para tal fin se consideran tanto la teoría del vuelo (modelo estático) como la resistencia de las estructuras anatómicas, elaborando un morfoespacio teórico cuyos límites están condicionados por estas restricciones funcionales, validado con los morfotipos de aves existentes y caracterizado por la integración modular de las estructuras locomotoras.

#### **1.4. Estructura de trabajo**

La presente investigación tiene como objetivo general la descripción cuantitativa de las variables morfológicas descriptivas de locomoción de las especies representantes de las aves modernas (Neognathae), cuyo vuelo activo se desarrolla dentro de los límites de funcionalidad, establecidos por los modelos aerodinámicos de fuerzas estáticas. De esta forma, se caracteriza y simplifica el espacio de formas biológicas que muestra el conjunto de aves modernas, proyectando los morfotipos posibles dentro de límites funcionales establecidos.

Se ha realizado un importante esfuerzo en los análisis desarrollados, los cuales se fundamentan en estudios de formas, la física de la locomoción y diversas técnicas de estadística multivariada. Este conjunto se ha estructurado en tres ejes principales:

1. La definición del bauplan de Neognathae bajo restricciones dadas por las variables que rigen la locomoción.
2. La validación de este espacio con información disponible de Neognathae vivientes, y
3. La caracterización de tal espacio de formas biológicas.

Ciertamente es posible emplear diferentes métodos para analizar este estudio. No obstante, se ha decantado por esta estrategia al considerarse técnicas replicables y confiables, de sencilla comprensión y gran alcance.

Cada capítulo sigue con la estructuración de la investigación, componiéndose de cinco capítulos y seis apéndices contentivos de descripciones teóricas y de métodos. Cada capítulo cubre tópicos diferentes:

1. El capítulo 1 incluye una introducción general y la especificación de la estructura del trabajo.
2. El capítulo 2 cubre el análisis de las restricciones físicas para las aves voladoras.
3. El tercer capítulo construye y convalida un morfoespacio teórico fundamentado en restricciones funcionales.

4. El capítulo 4 caracteriza el morfoespacio funcional de acuerdo a las variaciones en los módulos locomotores anteriores, y
5. El capítulo 5 muestra los alcances de estos estudios en la definición del bauplan de las Neognathae voladoras.

# 2



**Límites teóricos del vuelo  
activo en Neognathae**



## Límites teóricos del vuelo activo en *Neognathae*

---

*La geometria è poesia.*

*(La geometría es poesía)*

**Oswaldo Licini, 1935.**

*Carta a Giuseppe Marchiori del 11/07/1935 desde Gotemburgo, Suecia.*

Dentro del área de la anatomía, el estudio de los factores que afectan el fenotipo es aún hoy un tema discutido. Tradicionalmente, se ha entendido que la variabilidad de formas que muestran los organismos se encuentra relacionada con su ecología. Esta visión ha permitido explicar tanto la diversidad en un taxón cualquiera, como el *performance* que tiene un organismo con un morfotipo particular, de forma que se exponga el rol de la morfología funcional en describir patrones ecológicos, siendo éste el paradigma principal en la ecomorfología (Wainwright, 1994).

El problema que ha tenido esta perspectiva ha sido el tratar de alcanzar otros niveles de relación, manteniendo la correspondencia causal del fenotipo. Esto comenzó a ser discutido por Thompson (1915), quien describió que tanto la evolución como las leyes físicas y mecánicas son los principales determinantes de la forma y estructura de los organismos, las cuales coexisten con las presiones ecológicas. McGhee (2006) extendió esta idea para explicar el concepto de *morfoespacios* (ver Apéndice C), sobrentendiendo la existencia de una jerarquía entre las fuerzas restrictivas que influyen en la presencia de un morfotipo, de la misma manera que fue tratada por Raup (1966). De esta forma, si se desean considerar las variaciones absolutas que se muestran en un taxón determinado, se deben estudiar los límites restrictivos de mayor orden, como las geométricas y funcionales.



## 2.1. Morfología teórica

Las nociones sobre límites teóricos fueron planteadas inicialmente por Raup (1966), al estudiar la evolución de la forma de las conchas de ammonites como una espiral logarítmica bidimensional, considerando las variaciones de forma como una respuesta geométrica. Este modelo permitió establecer los lineamientos básicos del procedimiento que conduce al análisis de las formas biológicas a partir de abstracciones, también conocida como *morfología teórica*. McGhee (2006) hace una explicación ampliada al respecto (Figura 2.1), destacando que se parte de toda abstracción geométrica que describa la forma o el crecimiento de una estructura.

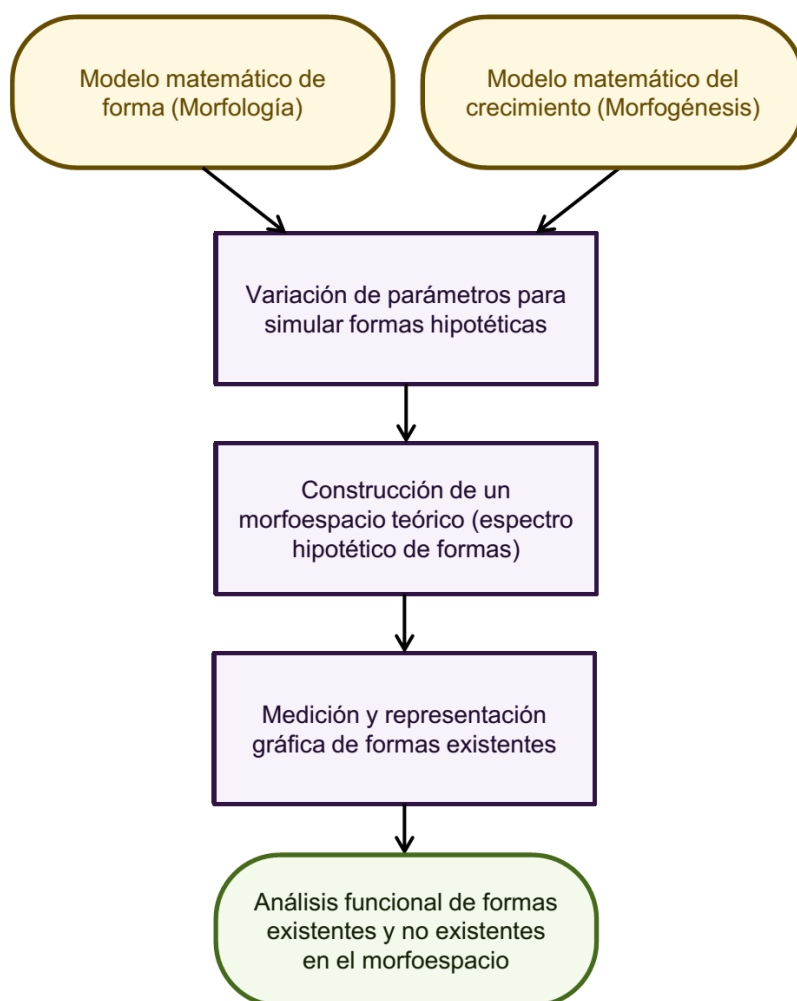


Figura 2.1: Fases para el análisis de morfoespacios teóricos según McGhee (2006), consideradas a partir del planteamiento de un modelo que explique la geometría de una estructura u organismo.

Aunque McGhee (2006) no se refiere a ello, las abstracciones también se pueden proponer para los diferentes niveles restrictivos, estableciendo morfoespacios hiperdimensionales para una o varias fuerzas selectivas. De esta manera, si se desea estudiar el compendio de formas desde una perspectiva particular, se debe partir desde un modelo teórico que explique los límites que separan los morfotipos de acuerdo a la condición dada, determinada por restricciones geométricas. Por ejemplo, desde el enfoque ecológico, el modelo debe relacionar la forma con la habilidad para efectuar un comportamiento o tarea, discrepando entre dos ecomorfotipos diferentes; en cambio, si el interés parte del análisis de la ontogenia, el modelo debe sustentar la limitación de la diversidad de acuerdo a una respuesta genética o del desarrollo. Todos los morfoespacios propuestos mediante este procedimiento deben estar enmarcados por condiciones funcionales que permitan identificar aquellos que puedan efectuar una determinada acción. A su vez, este límite también puede ser planteado de forma teórica, mediante un modelo que explique la dinámica del movimiento.

## **2.2. Modelado de restricciones funcionales**

En un morfoespacio geométrico, los morfotipos viables en la naturaleza se diferencian de los *letales* mediante restricciones funcionales, definidas por modelos físicos. En Biomecánica, éstos se describen mediante la *Mecánica Newtoniana*, una formulación particular de la *Mecánica* que se encarga de explicar el comportamiento que tienen los objetos en movimiento y en reposo, expresada en términos de fuerza. La simplicidad en su formulación permite exponer un sistema en estudio, tanto de manera cualitativa (describiendo los procesos que ocurren y la manera en cómo éstos se efectúan), como cuantitativa (determinando el grado en el cual los fenómenos físicos suceden), teniendo una amplia representación del evento físico que, según Finn (2008), fundamentan la descripción del movimiento y su origen en los objetos y en sus campos de interacción.

Como un sistema de aproximación analítica, la mecánica newtoniana se describe como *clásica* (al considerar un evento promedio) y *discreta* (en donde los fenómenos se estudian en un número finito de partes elementales, de acuerdo a Bühler, 2006). Cada una de ellas tiene sus ventajas de uso. Al mantener un grupo de condiciones fijas, la mecánica clásica analiza el sistema mediante la *estática*, describiendo las relaciones de fuerzas en un sistema en equilibrio. En cambio, cuando el sistema se estudia en unidades discretas, la mecánica se define como la trayectoria que tiene un cuerpo en función al tiempo, bien tomando en cuenta el efecto que tienen las fuerzas en la

locomoción (*dinámica*), como también estudiando al sistema sin referencia a las causas por la que ocurre el movimiento (*cinemática*). El lenguaje matemático con la cual se explican cada una de estas aproximaciones varía de acuerdo al objetivo, constando de ecuaciones generalizadas a un producto escalar o vectorial para los modelos estáticos, mientras que para los modelos cinemáticos y dinámicos se emplea de las formulaciones hamiltonianas y lagrangianas (Desloge, 1982; Boiffier, 1998).

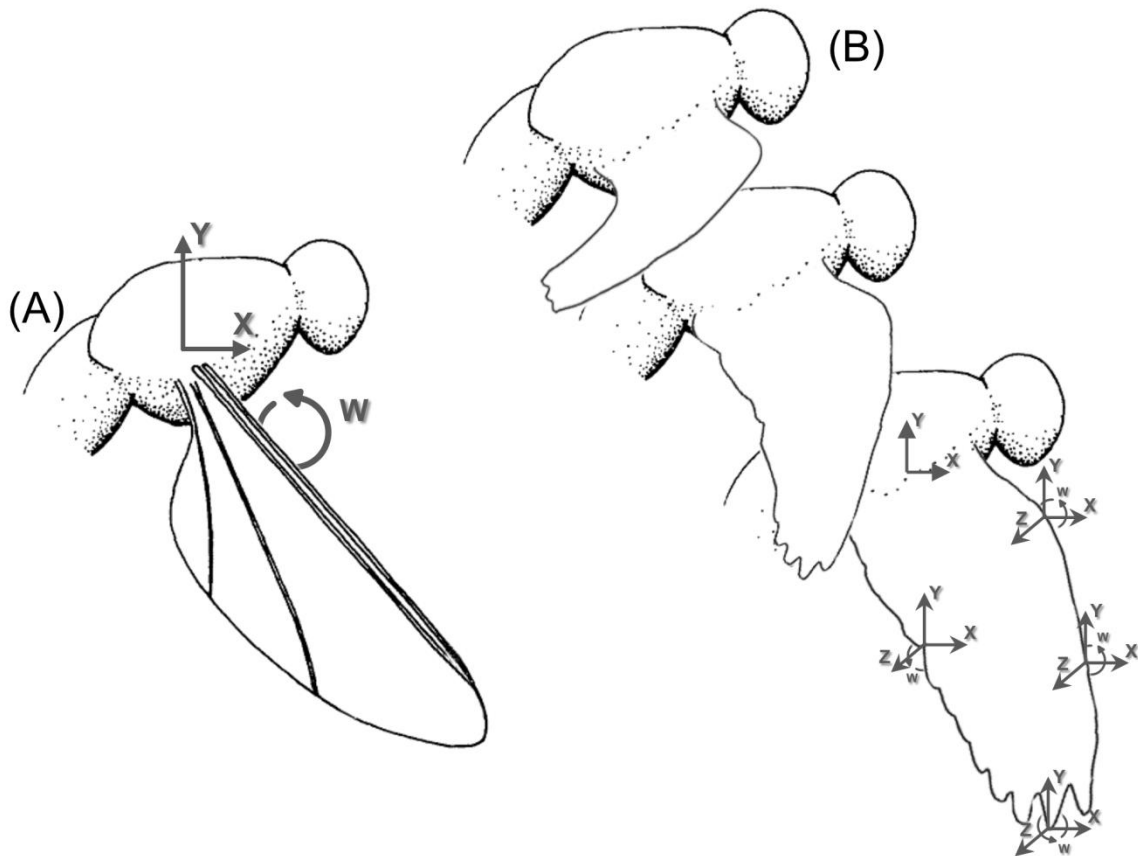
### **2.3. El modelo estático de vuelo**

Las bases que describen el movimiento de los animales se establecieron una vez constituídas las de la mecánica newtoniana. Por lo general, las aproximaciones analíticas que se tienen en biomecánica estudian la respuesta de un cuerpo a las condiciones dadas por el medio en donde se desplaza, con una dinámica y conformación particulares. En el vuelo, las características del aire están sujetas por los principios de Bernoulli para mecánica de flúidos (Kermode, 2006), en donde se controlan las variables que rigen su comportamiento, como el volumen, la velocidad de flujo, la presión, la viscosidad y la densidad (ver Apéndice A).

Referente al organismo, el modelo estático considera una relación de fuerzas durante su locomoción, discriminando el vuelo del desplazamiento (Pennycuick, 1972, 2008; Alexander, 1982; Videler, 2006; Shyy *et al.*, 2008). En el primero, el efecto que tiene la gravedad sobre la masa corporal (ecuación A.5) debe ser superado por la fuerza de sustentación (ecuación A.3.2); por su parte, en el desplazamiento se estudia la interdependencia entre el empuje (ecuación A.4.1) sobre la fuerza de arrastre (ecuación A.6.6). Según esto, se entiende que un individuo con batido estacionario, como un colibrí, desarrolla vuelo a pesar de que no presenta un movimiento horizontal, mientras que aquellos que efectúan paracaidismo como estrategia locomotora, tales como las ardillas voladoras, pueden desplazarse significativamente, sin tener que superar su peso al generar sustentación.

El origen de la fuerza ascendente varía de acuerdo al organismo en estudio. En aquellos que muestran vuelo activo, como insectos, aves y mamíferos, esto ocurre como respuesta al batido de alas y al empuje dinámico que realiza el flúido. Sin embargo, esta fuerza suele no ser constante durante el desplazamiento. Una de las causas que influye en esto corresponde al propio comportamiento del aire, al cambiar la velocidad y la estructura en la cual se mueve el fluido. La otra causa radica en el cambio que muestran las superficies potenciales de sustentación durante la

locomoción, que si bien mantienen un soporte fijo en el cuerpo, sus propiedades materiales y sus articulaciones permiten establecer grados de libertad que influyen en el cambio de posición y forma, con una eventual respuesta inercial (Figura 2.2). En otras palabras, a medida que un cuerpo se desplace con una máxima extensión alar, cuya disposición sea perpendicular a la dirección de movimiento del fluido, se logra el punto de mayor resistencia, equivalente al máximo de sustentación, el cual disminuye durante el aleteo al variar la disposición que toma el ala.



**Figura 2.2:** Tipo de alas en organismos con vuelo activo, modificado de Wootton (1980). El esquema que se muestra en (A) corresponde al más difundido dentro de los invertebrados, basados en alas con un único punto de soporte, en el que se identifican tres grados de libertad significativos, dados por el movimiento en el eje coronal (X), el batido (Y) y la torsión (W). Por su parte, el tipo de ala mostrado en (B) es común en organismos vertebrados con diferentes puntos de articulación en su endoesqueleto. Además de los movimientos descritos, se incluye el cambio de posición de cada punto en el plano transversal (Z), lo cual implica en una variación de la forma alar durante la locomoción.

Cuando la fuerza de sustentación y el peso se igualan, el desplazamiento se efectúa en el límite entre los estados previos (sustentación positiva y negativa, respectivamente, o dicho de otra manera, entre el *vuelo* y la *caída*). De acuerdo al modelo estático de vuelo, este momento se expresa de la siguiente manera:

$$W = L \quad (2.1.1)$$

$$mg = \frac{1}{2} \rho v^2 S C_L \quad (2.1.2)$$

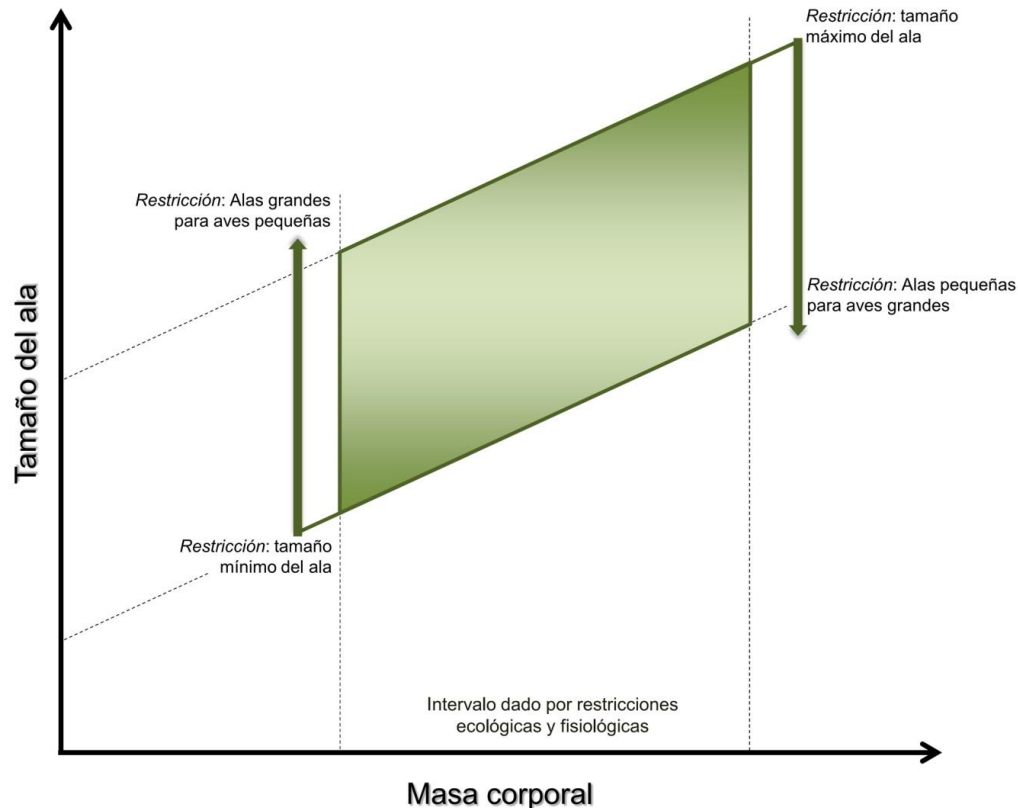
Esta condición ha sido estudiada previamente por Campbell y Tonni (1983), Rayner (1988), Alexander (1989, 2002), Ellington (1991), Dial (1994, 2003), Kirkpatrick (1994), Templin (2000), Chatterjee y Templin (2003), Carrano (2006), Alexander (2007), Chatterjee *et al.* (2007), Hedenström (2007) y Hone *et al.* (2008), para realizar descripciones sobre escalado de estructuras, reconstrucción de formas de locomoción y comportamiento de variables físicas. Si se formula esta igualdad en función de la carga alar (o el cociente entre la masa *versus* la superficie efectiva de sustentación), se tiene:

$$WL = \frac{\rho v^2 C_L}{2g} \quad (2.2)$$

De acuerdo a esta igualdad se conoce que la diversidad de morfotipos depende directamente de las características del fluido por donde se desplaza. Si la carga alar supera este límite, el organismo no estaría sobrepasando su peso con la sustentación. En cambio, si ésta disminuye, el cuerpo tendería a elevarse. Pero como ya se ha explicado, la disposición alar varía en el transcurso que ocurre el desplazamiento. Es por ello que se debe considerar un escenario físico específico para estudiar esta diversidad. Por lo tanto, para un momento  $t$  de la locomoción, la complejidad morfológica que presenta un organismo cuyo vuelo se encuentra sujeto al batido de alas se circunscribe al espacio definido por la siguiente relación:

$$WL \leq \frac{\rho v^2 C_L}{2g} \quad (2.3)$$

Teniendo en cuenta que  $C_L$ ,  $g$  y  $\rho$  son constantes descriptivas del sistema y  $v$  es una variable de intercambio, se tiene que el morfoespacio teórico a generarse bajo este modelo dependerá del grado de variación existente entre la masa *versus* la superficie alar, respondiendo a la deducción planteada por Rayner (1988) para definir los límites morfológicos en aves (Figura 2.3), el cual si bien ha sido explorado mediante experimentación en condiciones controladas (Pennycuick, 2008), no se ha planteado de forma analítica como en otros tipos de locomoción, tales como el correr, saltar y galopar (Biewener, 1982; Alexander, 1996, 2003; Bažant, 2005 y Lidwell *et al.*, 2003). Entendiendo que éstos responden a variables físicas y morfológicas afines al vuelo, así como que ocurren en medios comunes, se puede realizar una revisión de los mismos de manera que se exploren los valores máximos de masa y superficie corporal que un ave presenta para alcanzar un límite funcional.



**Figura 2.3:** Morfología del vuelo de las aves, indicando los posibles límites existentes para tal locomoción, modificado de Rayner (1988). Se destaca la relación entre la masa corporal del ave y el tamaño del ala, el cual debe ser entendido para referirse tanto a la envergadura como al ancho del ala. Las restricciones son mostradas sin orden en particular, agrupando las principales influencias restrictivas (tales como factores ambientales, mecanismos fisiológicos, procesos evolutivos, relaciones filogenéticas, desarrollo ontogénico y características funcionales de las estructuras).

## 2.4. Objetivo del análisis

Dentro del marco dado por el conjunto de fuerzas restrictivas de carácter evolutivo, existe una diversidad de formas biológicas que se encuentra estrechamente relacionada con la locomoción que ejecutan. Bajo esta lógica, se plantea la hipótesis de que existen límites en la disparidad de todo organismo, sujetos a sus propios requerimientos físicos. Así debería ser observado entre aves con vuelo activo.

Partiendo de esta certeza se plantea el presente estudio, el cual tiene como objetivo específico la exploración de los límites teóricos del vuelo activo en Neognathae (Aves: Neornithes), de acuerdo a los principios de aerodinámica y a las condiciones físicas asociadas a los morfotipos presentes en el grupo.

## 2.5. Método de estudio

Para determinar los límites en los cuales se restringen los morfotipos funcionales de aves neognatas, se empleó la condición necesaria de vuelo descrita por el modelo estático, la cual se encuentra definida por las fuerzas que integran la componente vertical:

$$L \geq W \quad (2.4)$$

Esta condición explica que los morfotipos de aves voladoras se establecen entre límites sujetos a su propia masa ( $L = W$ ) y a su desarrollo corporal (dentro del espacio  $L > W$ ). En el primero, se restringen las formas que contrarrestan el peso con la generación de sustentación, cuya estrategia varía entre la reducción de la masa corporal y el aumento de la superficie alar. Por encima de este espacio, una forma resulta viable hasta un punto máximo de carga, sujeto a factores de resistencia mecánica en los tejidos de soporte, el desarrollo de la locomoción dado por la potencia del vuelo y las consecuencias durante el batido alar.

Con el fin de establecer un límite superior de morfotipos viables contenidos dentro de los geoméricamente posibles, se ha dividido este análisis en dos secciones de acuerdo a la

naturaleza de las variables, las cuales describen: el comportamiento del fluido y las condiciones del cuerpo volador. Para ello se ha analizado el plan corporal básico de las Neognathae, en el *momentum* de máxima inercia durante el desplazamiento activo, ocurrido a través de un fluido newtoniano bidimensional en estabilidad dinámica.

### 2.5.1. Modelo atmosférico

El sistema empleado para determinar el comportamiento del aire se basó en el modelo de atmósfera estándar (International Organization for Standardization, 1975). La dinámica del aire se estudió de acuerdo a su comportamiento en condiciones ideales, asumiendo la homogeneidad de su conformación y una disposición laminar, excluyendo los efectos que tienen tanto las turbulencias como la heterogeneidad (presencia de humedad, partículas en suspensión). De esta forma, se pueden estimar las condiciones del aire a una altitud específica en escenarios hipotéticos.

Tabla 2.1: Ecuaciones básicas del modelo de Atmósfera Estándar Internacional (ISA) para la determinación de la variación de (a) la temperatura del aire, (b) la presión atmosférica, (c) la densidad del aire y (d) la velocidad del sonido, empleando las constantes descritas en (e), para el estándar atmosférico de 45° de latitud a nivel del mar. El sistema de unidades corresponde al *mks*, con medición de temperatura en °K.

(a)	$T = T_0 - \lambda h$	$g = -9,80665 \text{ m/s}^2$
(b)	$p_h = p_0 \left[ 1 + \frac{\lambda h}{(T_0)} \right]^{5.2561}$	$\lambda = -6.5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{K/m}$
(c)	$\rho = \rho_0 \left( \frac{p_h}{p_0} \right) \left[ \frac{T_0}{T} \right]$	$T_0 = 288.15 \text{ } ^\circ\text{K}$
(d)	$a = \sqrt{\gamma RT}$	(e) $p_0 = 1,0132 \times 10^5 \text{ Pa}$
		$\rho_0 = 1,226 \text{ Kg/m}^3$
		$\gamma = 1,4$
		$R = 287 \text{ J/Kg.}^\circ\text{K}$

Las aproximaciones básicas de este modelo determinan la variación de la temperatura del aire, la presión y la densidad en función de la ley de Boyle, así como de la velocidad del sonido de acuerdo al radio del calor específico del aire ( $\gamma=1.4$ ) y a la constante universal de los gases, dada para el aire homogéneo, libre de humedad y partículas en suspensión ( $R = 287 \text{ J/Kg.}^\circ\text{K}$ ). Sus



intervalos posibles fueron calculados en función al nivel altitudinal en donde un ave puede volar, cuyo límite fue propuesto por Scott (2011). Las ecuaciones que definen el comportamiento de cada variable y las constantes empleadas se describen en la Tabla 2.1.

Las propiedades físicas analizadas por el modelo ISA permiten predecir la variación de la viscosidad del aire, deduciéndola a partir de la ecuación de Sutherland para gases ideales (Loeb, 1927). Como propiedad del aire, la viscosidad se puede medir de acuerdo al coeficiente de viscosidad dinámica ( $\mu$ ) y al correspondiente a la viscosidad cinemática ( $\nu$ ). Ambas se describen en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Ecuaciones para determinar (a) el coeficiente de viscosidad dinámico y (b) el coeficiente de viscosidad cinemático, deducidas a partir de la aproximación de Sutherland para gases ideales (Sutherland, 1893) y el modelo estándar de atmósfera (ISA), expresados en  $Kg/m.s$  y  $m^2/s$ , respectivamente.

(a) $\mu = \mu_0 \left( \frac{T_0 + C}{T + C} \right) \left( \frac{T}{T_0} \right)^{3/2}$	(c) $\mu_0 = 1,716 \times 10^{-5} Kg/m.s$ $T_0 = 273,15 \text{ } ^\circ K$ $C = 110.4 \text{ } ^\circ K$
(b) $\nu = \frac{\mu}{\rho}$	

El cálculo numérico de estas ecuaciones se realizó en ambiente MATLAB R2012a (versión 7.14), con asistencia de la caja de herramientas de modelado aeroespacial.

### 2.5.2. Plan corporal en Neognathae

En el conjunto de escenarios descritos en la sección precedente se desplazan todos los morfotipos funcionalmente posibles de aves modernas. Para describirlos, se consideraron tanto su desempeño locomotor como las restricciones físicas existentes, esto es, según su *potencia de vuelo* (o el trabajo generado por la acción de los músculos pectorales durante el aleteo y por unidad de tiempo) y su *resistencia* (o presión máxima ejercida sobre las estructuras anatómicas *i.e.* musculatura, huesos), respectivamente. En fluidodinámica, estos elementos se pueden determinar mediante tres maneras: por mediciones experimentales, a través de simulaciones *in silico* o usando soluciones analíticas. Estas últimas fueron empleadas en este trabajo, basándose en estimaciones

aproximadas simples de física Newtoniana con correcciones del modelo de Bernoulli, descrito en el Apéndice A.

El modelo contempla el estudio del tamaño del cuerpo volador en función a tres variables descriptivas y con relevancia aerodinámica: la masa corporal, la superficie alar y la envergadura. La exposición a los diversos escenarios atmosféricos y a la dinámica de su propio movimiento permitió establecer los intervalos de viabilidad para cada una de éstas, manteniendo como supuesto que el ave se desplaza en un espacio infinito de gravedad constante, afectando la masa de aire contenida en un cilindro de diámetro igual a la envergadura alar (Figura A.3), con una velocidad de vuelo variable, comprendida entre el cero y la magnitud absoluta de la velocidad del sonido para el correspondiente valor de altitud, de forma que se evalúen los efectos de las fuerzas de sustentación y peso, sin tomar en cuenta las que se ejercen en la componente horizontal.

Los números de Reynolds y Froude, los cuales explican la interacción que ocurre entre el cuerpo y el medio, fueron usados como una primera aproximación para determinar el intervalo viable de cuerda alar  $[c_{m_{min}}, c_{m_{max}}]$  respectivamente, al despejar el término dimensional de las ecuaciones mostradas en la Tabla 2.3. En el caso del número de Froude, éste se empleó considerando la condición crítica del aire, de modo tal como lo explica von Mises (1945), refinando subsecuentemente el rango de variación de la cuerda media con el uso de la ecuación del número de Reynolds, tomando en cuenta el intervalo de variación reportado para las aves por Norberg (1990), Alexander (2003), Pennycuick (2008) y Shyy *et al.* (2008).

Tabla 2.3: Ecuaciones para determinar (a) el número de Reynolds y (b) el número de Froude, coeficientes adimensionales obtenidos a partir del modelo de fluidodinámica de Bernoulli (Alexander, 2003; Pennycuick, 2008). En (c) se muestran las condiciones de cada una de las variables consideradas.

<p>(a) <math display="block">Re_{ala} = \frac{vc_m}{\nu}</math></p>	<p>(c) <math display="block">v = [0, a_i] m/s, \quad \forall i \in [0, 11000]m</math></p> <p><math display="block">v = [0.1461 \times 10^{-4}, 0.3906 \times 10^{-4}] m^2/s</math></p> <p><math display="block">g = 9.80665 m/s^2</math></p> <p><math display="block">Re_{ala} = [1.5 \times 10^4, 50 \times 10^4]</math></p> <p><math display="block">c_m = \frac{S}{B}</math></p>
<p>(b) <math display="block">Fr = \frac{v^2}{gc_m}</math></p>	

Los límites físicos generados fueron corregidos con aproximaciones dadas por la fisiología de las aves modernas y por el comportamiento de sus estructuras de sostén frente al fluido, de forma tal que se permitan describir las relaciones entre las variables morfológicas que definen a estos organismos. Para este fin, se ha partido de un modelo corporal cuyo cambio de escala sea isométrico (o como explica Thompson; 1915, 1942 y Biewener; 1982, que responda a la ley cuadrático-cúbica), de modo que exista una relación directa y proporcional entre cada variable. En este estudio se emplearon las indicativas a las dimensiones de cada morfotipo, en específico, dadas por la envergadura, la superficie alar y la masa corporal contenida en el volumen correspondiente, de acuerdo a como se indica en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Relación entre las variables morfológicas descriptivas de las aves modernas, de acuerdo a condiciones de isometría, empleadas en este estudio y dadas por la ley de alometría descrita por Thompson (1942).  $n$  corresponde al grado de variación de tamaño.

$B = n S^{0.5}$ $B = n W^{0.67}$ $S = n W^{0.33}$
---

El soporte de masa total de las aves, al igual que del resto de los vertebrados terrestres, está constituido por su sistema esquelético que, en el caso de la locomoción, refleja gran parte del estrés de carga en las piezas óseas que constituyen el ala (Pennycuik, 1968; Rayner, 1988; Kirkpatrick, 1990 y Alexander, 2003). Asumiendo que su comportamiento dinámico sigue la descripción que Biewener (1991), se consideró que el sistema esquelético sigue la misma dinámica de los huesos largos, de forma tal que cada pieza ósea se encuentra sujeta a un mismo sistema de cargas deformativas, representadas en la Figura 2.4. Entre éstos, el eje en donde ocurre mayor estrés se encuentra en el plano transversal óseo (Biewener, 1982), tomando en cuenta que la fuerza de sustentación se genera básicamente por el continuo batido de los miembros anteriores.

La resistencia estructural de los huesos permitió estudiar la masa corporal límite que puede alcanzar las aves con vuelo activo. Para ello se consideró al ala como una estructura fija similar a la mostrada en la Figura 2.2A, esta vez, descartando el efecto de las cargas diferentes al doblamiento, la cual Biewener (1982), Robling *et al.* (2001) y Alexander (2003) resumen como la de mayor impacto sobre el esqueleto apendicular durante este tipo de locomoción (ver Figura 2.4). También se ha considerado la homogeneidad estructural y conformacional del endosqueleto, así

como su simetría axial, de forma que se asuma la isotropía del conjunto óseo. Partiendo de que la masa ósea alar se corresponda con la masa total del ala, se tomaron datos reportados por Kirkpatrick (1990) y Van den Berg y Rayner (1995) con el fin de correlacionarlos con la masa total corporal. Por su parte, se consideró la ecuación reportada por Biewener (1982) para determinar la resistencia máxima que tienen las alas al aleteo. De estas ecuaciones se obtuvieron tanto la masa límite osea como su resistencia máxima, para cada valor de masa corporal.

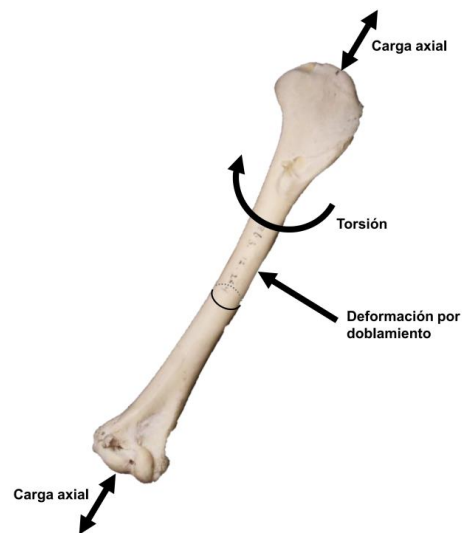


Figura 2.4: Cargas experimentadas por un hueso apendicular durante la locomoción: carga axial (compresión y distensión), afectando el eje central óseo, deformación por doblamiento y torsión sobre el eje central. La sección transversal se detalla en la Figura 2.5A. Modificado de Selker y Carter (1989).

La resistencia ósea en función a la tasa metabólica de los organismos permite determinar el valor de frecuencia de aleteo máximo y mínimo, necesarios para el establecimiento y mantenimiento de la sustentación efectiva. Las curvas de frecuencia, con pendientes disímiles, se intersectan en el valor máximo de masa corporal posible para efectuar el vuelo batido, como lo detalló Pennycuick (1986, 2008). Este valor fue corregido y aproximado empleando una modificación al planteamiento de Pennycuick (1986), Rayner (1988) y Norberg (1990), en donde se igualaron las curvas de potencia disponible (producto de la actividad muscular) y de consumo (en límite de actividad aeróbica y anaeróbica de los músculos pectorales). Con el intervalo de masas, se proyectaron las variaciones de la envergadura y superficie alar posibles, siguiendo el método de escalamiento geométrico (isometría corporal). Dichos cálculos se realizaron en lenguaje M para MatLAB / SIMULINK 7.0 (MathWorks, 2007), determinando los límites funcionales para cada morfotipo dado.

## 2.6. Condiciones del fluido

La atmósfera se caracteriza por presentar las condiciones que se requieren para establecer y mantener la vida. Las propiedades físicas que la definen varían en función a su distribución vertical, estableciéndose entornos favorables en estratos bajos, con cambios subsecuentes que afectan la viabilidad de los organismos con el aumento del nivel altitudinal. Todos los seres vivos voladores, como las aves modernas, son susceptibles a tales variaciones, las cuales han sido aproximadas mediante el uso del modelo de atmósfera estándar (Talay, 1975). Éste permite simular las condiciones del aire en un gradiente altitudinal, partiendo del nivel del mar hasta un límite posible, el cuál varía de acuerdo a las capacidades fisiológicas que presenta cada organismo. Para su análisis se asumió que la aceleración gravitacional se mantiene en un valor constante de  $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$  (a nivel del mar en latitud  $45^\circ$ , de acuerdo con Taylor y Thompson, 2008), aunque se tiene en cuenta su rango de oscilación dependiendo de la ubicación altitudinal y latitudinal del cuerpo en estudio (Figura 2.5).

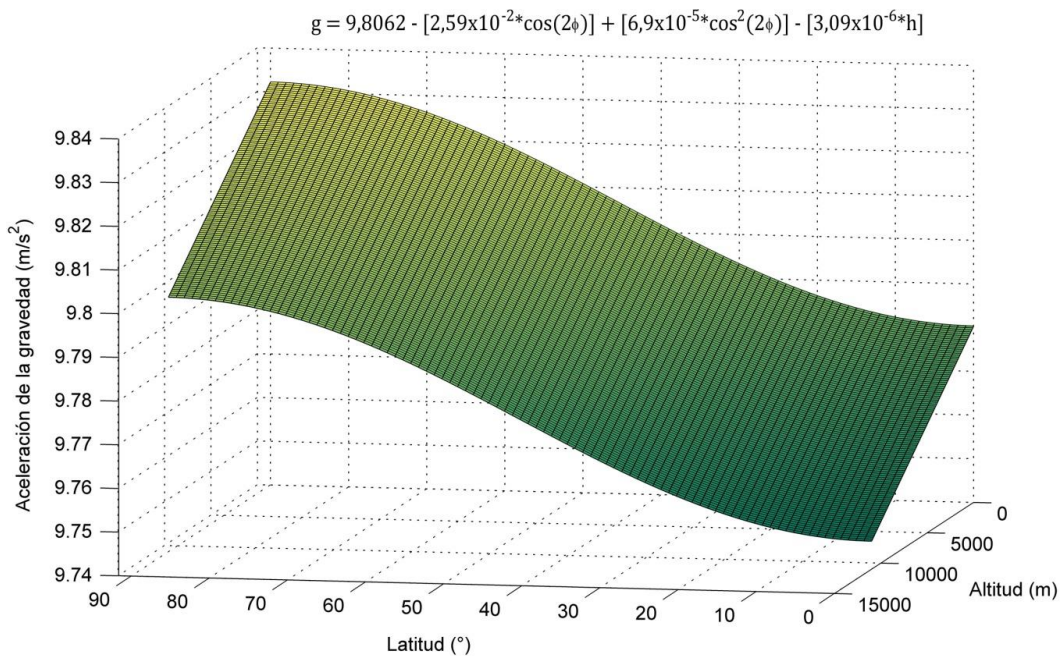


Figura 2.5: Variación en la aceleración de la gravedad en la tropósfera (desde el nivel del mar hasta los 11000 msnm), en el gradiente latitudinal ( $\Phi$ ) entre el ecuador y los polos, de acuerdo a la aproximación al modelo de Lambert (1945) mediante la ecuación de Helmert (Pennycuick, 2008). La oscilación que tiene la gravedad se restringe entre los  $9,7464 \text{ m/s}^2$  y  $9,8322 \text{ m/s}^2$ , teniendo apenas una amplitud del 0.87% del valor promedio internacional (de  $9,80665 \text{ m/s}^2$ ).

Existen discrepancias entre los reportes de campo que indican la altitud de vuelo que alcanzan las aves. Uno de los primeros que documentó estas diferencias fue Ingram (1919), quién realizó una revisión sobre los registros de vuelo efectuados entre el siglo XIX e inicios del siglo XX, entre los que se destacan aquellos que indican a grupos como los charádridos alcanzando los 2600 msnm, los anátidos, ráridos, escolopácidos e ictéridos por sobre los 4300 metros y los grúidos en los 4500 metros. Meinertzhagen (1955) extendió este trabajo al considerar un número mayor de reportes, incluyendo récords para catártidos y escolopácidos (6000 msnm), grúidos, córvidos y ticodromádidos (6400 msnm) y accipítridos (7600 msnm). Tucker (1968, 1972) y Bruderer (1997B) consideraron las restricciones fisiológicas a la altura, por lo que sugirió un límite de 7000 msnm. Recientemente Scott (2011) proyectó un intervalo altitudinal de viabilidad, restringiéndose a la extensión de la tropósfera, coincidente con los registros actuales (Figura 2.6). Aún así, las discusiones sobre los límites altitudinales posibles se mantienen vigentes, como lo evidencian las últimas publicaciones de Hawkes *et al.* (2011), Llanos *et al.* (2011) y Scott *et al.* (2011).

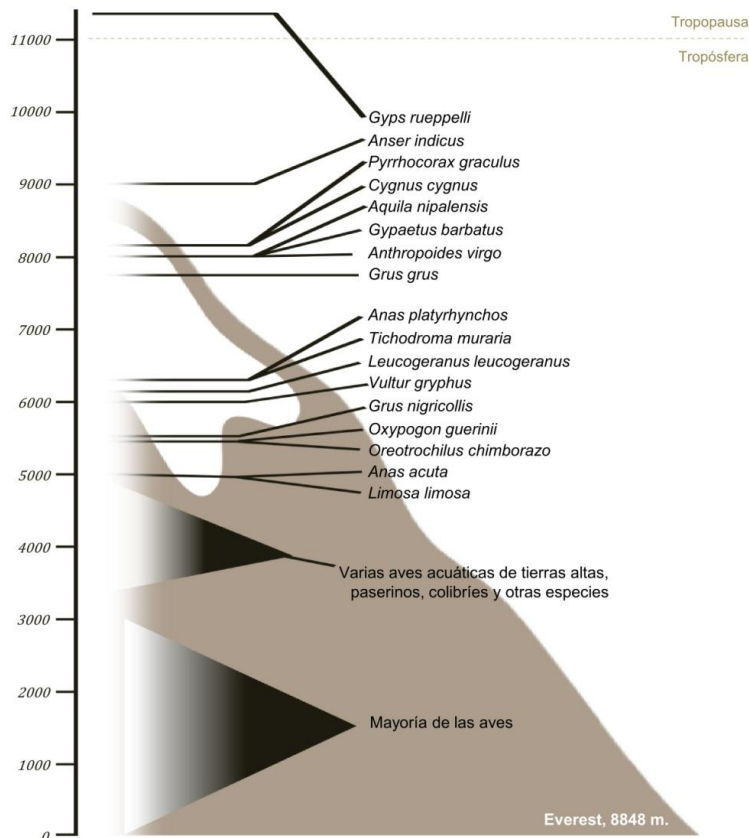
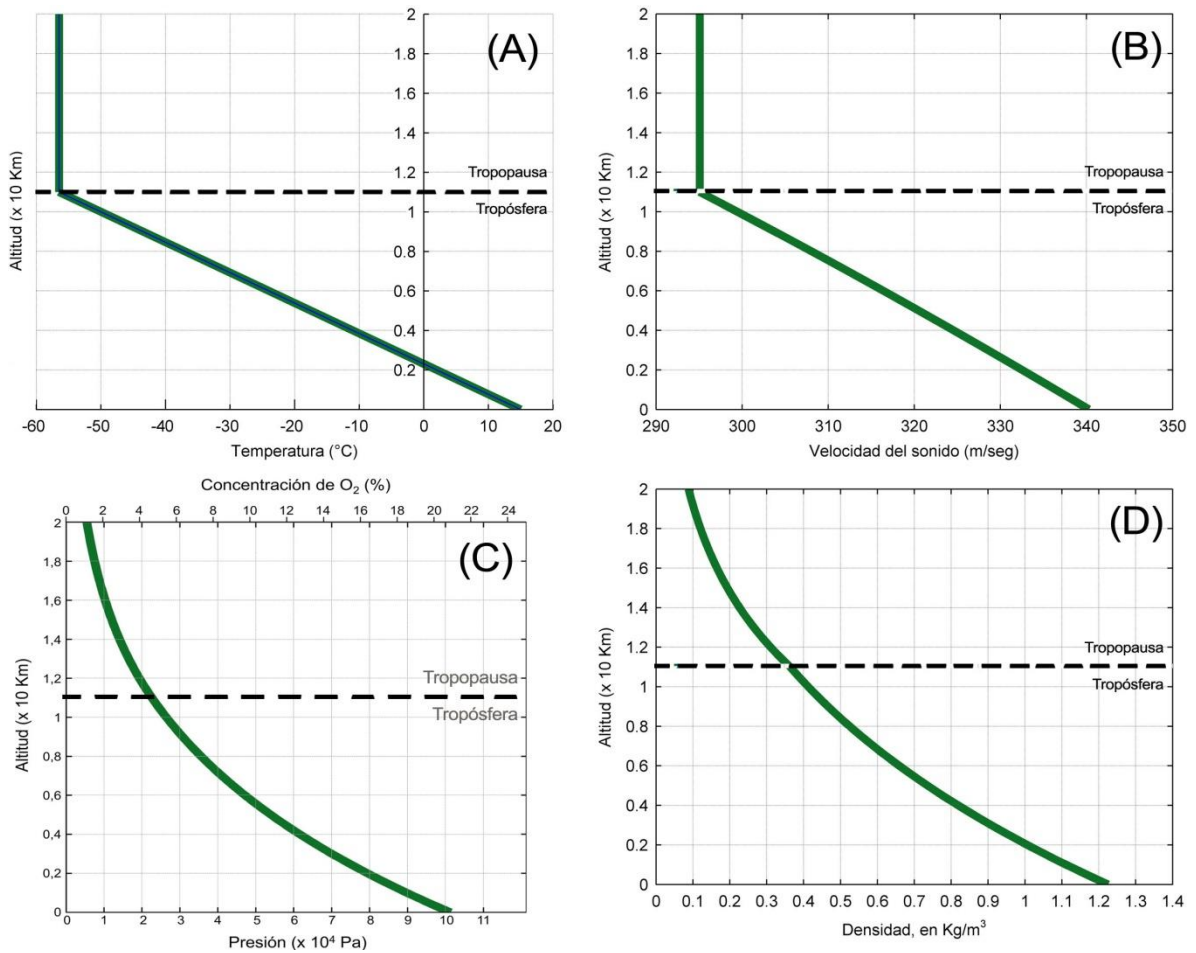


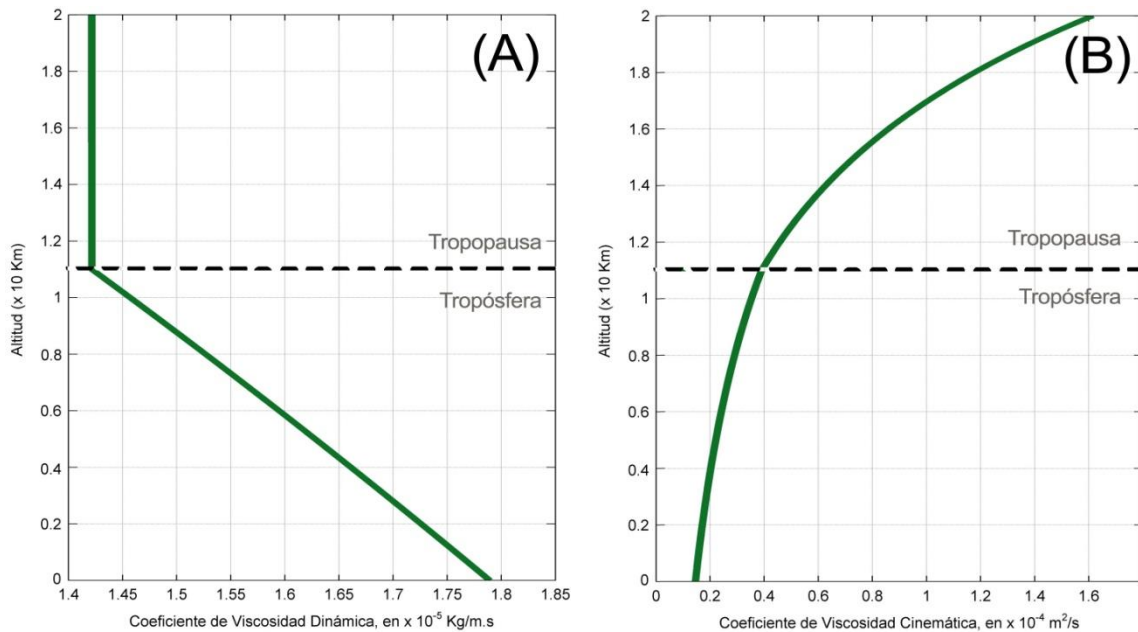
Figura 2.6: Reportes de localización de diversas especies de Neognathae según la altitud de vuelo, modificado de Scott (2011). El esquema de referencia representa la altitud del monte Everest (8848 m).

Considerando la locomoción en la extensión de la tropósfera, con una altitud máxima de vuelo de 11000 msnm (International Organization for Standardization, 1975), se pudo definir el intervalo que presentan las propiedades físicas de la atmósfera. Para la temperatura se conoció su variación en  $[-56.5, 15]$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), la presión del aire en  $[2.263 \times 10^4, 10.133 \times 10^4]$  (Pa), la velocidad del sonido en  $[295.0696, 340.2941]$  ( $\text{m/s}$ ) y la densidad del aire en  $[0.3639, 1.2250]$  ( $\text{Kg/m}^3$ ). Estos resultados están representados en la Figura 2.7.



**Figura 2.7:** Variación de las propiedades físicas del aire de acuerdo a la escala altitudinal, según el modelo Internacional de Atmósfera Estándar (ISA). Se observa la proporcionalidad directa entre la temperatura (A) y la velocidad del sonido (B), así como entre la presión atmosférica (C) y la densidad del aire (D). El cambio en la concentración relativa de oxígeno disponible en el ambiente, el cuál se detalla en (C), depende en función al que ocurre en la presión del medio.

Los escenarios en donde un ave efectúa el vuelo son diferentes, bien se encuentre al nivel del mar o cercano al límite con la Tropopausa (WMO, 2013). Desde el punto de vista fisiológico, el desplazamiento en estratos superiores de la atmósfera dista mucho a estar facilitado por las condiciones del medio. En cambio, si se toman en cuenta las características que afectan la dinámica, como la heterogeneidad en la composición del aire (al considerarse el impacto del vapor de agua y el polvo) y las turbulencias asociadas, éstas se ven reducidas con el incremento altitudinal. Mientras se asciende, todas las propiedades físicas del aire disminuyen progresivamente, incluyendo la viscosidad del aire (Figura 2.8), contribuyendo a que su comportamiento sea laminar y mucho más cercano a lo que se asume en el modelo estándar.



**Figura 2.8:** Distribución de la variación de la viscosidad atmosférica en el gradiente vertical, medido en función al coeficiente de viscosidad dinámica (A) y su correspondiente cinemático (B), basado en la modificación del modelo ISA de a la ecuación de Sutherland para gases ideales.

Como propiedad fundamental del aire, la viscosidad mide la resistencia que se tiene al flujo (Viswanath *et al.*, 2007). Esta tenacidad tiene particular importancia en el batido de alas con la fuerza de arrastre, al conocer la influencia en su deformación. Independientemente de la composición del fluido, la viscosidad es una función que obedece a los cambios de presión y temperatura, variables importantes para determinar los coeficientes de viscosidad.



Para un cuerpo volador como el de las aves, el coeficiente de viscosidad dinámica (o absoluta) es importante para medir cuán factible es su movimiento, al calcular la fuerza requerida para desplazar una unidad de área en función al tiempo. También lo es el coeficiente cinemático, no sólo para determinar la variación del número de Reynolds, sino como una medida indirecta de la resistencia del entorno, indicando la cantidad de fluido desplazado por unidad de tiempo. Dentro de las condiciones establecidas por el modelo ISA, el intervalo calculado para el coeficiente dinámico fue de  $[1.422 \times 10^{-5}, 1.789 \times 10^{-5}]$  ( $Kg/m.s$ ), mientras que para el correspondiente al cinemático varió, de forma inversa, en  $[0.1461 \times 10^{-4}, 0.3906 \times 10^{-4}]$  ( $m^2/s$ ). Esto es, cuando la densidad y la presión disminuyen, el fluido se torna menos viscoso y ofrece menor resistencia a su movimiento y al desplazamiento de cualquier objeto contenido en él.

## 2.7. Análisis de similitud

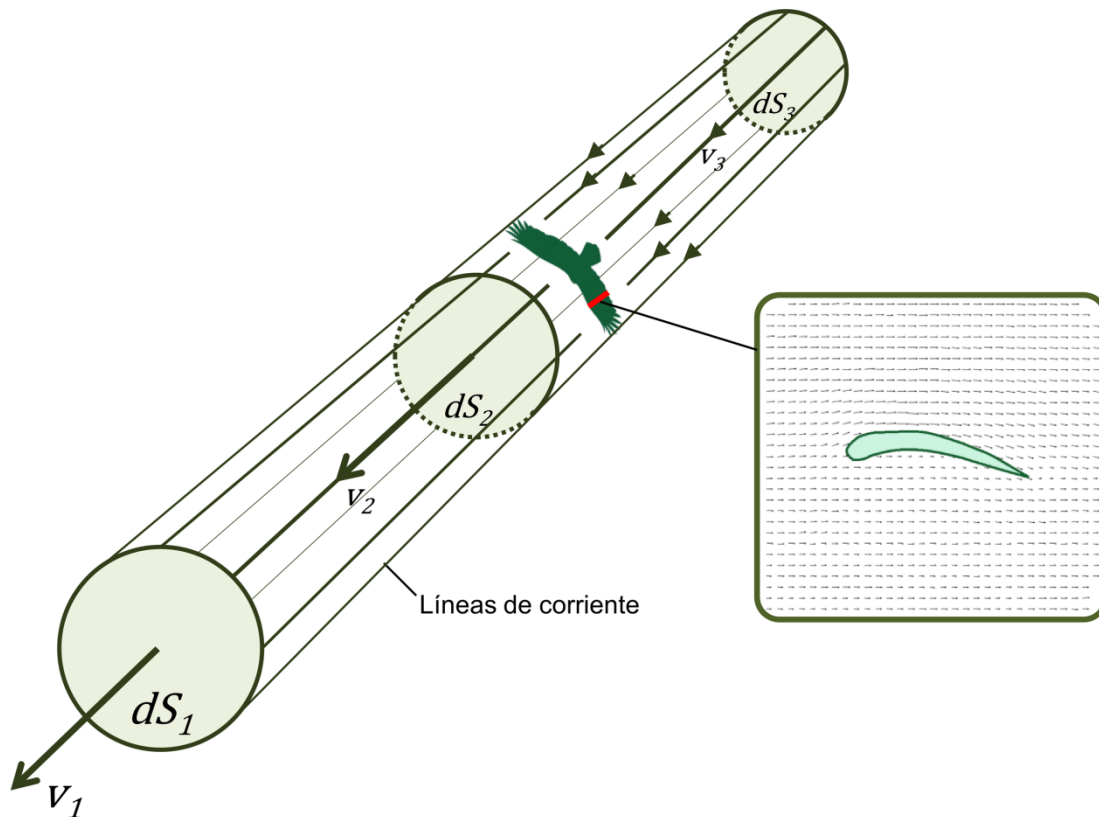
El modelo de Bernoulli para fluidodinámica considera el movimiento de un cuerpo a través de una columna de aire que, de acuerdo a los supuestos establecidos, tiene un diámetro equivalente a su envergadura, afectando la masa contenida en su espacio. Si se considera la condición de continuidad para una estructura laminar (Norberg, 1990) y se descarta el efecto que tienen las corrientes ascendentes en la sustentación, al haber un flujo constante de partículas a una misma velocidad  $v$ , la masa de aire que se mueve en cada sección de esta columna resulta ser constante, siguiendo una trayectoria afín conocida como *línea de corriente*. La presencia de un cuerpo en estas condiciones modifica tanto la dinámica del fluido como su propia locomoción. Por ello, todo cuerpo ve limitado su desplazamiento por la resistencia que se tiene al aire (independientemente de la forma corporal y las condiciones dinámicas), así como de la respuesta al cambio en la estructura laminar, aproximados por el valor resultante de la fuerza de arrastre.

Ahora considérese el cuerpo de las aves modernas frente al escenario dinámico descrito. La sustentación ocurre principalmente por el efecto mecánico del batido. No obstante, las formas que muestran estos organismos facilitan su aerodinamicidad. El cuerpo fusiforme con cercana simetría en el eje dorsoventral reduce la resistencia al fluido y la perturbación a la estructura laminar. Por su parte, las alas tienen una participación más compleja. Además del aleteo, sus formas comprimidas y su asimetría sagital resultan ventajosas en la generación de sustentación. La disposición de la superficie alar, paralela a la corriente del fluido, permite reducir las turbulencias que ocurren por su presencia. Mientras que por su geometría convexa (Figura 2.9), el recorrido que tienen que realizar las partículas del aire será mayor en la superficie dorsal que en la ventral, creándose un diferencial

de presión que impulsa el cuerpo en movimiento hacia arriba, facilitando la sustentación. Ésta, junto con la reducción del arrastre, son responsables de mantener el desplazamiento en el aire, de forma que la sustentación que presenta un cuerpo en vuelo se define como:

$$L_{Total} = L_M + L_{\Delta P} \quad (2.5.1)$$

siendo  $L_M$  la fuerza ascendente producto de la acción mecánica del aleteo y  $L_{\Delta P}$  la componente dada por la diferencia de presión dinámica.



**Figura 2.9:** Desplazamiento de un ave a través de una columna de aire con diámetro  $B$ , en donde se destacan las líneas de corriente que se generan en ella. Las superficies  $dS_i$  indican las secciones de esta columna, con área regular de  $\pi b^2$ , por donde se desplaza un flujo constante de masa  $\rho_i v_i dS_i$ . La geometría de la superficie de sustentación facilita la variación en el desplazamiento y trayectoria de las partículas que componen al aire, estableciendo un diferencial de sustentación que facilita la sustentación. Modificado de von Mises (1945), Norberg (1990) y Shyy *et al.* (2008).

El límite entre un fluido con comportamiento laminar y uno turbulento depende de cómo varíen las diferentes propiedades físicas que lo definen. Dentro de las soluciones planteadas por las aproximaciones empíricas, se acostumbra a emplear factores o números adimensionales para tal fin, los cuales pueden ser contrastados mediante experimentaciones en fluidodinámica, controladas y ejecutadas metodológicamente. La magnitud de estos números indica la importancia relativa que tienen cada una de las fuerzas que actúan en el fluido, de modo que con su uso no sólo se puede conocer la respuesta del sistema al variar un único valor, sino también se observa cómo esto afecta al cuerpo volador que se simula.

Entre los empleados por este estudio se encuentra el número de Froude, el cual se usa para determinar la resistencia que presenta un cuerpo al movimiento, bajo las condiciones específicas del entorno, considerando la geometría que muestran las superficies con las cuales se genera el empuje. El número de Froude, también conocido como Reech-Froude, se desarrolló a partir de las investigaciones en hidrodinámica llevadas a cabo a finales del siglo XIX por William J. M. Rankine, William Froude y Stefan Drzewiecki (von Mises, 1945), en donde se explicaban las incidencias que tienen las fuerzas que se oponen al movimiento de las hélices y que se encuentran sujetas a las variaciones de temperatura y presión del fluido.

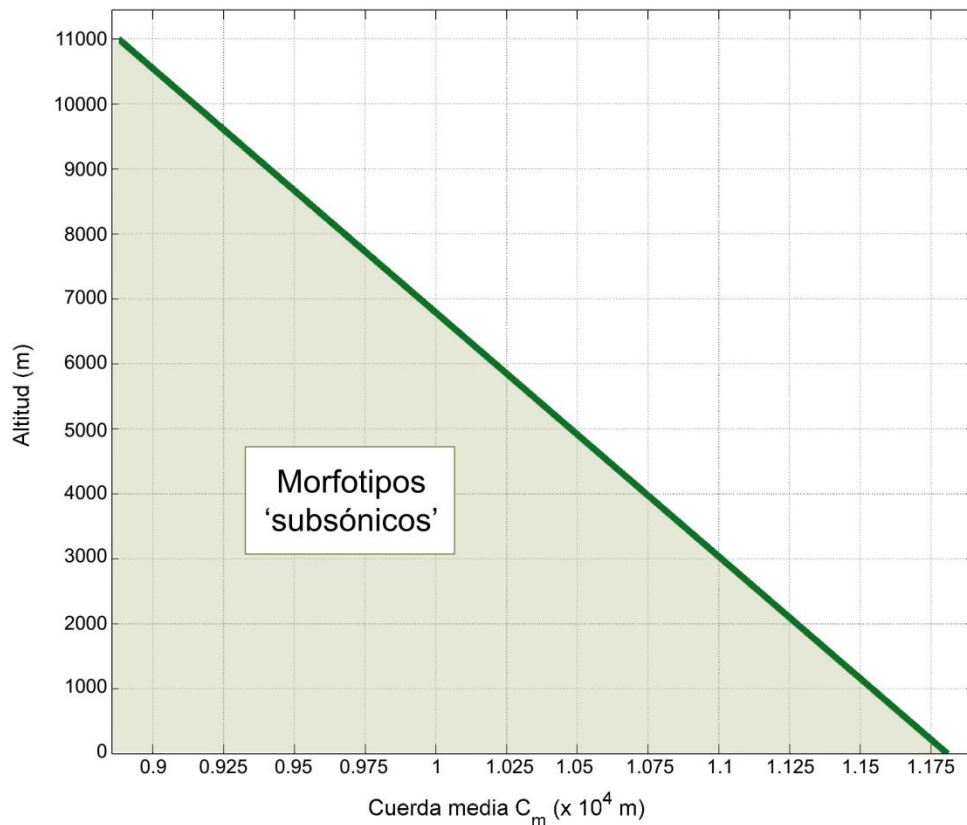
Como relación entre la velocidad de desplazamiento y la de propagación (también conocida como velocidad de fase) y en condiciones dadas por la ecuación 2.4, este número define al fluido en fases subcrítica ( $Fr < 1$ ), crítica (de frontera, con un  $Fr \approx 1$ ) y supercrítica ( $Fr > 1$ ) que, en analogía con las condiciones atmosféricas, se denominan como fases subsónica, sónica (igualmente conocida como crítica) y supersónica, respectivamente. El valor del número de Froude también resulta un indicativo de la conformación dinámica del aire, siendo dominada por la laminaridad en la fase subsónica y por turbulencias en la supersónica. De acuerdo con esto y con lo expresado en la ecuación (b) de la Tabla 2.3, si se considera la situación de desplazamiento en fluidos críticos, a una velocidad máxima  $a_i$ :

$$1 = \frac{a_i^2}{gc_m} \quad (2.5.2)$$

la cuerda media en condición límite entre fluidos laminares y turbulentos sería:

$$c_m = \frac{a_i^2}{g} \quad (2.5.3)$$

de forma tal que con esta ecuación se identifican los morfotipos límite (en función a la relación entre la superficie de sustentación y la envergadura corporal) según su viabilidad, expresada gráficamente en la Figura 2.10.



**Figura 2.10:** Valores máximos de cuerda media de alas de cuerpos voladores, medidos en condiciones de desplazamiento a la velocidad del sonido (variables según la altitud), obtenidos por aproximación basada en el número de Froude, considerando que el aire se encuentra en una condición crítica ( $Fr=1$ ). Este estado divide al conjunto de formas entre aquellos que se desplacen a velocidades supersónicas de los subsónicos (en sombreado, los cuales incluyen a los morfotipos viables).

Aunque el número de Froude precisa un límite de extensión de la cuerda alar, sus dimensiones resultan exageradas. Según estos resultados, cualquier cuerpo volador que viaje a la velocidad del sonido a nivel del mar, puede tener una cuerda media de hasta 11808,32 m. Dicho en otras

palabras, un ave del tamaño de un catártido como *Coragyps atratus* (cod. 1659), con una envergadura de 1,44 metros, pudiera tener una superficie de sustentación de hasta 46714 veces su tamaño original para tener un empuje a la velocidad del sonido. Es claro que ni fisiológica ni físicamente se pueden alcanzar estas dimensiones, de modo que se ha realizado un ajuste de este límite superior, considerando el factor dado por la resistencia estructural, así como por la capacidad fisiológica a realizar un movimiento.

A diferencia del número de Froude, el número de Reynolds evalúa las fuerzas inerciales del fluido sobre las fuerzas de viscosidad, mediante la relación entre la velocidad de vuelo y la longitud referencial corporal (envergadura), en función de la viscosidad cinemática del aire (Tabla 2.3). Este valor es un indicativo del esfuerzo que se debe realizar durante la locomoción, pues muestra el gradiente de cómo la viscosidad afecta el cuerpo en movimiento por unidad de longitud referencial. Aunado a ello, el impacto en el incremento de la viscosidad tiene efectos directos en la turbulencia, por lo que el número de Reynolds es una clara medida de cuándo un fluido tiene una conformación laminar y cuándo deja de tenerlo.

Para las aves modernas se tomó el intervalo de Reynolds de  $[1,5 \times 10^4, 50 \times 10^4]$ , reportado por Pennycuik (2008) y explicado por Norberg (1990), Alexander (2003) y Shyy *et al.* (2008), siendo un intervalo de diferente amplitud al documentado en insectos (en  $[10, 1 \times 10^4]$ , de acuerdo a Dudley, 2000) y mamíferos (en  $[1 \times 10^4, 7 \times 10^4]$ , según Muijres *et al.*, 2011 y Swartz *et al.*, 2012), en parte debido a las propias características estructurales que estas muestran (Figura 2.11).

Este análisis tiene como resultado un espacio de curvas por cada valor de Reynolds (Figura 2.12), limitantes en condiciones de mínima relación entre superficie alar y envergadura. Según lo que se observa en este gráfico, a medida que se desciende en este número, la tendencia morfológica que tendrá el cuerpo consistirá en una reducción de la superficie de sustentación. Si se detalla mejor esta situación, se estaría hablando de un escenario homogéneo de máxima laminaridad, promotor de la sustentación por diferencial de presión en ambas caras alares (como ocurre en el vuelo pasivo). De ocurrir lo contrario, la condición comprendería el comportamiento de cuerpos con mínima densidad, cuya resistencia al fluido sea igualmente reducida (como el caso de los insectos).

Ahora considérese la relación entre la cuerda media alar calculada y la velocidad de desplazamiento (Figura 2.13). Su variación dependerá tanto del número de Reynolds como de la

altitud en donde se efectúa la locomoción. El primero establece la amplitud de la curva (al indicar cómo el límite basal dado por la cuerda media crece junto al valor de Reynolds), mientras que la segunda indica la pendiente (dicho en otras palabras, a qué *velocidad* se alcanzan los valores asintóticos a las curvas, siendo menos *rápidos* a mayores altitudes de desplazamiento). Dadas estas condiciones, se tiene entonces que existirán tantas superficies asintóticas como niveles altitudinales se consideren, estableciendo un límite inferior al volumen de formas posibles (tomando como *forma* la relación geométrica definida por la cuerda media calculada).

De esta forma, de acuerdo a estos análisis y para las condiciones establecidas, se tiene entonces que el intervalo de cuerda media calculada para aves modernas varía en función a la altitud de vuelo, entre  $[6.44 \times 10^{-4}, 1.80 \times 10^4]$  m al nivel del mar y  $[1.99 \times 10^{-3}, 0.80 \times 10^4]$  m para el límite superior de la tropósfera.

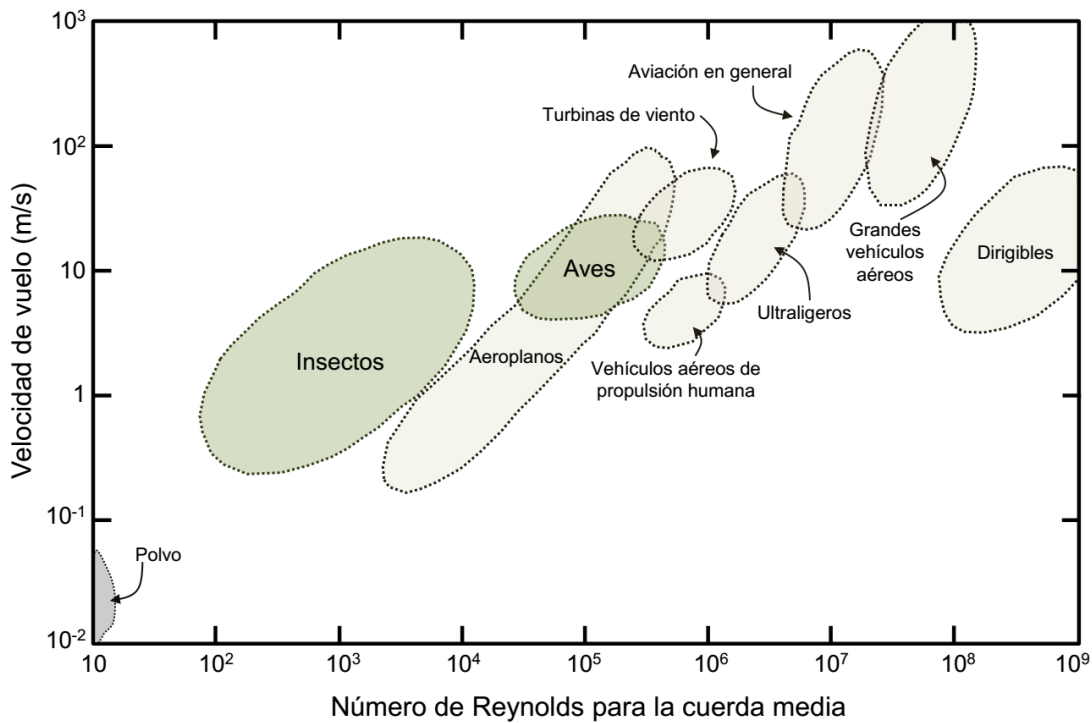


Figura 2.11: Espectro del número de Reynolds para diferentes cuerpos voladores, medidos a diferentes velocidades de desplazamiento a nivel del mar. Modificado de Lissaman (1983) y Genç (2012).

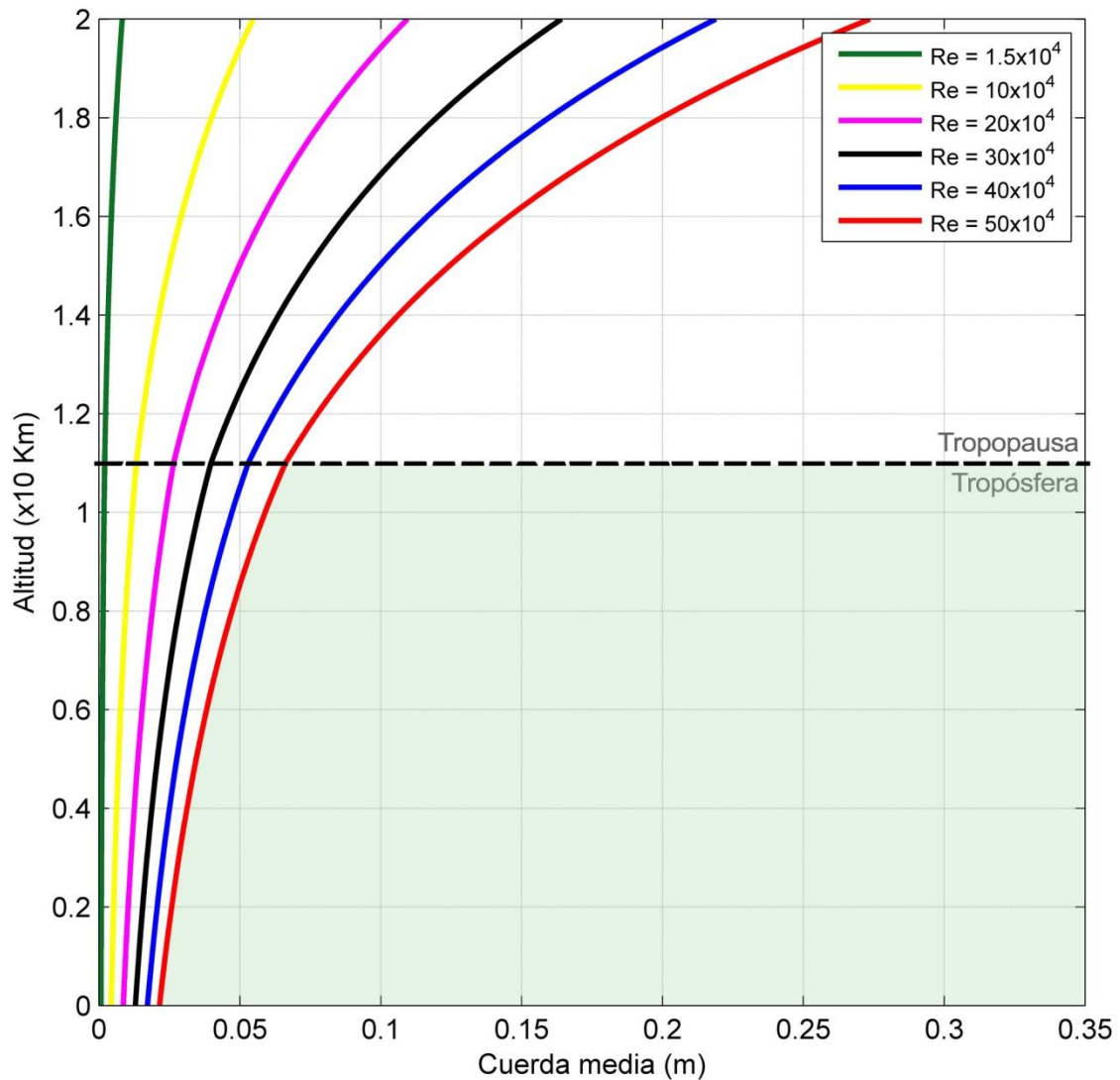
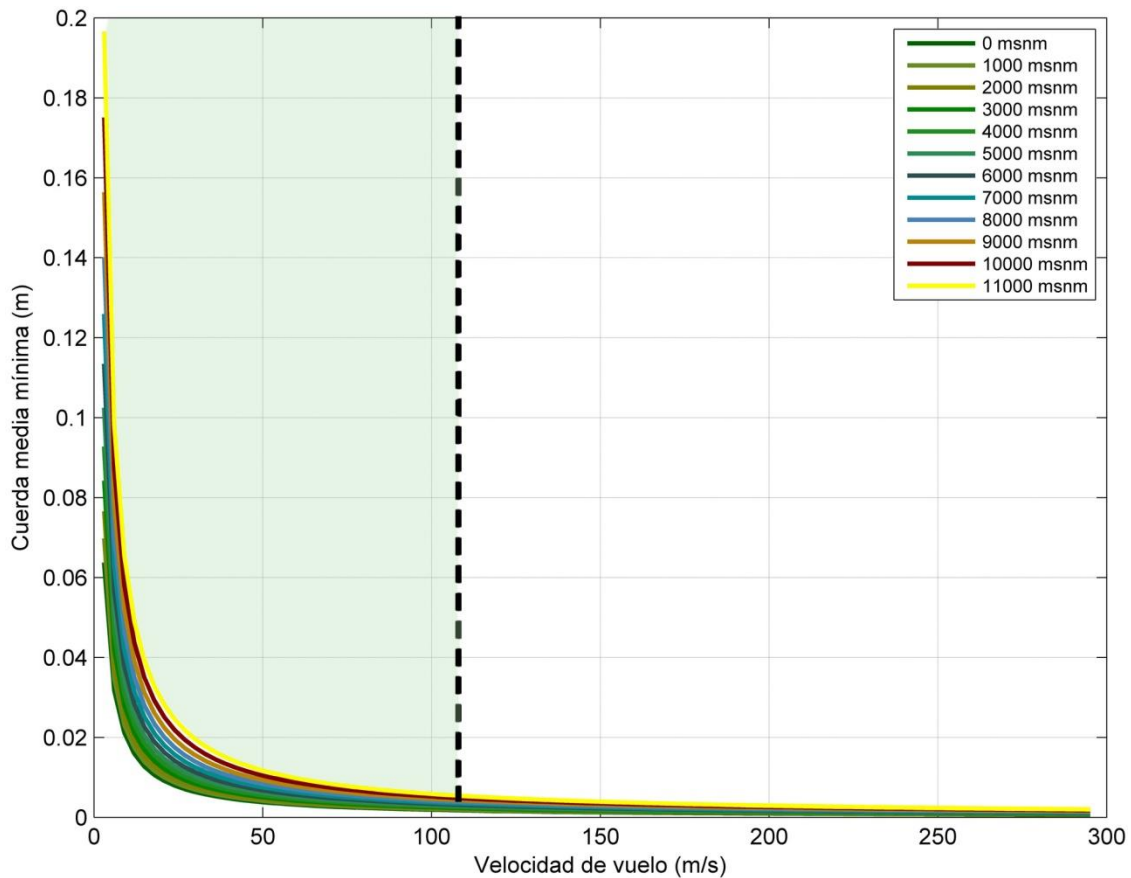


Figura 2.12: Mínimos de cuerda media alar en aves modernas a lo largo del gradiente altitudinal, calculados en condiciones críticas, con velocidad de desplazamiento equivalente a la del sonido, a diferentes valores del número de Reynolds. El espacio que contiene las combinaciones posibles de cuerda alar para condición atmosférica corresponde al sombreado en verde.

Los números de Froude y Reynolds han servido como indicadores de similitud, proyectando las relaciones dimensionales posibles en las alas. No obstante, cabe destacar que estos espacios responden a las condiciones dadas por la generación de sustentación de acuerdo al diferencial de presión dinámica en alas con ángulo de ataque de  $0^\circ$ , dispuestas en su máxima extensión. Por esta causa se observa que, en el caso de vuelo estacionario (a 0 m/seg), la cuerda media

calculada tiende a infinito. Esta condición y el límite superior dado por Froude han sido corregidos de acuerdo a las características del cuerpo de las aves.



**Figura 2.13:** Variación de la cuerda media calculada de acuerdo a la ecuación del número de Reynolds (constante a  $1.5 \times 10^4$ ), para cualquier velocidad de desplazamiento, a diferentes niveles altitudinales. La línea discontinua indica la velocidad de vuelo máxima, reportada por Harpole (2005) para *Falco peregrinus*, mientras que el espacio remarcado en verde muestra el conjunto de combinaciones posibles de superficie alar versus envergadura dentro de la variación de la velocidad de vuelo reportada en la literatura.

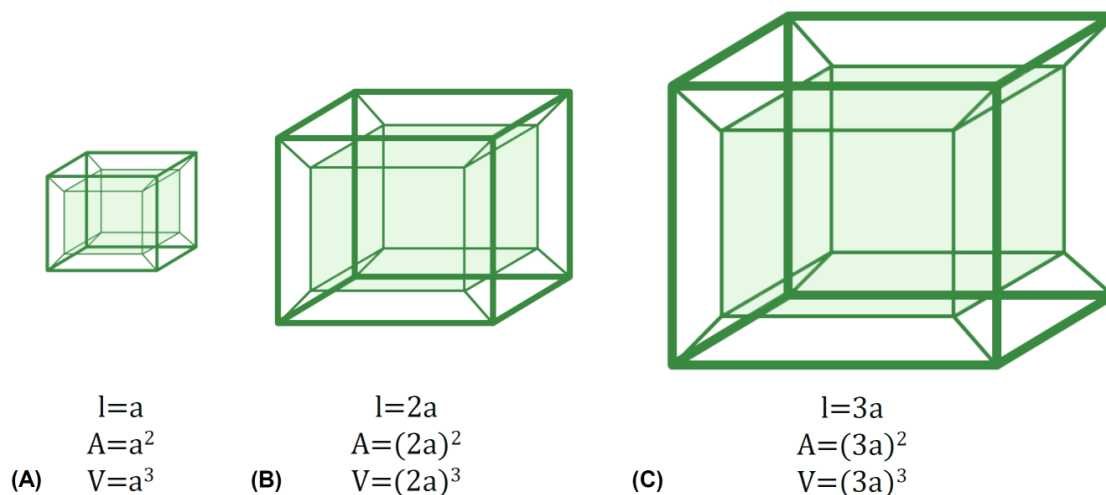
## 2.8. Alometría

Como parte fundamental en todo estudio de anatomía, la alometría se encarga de describir las relaciones que existen entre las dimensiones de los organismos, al estudiar los efectos que tienen el tamaño y la forma en las proporciones corporales (Alexander, 1971), comparando individuos de diferente talla, sexo, edad e inclusive, especie (Gould, 1966; ver Figura 3.2). En las aves

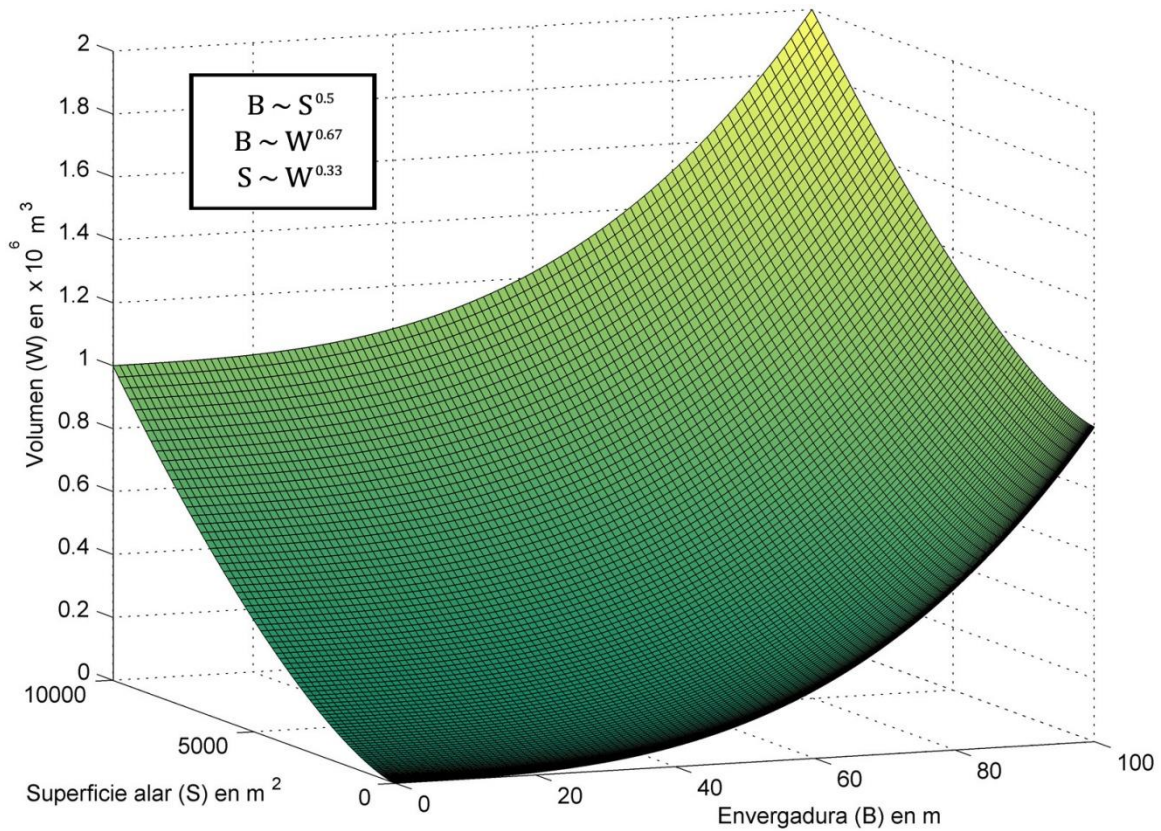


modernas, las comparaciones cuantitativas fundamentadas en abstracciones son escasas, más allá de las que realizaron Pennycuick (2008) y Shyy *et al.* (2008). Por lo general, de acuerdo a como lo explica Rayner (1988) y se desarrolla posteriormente en el capítulo 3, los trabajos que proyectan la diversidad de formas basados en la alometría, se centran en mediciones sucesivas de estructuras morfológicas, interrelacionándolas mediante ecuaciones que se ajustan a la variabilidad muestral. Para el caso de las medidas con importancia aerodinámica, estas afinidades se establecen en función a la envergadura y la superficie alar, así como por la masa corporal.

El plan corporal de las aves modernas se puede considerar partiendo de la isometría, discutido ampliamente por Thompson (1942) para todos los grupos de organismos. La isometría es una condición en la cual no ocurren variaciones en la forma biológica de un conjunto de individuos, cuyo tamaño difiere entre sí. Bajo este supuesto, se pretende entonces establecer que cada componente morfológico descriptivo está interrelacionado. Por lo tanto, un individuo con una envergadura  $a$  tendrá una superficie alar similar a  $a^2$ , contenida en un cuerpo cuyo volumen equivaldrá a  $a^3$ , de la misma forma como se ilustra en la Figura 2.14. Su relación con otro individuo, cuya envergadura es diferente en  $n$  veces, se observará con un cambio proporcional de área de sustentación y volumen corporal, correspondientes a  $(na)^2$ , y  $(na)^3$ . Al estudiar todos los morfotipos que se encuentran sujetos a esta condición, se puede definir una superficie de morfotipos posibles bajo estas tres variables, la cual se muestra en la Figura 2.15.

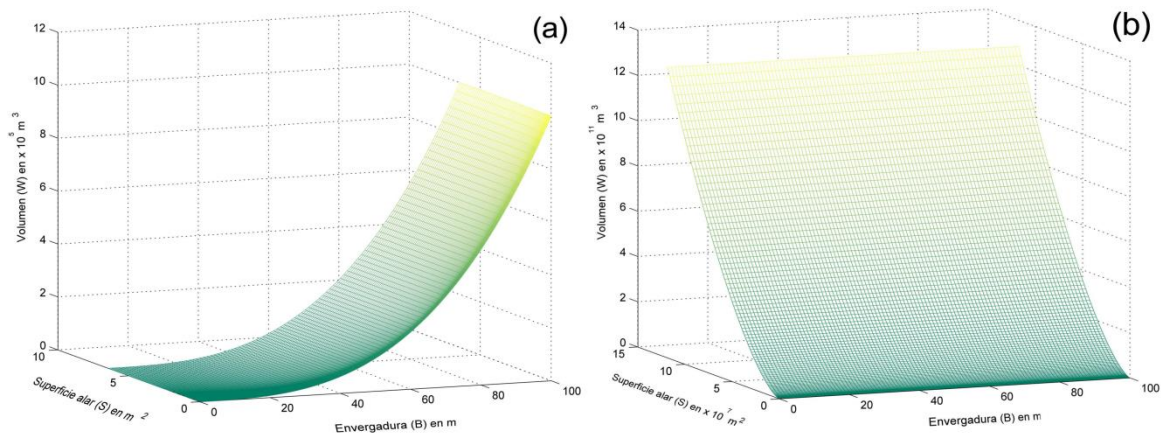


**Figura 2.14:** Relación entre la longitud, el área y el volumen de 3 figuras geométricas de la misma forma, pero con diferentes dimensiones. El aumento de la longitud del cubo en cada unidad afecta el área de manera cuadrática y el volumen de forma cúbica.



**Figura 2.15:** Superficie de variabilidad morfológica en aves modernas, definido por la longitud de la extensión alar, la superficie de sustentación y el volumen correspondiente a la masa que se encuentra en ella contenida, considerando la condición de isometría, para un intervalo arbitrario de envergadura de [0, 100] metros. La leyenda explica la relación entre cada una de las variables consideradas.

Vinculando estos cuerpos isométricos a los resultados de borde dado por los números adimensionales de Froude y Reynolds, se puede proponer un morfoespacio teórico de formas funcionalmente posibles, cuyas secciones limitantes se muestran en la Figura 2.16, agrupando el conjunto de morfotipos que se establecerían en las condiciones dadas para este modelo, a saber, una atmósfera ideal, fluido laminar y cuerpo estructuralmente homogéneo en movimiento continuo. Obviamente, los límites que representan este morfoespacio incluyen estructuras irreales para la atmósfera terrestre, por lo que éstos han sido corregidos de acuerdo a tres factores: la resistencia estructural del cuerpo y la capacidad fisiológica de las aves en generar impulso, dada por el batido de alas y por la tasa de consumo de oxígeno.



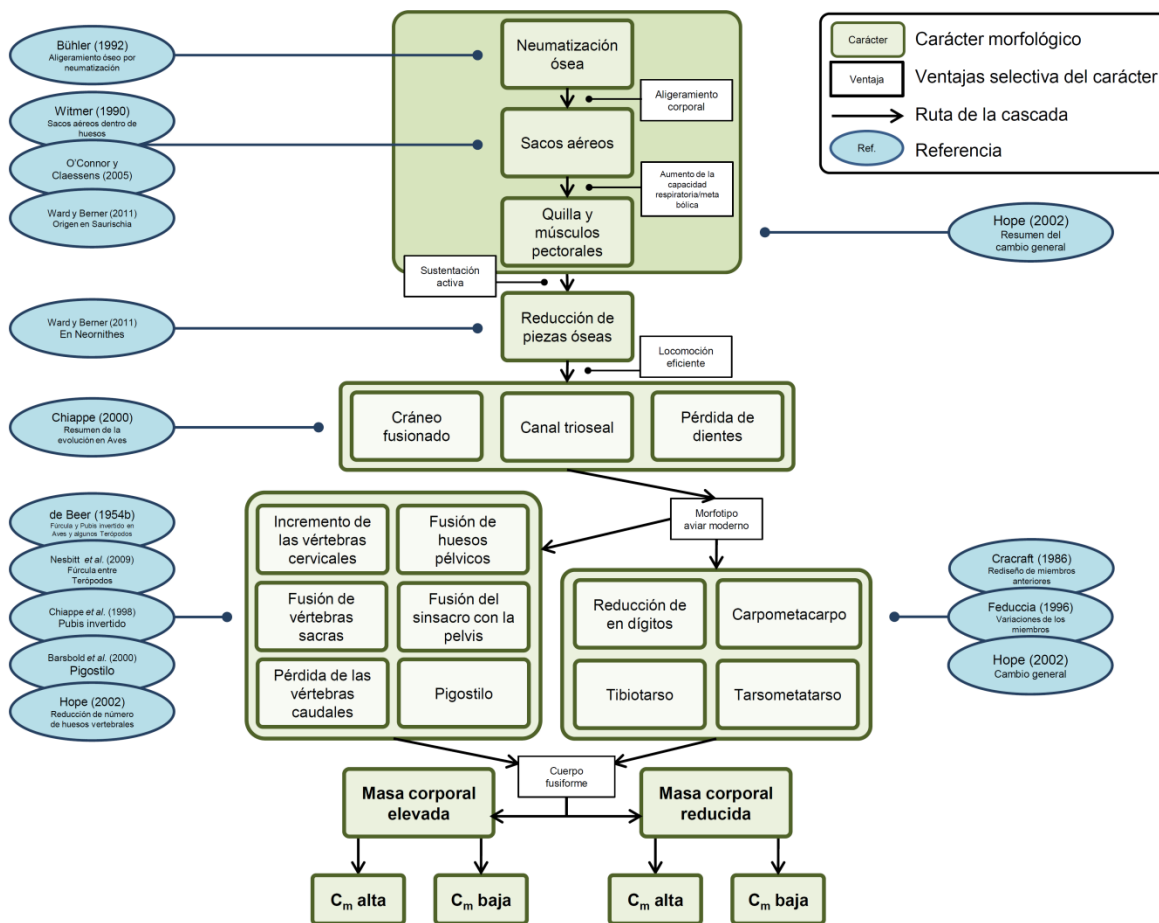
**Figura 2.16:** Secciones del morfoespacio teórico para cuerpos isométricos de aves voladoras, entre condiciones limitantes definidas mediante el número de Reynolds y el máximo por el número de Froude, dados para el nivel del mar, a valores de cuerda media de (a)  $6.49 \times 10^{-4}$  m (mínimo posible) y (b)  $1.18 \times 10^4$  m (máximo posible), partiendo de un intervalo arbitrario de envergadura alar comprendido en  $[0, 100]$  metros. Cuando la cuerda media representa la unidad, la sección del morfoespacio equivale a la presentada en la Figura 2.15.

## 2.9. Estructura corporal óptima

Según los resultados de la sección precedente, los límites físicos que los cuerpos de aves voladoras pueden alcanzar se definen de acuerdo a dos variables con dos condiciones cada una: masa corporal (reducida o elevada) y cuerda media alar (baja o alta). Desde el punto de vista evolutivo, la aparición de cualquier morfotipo limitante descrito bajo esta relación responde a una serie de procesos de cambio, los cuales no necesariamente pueden haber surgido desde el propio taxón de las Neognathae. De hecho, Olson (1985), Hope (2002) y Mayr (2009) manifiestan el cuestionamiento de las hipótesis evolutivas establecidas en todas las Neornithes desde su origen, en el Mesozoico tardío, precisamente por la calidad del registro fósil, consistente de piezas fragmentadas y poco identificables, aparentemente como consecuencia de la neumatización que tenían los huesos de las primeras aves modernas.

Aunado a esto, el morfotipo de ave moderna voladora *grasso modo* surge desde el propio origen de las Ornithothoraces, compartiendo la reducción ósea en las alas, el desarrollo del hueso esternal (y, por ende, de la musculatura escapulo-pectoral) y la extensión de la neumatización ósea (con el efecto que ello implica en la disposición y tamaño de los sacos aéreos) entre Enantiornithes y Euornithes (Figura 1.1, Sereno, 1999; Clarke *et al.*, 2006). Esto no quiere decir que la radiación

de las Neornithes, surgida en el Cretácico superior, no trajo consigo apomorfías a destacar. Al contrario, pues entre los procesos de cambio que han actuado en este grupo se destacan la morfología craneana, la disposición y forma de la pelvis y la reducción ósea del tobillo, entre otros tantos (Hope, 2002). Cada uno de ellos ha tenido su relevancia en la diferenciación a partir de un modelo corporal base (Theropoda o posterior, según lo establecen Gatesy, 2002; Makovicky y Zanno, 2011; Ward y Berner, 2011), cuyo surgimiento se debió a mayores eventos evolutivos (Figura 2.17), los cuales fueron empleados para realizar el ajuste a los límites físicos establecidos previamente.



**Figura 2.17:** Modelo de cascada evolutiva (ECM) para los cuatro morfotipos límites de aves modernas voladoras, basado en el presentado por Sander (2013) para Saurópodos. El modelo resume las cascadas de procesos que han ocurrido para el establecimiento de los planes corporales funcionalmente limitantes, a saber: reducción corporal extrema, cuerpos livianos con alas grandes, aves pesadas con alas pequeñas y gigantismo. En el cuadro superior se muestran los tres mayores procesos que fueron empleados para ajustar el modelo físico de aves funcionalmente voladoras.

Una sinapomorfía dentro de los Archosauriomorpha (el clado que contiene a las Neognathae y a la mayoría de los reptiles diápsidos) que los diferencia del resto de los vertebrados terrestres (con la debida excepción de los sinápsidos), constituye el notable aumento de la capacidad muscular, con los efectos locomotores y los desarrollos morfológicos que esto conlleva. El trabajo de Berner *et al.* (2007) señala que este cambio pudo haber surgido en el Jurásico, como consecuencia de dos eventos de gran magnitud, como lo fueron el giro fisiológico a la homeotermia (Pörtner, 2004) y la mayor disposición de oxígeno en el ambiente (Berner y Canfield, 1989, con más detalle en la Figura 2.18). Posiblemente estas causas y otras que se escapan a tal afirmación se encuentran interrelacionadas. Aún así, las condiciones del ambiente Jurásico impulsaron la súbita diversificación de formas biológicas, con especial particularidad en el aumento de proporciones corporales, de acuerdo a como lo destacan Alexander (1998), Blanckenhorn (2000), Burness *et al.* (2001), Hone y Benton (2005) y Sander *et al.* (2011). Sin embargo, hay que destacar que el gigantismo no sólo se limita a estas características fisiológicas, mucho menos estas últimas favorecen solamente tal condición. La mayor disposición de oxígeno también sostiene un metabolismo elevado, como el que presenta las aves de menor talla, tales como colibríes y passerinos. De acuerdo a esto, los ambientes ricos en oxígeno promueven una diversificación de tallas y, en consecuencia, formas diferentes de un plan corporal común (también reportado para mamíferos por McNab, 1978). Claro está, esto se encuentra supeditado al efecto filogenético (Gould y MacFadden, 2004).

El acceso al oxígeno del aire también se facilita con la presencia de los sacos aéreos, los cuales son estructuras de almacenamiento integradas al sistema respiratorio, con importante relevancia en vuelos de larga trayectoria (*i.e.*, el efectuado por aves migratorias) o desplazamientos en grandes altitudes (ver Figura 2.6). Adicional al efecto respiratorio, los sacos aéreos proporcionan otros cambios con importancia relevante en la biomecánica del cuerpo de las aves modernas. En primer lugar, la protección neumática que se confiere a las estructuras anatómicas durante el desarrollo de la locomoción. También se destaca la disminución de la densidad corporal, aligerando el esqueleto apendicular (donde se disponen los principales sacos aéreos), proporcionado a su vez por una mayor neumatización de estos huesos. Aunado a esto, su disposición tiene un efecto dinámico en la locomoción, al variar el centro de gravedad corporal y facilitar las articulaciones en las cinturas escapulo-pectorales y pélvicas (Witmer, 1990; Alexander, 2006). No obstante, estas características no son exclusivas de las aves, pues se muestran presentes en otros terópodos (O'Connor y Claessens, 2005; Farmer, 2006; Claessens *et al.*, 2009; Wedel, 2009).

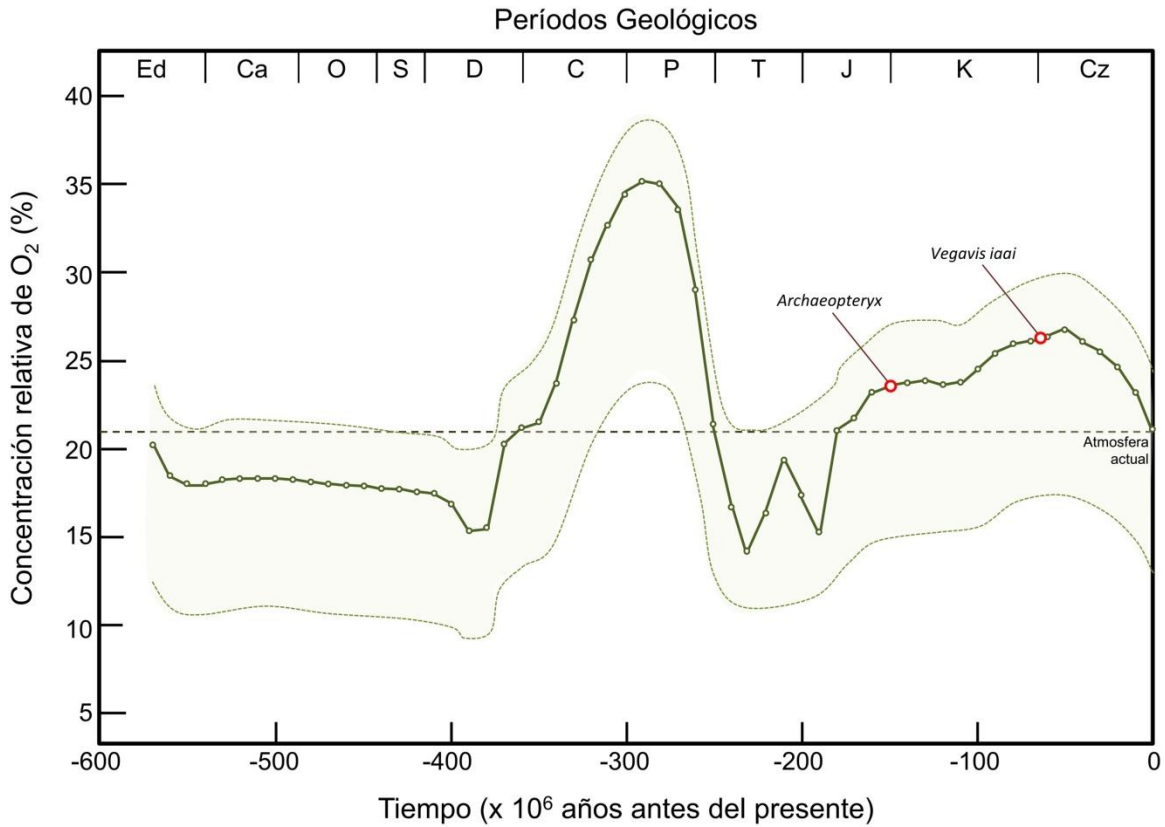


Figura 2.18: Estimación de la concentración relativa de oxígeno atmosférico (línea continua) y su error (espacio sombreado) de acuerdo al tiempo y periodo geológico, desde el Precámbrico tardío hasta la actualidad. Modificado de Berner y Canfield (1989). Como referencia se señala el valor actual de la concentración de oxígeno (en línea discontinua), el biocrón de *Archaeopteryx litographica* (como referencia de la aparición de la clase Aves) y el correspondiente a *Vegavis iaai* (indicando el primer registro de Neognathae).

Como elemento anatómico de soporte, el sistema óseo en las aves está constituido básicamente por material osificado, cartílago y espacios neumatizados, cuya masa se encuentra correlacionada con la masa corporal total, de la misma forma cómo se ha observado en otros organismos, como roedores y murciélagos (Dumont, 2010; ver Figura 2.19). La disposición de los diferentes tipos de estructuras óseas hace que sus elementos sean diferenciados en corticales y esponjosos (Hall, 2005), los cuales se muestran histológica y composicionalmente muy similares entre sí (Rho *et al.*, 1993). La resistencia que ofrecen estos tejidos a la fuerza aplicada durante la locomoción (ver Figura 2.4) es limitada, definida por un intervalo que abarca desde el momento en donde ésta se hace cero hasta que logre el punto de fractura, el cuál se conoce como *margen de seguridad*. Su amplitud se calcula al determinar el *factor de seguridad*, de la siguiente manera:



$$MoS = FoS - 1 \quad (2.6.1)$$

$$MoS = \frac{\text{Carga de fractura}}{\text{Carga permitida de una estructura}} - 1 \quad (2.6.2)$$

siendo éste la relación existente entre la carga de fractura con respecto a la que pueda soportar el hueso (Beer *et al.*, 2005; ver Figura 2.20).

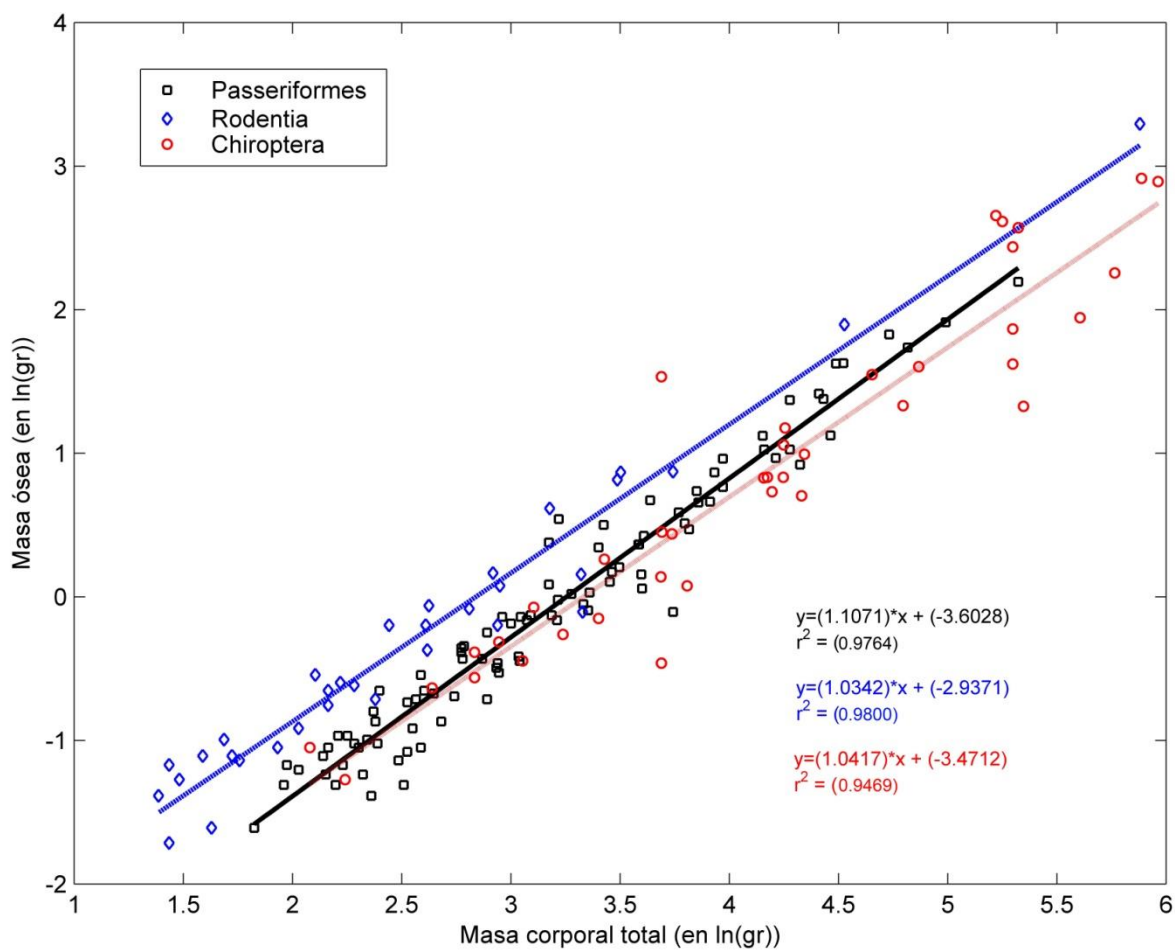
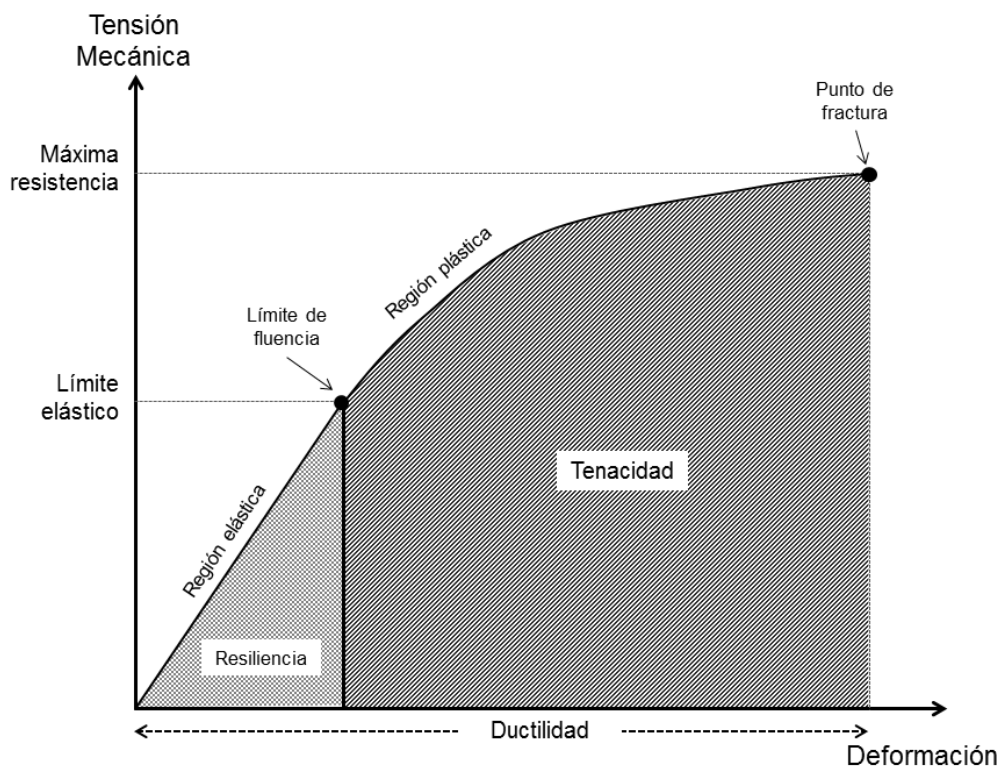


Figura 2.19: Regresión de la masa ósea en contraste con la masa corporal total en aves (passerinos) y mamíferos (roedores y murciélagos), expresada en escala logarítmica natural. Con modificación de Dumont (2010), de acuerdo a sus datos experimentales.

El aumento de cavidades dentro de las piezas óseas hace que sean más frágiles, reduciendo su coeficiente de seguridad (Martin, 1991; Biewener, 1993; Kirkpatrick, 1994; Biewener, 2005). He aquí cuando se muestra un balance funcional, dado entre la ligereza y la solidez, con destacado aporte en el desarrollo de la locomoción y la carga corporal que puede ser soportada. En ese aspecto, si se detalla la historia natural de las aves (como del resto de vertebrados voladores), se pueden encontrar diferentes estrategias evolutivas que se han establecido para sustentar cada posición, como por ejemplo, la pérdida de uno de los órganos pares, la reducción de la masa como contribución a la ligereza, la disminución del número de huesos y la extensión de tejidos conectivos entre ellos, con la subsecuente direccionalidad dada en la transmisión de la fuerza durante la locomoción (Kirkpatrick, 1994; Gill, 2007). La relación entre cada una de estas características corporales frente al vuelo constituye un descriptor de su *performance*, siendo empleado para definir los límites funcionales de la masa corporal que puede ser soportada por las aves modernas.



**Figura 2.20:** Curva estándar de tensión *versus* deformación, ejemplificada para huesos enfrentados a cargas de doblamiento. Esta curva se caracteriza por presentar dos comportamientos: la porción lineal representa la región elástica, de cuya pendiente se deriva la rigidez del hueso y la parte no lineal, en donde el hueso se deforma permanentemente por la carga. Entre ambas regiones ocurre el límite elástico para una tensión dada, con el cual se determina el valor máximo en un intervalo de seguridad. Modificado de Einhorn (1992) y Turner (2006).



Sin embargo, no sólo la presencia de espacios de neumatización influye en la resistencia. La disposición de los diferentes tipos de tejidos óseos también proporciona una variación en la respuesta que tiene la estructura ante un tipo de fuerza ejecutada (Currey, 1988; Martin, 1991; Nordin y Frankel, 2001; Davison *et al.*, 2006). Al ser un elemento anisotrópico, un mismo hueso puede presentar diferentes medidas de estrés en función a la tensión que experimenta. De esta forma, y con el fin de evaluar el comportamiento óseo en general, se considera un único escenario en donde estas estructuras son isotrópicas, con características invariantes (composición, volumen, densidad y forma) de acuerdo a la temperatura.

Ahora bien, durante la locomoción, el esqueleto apendicular de las aves se encuentra sometido a un escenario de fuerzas que varía en función a la masa corporal, al efecto dinámico del fluido y a la intensidad del aleteo. Frente a cargas crecientes sobre el endoesqueleto, el estrés de respuesta aumenta de forma proporcional, con una tendencia dada por el módulo de elasticidad, definido por:

$$E = \frac{\text{Estrés}}{\text{Tensión}} \quad (2.7)$$

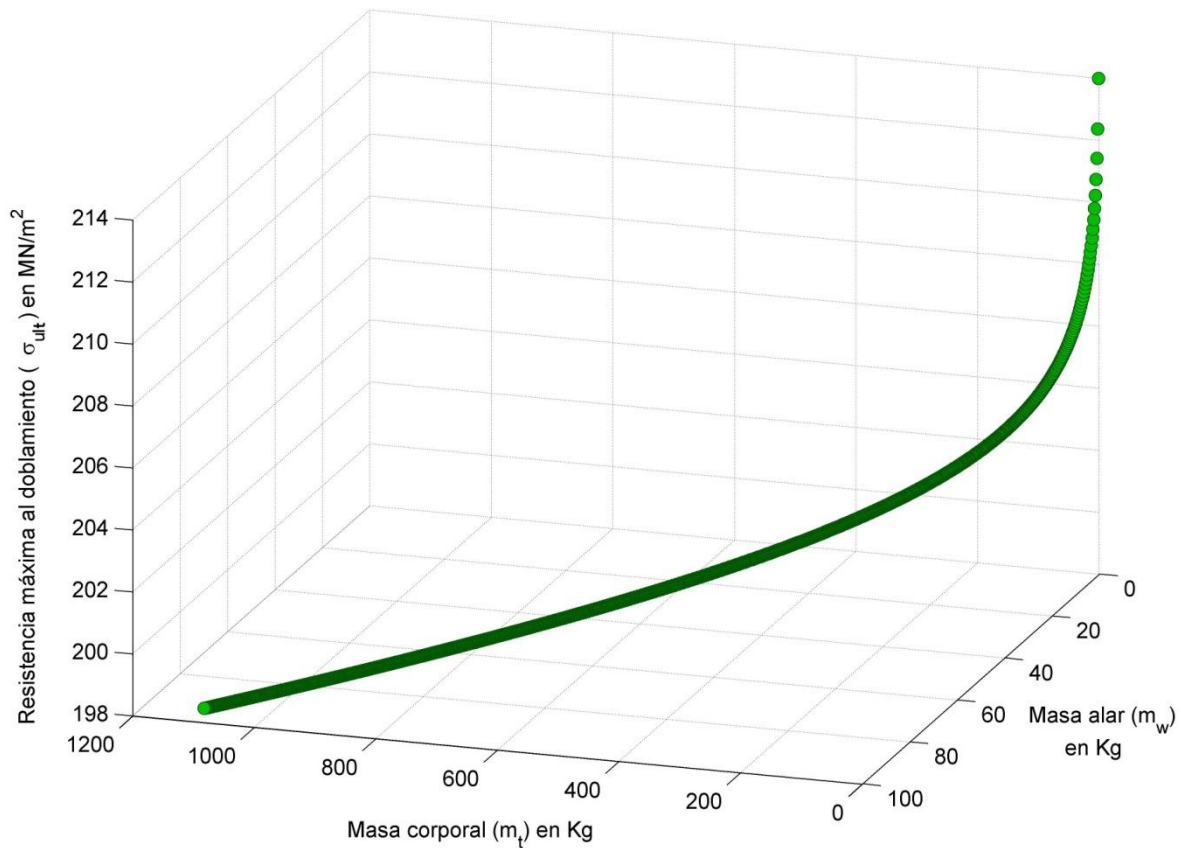
considerándose como *estrés* a la reacción que tiene el material frente a la fuerza aplicada por unidad de área, mientras que la *tensión* constituye la medida de deformación que muestra el objeto. Este comportamiento culmina cuando se alcanza el límite de cedencia, en donde ocurren las dislocaciones y se inician las deformaciones, hasta lograr el punto máximo de fractura (Ashby, 2011, ver Figura 2.20). Entre estos estados, la respuesta ósea a la tensión es cambiante, esencialmente en función a la composición de estos elementos. De igual forma, el estrés no se comporta de manera lineal en relación a la fuerza ejercida, por lo que la modelización de los huesos bajo estas condiciones se hace de acuerdo a experimentaciones dinámicas. Por ambas razones se ha decantado por el uso del punto máximo de cedencia para explicar el comportamiento óseo como estructura de sostén.

De acuerdo a lo reportado por Biewener (1982) para mamíferos y aves, la relación existente entre la carga máxima que un hueso puede soportar para cada valor de masa corporal dada, está definida de acuerdo a la siguiente ecuación de regresión:

$$\sigma_{ult} = 214 m_t^{-0.011} \quad ; \quad r^2 = 0.954 \quad (2.8)$$

Con los datos reportados por Kirkpatrick (1990) y Van den Berg y Rayner (1995) se elaboró una regresión, con el fin de relacionar la masa alar con la masa corporal. Las medidas para las 45 especies incluídas en este análisis se han organizado en la Tabla 2.5. La relación entre estas variables se expresa por la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$m_w = 8.6982 \times 10^{-2} m_t - 3.1244 \times 10^{-2} \quad ; \quad r^2 = 0.9773 \quad (2.9)$$



**Figura 2.21:** Relación entre la masa corporal ( $m_t$ ), la masa alar ( $m_w$ ) y la resistencia máxima al doblamiento ( $\sigma_{ult}$ ) en aves, considerando al ala como una estructura ósea fija. La superficie muestra el límite superior de los morfotipos posibles para cada valor de masa en el intervalo [0,1100] Kg.

**Tabla 2.5:** Medidas de masa corporal (m) y masa alar (m<sub>w</sub>) tomadas en 45 especies de 28 familias incluidas en 14 ordenes de aves, de acuerdo a lo publicado por Kirkpatrick (1, 1990) y Van den Berg y Rayner (2, 1995).

Cod.	Familia	Nombre común	Nombre Científico	m (Kg)	m <sub>w</sub> (10 <sup>-3</sup> Kg)
<b>Anseriformes</b>					
m03	Anatidae	Negrón Común	<i>Melanitta nigra</i> (1)	0,569	38,85
<b>Galliformes</b>					
m07	Phasianidae	Perdiz Común	<i>Alectoris rufa</i> (1)	0,393	19,15
m08	Phasianidae	Codomiz Común	<i>Coturnix coturnix</i> (1)	0,132	4
<b>Podicipediformes</b>					
m01	Podicipedidae	Zampullín Común	<i>Tachybaptus ruficollis</i> (1)	0,146	4,56
<b>Suliformes</b>					
m46	Phalacrocoracidae	Cormorán Orejudo	<i>Phalacrocorax auritus</i> (2)	0,79	74,9
<b>Pelecaniformes</b>					
m31	Ardeidae	Garzón Cenizo	<i>Ardea herodias</i> (2)	2	163
m02	Ardeidae	Garza Real	<i>Ardea cinerea</i> (1)	2	167,1
m45	Ardeidae	Garza Pechiblanca	<i>Egretta tricolor</i> (2)	0,34	26,6
m44	Ardeidae	Garcita Reznera	<i>Bubulcus ibis</i> (2)	0,27	23
m34	Ardeidae	Chicuaco Cuello Gris	<i>Butorides striata</i> (2)	0,17	13
m43	Threskiornithidae	Corocoro Blanco	<i>Eudocimus albus</i> (2)	0,54	5,81
<b>Accipitriformes</b>					
m35	Pandionidae	Aguila Pescadora	<i>Pandion haliaetus</i> (2)	2	196
m04	Accipitridae	Gavilán comun	<i>Accipiter nisus</i> (1)	0,279	22,61
m32	Accipitridae	Busardo Homborrojo	<i>Buteo lineatus</i> (2)	0,39	45,9
m33	Accipitridae	Busardo Homborrojo	<i>Buteo lineatus</i> (2)	0,575	54
m05	Accipitridae	Aguila ratonera	<i>Buteo buteo</i> (1)	0,771	72,51
<b>Gruiformes</b>					
m38	Rallidae	Turura Migratoria	<i>Porzana carolina</i> (2)	0,054	2,8
m09	Rallidae	Gallineta Común	<i>Gallinula chloropus</i> (1)	0,364	14,2
m36	Aramidae	Carrao	<i>Aramus guarana</i> (2)	0,615	47,4
<b>Charadriiformes</b>					
m40	Scolopacidae	Becasina Migratoria	<i>Limnodromus griseus</i> (2)	0,061	4,83
m10	Scolopacidae	Chocha Perdiz	<i>Scolopax rusticola</i> (1)	0,163	12,45
m12	Alcidae	Mérgulo Atlántico	<i>Alle alle</i> (1)	0,1	5,04
m13	Alcidae	Arao Común	<i>Uria aalge</i> (1)	0,691	31,07
m11	Laridae	Gaviota Risueña	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (1)	0,256	18,98
<b>Columbiformes</b>					
m14	Columbidae	Paloma Doméstica	<i>Columba livia</i> (1)	0,293	22,47
m37	Columbidae	Paloma Sabanera	<i>Zenaida macroura</i> (2)	0,092	8,07
<b>Strigiformes</b>					
m15	Strigidae	Cáрабо Común	<i>Strix aluco</i> (1)	0,398	31,41
<b>Coraciiformes</b>					
m16	Alcedinidae	Martín Pescador Común	<i>Alcedo atthis</i> (1)	0,0343	1,55
m41	Alcedinidae	Martín Pescador Migratorio	<i>Megaceryle alcyon</i> (2)	0,104	10
<b>Piciformes</b>					
m18	Picidae	Pico Picapinos	<i>Dendrocopos major</i> (1)	0,0629	4,17
m17	Picidae	Pito Real	<i>Picus viridis</i> (1)	0,179	11,75
<b>Falconiformes</b>					
m42	Falconidae	Halcón Primito	<i>Falco sparverius</i> (2)	0,08	9,5
<b>Passeriformes</b>					
m29	Corvidae	Graja	<i>Corvus frugilegus</i> (1)	0,328	28,78
m19	Hirundinidae	Avión Común	<i>Delichon urbicum</i> (1)	0,0152	0,85
m23	Paridae	Carbonero Garrapinos	<i>Periparus ater</i> (1)	0,0146	0,84
m24	Paridae	Herrerillo Común	<i>Cyanistes caeruleus</i> (1)	0,0095	0,48
m20	Muscicapidae	Petirrojo Europeo	<i>Erithacus rubecula</i> (1)	0,015	0,69
m21	Turdidae	Mirlo Común	<i>Turdus merula</i> (1)	0,0562	3,14
m22	Turdidae	Zorzal Común	<i>Turdus philomelos</i> (1)	0,0676	3,39
m28	Sturnidae	Estornino Pinto	<i>Sturnus vulgaris</i> (1)	0,0581	3,7
m30	Parulidae	Reinita de Luisiana	<i>Parkesia motacilla</i> (2)	0,023	1,13
m39	Parulidae	Candelita Migratoria	<i>Setophaga ruticilla</i> (2)	0,007	0,432
m25	Fringillidae	Pinzón Vulgar	<i>Fringilla coelebs</i> (1)	0,0199	1,1
m27	Ploceidae	Quelea Común	<i>Quelea quelea</i> (1)	0,0151	0,64
m26	Estrildidae	Diamante Cebrá de Timor	<i>Taeniopygia guttata</i> (1)	0,0145	0,63

Con el sistema de ecuaciones constituido por las expresiones (2.8) y (2.9) se ha definido, en un intervalo de masas corporales arbitrario, las masas alares que se puedan soportar, a un valor dado de resistencia al doblamiento. Esta se encuentra expresada en la Figura 2.21. La curva define los morfotipos en el límite superior de resistencia, representando aquellos que se muestran estructuralmente resilientes. Claro está que estos valores de resistencia representan una sobreestimación de los límites de resistencias reales que tienen las aves modernas, principalmente fundamentado por el efecto que tiene las fuerzas deformativas sobre articulaciones (ver Figura 2.2B) y la constitución ósea en general.

El costo por tener esqueletos macizos se muestra limitado por factores fisiológicos de relevancia como la respiración y la potencia que generan los músculos esqueléticos. En el primer caso, al despreciarse la neumatización ósea, se tiene que considerar la pérdida de espacios posibles para el almacenamiento de aire enriquecido de oxígeno (Schmidt-Nielsen, 1997), importante para la locomoción aeróbica del esqueleto apendicular. Los trabajos de Biewener (1982), Currey y Alexander (1985) y Alexander (1996) consideran la variación de la neumatización para sus modelos, con sus efectos en la resistencia máxima que pueden lograr las piezas óseas en el escenario de estrés deformativo, cuyos morfotipos se encuentran contenidos en la superficie que delimita la curva definida en la Figura 2.21.

Por su parte, con el aumento de la masa corporal y, por ende, de la masa ósea de soporte, tanto el pectoralis major como el supracoracoideus, los principales generadores de potencia en el aleteo, deben aumentar su actividad para mantener una frecuencia de batido lo suficientemente elevada como para generar sustentación efectiva. Esto se puede medir de forma indirecta al relacionar la masa de estos músculos con la masa corporal, como lo reporta Rayner (1988) de acuerdo a datos empíricos propios y tomados de Magnan (1922) y Hartman (1961). Otra forma de medir el esfuerzo fisiológico se realiza con la frecuencia de batido ( $f$ ), la cual define el número de aleteos efectuados por unidad de tiempo (*Hertz*, o  $seg^{-1}$ ). La frecuencia de batido varía de acuerdo al estadio de vuelo en el cual se estudia al ave, bien sea en la etapa de despegue, desarrollo o culminación del desplazamiento, dependiendo siempre de la *función* locomotora que cumplen las alas en cada fase (para la generación de sustentación, para su mantenimiento o para reducirlo al facilitar el descenso, respectivamente). Rayner (1988) utiliza los valores de frecuencia de batido registrados en velocidades de crucero para escalarlos en función a la variación de la masa corporal. Sus resultados se detallan en la Figura 2.22, donde también se incluyen las anotaciones dadas por Pennycuik (1986) para delimitar el intervalo de actividad alar posible.

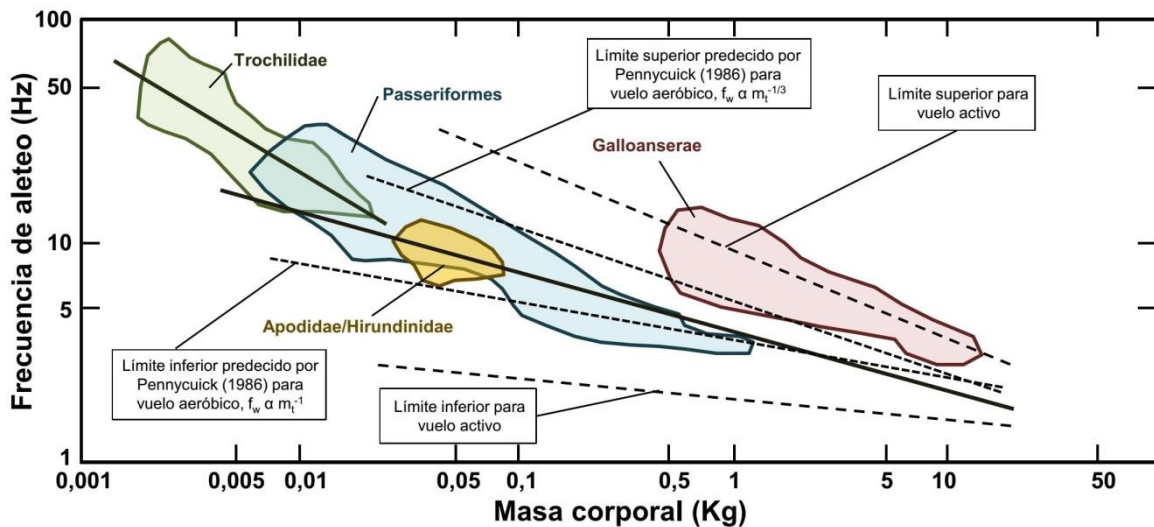
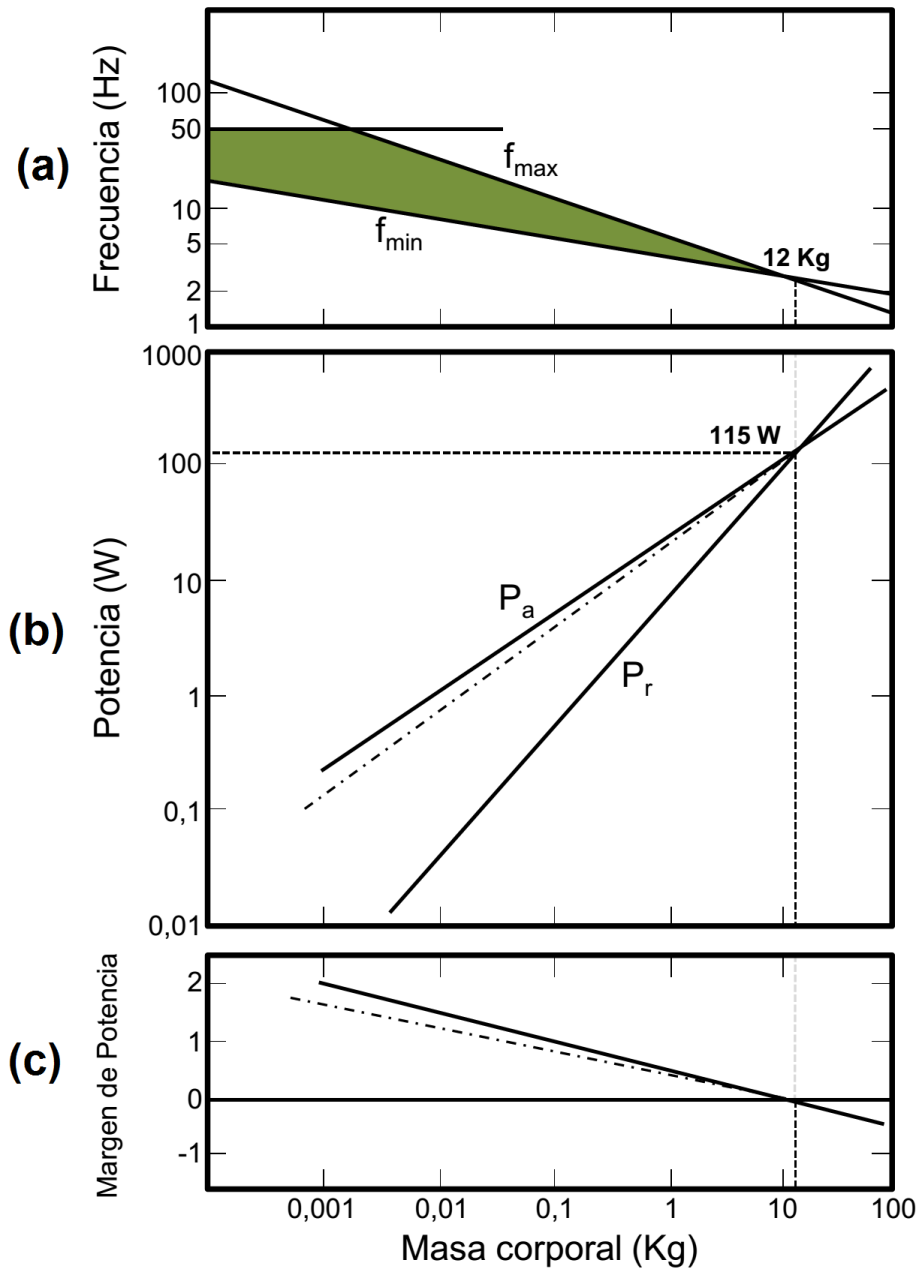


Figura 2.22: Frecuencia de aleteo en aves Neognathae en desplazamiento sostenido en velocidad de crucero, obtenidos a partir de datos empíricos. Los valores de masa corporal no corresponden a las frecuencias medidas en cada individuo. Rayner (1988) calculó las ecuaciones de regresión para todas las aves ( $f = 3.870m^{-0.333}$ ,  $r^2_{597} = 0,7448$ ), las aves sin los colibríes ( $f = 3.976m^{-0.269}$ ,  $r^2_{523} = 0,5868$ ) y para los colibríes ( $f = 1.320m^{0.597}$ ,  $r^2_{74} = 0,6416$ ). Los límites propuestos por Pennycuik (1986) para la distribución de masas corporales en función a frecuencias de aleteo viables en condiciones aeróbicas varían de  $m^{-1}$  para la cota inferior y  $m^{-1/3}$  para la superior. Por su parte, los límites superiores e inferiores de frecuencia que Rayner (1988) ha propuesto se fundamentan en la resistencia estructural de huesos y músculos ( $m^{-1/3}$ ) y en la generación de sustentación ( $m^{-1/6}$ ), respectivamente. Modificado de Pennycuik (1986), Rayner (1988) y Norberg (1990).

Como una forma de abstracción, los límites propuestos en las frecuencias muestran dos posibilidades opuestas en la actividad locomotora apendicular. El límite inferior explicaría un desempeño eficiente del aleteo en la generación de la fuerza de sustentación, mientras que el superior se encontraría relacionado con el estrés aeróbico generado por el movimiento de músculos y huesos. Cada límite converge en un valor de masa determinado, el cual indicaría hasta donde alcanza el intervalo de masas posibles y donde inician los morfotipos cuya frecuencia de aleteo se hace insuficiente para generar sustentación efectiva.

## 2.10. Límites morfológicos en función a la potencia de vuelo

Los resultados que expone Rayner (1988) revelan que el comportamiento de convergencia entre límites a un valor determinado de masa corporal parece repetirse en otras variables fisiológicas de relevancia en el desplazamiento aéreo, como en la tasa de consumo de energía y en la potencia de vuelo, por ejemplo.



**Figura 2.23:** (a) Curvas de frecuencias de aleteo para sus extremos máximos y mínimos, convergiendo con el incremento de la masa corporal. El área sombreada corresponde a vertebrados voladores posibles. La línea horizontal es una restricción aproximada, fundamentada en el tiempo mínimo que toma el pectoralis mayor para reactivarse entre cada contracción. (b) Potencia requerida para el desplazamiento aéreo ( $P_r$ ), a un valor mínimo de velocidad, en contraste con la potencia disponible ( $P_a$ ) proveniente de la actividad aeróbica (continua) y anaeróbica (punteada) de los músculos pectorales. (c) Margen de potencia para vertebrados voladores. Se destaca los límites de masa corporal ( $m=12\text{ Kg}$ ) y potencia de vuelo ( $P=115\text{ W}$ ) que Pennycuick (1986) propuso. Modificado de Norberg (1990). Todas las ordenadas se expresan en escala logarítmica.

Rayner (1988) fue enfático al describir esto último, destacando que, como ocurre con la frecuencia de batido, existe un desbalance entre el aporte energético dado por la potencia metabólica y un gasto producto de la capacidad mecánica, que resulta en una progresiva reducción en el intervalo de vuelo accesible, observado con el incremento de la masa. De acuerdo a este principio, Pennycuick (1986) desarrolló su modelo de *margen de potencia* (o radio de potencia), el cual evalúa la potencia proveniente del batido alar y disponible en los músculos pectorales ( $P_a$ ) en función a la potencia necesaria para mantener un mínimo desplazamiento ( $P_r$ ). De esta forma, todas las aves con locomoción activa viable serán aquellas que generen sustentación durante el aleteo hasta el momento en el que su esfuerzo se iguale con el gasto energético necesario para efectuar el desplazamiento ( $P_a/P_r = 1$ ).

Bajo este método, Pennycuick (1986, 2008) proyectó los límites de frecuencia de batido y potencia muscular disponible, con el fin de determinar el alcance de masa corporal que tendrían las aves con vuelo activo, siendo resumido por Norberg (1990) en un esquema representado en la Figura 2.23. De acuerdo a esto y, a modo similar como se representa en la Figura 2.22, la convergencia de las curvas de frecuencia límite en este modelo indican una masa corporal máxima posible de 12 Kg (Figura 2.23a), con la que se puede desarrollar una potencia máxima  $P_a$  de 115 W. Esto contradice los datos medidos en aves voladoras modernas, como la Avutarda Euroasiática (*Otis tarda*), la Avutarda Kori (*Ardeotis kori*) y la Avutarda India (*Ardeotis nigriceps*), las cuales pueden alcanzar una masa de 18,0, 15,2 y 14,5 Kg, respectivamente (Dunning, 2008). También lo hace con otras especies hoy extintas, como *Pelagornis sandersi* y *Argentavis magnificens*, cuyas masas variaban entre los 22-40 Kg para el primero (Ksepka, 2014) y los 70-79,8 Kg para el segundo (Campbell y Tonni, 1983; Chatterjee *et al.*, 2007).

Para tal fin, se ha hecho una corrección empleando el modelo de Tucker (1970), el cual determina el costo energético que tiene la locomoción. En este, la potencia requerida para realizar un desplazamiento equivale al costo que tiene el mover la masa corporal a una velocidad dada:

$$P_r = FV \quad (2.10.1)$$

$$P_r = mgV \quad (2.10.2)$$

Al relacionar la potencia requerida de vuelo con la potencia disponible en el cuerpo de las aves, se tiene el valor de margen de potencia, el cual Tucker (1970) denomina como *eficiencia*:

$$\frac{P_r}{P_a} = e \quad (2.10.3)$$

La eficiencia de locomoción mide el margen en el cual un organismo puede establecer un desplazamiento con sustentación efectiva, justo cuando las curvas de potencia se igualan (Figura 2.24b). En este caso, se llega a una eficiencia equivalente a 1, por lo que:

$$\frac{P_r}{P_a} = 1 \quad (2.10.4)$$

$$P_r = P_a \quad (2.10.5)$$

La potencia disponible en el cuerpo de un organismo puede ser aproximada de diversas formas. Una de ellas corresponde al propio uso de la ecuación de potencia de vuelo que se define en el modelo aerodinámico (Norberg, 1996; Tobalske *et al.*, 2003 y Pennycuick, 2008), la cual constituye la adición de la potencia aerodinámica (que explica el desplazamiento hacia adelante del cuerpo) y la potencia inercial (que detalla el efecto del batido alar en la propulsión del vuelo). Otra forma representa el análisis de la potencia metabólica (Rayner, 1999), la cual es una simplificación a partir del modelo aerodinámico que estima, independiente de la velocidad de vuelo, la capacidad que tienen los músculos pectorales en mantener una sustentación efectiva. En este mismo sentido, Pennycuick (2008) detalla el efecto que tiene los mismos en la de sustentación desde la perspectiva fisiológica, al estudiar la máxima potencia disponible en función a la anatomía muscular. Cada uno de ellos, si bien corresponden a generalizaciones fundamentadas a escalados geométricos, precisan de mediciones específicas que varían en cada organismo.

Basándose en las ecuaciones de desempeño potencial definidas por el modelo estatico, Pennycuick (1969) elaboró un esquema donde muestra el trabajo por unidad de tiempo necesario para desplazarse a una velocidad  $V$  determinada (Figura 2.24). Dada una velocidad máxima  $V_{mr}$ , el ave en movimiento alcanza una potencia de vuelo efectiva  $P_{mr}$  donde la eficiencia  $e$  se hace máxima. En este escenario, Pennycuick (1969) redefine la potencia máxima disponible  $P_a$  como:



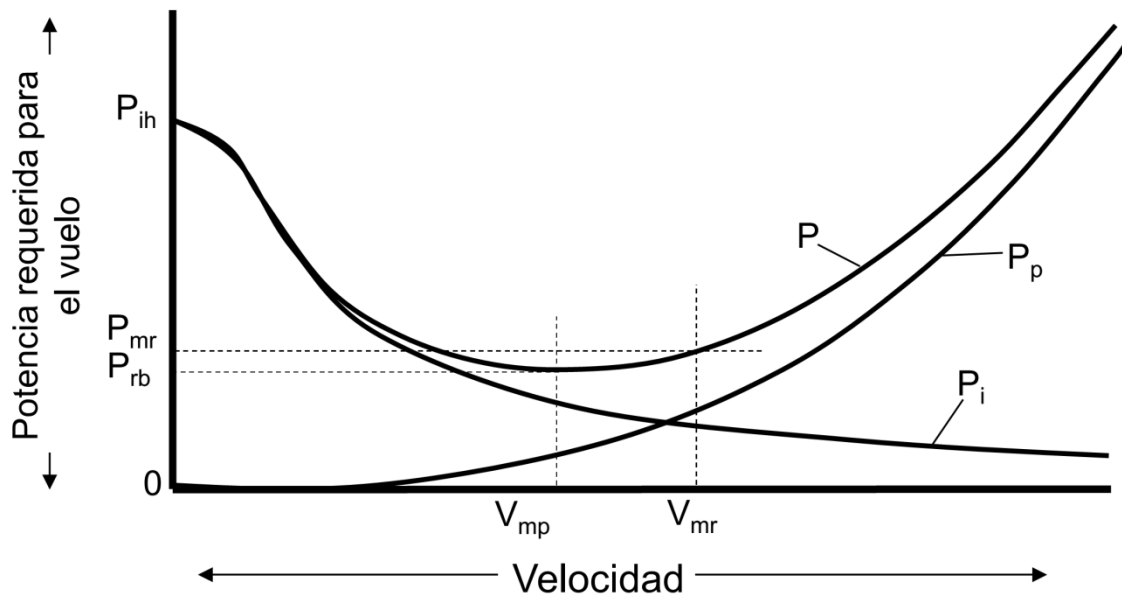


Figura 2.24: Potencia en función a la velocidad dada para un ave ideal. La curva superior ( $P$ ) representa el total de potencia necesaria para efectuar el vuelo, siendo la suma de la potencia inducida  $P_i$  y la potencia parasítica  $P_p$ . La potencia necesaria para volar a una velocidad mínima está marcada con  $V_{mp}$ , mientras que el valor máximo se lleva a cabo a una velocidad  $V_{mr}$ , ambas con potencias respectivas de  $P_{ib}$  y  $P_{mr}$ .

$$P_a = \frac{W^{3/2} A^{1/4}}{\rho^{1/2} S_d^{3/4}} \quad (2.10.6)$$

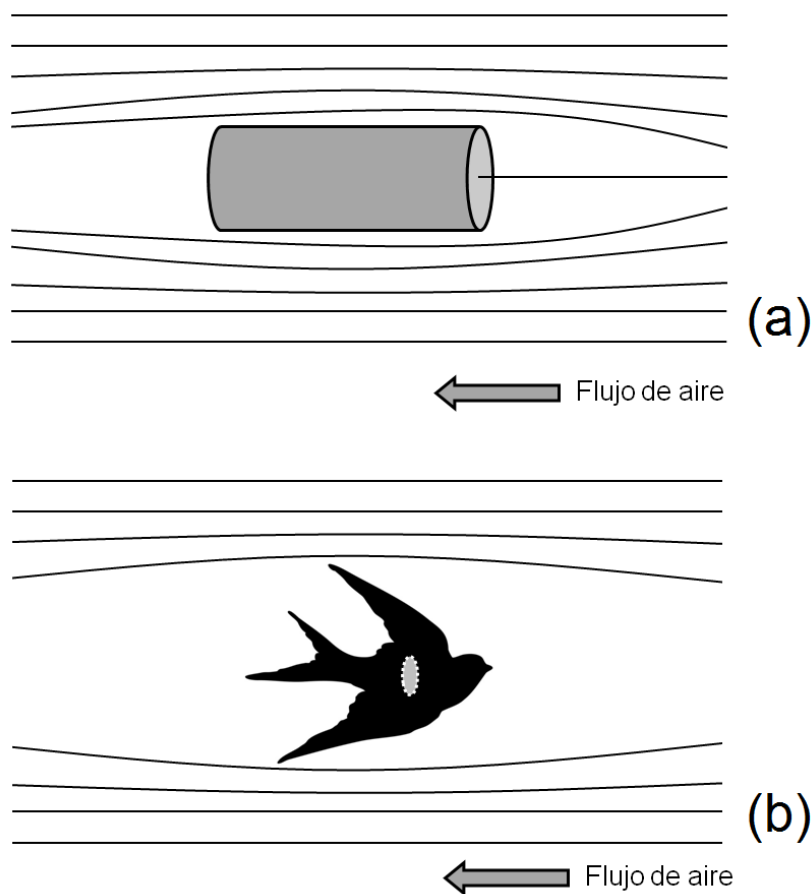
estableciendo cada variable con las siguientes expresiones:

$$W = mg \quad (2.10.7)$$

$$A = 15.5 \left( \frac{m}{4 \times 10^5} \right)^{2/3} \quad (2.10.8)$$

$$S_D = \frac{1}{4} \pi b^2 \quad (2.10.9)$$

Pennycuick (1969) llega a esta conclusión una vez entendida al área plana equivalente en función a la fuerza de arrastre que tiene el cuerpo durante su desplazamiento hacia adelante, dada una determinada velocidad de desplazamiento. Como se observa en la Figura 2.25, el area plana equivalente corresponde a aquella superficie en donde el aire se mantiene estático una vez ocurre el movimiento de un cuerpo. Ésta difiere de la superficie de arrastre ( $S_i$ ) por ser aquel espacio que altera su estructura una vez pasa una determinada ave en vuelo, definida por la extensión alar que esta toma. El área plana equivalente puede ser representada en función al área de arrastre y, en función a un escalamiento geométrico, ambas pueden ser correlacionadas con la masa corporal.



**Figura 2.25:** Representación grafica del área plana equivalente en un cuerpo volador. En (a), el área hipotética detiene el aire completamente sobre el espacio contenido en el cilindro. En (b) se muestra sobre el cuerpo de un ave en vuelo. La superficie de arrastre ( $dS_i$ , según lo indicado en la Figura 2.9) es equivalente a aquella definida por el área plana equivalente. Modificado de Pennycuick (1969).

Asumiendo la correspondencia geométrica descrita en la Figura 2.15, la ecuación (2.10.9) se puede redefinir como:

$$S_D = \frac{1}{4} \pi m^{2/3} \quad (2.10.10)$$

De forma que (2.10.6) se puede expresar de la siguiente forma:

$$P_a = \frac{(mg)^{3/2} \left( 15.5 \left( \frac{m}{4 \times 10^5} \right)^{2/3} \right)^{1/4}}{\rho^{1/2} \left( \frac{1}{4} \pi m^{2/3} \right)^{3/4}} \quad (2.10.11)$$

Cumpliendo con la condición expresada en (2.10.2) y en (2.10.5) y despejando en función de la velocidad de desplazamiento posible  $V$ , se tiene que:

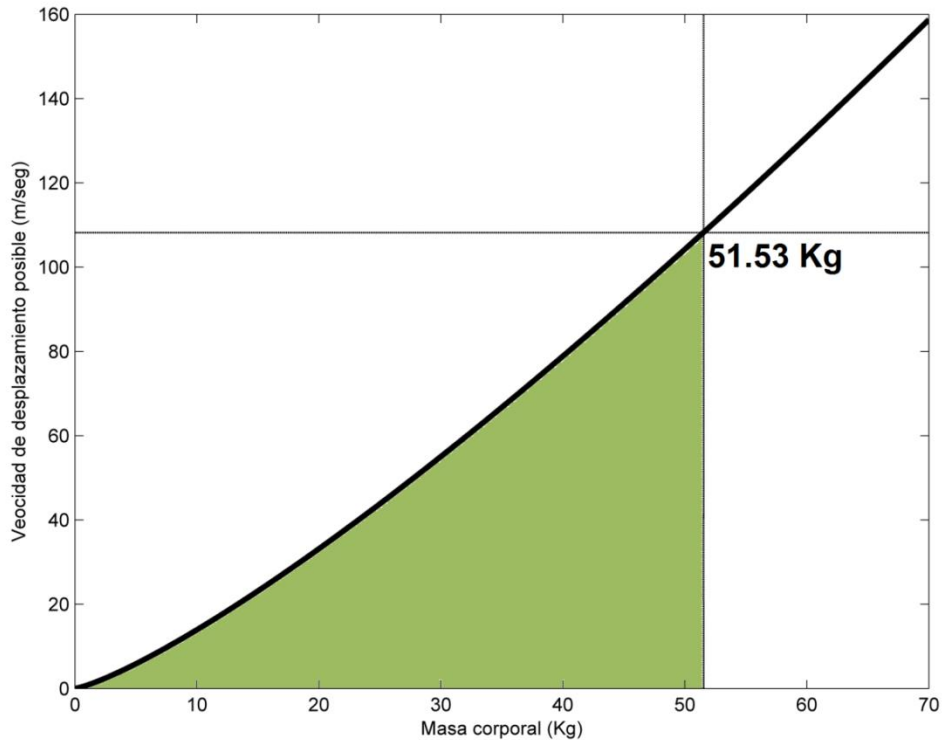
$$V = m^{-5/4} \left[ \frac{g^{1/2} (15.5)^{1/4} 4^{3/4}}{\rho^{1/2} \pi^{3/4} (4 \times 10^5)^{1/6}} \right] \quad (2.11)$$

Manteniendo el intervalo de velocidad de vuelo reportado por Harpole (2005) y comprendido entre  $(0, 108,18368]$  m/seg, conservando como constante la densidad del aire al nivel del mar, se obtuvo el intervalo de masa posible para aves Neognathae, el cual se especifica en la Figura 2.26.

Con este resultado y siguiendo tanto el escalado geométrico definido previamente en la Figura 2.15, se han proyectado los intervalos funcionalmente posibles para las variables anatómicas, siendo de  $(0, 3,7212]$  m para el valor de envergadura y  $(0, 13,8476]$  m<sup>2</sup> para la superficie de sustentación efectiva, o superficie alar. El valor mínimo de envergadura y superficie corporal está dado por la relación definida por la cuerda alar y explicada en la Figura 2.13. De esta forma, para un número de Reynolds equivalente a  $1,5 \times 10^{-4}$  medido a nivel del mar y para la velocidad máxima de vuelo en crucero reportada por Harpole (2005), la relación entre la superficie alar y la envergadura estaría definida por:

$$c_{min,0} m_{snm, Re=1.5 \times 10^{-3}} = 2.0258 \times 10^{-3} = \frac{S}{B} \quad (2.12)$$

siendo  $2,0258 \times 10^{-3}$  el valor de la cuerda media (en metros) mínimo posible.



**Figura 2.26:** Espacio de masa corporal posible, de acuerdo al momento de igualación de curvas de potencia de entrada y salida, descritas en la ecuación 2.10.4. La masa corporal posible a nivel del mar en aves que desarrollan el vuelo activo, bajo las condiciones de aerodinamicidad y estructura corporal estándar, y manteniendo un escalamiento geométrico, varía en el intervalo (0 , 51,53] Kg.

Estos límites se han establecido de acuerdo a especificidades dadas por el modelo estático de desplazamiento aéreo, flexible a correcciones en parámetros y variables empleadas. Otros factores, como los provenientes de la ecología, comportamiento y fisiología pueden actuar en conjunto dentro del proceso macroevolutivo para determinar el tamaño óptimo de acuerdo al ambiente en donde se desplace el organismo.

# 3

---

**Morfoespacio teórico del  
vuelo activo en  
Neognathae**



## Morfoespacio teórico del vuelo activo en *Neognathae*

---

*Un pájaro rayó el cielo gris y ciegamente lo tradujo en un aeroplano y a ese aeroplano en mucho (...).*

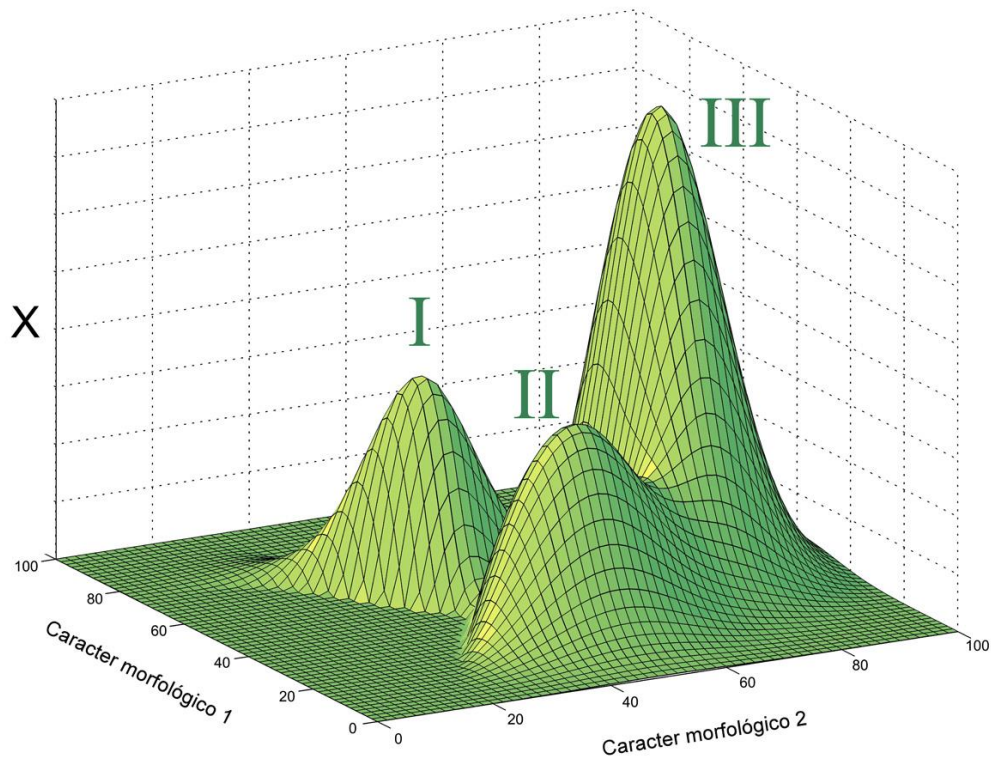
**Jorge Luis Borges. 1941.**

*El jardín de los senderos que se bifurcan.*

En la morfología, como en cualquier otra disciplina de la ciencia, se han manifestado diversos cambios desde que en 1796 el notable polímata Johann Wolfgang von Goethe acuñara este término para referirse al estudio tanto de la forma como el desarrollo y la transformación de todo organismo (Schmid, 1935). Goethe fue un adelantado en su tiempo con sus reflexiones que, si bien se asentaban en un marco filosófico, no se encontraban tan distantes de lo que hoy conocemos como la síntesis evolutiva moderna. En su trabajo se refería a que los estudios morfológicos no radican solamente en la descripción de características, sino en dilucidar las leyes por las cuales se rigen. De esta manera, muchos investigadores han propuesto argumentos que expliquen los cambios evolutivos en los organismos estudiando la diversidad morfológica.

Con el desarrollo de otras áreas del conocimiento, como la genética y la paleontología, se han elaborado sistemas de clasificación biológica y se han realizado descripciones ontogenéticas, entre otros avances. Hoy en día, la morfología permite describir, comparar y agrupar los seres vivos de acuerdo a sus conformaciones, en el grado de cuantificar sus estructuras, así como los cambios que ocurren entre éstas. Wright (1932) propuso el primer modelo de cuantificación de la variabilidad, definiendo los *paisajes de cambio*, los cuales son una vía de visualización de la diversidad en un carácter. Su vínculo con otros elementos que describen su ocurrencia determinan las variaciones dadas en estos paisajes.

En la actualidad se discernen tres tipos de paisajes específicos, los cuales se detallan en la Figura 3.1 y son resumidos por Pigliucci (2012) en: (1) los *paisajes adaptativos*, descritos por Simpsons (1953), Gavrillets (1997), McGhee (2006) y Pigliucci (2008) como aquellos espacios  $n+m$ -dimensionales que resumen las presiones que tiene el entorno sobre un conjunto de organismos, al ser descritos bajo un número  $n$  de características morfológicas, sujetas a  $m$  restricciones ecológicas; (2) las *superficies de aptitud*, en donde los  $n$  caracteres se expresan en función al fitness (Landle y Arnold, 1983; Ruthen, 1993; Blows *et al.*, 2007), indicando la viabilidad de una conformación particular y (3) los *morfoespacios*, definidos por Raup (1966), McGhee (2006, 2007, 2011) y Mitteroecker y Huttegger (2009) como la representación de un grupo de organismos bajo un conjunto de  $n$  caracteres, describiendo las formas posibles dentro de parámetros preestablecidos.



**Figura 3.1:** Ejemplo de paisaje de cambio establecido para estudios de morfología y evolución, dado para tres morfotipos (I, II y III) definidos por dos caracteres con ejes referenciales, modificado de McGhee (2007). Los *paisajes adaptativos*, en los cuales se relacionan los caracteres con restricciones específicas, el eje definido como X indica la adaptación. Este mismo puede ser modificado para mostrar la viabilidad del conjunto de caracteres, de forma que se exprese una *superficie de aptitud*. En los *morfoespacios* se representan las combinaciones de caracteres morfológicos dados, por lo que X indicaría la frecuencia de su aparición.



### 3.1. Estructura de los morfoespacios

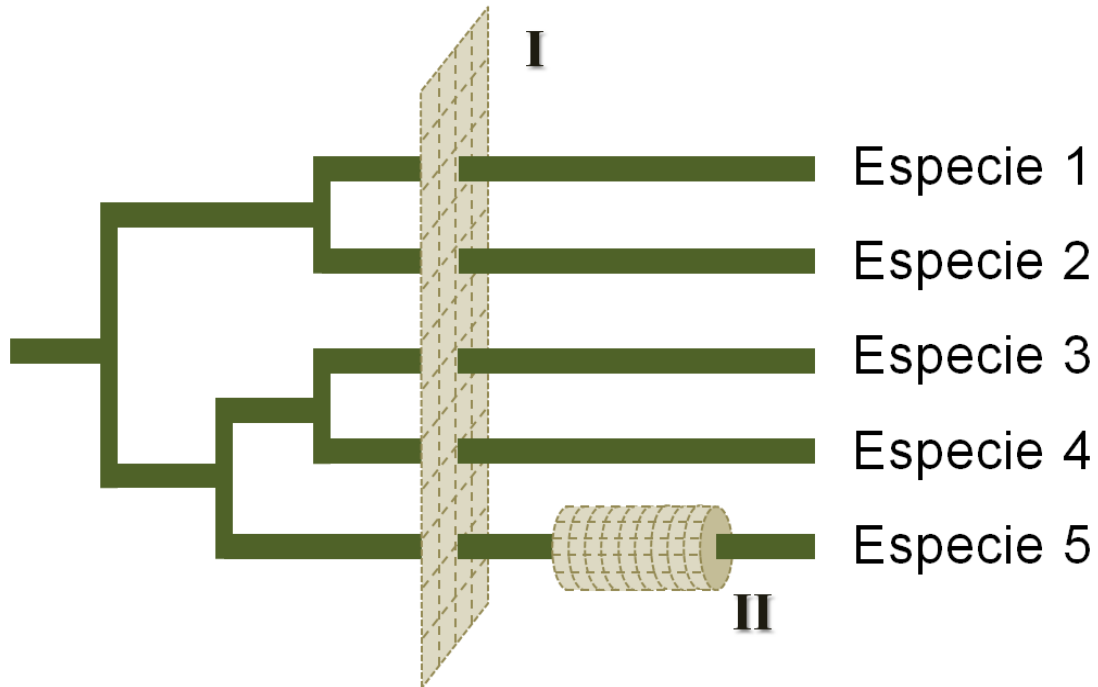
Los morfoespacios son conjuntos de formas biológicas que describen a los organismos que componen un grupo determinado. La unidad fundamental de los morfoespacios es el *morfotipo*, también conocido como *morfón*, de acuerdo a la descripción realizada por Haeckel (1878). Un morfotipo es una entidad biológica con características morfológicas particulares que las diferencian del resto. Los límites que se emplean para describir a un morfotipo no se encuentran del todo claros y dependen de cada autor, por lo que se ha visto reducido a nivel de organismo en este estudio.

Los morfotipos pueden agruparse o diferenciarse en función a su *disparidad*, entendiéndose ésta como una medida de distancia, fundamentada en la disimilitud de las estructuras morfológicas que definen a un morfón (Runnegar, 1987). Los morfotipos con una baja disparidad pueden reconocerse y agruparse en función a su similitud, independientemente de la relación genética o filogenética que éstos presentan. Estos grupos se conocen como *fenones*, término propuesto inicialmente por Sneath y Sokal en 1962 para describir a los conjuntos de organismos clasificados en función a su semejanza bajo los métodos de taxonomía numérica.

La manera en la cual se construye un morfoespacio depende de cómo se cuantifican las estructuras morfológicas, proceso conocido como *morfometría* (Elewa, 2004; Aiello *et al.*, 2007). Este término fue utilizado inicialmente para describir el tamaño y la forma de un carácter, pero en un sentido amplio se emplea para referenciar su medición (Bookstein, 1989; Klingenberg, 2002). Existen dos diferentes técnicas de cuantificación, complementarias para la definición de un morfotipo, las cuales son la *morfometría clásica* (o tradicional) y la *morfometría geométrica*. En la primera se analizan las estructuras que definen las dimensiones de los caracteres (Marcus, 1990), tales como longitudes, ángulos, relaciones, áreas, masas y volúmenes. En la segunda se describen las formas de las estructuras morfológicas de acuerdo a transformaciones geométricas y espaciales, de forma que se analice la disparidad entre dos conformaciones particulares a una misma escala (Bookstein, 1991; Adams *et al.*, 2004).

Los morfoespacios varían de acuerdo a la composición de los organismos (Figura 3.2). Éstos se pueden estudiar dentro de una escala filogenética, evaluando caracteres afines entre organismos de distintas especies integrantes de un taxón determinado a una misma edad (o condición etaria comparable). Por otra parte, la composición de los morfoespacios se puede ajustar dentro de una

escala temporal, al incluir la comparación de morfotipos de una misma especie a distintas edades, determinando su variación ontogénica.



**Figura 3.2:** Escalas de análisis morfológicos basadas en un taxón hipotético compuesto de cinco especies. (I) indica un estudio filogenético, donde se determina la variación morfológica en las especies integrantes evaluando organismos de la misma condición etaria. Por su parte, (II) muestra un estudio ontogénico, determinado por la comparación de la morfología de una misma especie a distintas edades.

Para ambos casos, los morfoespacios dependerán de los límites restrictivos establecidos para los caracteres utilizados en el análisis (Figura 3.3). Antonovics y van Tienderen (1991) y McGhee (2007) detallan que todo conjunto de morfotipos se circunscribe a un espacio con un límite específico. A su vez, cada morfoespacio presenta límites de grado superior, ajustados en el marco de la funcionalidad y geometría de los caracteres. Esta condición es debatible pues considera el grupo de restricciones como espacios anidados, asumiendo una posible jerarquía entre los mismos. Otros escenarios pueden ocurrir, como la independencia entre las presiones selectivas (Maclaurin, 2003; Brakefield, 2006; Pearce, 2011) y la sinergia entre éstas (Alroy, 2000; Mouillot *et al.*, 2013).

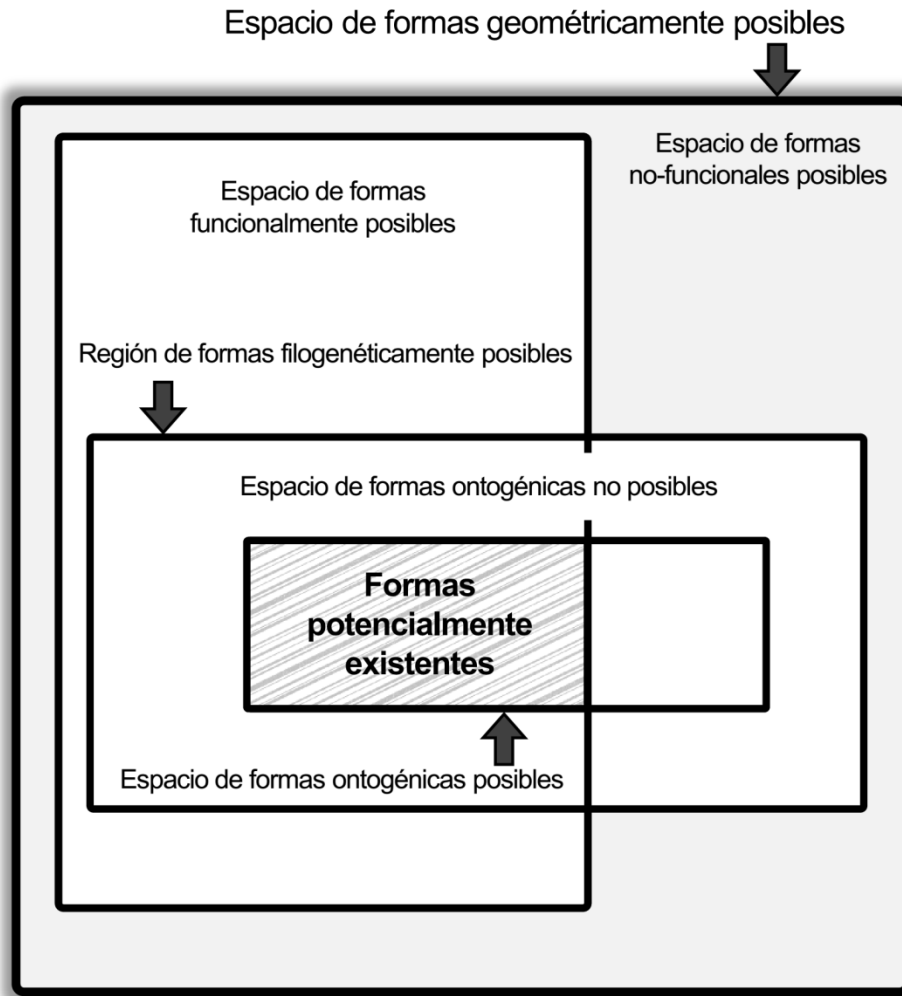


Figura 3.3: Esquema de restricciones físicas y biológicas dadas para un morfoespacio hipotético  $n$ -dimensional, considerando que estas presiones se encuentran anidadas. El espacio resultante de la intersección del conjunto indica el espacio de formas potencialmente posibles. Modificado de McGhee, 2006.

### 3.2. Tipos de morfoespacios: teórico vs. empírico

La manera más sencilla de elaborar un morfoespacio consiste en la recopilación de información morfológica de un grupo de organismos, representándolas posteriormente en un espacio  $n$ -dimensional. A éstos se le denominan como *morfoespacios empíricos* que, de acuerdo al número de morfotipos analizados, se pueden considerar como la respuesta a un exhaustivo estudio de campo o una muestra de la variabilidad contentiva en un sistema dado. Por su parte, los *morfoespacios teóricos* son construcciones artificiales de conjuntos de morfotipos generados bajo

un método establecido, los cuales pueden ser dependientes de una muestra (proyecciones estadísticas), como también determinados *a priori* mediante modelos matemáticos o geométricos que indiquen el intervalo de variación de una o más características morfológicas (Pigliucci, 2012). De esta forma, esta herramienta permite describir no sólo el espacio de formas actuales, sino también las potenciales y las imposibles (Maclaurin, 2003).

Los morfoespacios teóricos descritos inicialmente por Raup (1966), se basaron en la variación de los elementos que rigen la forma y el tamaño del exoesqueleto de gasterópodos. No obstante, su cálculo depende de las restricciones a considerar, como bien se observa en esta investigación, en donde se han planteado espacios tanto con límites funcionales como geométricos. Una cualidad a destacar indica que, independientemente del caso de estudio, un morfoespacio teórico se considera válido cuando incluye las formas descritas dentro de uno empírico. En caso contrario, cuando un morfotipo existente no está contenido dentro de éstos, el investigador debe revisar las variables que definan las condiciones restrictivas para estos conjuntos.

### **3.3. Importancia en el uso de los morfoespacios**

Ya se ha comentado la poderosa herramienta descriptiva que representan los morfoespacios. Sin embargo, y como bien lo explica McGhee (2007), la importancia que tienen estos análisis radica en tres aspectos: (1) la proyección de formas potencialmente posibles, (2) la distribución de formas comunes, raras o inexistentes en la naturaleza y, (3) el significado adaptativo que tienen los morfotipos en función a esta distribución.

Un cuarto aspecto se puede considerar en función a la composición de los morfotipos que son objeto de estudio. Si éstos provienen de una serie ontogenética, los morfoespacios pueden proyectar el crecimiento de los organismos, estableciendo modelos de morfogénesis, especialmente en aquellos con cambios por ramificaciones (como en plantas y colonias de corales) así como en aquellos que están sujetos a variaciones acrecionales (basados en la acumulación de material constitutivo, como ocurre en conchas de moluscos y huesos de varios vertebrados).

En el contexto evolutivo, los morfoespacios pueden combinarse con métodos estadísticos para proyectar cambios en la diversidad morfológica, inclusive en la predicción de patrones evolutivos (Wagner, 2010; Szendro *et al.*, 2013; Østman y Adami, 2013). Entre estas técnicas se incluyen los

análisis multivariados de diversidad (Lupia, 1999; Shao *et al.*, 2007), los cuales miden la variabilidad morfológica mediante índices derivados de análisis multivariados (como análisis de componentes principales y escalamientos multidimensionales), los modelos de regresión, que permiten proyectar cambios entre fenones y taxa a diferentes escalas, así como los modelos que simulan los escenarios evolutivos fundamentados en la cuantificación de la información del sistema en estudio, basados en la teoría de la información de Shannon (Szendro *et al.*, 2013).

De acuerdo a la revisión del modelo estático de vuelo para definir los intervalos posibles de variables morfológicas descriptivas y de relevancia para la locomoción aérea en las aves Neognathae, se puede proyectar un morfoespacio funcional que permita explorar los alcances morfológicos que un ave con vuelo efectivo pueda presentar.

### **3.4. Objetivos de estudio**

Entendiendo que los caracteres morfológicos que participan activamente en el vuelo han sido producto de diferentes fuerzas restrictivas de carácter evolutivo, es de esperar que sus combinaciones representadas en las regiones vecinas a los confines de un morfoespacio teórico funcional estén asociadas a representantes de aves Neognathae, cuyo vuelo activo se desarrolle en condiciones físicas limitantes.

Bajo esta hipótesis se ha establecido el siguiente estudio, el cual tiene como objetivo específico construir un morfoespacio teórico de Neognathae, basado en los confines de funcionalidad dados por el modelo estático de la teoría del vuelo, en donde se identifique la posición relativa de representantes por orden y los morfotipos que se encuentran más asociados a los límites establecidos *ad hoc*.

### **3.5. Método de estudio**

Se construyó un morfoespacio teórico, empleando para ello los límites funcionales descritos en el estudio del capítulo precedente. Su resultado es conmesurable con los datos observados de las variables morfológicas descriptivas de aves voladoras pertenecientes al superorden Neognathae.

La variación de las formas posibles dentro de un intervalo de  $n$  variables morfológicas se describe con un morfoespacio, detallado por vez primera por Raup (1966). Éstos se pueden elaborar, bien sea con la medición directa de variables corporales (morfoespacios empíricos) o mediante la abstracción de la morfología de los organismos (morfoespacios teóricos) (Rasskin-Gutman, 2005; McGhee, 2006, 2007).

Para el caso de este estudio, dentro de un espacio de variables morfológicas  $B$  vs.  $S$  vs.  $m$ , cuyos límites físicos se encuentran establecidos en el capítulo precedente, se obtienen resultados de morfotipos funcionalmente posibles bajo las restricciones explicadas anteriormente, en condiciones de escalado geométrico (isometría). El morfoespacio teórico se construyó en lenguaje M para MATLAB 7.0 (MathWorks, 2007), con matrices resultantes indicando los valores funcionalmente posibles de las variables morfológicas, manteniendo constantes las correspondientes a la dinámica del ambiente, medidas a nivel del mar (según Alexander, 1989; Anderson, 2004; Zitzewitz et al., 2005; Pennycuik, 2008 y Torenbeek y Wittenberg, 2009;) y con  $v$  en  $[0, 108.1837]$  m/seg (siendo el valor máximo reportado para vuelo de crucero por Harpole, 2005).

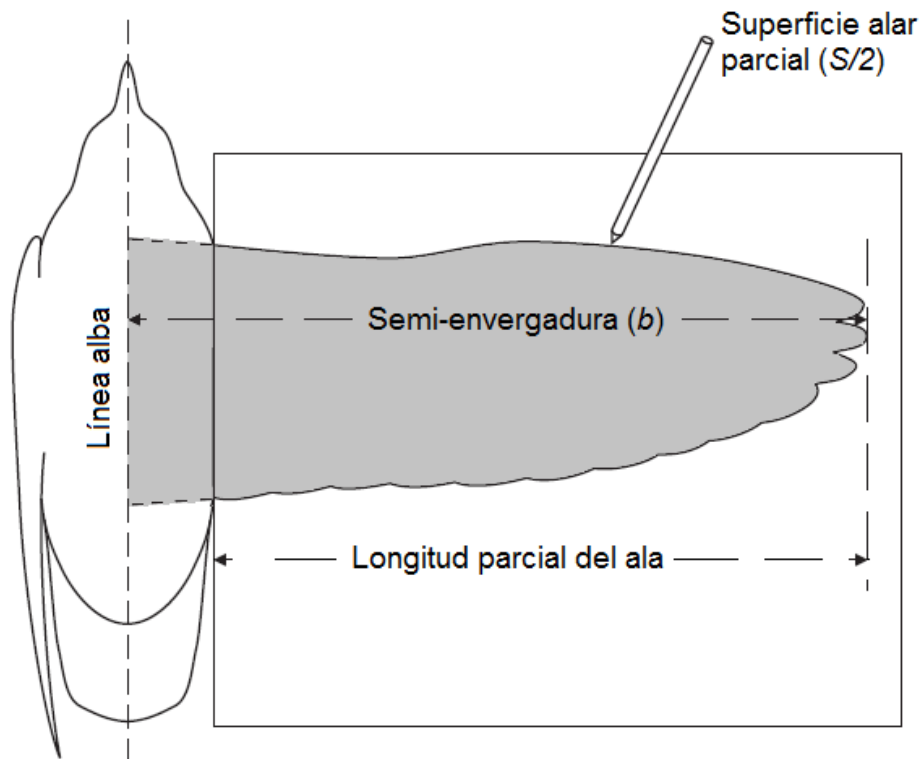
El impacto de las diversas restricciones se observa al estudiar la morfología de las aves del grupo Neognathae, fundamentándose en variables de su plan corporal que describan su función aerodinámica. Para tal fin, se ha realizado un metanálisis con datos presentes en la literatura y ejemplares capturados. Todos estos mantienen la pauta metodológica en común para la obtención de datos, de forma tal que la información obtenida ha podido ser contrastable con el modelo teórico. Estos datos se han organizado en el Apéndice C.

Los ejemplares analizados fueron seleccionados de acuerdo al acceso que se tenga al material biológico. Para este análisis, se ha descartado la medición de juveniles y ejemplares con anatomía descriptiva incompleta (en muda, lesionados, sometidos a crías en cautiverio). Asimismo, se ha asumido la variabilidad intraespecífica (Eldrege, 1985; Stanley, 1998; Levinton, 2003; Pigliucci y Preston, 2004). La nomenclatura taxonómica que se siguió fue la propuesta por Clements *et al.* (2012), mientras que la terminología morfológica general y ósea corresponde a lo descrito por Baumel *et al.* (1993) y Gilbert *et al.* (1994). Los individuos analizados provinieron de:

- La captura directa de organismos vivos. Se emplearon redes de neblina Ecotone®, según lo descrito por Gregory *et al.* (2004). Las capturas se realizaron en la Estación Biológica de Rancho Grande, Parque Nacional Henri Pittier, Sector Paso de Portachuelo (10°21'10" N -

67°41'00" W, 1137 msnm), Estado Aragua, Venezuela. La elección del lugar se debe a la diversidad de aves en esta zona. Los muestreos fueron realizados en conjunto con personal de la Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela y de la Colección Ornitológica Phelps.

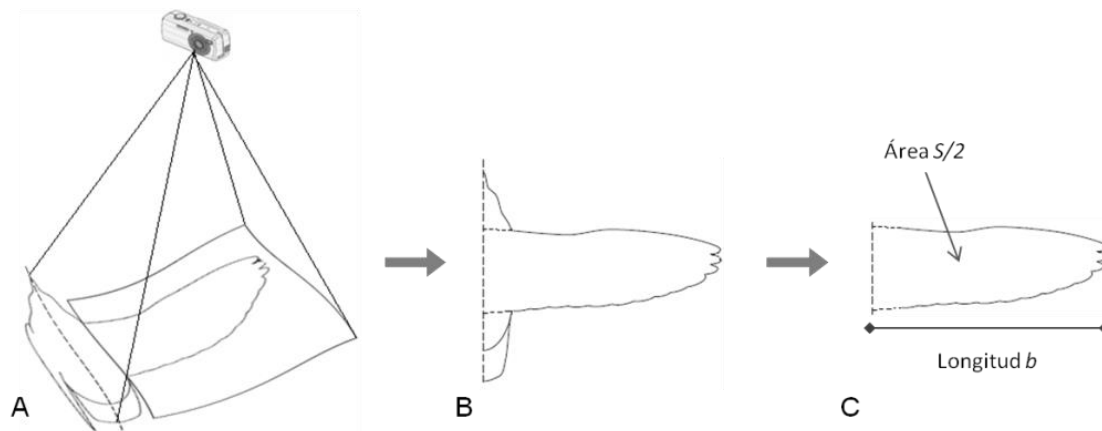
- Descripciones bibliográficas. La bibliografía incluyó los siguientes trabajos de: Greenewalt (1962), Tucker y Parrott (1970), Weis-Fogh (1972), Tucker (1987), Blem (1975), Rayner (1979), Campbell y Tonni (1983), Castro y Myers (1988), Kirkpatrick (1990), Pennycuick (1990, 2008), Yong y Moore (1994), Chai et al. (1996), Chai (1997), Chai y Millard (1997), Tobalske et al. (1999, 2008), Chai y Dudley (1999), Hertel y Ballance (1999), Tobalske y Dial (2000), Henderström y Liechti. (2001), Alerstam et al. (2007), Chatterjee y Templin (2007), Chatterjee et al (2007) y Henningsson et al. (2008).



**Figura 3.4:** Cálculo de área alar ( $S$ ) y envergadura ( $B$ ) en el cuerpo de un ave. El ejemplar debe mantenerse en posición ventral, con el miembro anterior en su máxima extensión. El área ( $\frac{S}{2}$ ) debe incluir la porción corporal delimitada por la proyección horizontal de la cuerda base a la línea alba. La envergadura ( $b$ ) se delimita desde la línea media corporal hasta el extremo distal alar. Modificado de Pennycuick (2008).

De acuerdo a Pennycuick (2008), la medición de la superficie alar se obtiene al proyectar la silueta corporal del ave a un papel milimetrado, incluyendo la sección media del cuerpo (ala y cuerpo hasta la línea alba). El área media de sustentación efectiva  $\left(\frac{S}{2}\right)$  corresponde al delimitado por la silueta del ala y su proyección al cuerpo (o proyección de la sección horizontal, desde la cuerda basa alar hasta la línea media). La semi-envergadura ( $b$  o  $\left(\frac{B}{2}\right)$ ) se mide como la distancia entre la línea alba y el extremo distal del ala, que equivale generalmente al extremo de la penúltima rémige primaria (Figura 3.4).

Los datos reportados en la bibliografía siguen este método. Por su parte, aquellos que han sido obtenidos por captura directa de ejemplares muestran una variación en el mismo: Los ejemplares capturados se dispusieron en posición ventral sobre un papel milimetrado y fueron fotografiados en máxima resolución con el uso de una cámara Fujifilm Finepix S1800 (4000 x 3000 pixels) y Samsung S860 (3072 x 2304 pixels), todas con ISO 100, iluminación artificial, opción de lupa con distancia focal entre 40 y 80 cm (de acuerdo al tamaño del ave e incluyendo la sección media corporal izquierda en cada fotografía) y disposición paralela y central al ave (Figura 3.5).



**Figura 3.5:** Medición de superficies alares y envergaduras en aves colectadas en campo. (A) Aves en posición ventral dispuestas sobre fondo en papel milimetrado fueron fotografiadas a una distancia focal entre 40 y 80 cm. (B) Las fotografías fueron editadas digitalmente para corregir la deformación de lente y seleccionar la zona corporal a medir. (C) Finalmente, se generó un polígono cuya longitud equivale a la semi-envergadura  $b$  y el área a un medio de superficie de sustentación  $\left(\frac{S}{2}\right)$ .



Las fotografías fueron posteriormente editadas con el software Adobe Photoshop CS3 Versión 10.0.1, aplicando la herramienta “corrección de lente” hasta deformar la imagen a una red control, coincidente con las distancias mostradas por el papel milimetrado. Con el uso del software ImageJ Version 1.43o8 (Rasband, 2010), se definieron las siluetas de las imágenes editadas y se obtuvieron las dimensiones de longitud alar y área de sustentación, usando las herramientas de distancias lineales y áreas poligonales.

De la misma manera, todos los datos cumplieron con las condiciones descritas por Pennycuick (2008) para la medición de masa corporal. Particularmente, en los ejemplares capturados en campo, estos datos se obtuvieron mediante el uso de balanzas verticales Pesola, de 10 g x 0.1 g, 30 g x 0.25 g, 60 g x 0.5 g, 100 g x 1 g, 300 g x 2 g, 500 g x 5 g y 1000 g x 10 g, provistas por la Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela y la Colección Ornitológica Phelps.

Todos los ejemplares capturados se pesaron con su contenido estomacal. Con respecto a este punto, Pennycuick (2008) explica que el impacto en la medición de la masa corporal que tiene el contenido estomacal puede variar entre todas las aves, principalmente de acuerdo a la complejidad del sistema digestivo y del tipo y cantidad de alimento y otros elementos que se ingiera. Para discriminar los valores de masa corporal con contenido alimenticio y sin él, Pennycuick colectó una serie de datos de diversas aves y, tomando como premisa la correspondencia alométrica entre éstas, elaboró un índice de relación masa corporal vs. masa del bolo alimenticio, mostrando una relación lineal. Tal índice se incluyó en este estudio para la estimación del valor de masa corporal sin contenido estomacal, con lo cual se corrigieron los datos presentados en el Apéndice C.

Los datos faltantes de envergadura, superficie alar y masa corporal incluídos en este estudio, fueron aproximados por el método de imputación de medias por clase genérica (Cios, 2007; Enders, 2010), sustituyendo el promedio de la respectiva medición no observada para cada género taxonómico. Esta aproximación se realizó en aquellos grupos en los cuales se tenía información de al menos 50% de los datos. Por debajo de este porcentaje no se efectuó imputación. Se eligió este método de imputación al restringir los valores posibles en la diversidad más probable mostrada por el conjunto de datos, considerando a estos como una selección aleatoria de la variabilidad mostrada en la naturaleza.

Los morfotipos resultantes se proyectaron en el espacio de distribución  $B$  vs.  $S$  vs.  $m$ . La comparación de éste con el morfoespacio teórico definido permitió convalidar los límites

establecidos a partir del modelo estático, al evaluar sus condiciones *ad hoc*, así como los caracteres morfológicos descriptivos de morfotipos funcionales limitantes. De igual forma, estos resultados permitieron contrastar los coeficientes de regresión para variables aerodinámicas reportados en la literatura, con los obtenidos con el modelo.

Entre otros tratamientos propuestos para realizar con los datos derivados de esta sección, se destaca lo descrito por McGowan y Dyke (2007) y Hone *et al.* (2008), los cuales exponen morfoespacios empíricos de variables corporales de diversos organismos voladores (*e.g.*, aves, murciélagos, pterosaurios, etc.) en espacios resultantes de análisis de componentes principales (PCA) con ejes mayor varianza. Sus estudios han permitido la comparación entre taxa mediante el agrupamiento de datos en polígonos cuyos vértices son definidos por formas límite. Si bien los resultados de diferentes PCA son inconmensurables, se desarrolla un estudio adicional en este capítulo, en el cual se generen morfoespacios basados en un análisis de PCA, incluyendo las variables estudiadas y otras variables aerodinámicas y morfológicas no incluidas en el modelo, a saber:

- Longitud alar: longitud del ala desde la cuerda base hasta el extremo distal del mismo.
- Cuerda base: distancia entre los bordes proximales del ala.
- Cuerda media: ancho alar entre la articulación de la mano y la primera rémige primaria.
- Longitud corporal total: distancia entre el pico y el extremo caudal de las rémiges centrales (o en su defecto, las rémiges más largas).

Otras variables de importante uso aerodinámico y morfológico, como la relación de aspecto, la cuerda máxima, el disco alar frontal y la carga alar no son consideradas, pues corresponden a operaciones matemáticas de variables seleccionadas en este estudio. Igualmente, no se evaluaron las variables de descripción dinámica de la locomoción (como frecuencia de aleteo y velocidad de vuelo) por la imposibilidad de su obtención, tanto en campo como en registros bibliográficos.

El morfoespacio generado en el PCA discrimina gráficamente aquellos ejemplares en condiciones límite para el sistema de ejes calculado, así como agrupa a los organismos estudiados por taxón, bien sea mediante polígonos como los descritos por McGowan y Dyke (2007) o mediante la

generación de elipsoides de confianza, como lo reportado por Hubert y Engelen (2004) y Hadi et al. (2009). Esto último, así como el análisis de componentes principales, fueron efectuados usando el software PAST (Hammer y Harper, 2006).

### 3.6. Morfología corporal en Neognathae voladoras

Los intervalos de las variables morfológicas de relevancia para definir la dinámica de vuelo establecen como condiciones limitantes a aves Neognathae que alcancen poco más de 50 Kg de masa corporal, en envergaduras de casi 4 metros, considerando el escalado geométrico. En un espacio euclídeo definido por estas variables, se han representado estos límites, incluyendo los datos de cada miembro representante de las aves modernas y que fueron medidos para este estudio. El resultado de este proceso se detalla en la Figura 3.6, agrupando los órdenes de aves de acuerdo a seis grupos taxonómicos de jerarquía superior, detallados en la Figura 1.2, a saber: la subcohorta Galloanserae *Sibley, Ahlquist y Monroe, 1988* (en negro), la división Natatores *Baird 1858* (en verde), la división Terrestornithes *Livezey y Zusi, 2007* (en magenta), la subdivisión Dendronithes *Livezey y Zusi, 2007* (en cian), la subsección Picoclamatores *Livezey y Zusi, 2007* (en amarillo) y el clado de las Eufalconimorphae *Suh, Paus, Kieffmann, Churakov, Franke, Brosius, Kriegs y Schmitz, 2011* (en azul oscuro). De esta forma, se facilita la representación gráfica de los resultados.

En primera instancia, la inclusión de los datos analizados en los límites teóricos fijados en la sección precedente, indicaría una convalidación de las restricciones estudiadas en este modelo. No obstante, al fijar el detalle en la distribución de los datos, se observa la homogeneidad en general de la morfología, parte de lo que Rayner (1988) explicaba al referirse de la diversidad de planes corporales de las aves como *limitadas*. La consistencia de formas y tamaños dentro de este grupo se puede interpretar como una causa a la restricción funcional, o bien como una consecuencia de la continua pérdida de diversidad corporal, al eliminarse morfotipos sin ventajas locomotoras sustanciales. En ambos casos, la evolución participaría como mecanismo de reducción de la diversidad, tal y como se evidencia con los datos observados en las aves actuales.

Sin embargo, Rayner (1988) en el mismo trabajo se contradice, al referirse a la gran diversidad de formas geométricas con las que se puede describir al folio alar. Su posición no sólo revela el carácter de su afirmación, sino que también puede inferir a otro problema subyacente dentro de los límites fijados: la escala. Como medida general, la masa corporal de los representantes de las aves

varía en, cuanto menos, cinco órdenes de magnitud, desde los pocos gramos en el Colibrí Abeja (*Mellisuga helenae*), a la casi veintena de kilogramos observados en la Avutarda Euroasiática (*Otis tarda*) (Gill, 2007). Dentro de la disparidad existen maneras de medir la variación de formas, las cuales se han definido a continuación, de acuerdo al manejo clásico de regresiones lineales, como a través de otros más modernos, en específico, en el de ordenación basada por el Análisis de Componentes Principales (PCA).

Otra característica a destacar de este morfoespacio teórico y su validación lo constituyen los propios límites, que si bien establecen una restricción morfológica, no necesariamente ocurre la imposibilidad de vuelo por encima de éstos. Pennycuick (1986), al establecer su propio límite de masa corporal en relación al margen de potencia (ver sección 2), explicaba que por encima de los 12 Kg (peso al cual llegó por igualación de curvas de potencia) no surgían morfotipos no voladores, sino más bien se comenzaban a establecer otros tipos de relaciones morfológicas cuyas estrategias locomotoras eran diferentes, como los planeadores. Ciertamente esto coincide con algunas grandes aves, como catártidos y rapaces en general, por ejemplo. Pero otras grandes voladoras con notable uso del aleteo para su propulsión ocurren en esta zona, tales como las avutardas y anséridos. Las restricciones dadas por Pennycuick excluyen a estos organismos y no consideran las fases de aleteo del resto de las planeadoras.

Dentro del grupo de aves modernas existentes, ninguna queda excluida del morfoespacio definido. No obstante, al considerar especies extintas integrantes de las Neognathae, la situación es diferente. Chatterjee *et al.* (2007) ha definido a *Argentavis* dentro de un límite morfológico que varía entre los 60 y 80 Kg, superior al límite descrito. Mientras que otras tantas especies (incluidas *Argentavis*) superan los 3,9 metros de envergadura calculados por el modelo. En estos casos, surge la interrogante relacionada con el efecto que tienen el resto de los procesos restrictivos, como factores ecológicos, comportamentales, alimentarios y ontogénicos, entre otros tantos, en la ocurrencia de morfotipos particulares y si, por ejemplo, actúan bajo una jerarquía determinada.

Por otra parte, es necesario entender que estos límites resultan ser propuestas, construidas con cálculos y desarrollos, pero fundamentadas en continuas discusiones de escenarios. El dilucidar la jerarquización que tienen las diferentes fuerzas sobre un individuo en particular constituye un reto para los próximos años en el estudio de la evolución y la morfología.

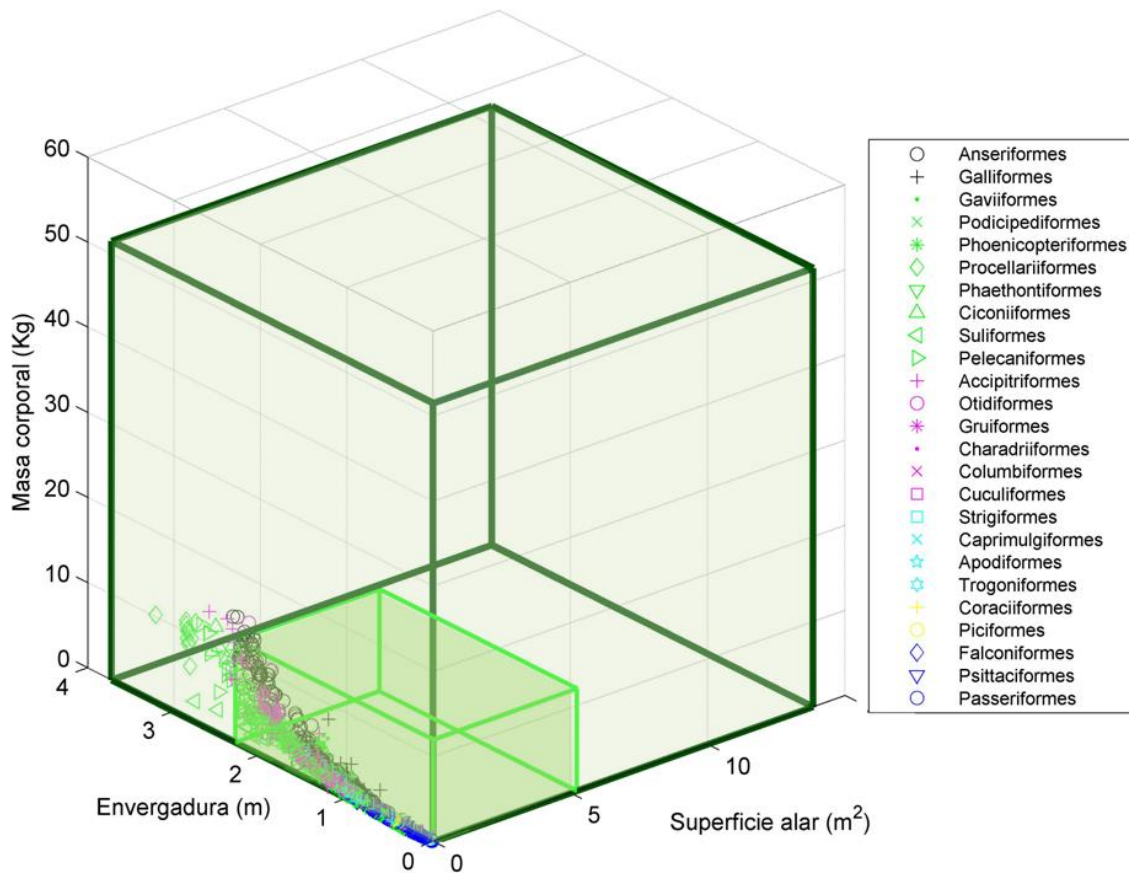


Figura 3.6: Espacio de formas posibles de acuerdo a límites funcionales de envergadura, superficie alar y masa corporal, basados en la revisión del modelo estático de aerodinámica y factores de fisiología y resistencia estructural, definidos en la sección 2 de este trabajo, para aves Neognathae con vuelo activo. En verde claro se muestra el espacio propuesto por Pennycuik (1986), definiendo la masa corporal límite de 12 Kg (ver Figura 2.23), y manteniendo las condiciones de escalado geométrico (isometría) descritas en el capítulo precedente. Se incluyen los ejemplares analizados en este estudio, agrupados por órdenes taxonómicos (n = 2574, 25 órdenes)

### 3.7. Alometría para definir la variación morfológica

Previamente y, como bien se ha descrito en la sección 2 de este trabajo, se ha fundamentado la variación de tamaño en función al escalado geométrico, la cual se explica con la relación de 1/3 entre la masa y la envergadura alar, así como de 2/3 entre la masa y la superficie corporal (y, por ende, 1/2 entre la superficie y la envergadura). Sin embargo, los resultados que se resumen en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 y que muestran las regresiones de potencia dadas para todas las aves

estudiadas (en general y por orden taxonómico), parecen no cumplir con esta relación isométrica. La variación alométrica de la masa con respecto al resto de las variables morfológicas descriptivas se detalla en el conjunto de las Neognathae estudiadas bajo un alto coeficiente de correlación, al corresponder en 0,40391 (o, de forma aproximada, en 2/5) para la envergadura alar y en 0,72112 (cerca de 3/4) para la superficie de sustentación efectiva dada por las alas y la proyección de estas en el cuerpo de las aves. De manera contraria ocurre con la relación entre la superficie y la envergadura alar, siendo cercana al escalado isométrico descrito, al variar en 0,55104. Esta condición se repite en varios de los grupos taxonómicos observados, como en Galloanserae y en casi todas las Terrestroornithes. Pero en otros grupos, el efecto de la morfología se muestra determinante para la variación de la masa corporal.

Si bien, como lo explica Greenewalt (1962), resulta ser una fuente confiable y razonable de información relevante, estadísticamente el escalado geométrico parece mostrar fallas, al encontrarse con un escenario tangible en donde el pronunciado aumento de las dimensiones alares varía de manera pronunciada, partiendo de aves pequeñas con alas excepcionalmente cortas y con poca superficie, a aves grandes, con envergaduras que parecen ser desproporcionadas con lo postulado.

Considerando la isometría como un punto de comparación, se pueden detallar grupos con alometría positiva (cuyo cambio de masa es más directo con el aumento de las proporciones morfológicas) de aquellas que presentan cambios negativos (manteniendo los valores de masa aún varíen las relaciones corporales). De acuerdo a la relación masa vs. envergadura, quienes presentan una alometría positiva (como la que se observa en el conjunto de las Neognathae) son los Galloanserae, las Podicipediformes, las Apodiformes y, en menor proporción, las grandes acuáticas incluídas en las Pelecaniformes y Gruiformes. En ellas, el efecto que tiene el cambio de envergadura se refleja con mayor medida en la variación de la masa. Caso contrario ocurre con las Gaviiformes, los Phoenicopteriformes y las Phaethontiformes, quienes presentan una alometría negativa. Si se considera la relación entre la masa y la superficie alar, la alometría positiva se repite para todas las Neognathae, así como para las Galloanserae, las Gruiformes y las Apodiformes. En general, se tiene entonces que la masa de los individuos que integran estos grupos puede aumentar de forma lineal, pero los morfotipos serán cada vez más grandes y en forma potencial. Para destacar se encuentra el grupo de las Apodiformes, en donde los cambios son mucho más marcados, coincidiendo con lo establecido por Rayner (1988) y Pennycuick (2008), quienes sugieren evaluar a este grupo (específicamente a la familia Trochilidae) de manera aparte en los estudios de dinámica de locomoción y relación corporal, básicamente por la diferente

estrategia locomotora (vuelo estático) que estas aves presentan, aunado al efecto que ésta tiene en su anatomía funcional.

Bajo condiciones de alometría negativa se observan los grupos como Gaviiformes, Phoenicopteriformes y Phaethontiformes, todas aves acuáticas con marcado desarrollo del planeo. No obstante, otros grupos de aves con vuelo pasivo (*soaring, gliding*) muestran relaciones alométricas diversas (como se observa en Accipitriformes y Procellariiformes, quienes mantienen relaciones similares a la establecidas por el escalado geométrico, de acuerdo a la variación corporal estudiada en los ejemplares descritos). Aves con vuelo activo presente y sostenido, como Passeriformes, Otidiformes y Charadriiformes, muestran relaciones isométricas para cada caso estudiado, aunque no es una condición sostenida en el resto de los grupos en los que se ha descrito esta estrategia locomotora como la más ocurrente (así como ocurre dentro del grupo de las rapaces en general y en las Columbiformes).

**Tabla 3.1:** Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la masa corporal y la envergadura alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.

Grupo taxonómico	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	N
<b>Neognathae</b>	$B = 1.1347 M^{0.40391}$	<b>0.94004</b>	<b>2574</b>
Anseriformes	$B = 0.93065 M^{0.41436}$	0.95832	254
Galliformes	$B = 0.72659 M^{0.40021}$	0.93141	42
Gaviiformes	$B = 1.1627 M^{0.11512}$	0.64938	32
Podicipediformes	$B = 0.90348 M^{0.40463}$	0.97578	7
Phoenicopteriformes	$B = 1.2368 M^{0.16539}$	0.86789	7
Procellariiformes	$B = 1.2595 M^{0.37834}$	0.96693	166
Phaethontiformes	$B = 1.217 M^{0.28012}$	0.91963	18
Ciconiiformes	$B = 1.3494 M^{0.33753}$	0.90743	17
<b>Suliformes</b>	$B = 1.4036 M^{0.066955}$	<b>0.096924</b>	<b>60</b>
Pelecaniformes	$B = 1.3608 M^{0.38341}$	0.96537	122
Accipitriformes	$B = 1.2845 M^{0.34568}$	0.93393	303
Otidiformes	$B = 0.92408 M^{0.38059}$	0.99799	4
Gruiformes	$B = 1.0373 M^{0.39903}$	0.97512	25
Charadriiformes	$B = 1.2191 M^{0.35263}$	0.73009	276
<b>Columbiformes</b>	$B = 0.57031 M^{0.13725}$	<b>0.15026</b>	<b>33</b>
Cuculiformes	$B = 0.94342 M^{0.28412}$	0.71566	7
Strigiformes	$B = 1.2961 M^{0.38919}$	0.92477	49
<b>Caprimulgiformes</b>	$B = 0.83551 M^{0.14744}$	<b>0.45319</b>	<b>17</b>
Apodiformes	$B = 1.2461 M^{0.42764}$	0.84506	207
Trogoniformes	$B = 0.53302 M^{0.33445}$	0.98969	3
Coraciiformes	$B = 1.0562 M^{0.34869}$	0.66612	13
<b>Piciformes</b>	$B = 0.55325 M^{0.17968}$	<b>0.38725</b>	<b>22</b>
Falconiformes	$B = 1.148 M^{0.28586}$	0.92748	82
<b>Psittaciformes</b>	$B = 0.41535 M^{0.092797}$	<b>0.48441</b>	<b>16</b>
Passeriformes	$B = 0.8602 M^{0.34768}$	0.62719	792

**Tabla 3.2:** Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la superficie y la envergadura alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.

Grupo taxonómico	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	N
<b>Neognathae</b>	<b><math>B = 3.0234 S^{0.55104}</math></b>	<b>0.95585</b>	<b>2574</b>
Anseriformes	$B = 2.8349 S^{0.48147}$	0.98238	254
Galliformes	$B = 2.6376 S^{0.53041}$	0.94845	42
Gaviiformes	$B = 2.3537 S^{0.32057}$	0.83563	32
Podicipediformes	$B = 3.3966 S^{0.5157}$	0.91557	7
Phoenicopteriformes	$B = 2.8462 S^{0.47981}$	0.95272	7
Procellariiformes	$B = 4.0248 S^{0.59533}$	0.99745	166
Phaethontiformes	$B = 3.1835 S^{0.50045}$	0.82782	18
Ciconiiformes	$B = 2.7714 S^{0.47692}$	0.95095	17
Suliformes	$B = 5.6753 S^{0.89055}$	0.90065	60
Pelecaniformes	$B = 2.9768 S^{0.54594}$	0.98109	122
Accipitriformes	$B = 2.5965 S^{0.48714}$	0.94461	303
Otidiformes	$B = 2.578 S^{0.4709}$	0.99246	4
Gruiformes	$B = 2.7275 S^{0.51514}$	0.98965	25
Charadriiformes	$B = 3.0346 S^{0.50676}$	0.89918	276
<b>Columbiformes</b>	<b><math>B = 1.6432 S^{0.41799}</math></b>	<b>0.2628</b>	<b>33</b>
Cuculiformes	$B = 6.5894 S^{0.76538}$	0.99087	7
Strigiformes	$B = 2.9116 S^{0.55401}$	0.98427	49
Caprimulgiformes	$B = 1.1204 S^{0.20762}$	0.50241	17
Apodiformes	$B = 2.635 S^{0.48602}$	0.91602	207
Trogoniformes	$B = 1.2215 S^{0.42715}$	0.99929	3
Coraciiformes	$B = 2.0804 S^{0.43683}$	0.73088	13
Piciformes	$B = 1.4861 S^{0.40321}$	0.61152	22
Falconiformes	$B = 2.8522 S^{0.49521}$	0.96953	82
Psittaciformes	$B = 0.59309 S^{0.15125}$	0.65807	16
Passeriformes	$B = 2.6632 S^{0.5536}$	0.69705	792

**Tabla 3.3:** Regresiones por grupo taxonómico para relaciones entre la masa corporal y la superficie alar, de acuerdo a las mediciones realizadas por 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras. En rojo se muestran los taxa con el coeficiente de regresión inferior al 50%.

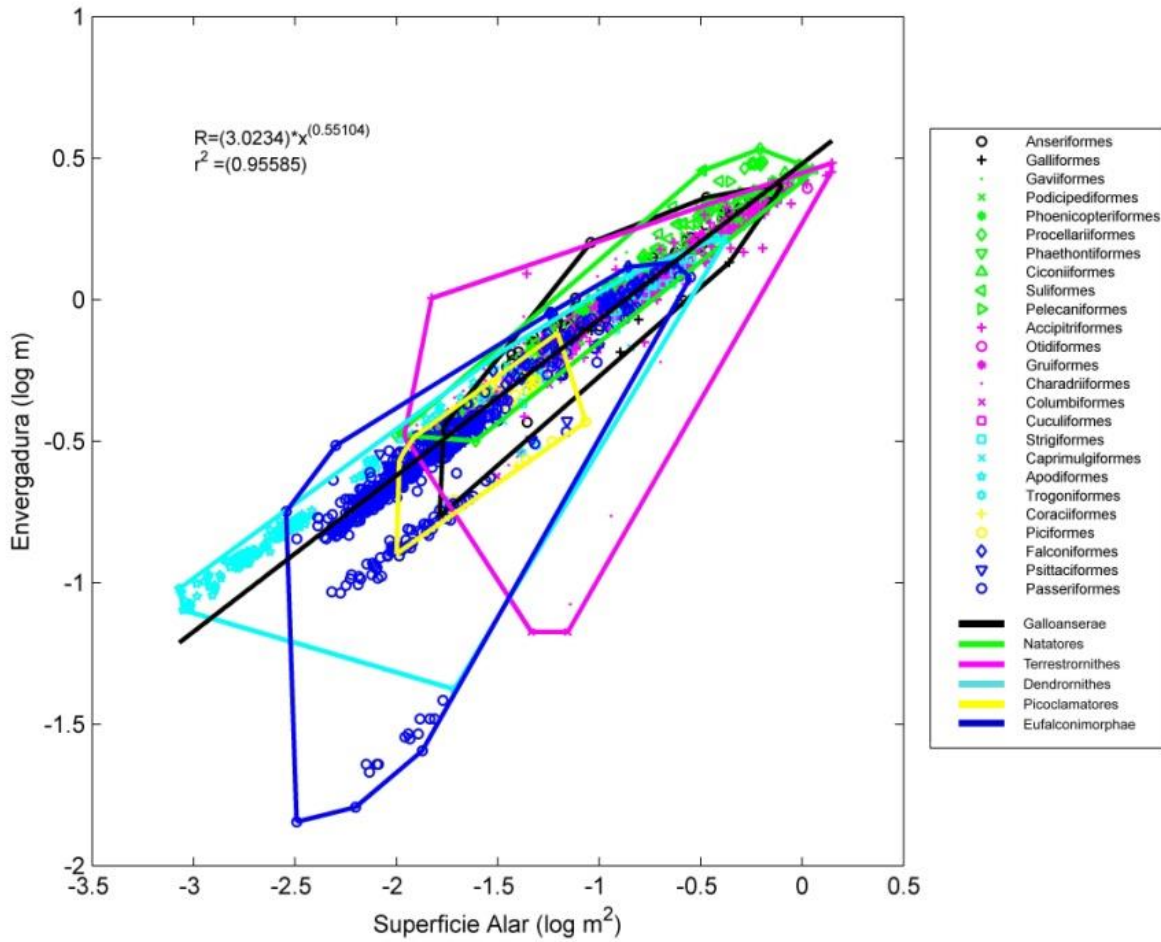
Grupo taxonómico	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	N
<b>Neognathae</b>	<b><math>S = 0.16523 M^{0.72112}</math></b>	<b>0.96752</b>	<b>2574</b>
Anseriformes	$S = 0.099742 M^{0.84862}$	0.96191	254
Galliformes	$S = 0.087898 M^{0.75068}$	0.97702	42
Gaviiformes	$S = 0.11287 M^{0.34225}$	0.74063	32
Podicipediformes	$S = 0.068368 M^{0.66655}$	0.90539	7
Phoenicopteriformes	$S = 0.17474 M^{0.36069}$	0.95326	7
Procellariiformes	$S = 0.14192 M^{0.63481}$	0.96834	166
Phaethontiformes	$S = 0.12509 M^{0.38574}$	0.76556	18
Ciconiiformes	$S = 0.23011 M^{0.6811}$	0.91835	17
<b>Suliformes</b>	<b><math>S = 0.20308 M^{0.13251}</math></b>	<b>0.18967</b>	<b>60</b>
Pelecaniformes	$S = 0.23878 M^{0.69117}$	0.9684	122
Accipitriformes	$S = 0.23558 M^{0.68101}$	0.94885	303
Otidiformes	$S = 0.1167 M^{0.78983}$	0.9827	4
Gruiformes	$S = 0.14785 M^{0.75056}$	0.95474	25
Charadriiformes	$S = 0.16783 M^{0.70857}$	0.82679	276
Columbiformes	$S = 0.10704 M^{0.50935}$	0.88693	33
Cuculiformes	$S = 0.081236 M^{0.38167}$	0.74261	7
Strigiformes	$S = 0.23438 M^{0.71137}$	0.95142	49
Caprimulgiformes	$S = 0.28328 M^{0.77169}$	0.98023	17
Apodiformes	$S = 0.19839 M^{0.8641}$	0.90598	207
Trogoniformes	$S = 0.16404 M^{0.73459}$	0.99439	3
Coraciiformes	$S = 0.2037 M^{0.78102}$	0.89175	13
Piciformes	$S = 0.13632 M^{0.64121}$	0.9112	22
Falconiformes	$S = 0.15907 M^{0.57653}$	0.95544	82
Psittaciformes	$S = 0.16175 M^{0.80647}$	0.9676	16
Passeriformes	$S = 0.14714 M^{0.66117}$	0.94724	792



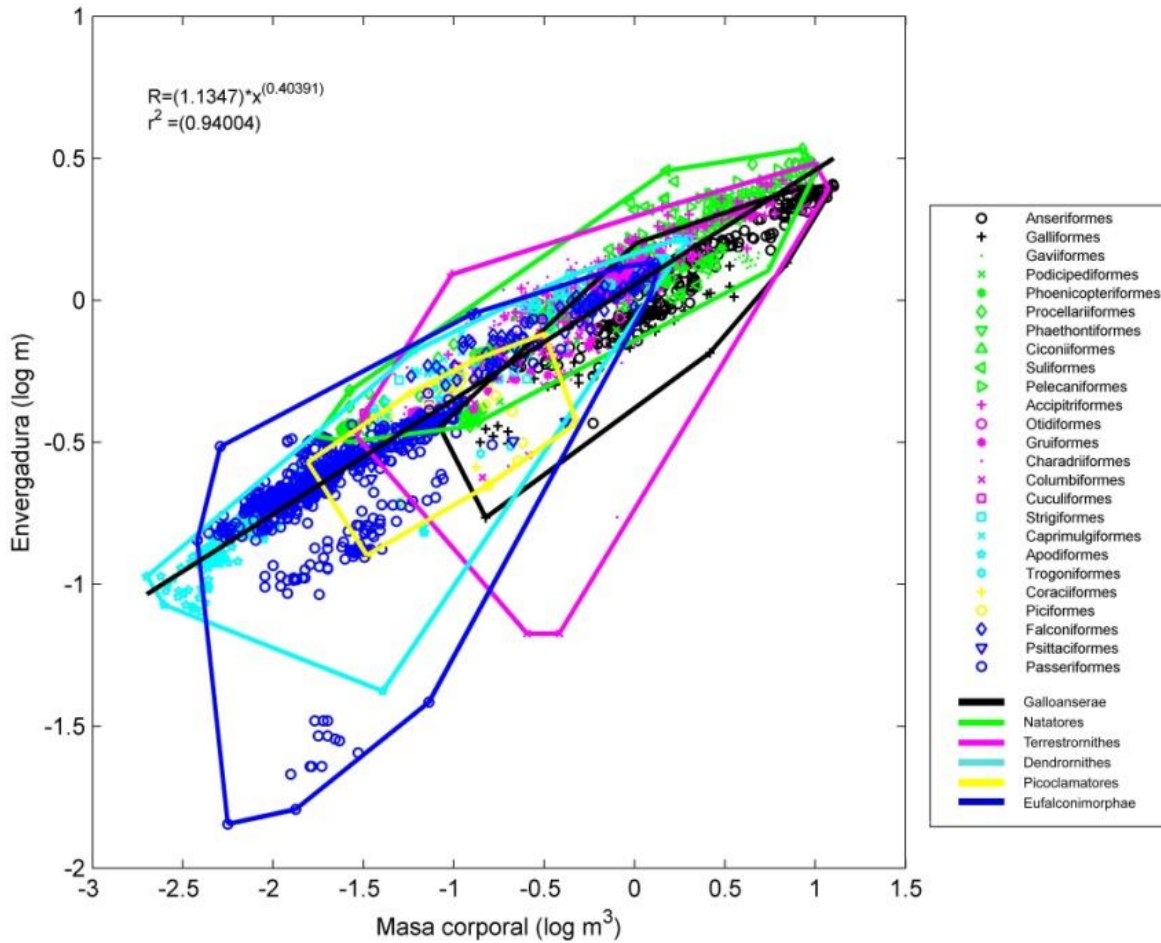
La observación de datos que se escapan de estas consideraciones señala que los mecanismos por los cuales ocurren estas variaciones parecen ser más complejos. Al detallar las relaciones de grupos con buena representación de individuos (ver Columbiformes, Suliformes y Psittaciformes), se tiene que, a pesar de pertenecer a un mismo grupo taxonómico y mostrar estrategias similares de locomoción, sus variaciones anatómicas parecen no estar correlacionadas. Si se detalla además la variabilidad que muestra cada grupo de organismos (ver las envolventes convexas en las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9), se pudiera proponer que la diversificación de formas no se encontraría relacionada con la filogenia, fundamentándose en otros mecanismos, diferentes al funcional, y que actúan como restrictores y/o conductores de diversidad. No obstante, estudios conducentes que describan la relación entre la filogenia y la morfología funcional deben ser efectuados para tal fin.

En vista de que las condiciones de isometría no se cumplen en todos los casos, se propone que, para efectos de escalado corporal dentro de límites funcionales, se proyecten de acuerdo a las relaciones que tiene la masa límite (definida en el capítulo precedente) con respecto a las variables que definen la forma para cada grupo taxonómico, bajo la salvedad de que en algunos casos las relaciones que se muestran no parecen ser concluyentes. Esto se observa claramente con el morfoespacio generado para las Suliformes (Figura 3.46). Para el conjunto de las Neognathae y, de acuerdo a esta consideración, los nuevos límites corporales bajo condiciones de alometría positiva, manteniendo el intervalo de masa entre (0 , 51,53] Kg serían de (0 , 4,915] m de envergadura y, para la superficie efectiva de sustentación de (0 , 17,163] m<sup>2</sup>.

Las regresiones lineales para las relaciones entre la envergadura vs. superficie alar, envergadura vs. masa corporal y superficie alar vs. masa corporal para el conjunto de las Neognathae estudiadas, se detallan en las Figuras 3.7, 3.8 y 3.9, respectivamente, incluyendo las envolventes convexas para cada grupo taxonómico de jerarquía superior a orden. El morfoespacio corregido por alometría dada para las Neognathae se ilustra en la Figura 3.10. Las relaciones lineales y los morfoespacios teóricos para cada grupo taxonómico (25 ordenes en total) se exponen las Figuras 3.11 a 3.110, manteniendo el orden presentado previamente.



**Figura 3.7:** Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: envergadura en función a la superficie alar ( $B$  vs.  $S$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.2. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.



**Figura 3.8:** Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: Envergadura en función a la masa corporal ( $B$  vs.  $m$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.1. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.

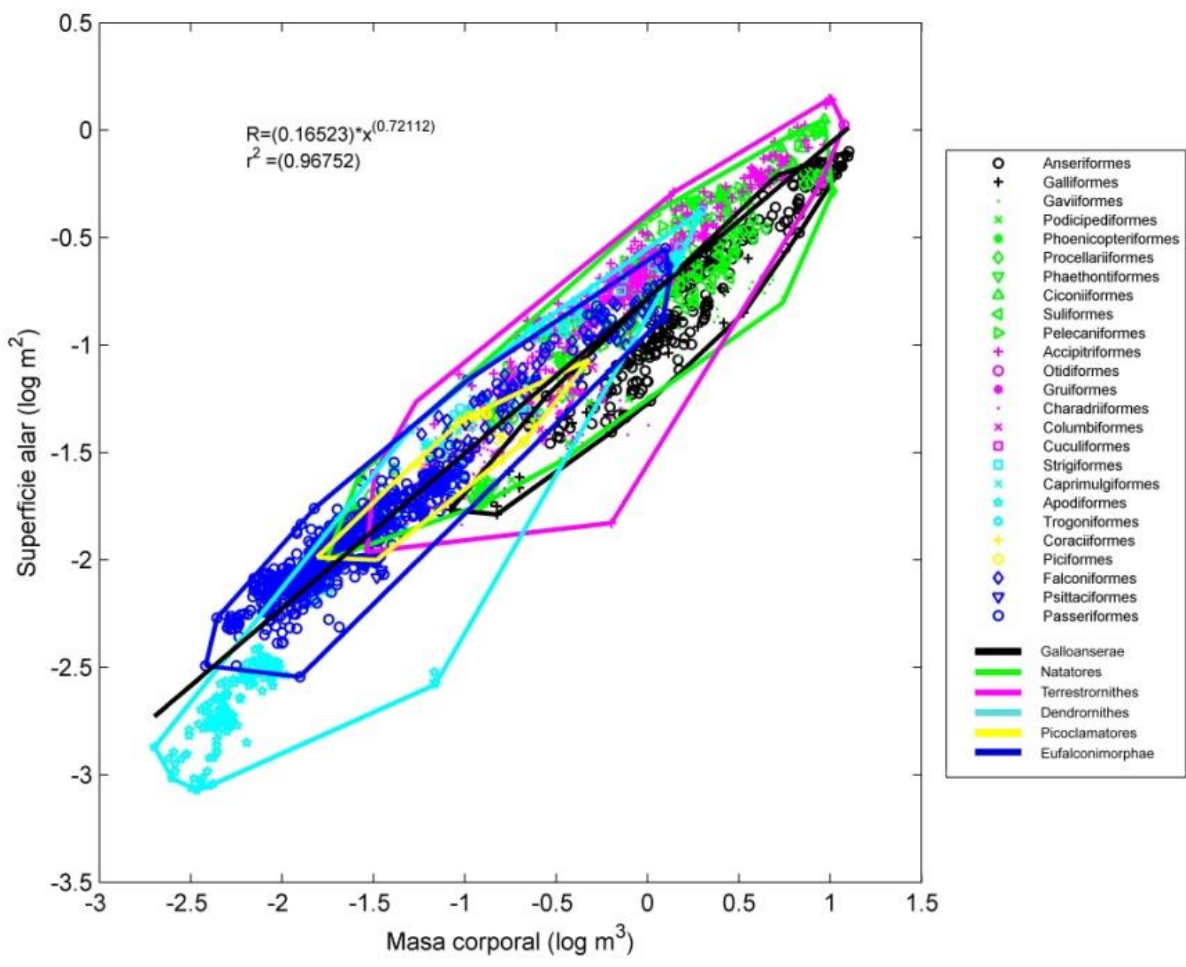


Figura 3.9: Regresión de potencia de variables morfológicas con relevancia aerodinámica: Superficie alar en función a la masa corporal ( $S$  vs.  $m$ ), para el conjunto de datos analizados y descritos en el Apéndice C. Las ecuaciones de regresión para cada grupo taxonómico se resumen en la Tabla 3.3. Las envolventes convexas están definidas para los seis taxa de orden superior.

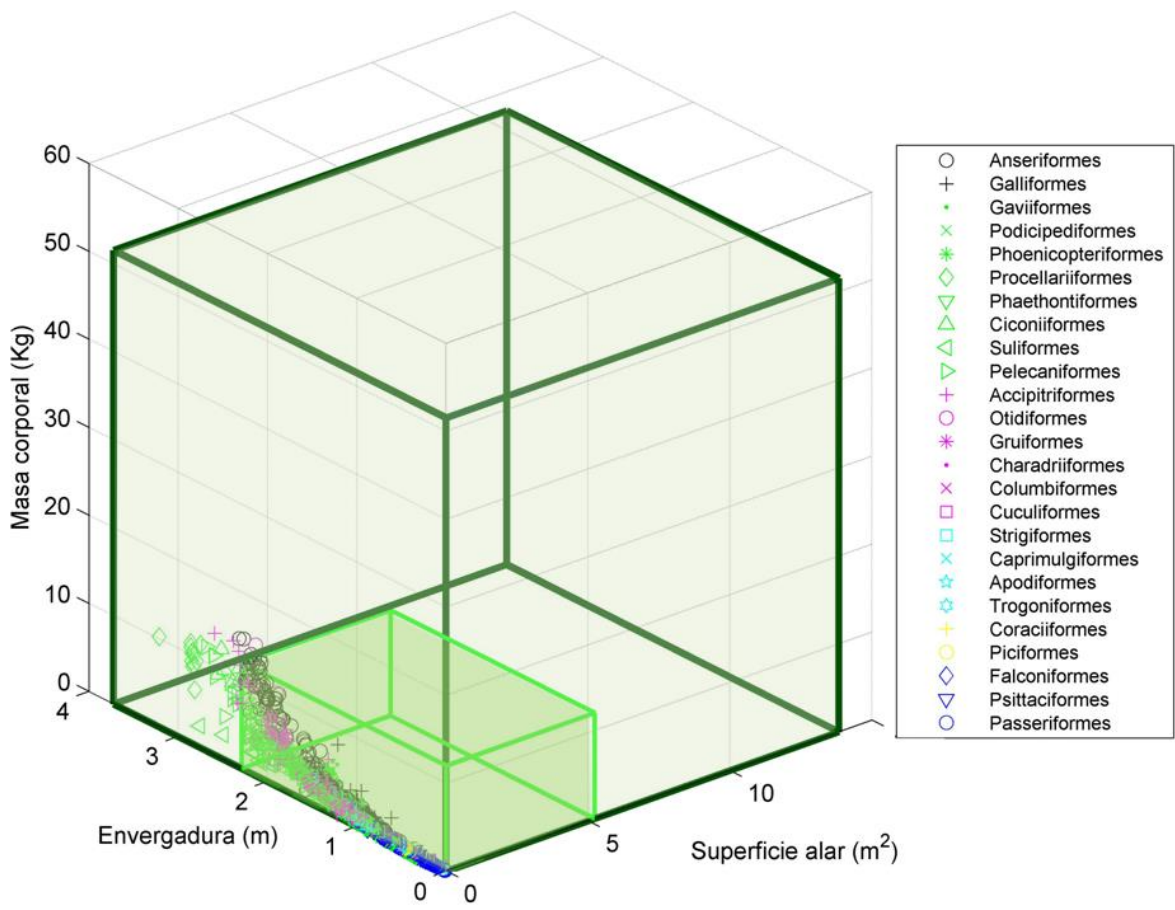


Figura 3.10: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en todas las Neognathae. Los límites para cada variable se describen en el texto.

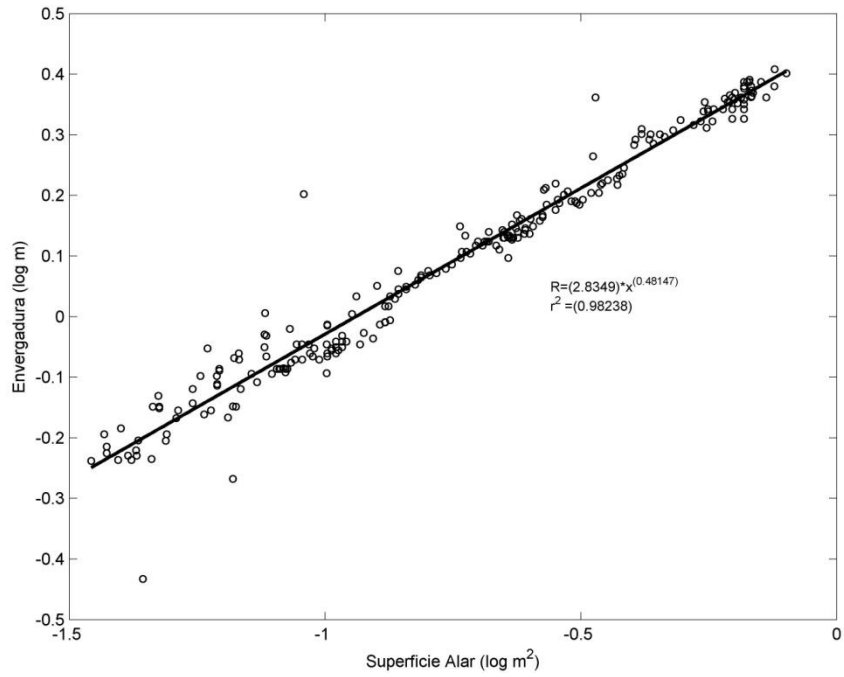


Figura 3.11: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Anseriformes, para n = 254.

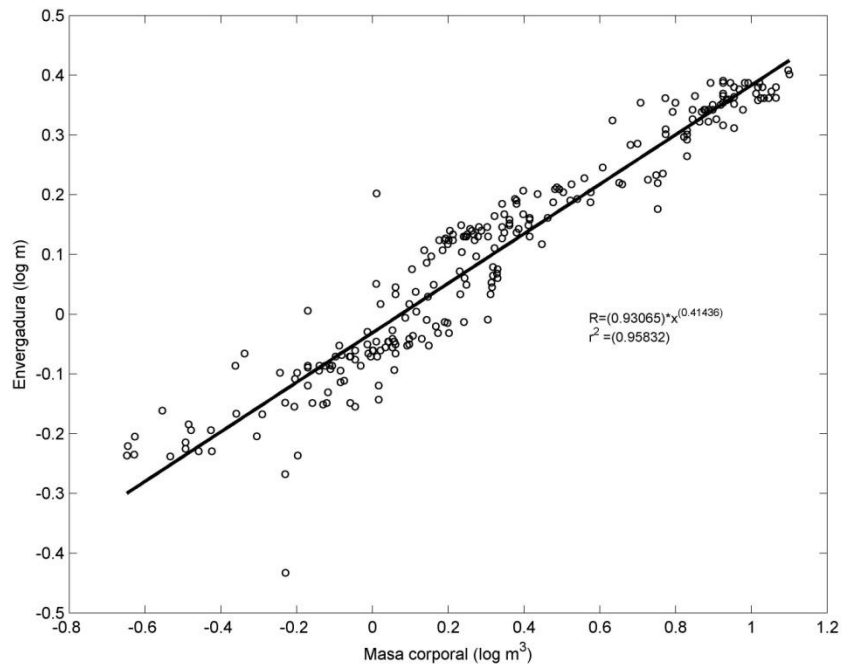


Figura 3.12: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Anseriformes, para n = 254.

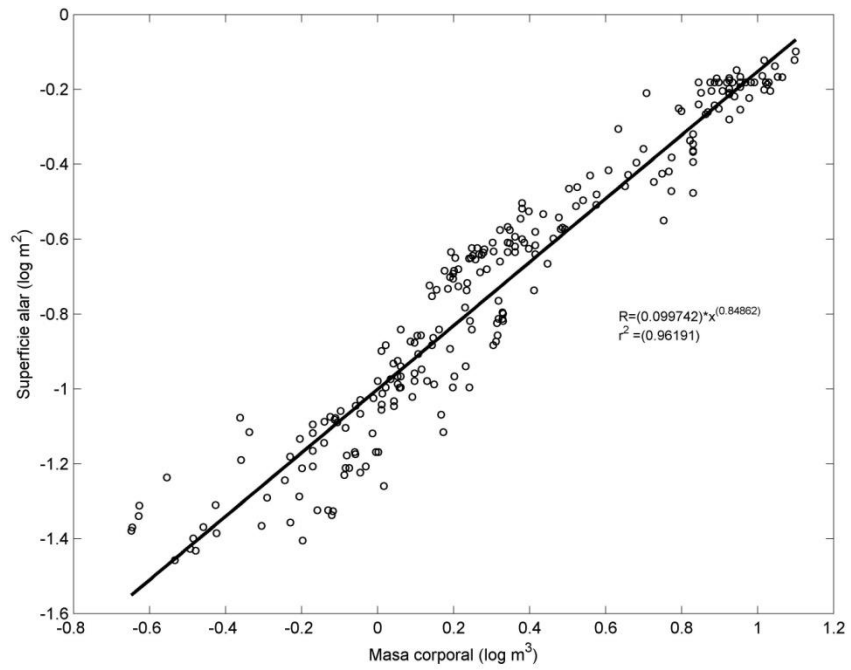


Figura 3.13: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Anseriformes, para n = 254.

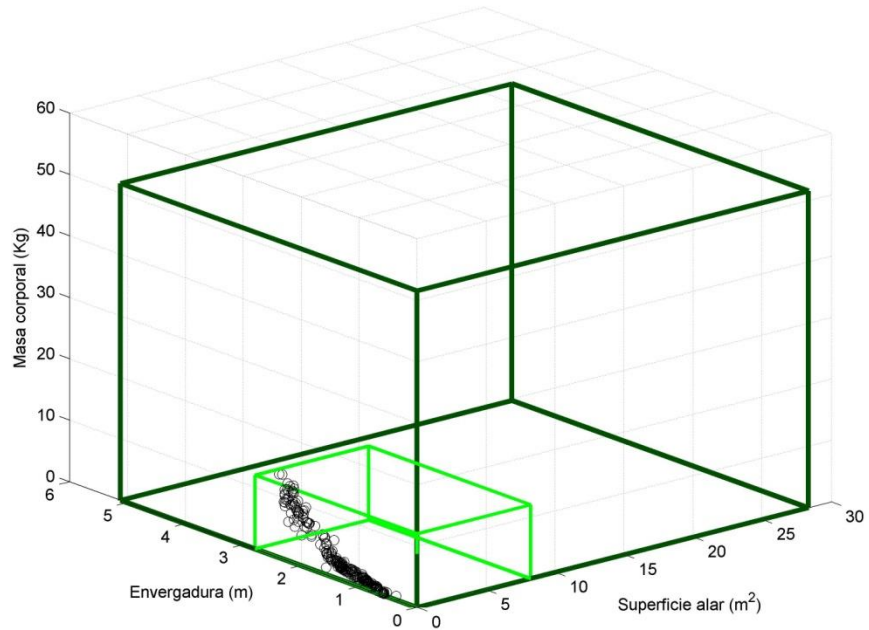


Figura 3.14: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Anseriformes, para n = 254.

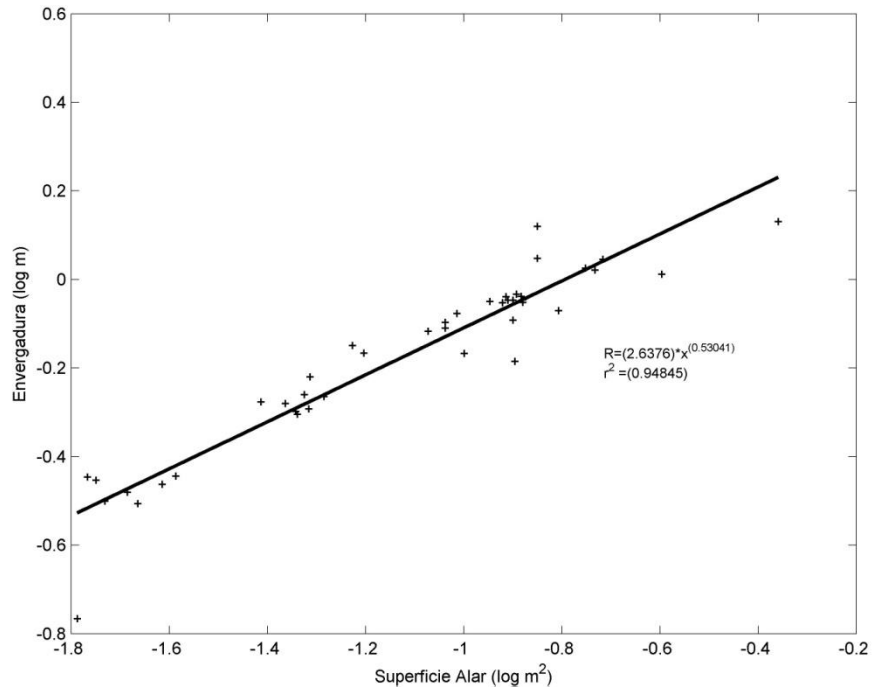


Figura 3.15: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Galliformes, para n = 42.

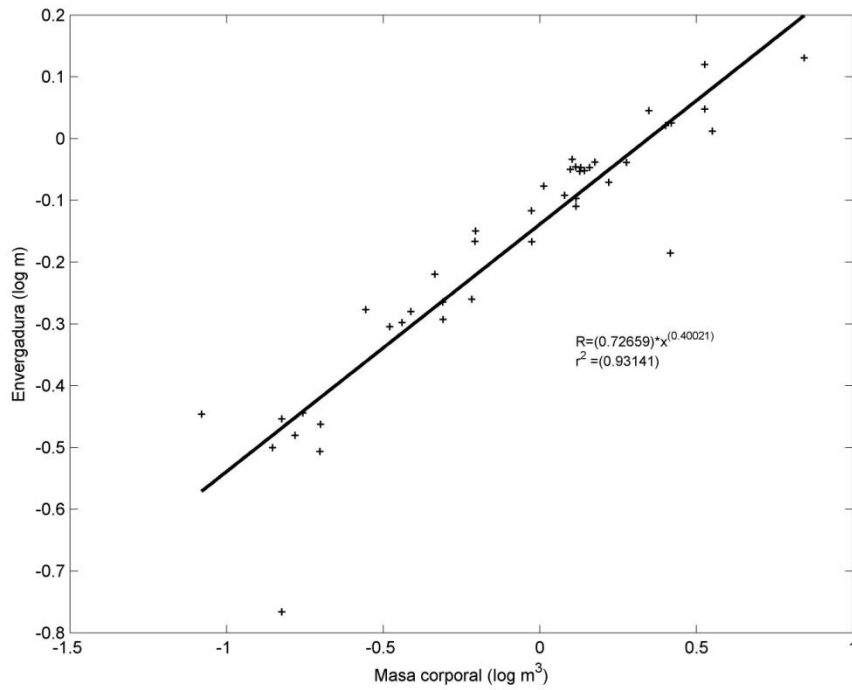


Figura 3.16: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Galliformes, para n = 42.



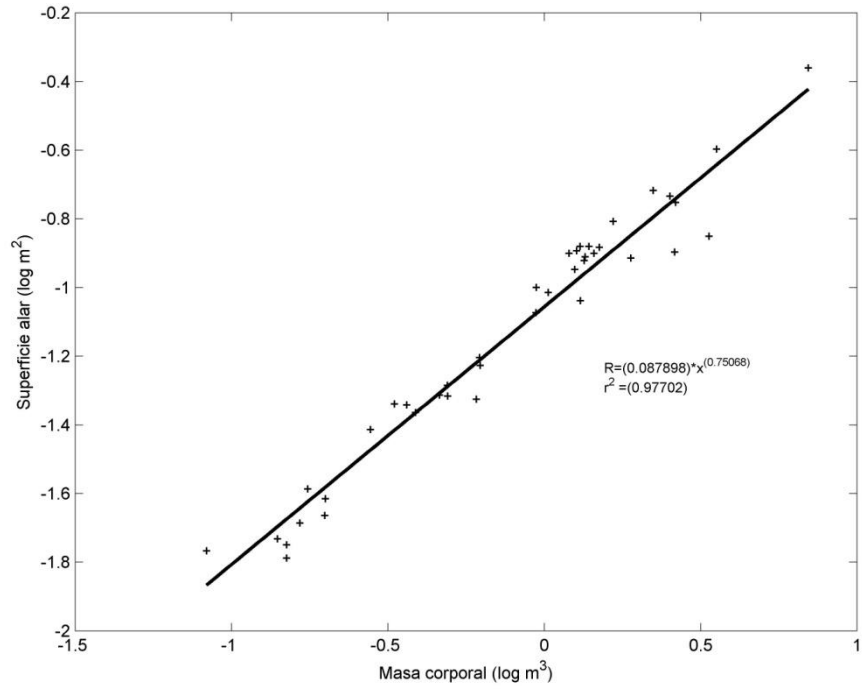


Figura 3.17: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Galliformes, para n = 42.

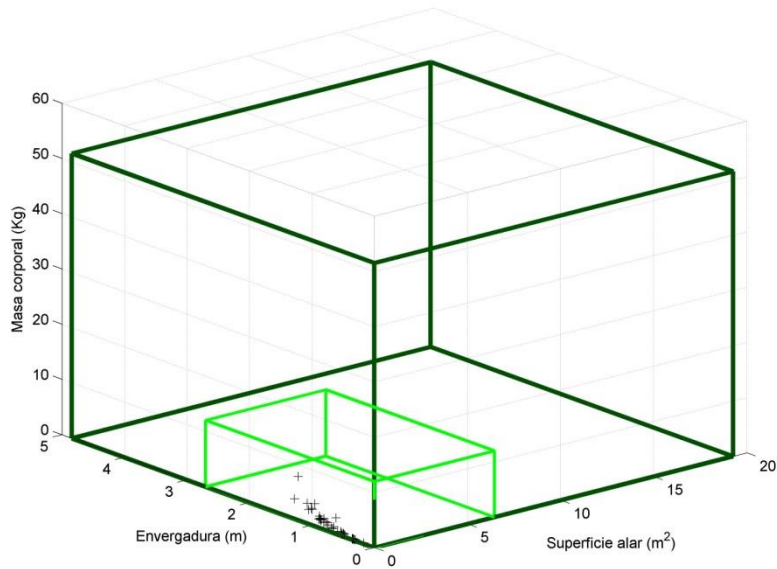


Figura 3.18: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Galliformes, para n = 42.

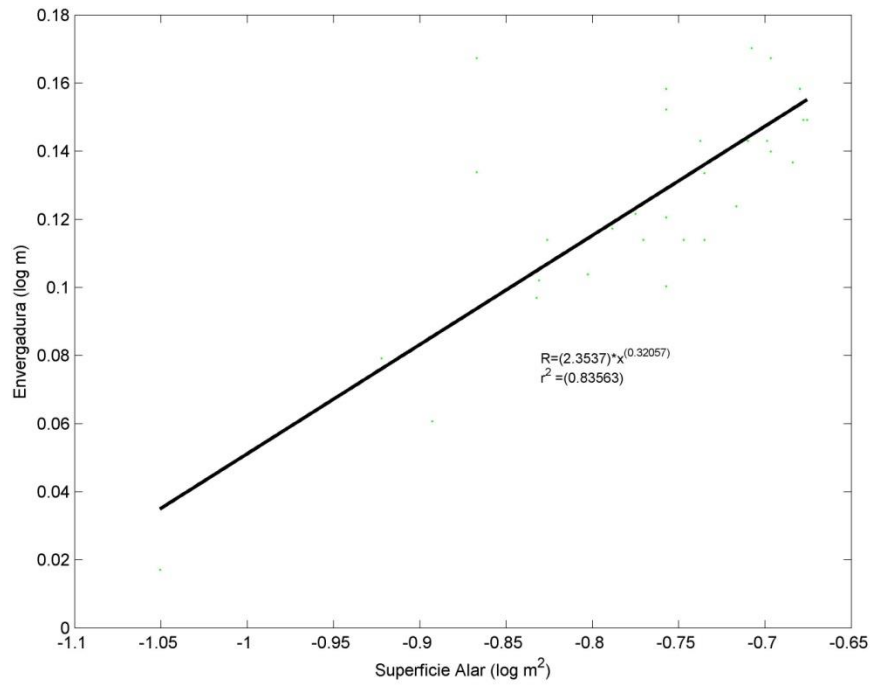


Figura 3.19: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Gaviiformes, para n = 32.

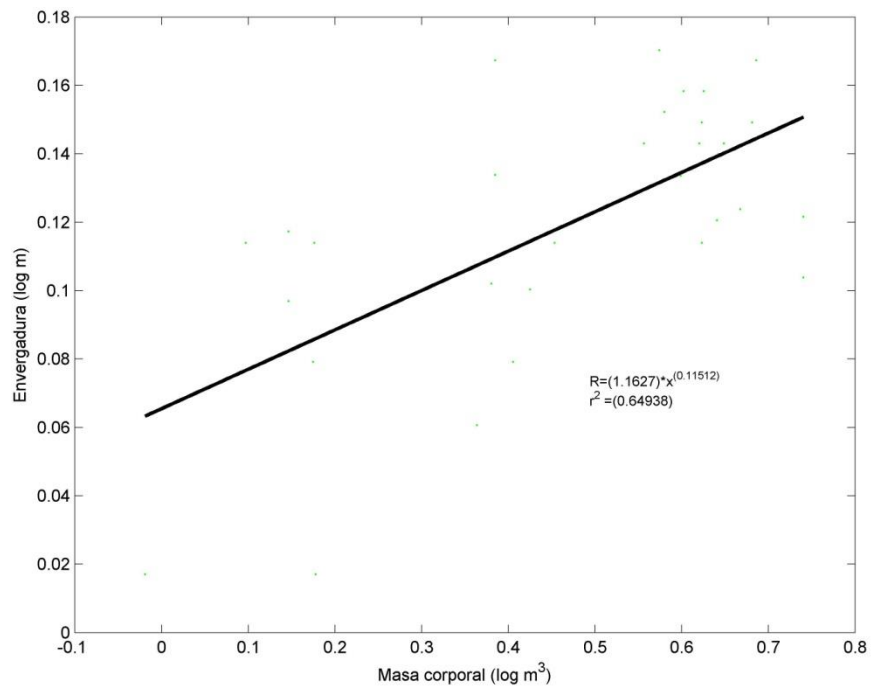
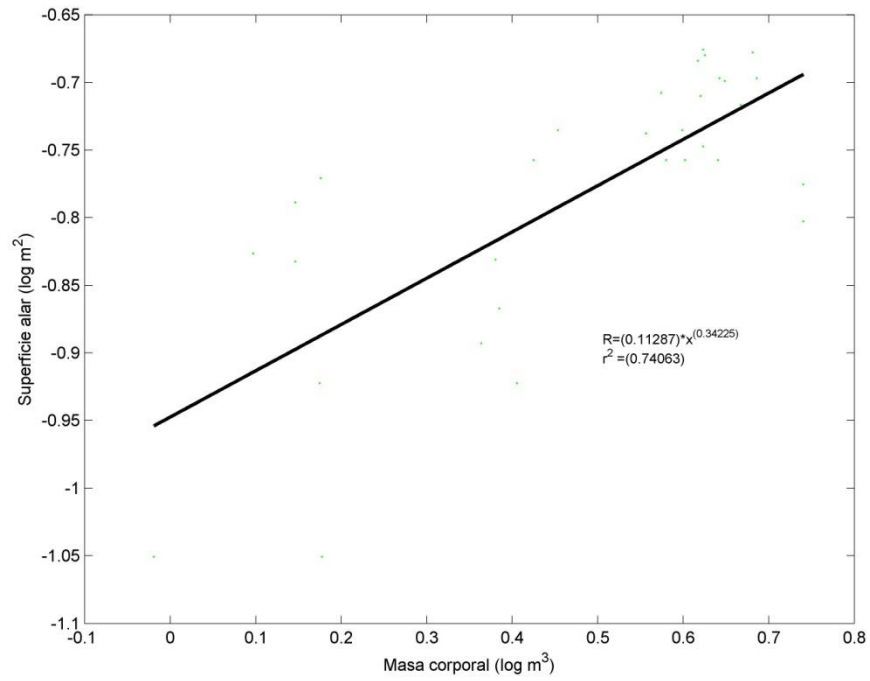
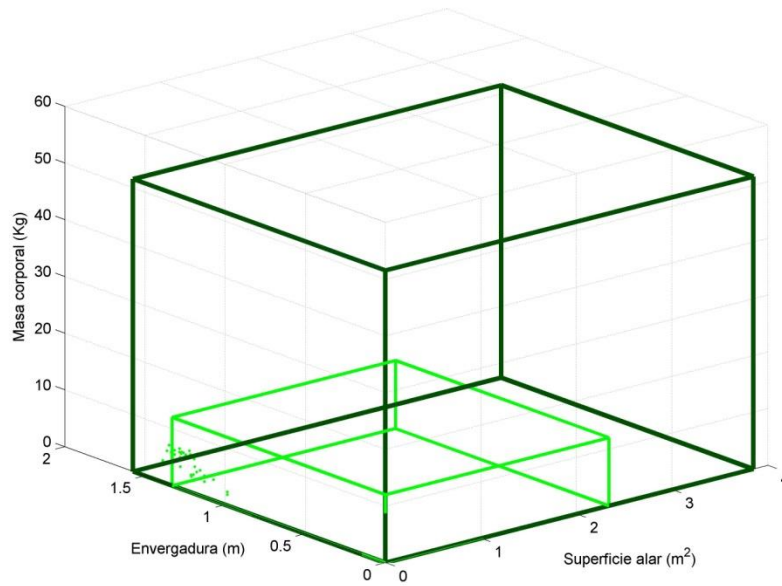


Figura 3.20: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Gaviiformes, para n = 32.



**Figura 3.21:** Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Gaviiformes, para n = 32.



**Figura 3.22:** Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Gaviiformes, para n = 32.

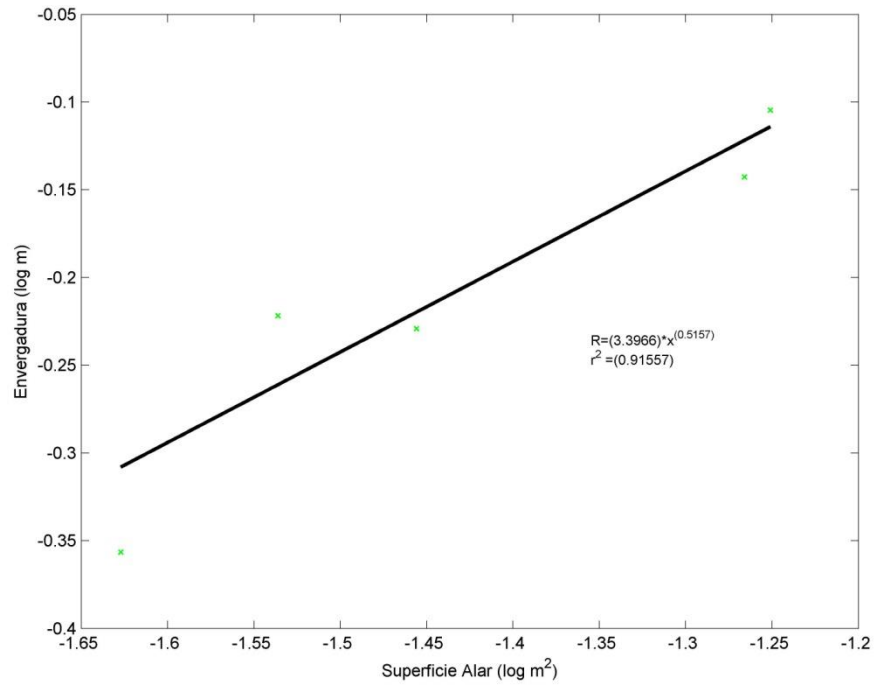


Figura 3.23: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Podicipediformes, para n = 7.

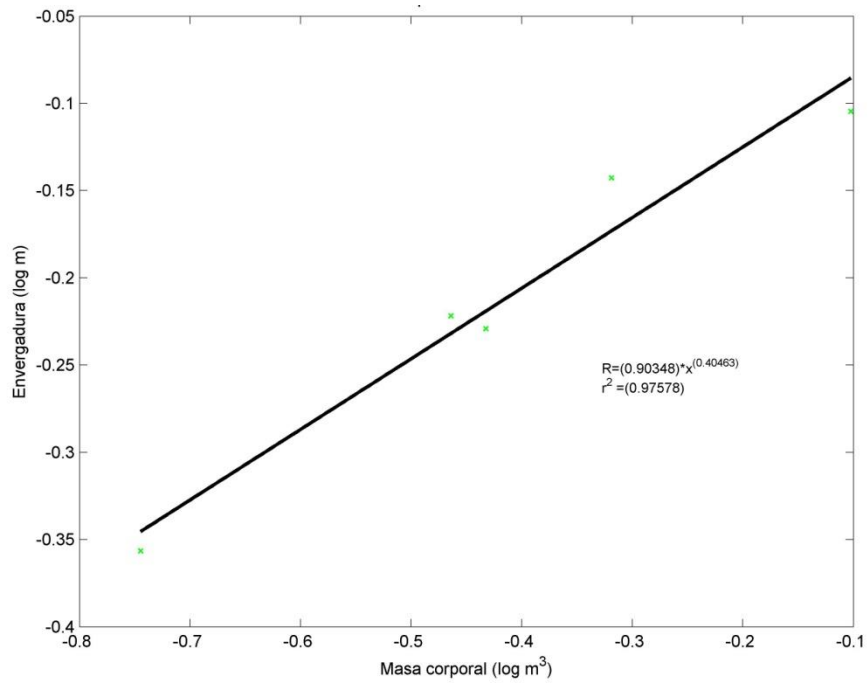


Figura 3.24: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Podicipediformes, para n = 7.

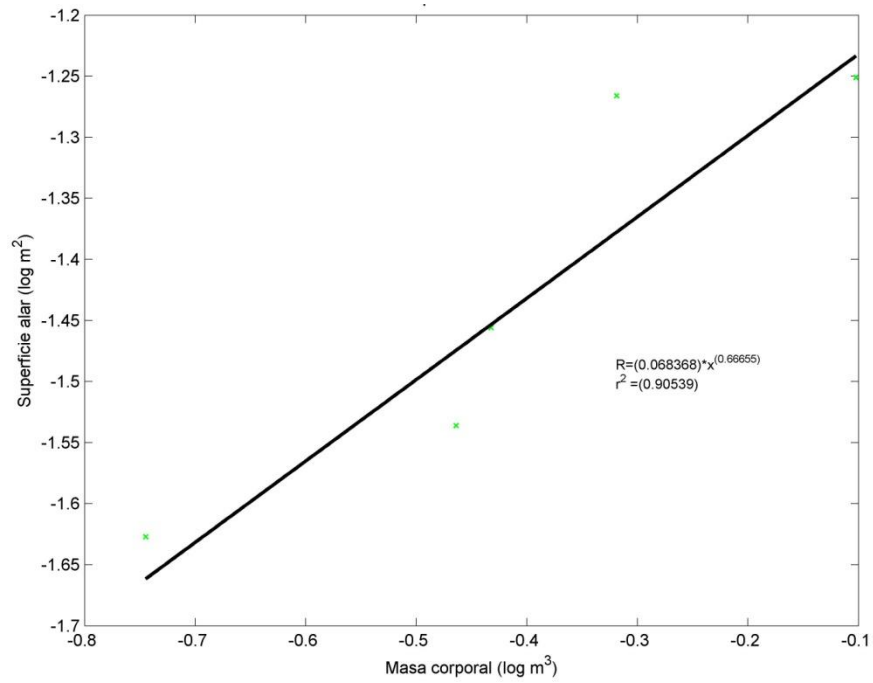


Figura 3.25: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Podicipediformes, para  $n = 7$ .

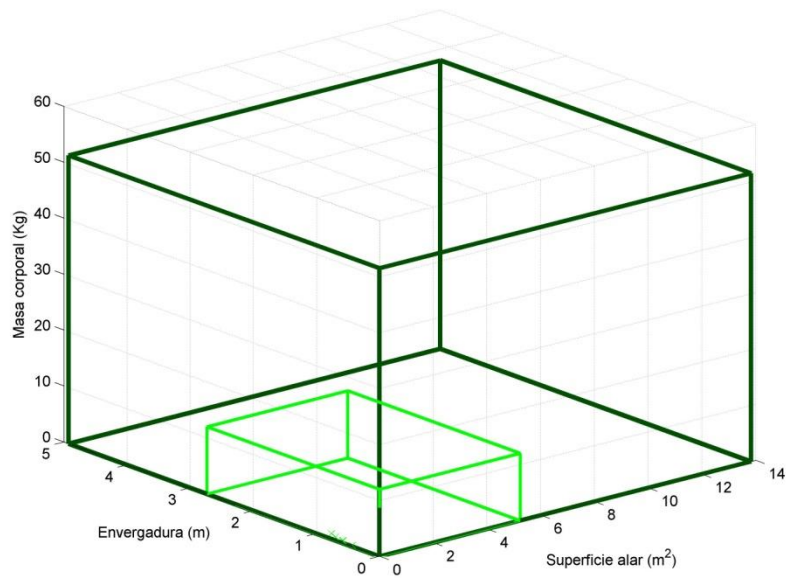


Figura 3.26: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Podicipediformes, para  $n = 7$ .

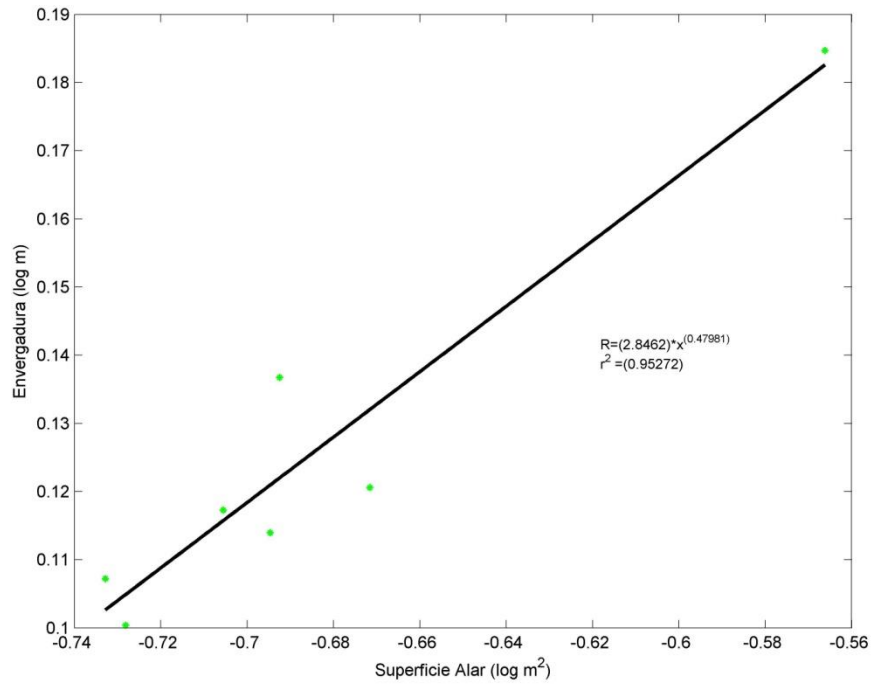


Figura 3.27: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Phoenicopteriformes, para n = 7.

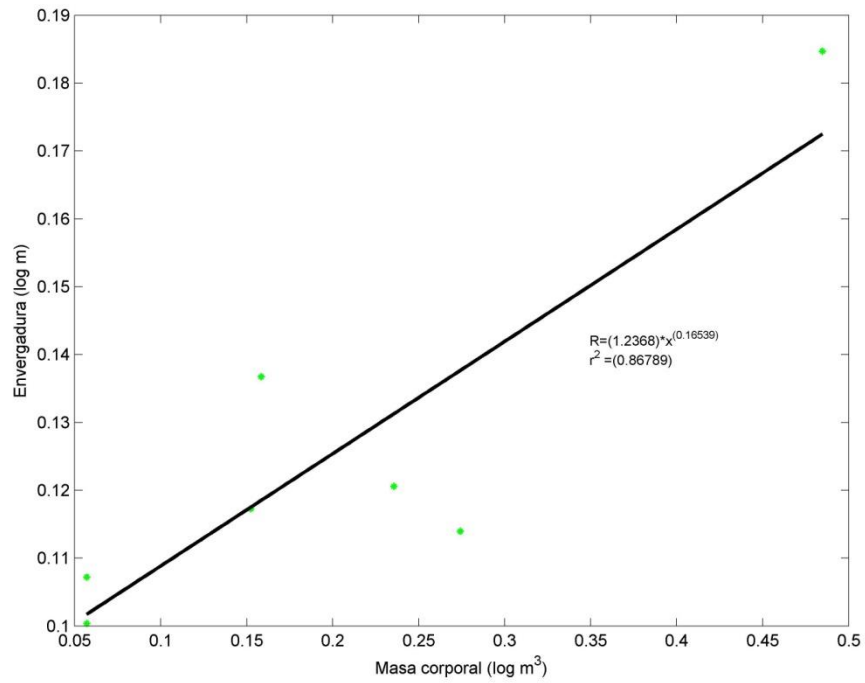


Figura 3.28: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Phoenicopteriformes, para n = 7.

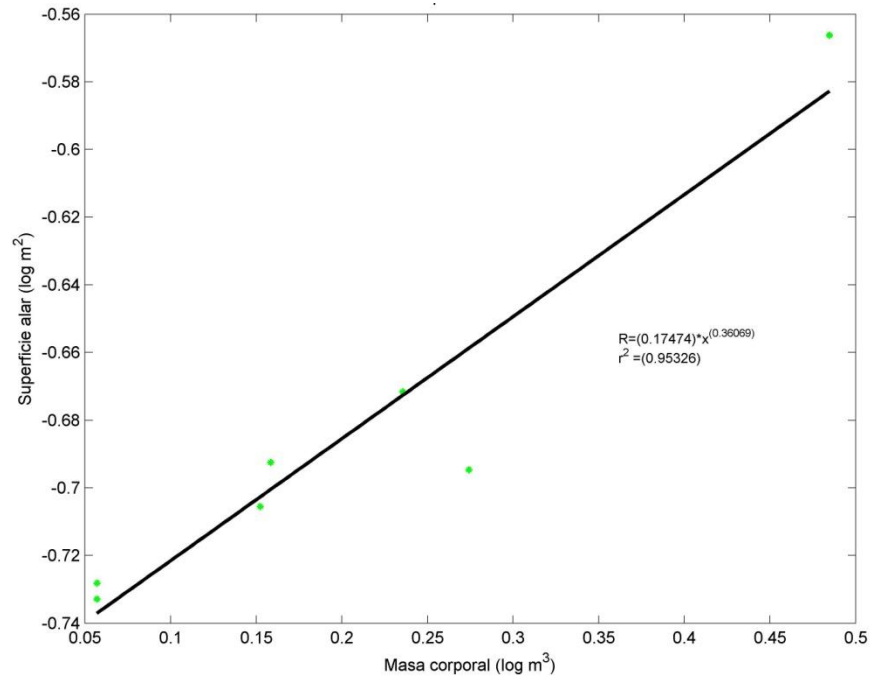


Figura 3.29: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Phoenicopteriformes, para  $n = 7$ .

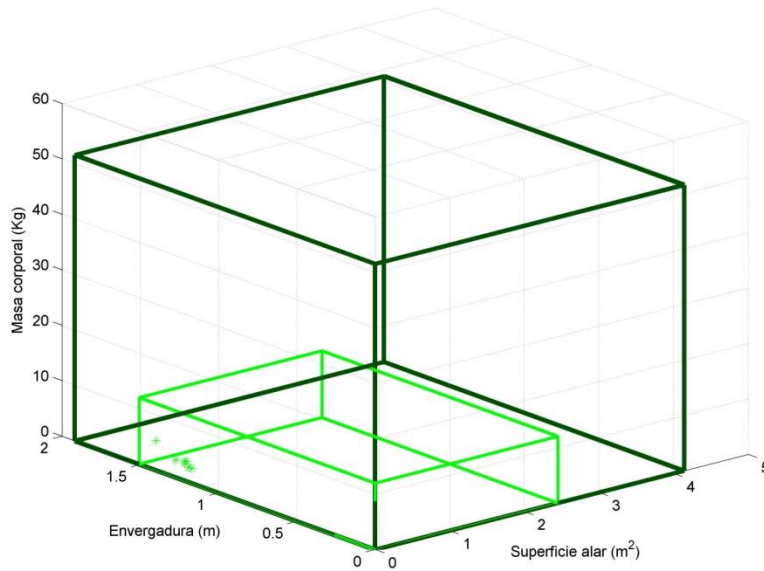


Figura 3.30: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Phoenicopteriformes, para  $n = 7$ .

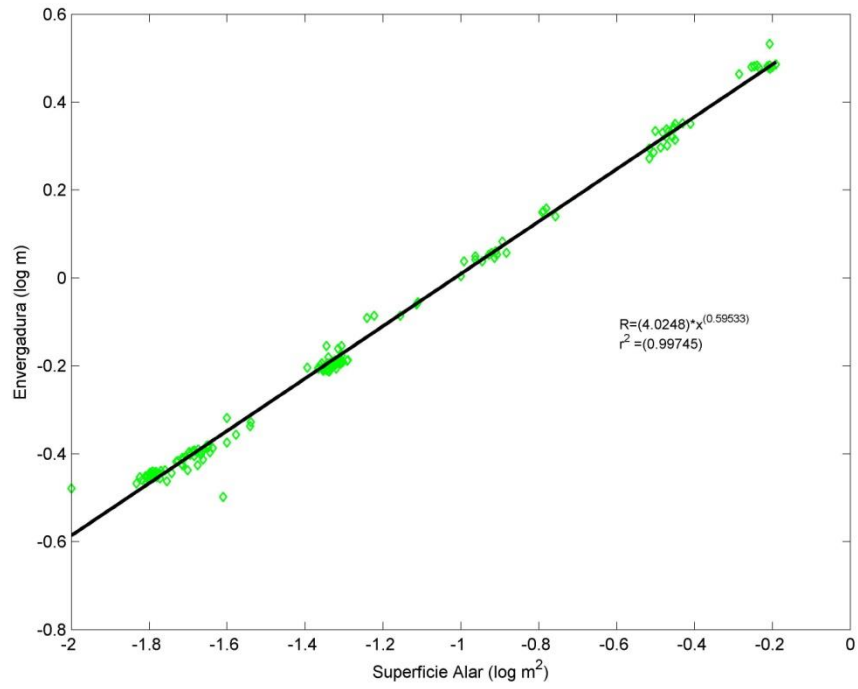


Figura 3.31: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Procariiformes, para n = 166.

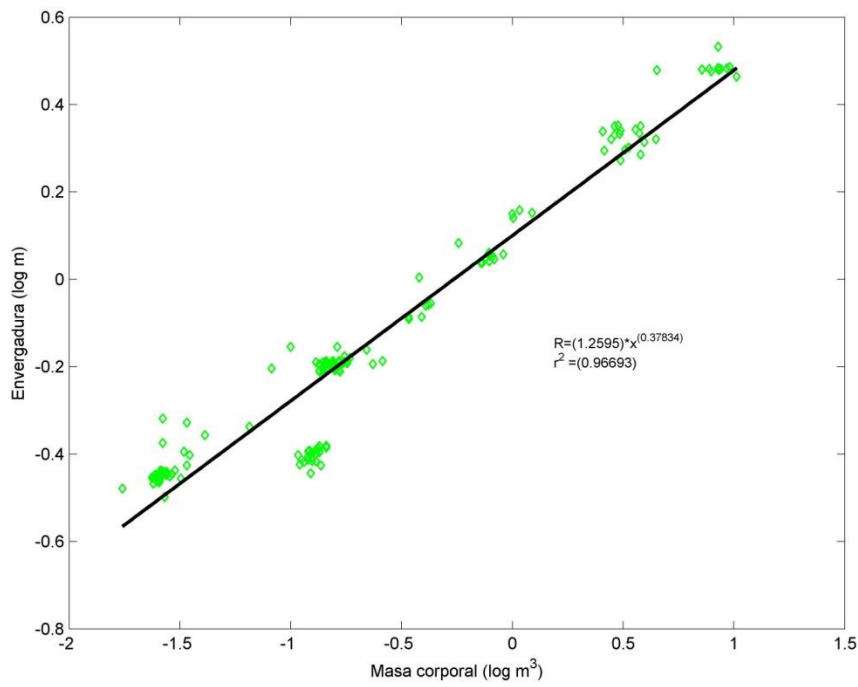


Figura 3.32: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Procariiformes, para n = 166.



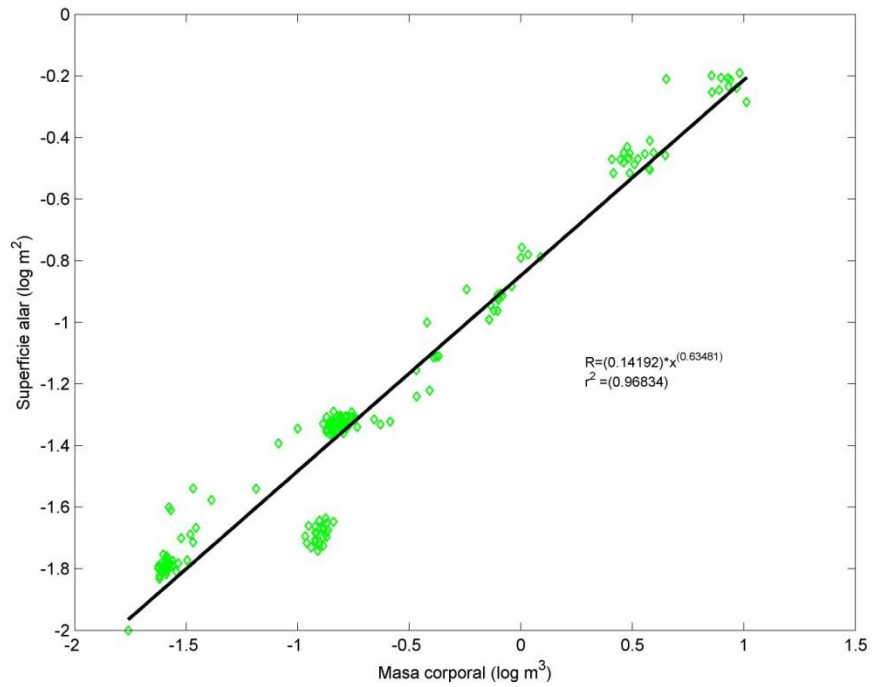


Figura 3.33: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Procellariiformes, para n = 166.

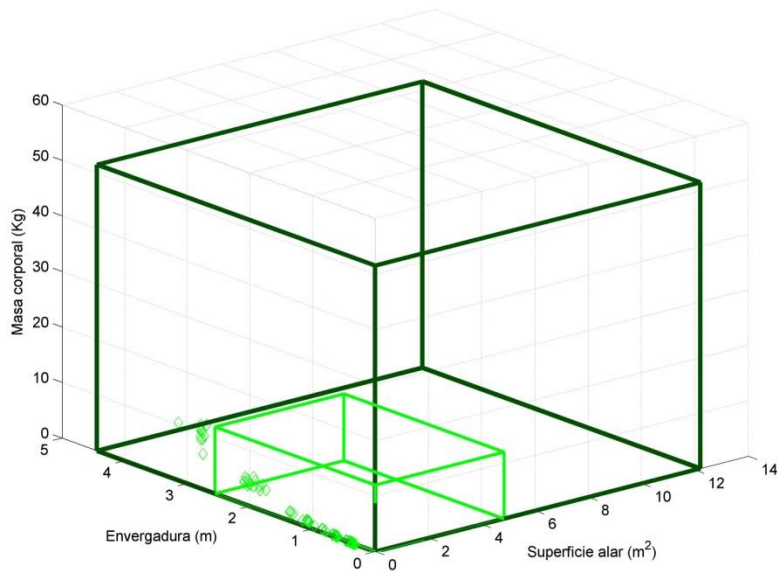


Figura 3.34: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Procellariiformes, para n = 166.

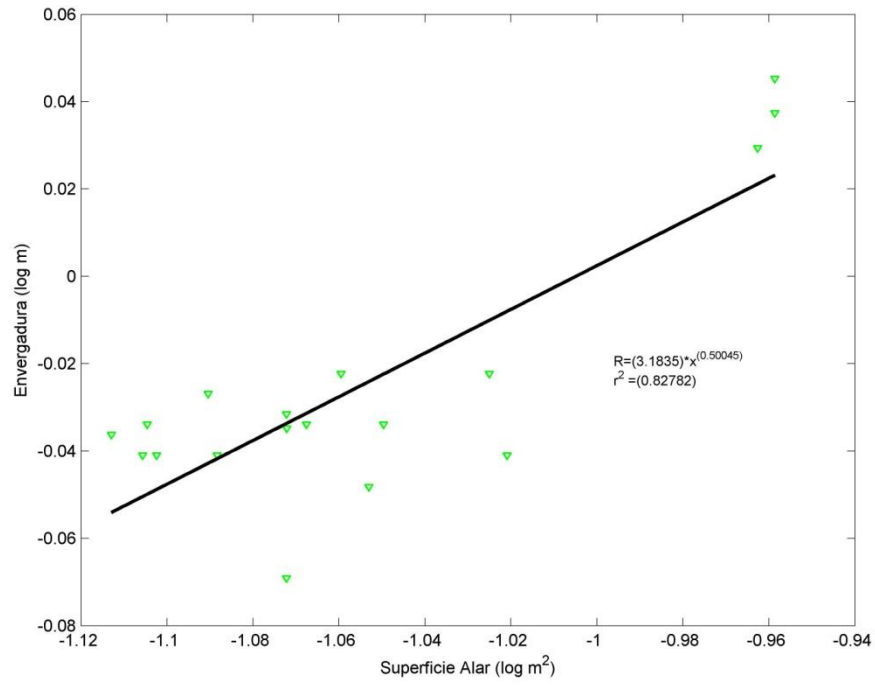


Figura 3.35: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Phaethontiformes, para n = 18.

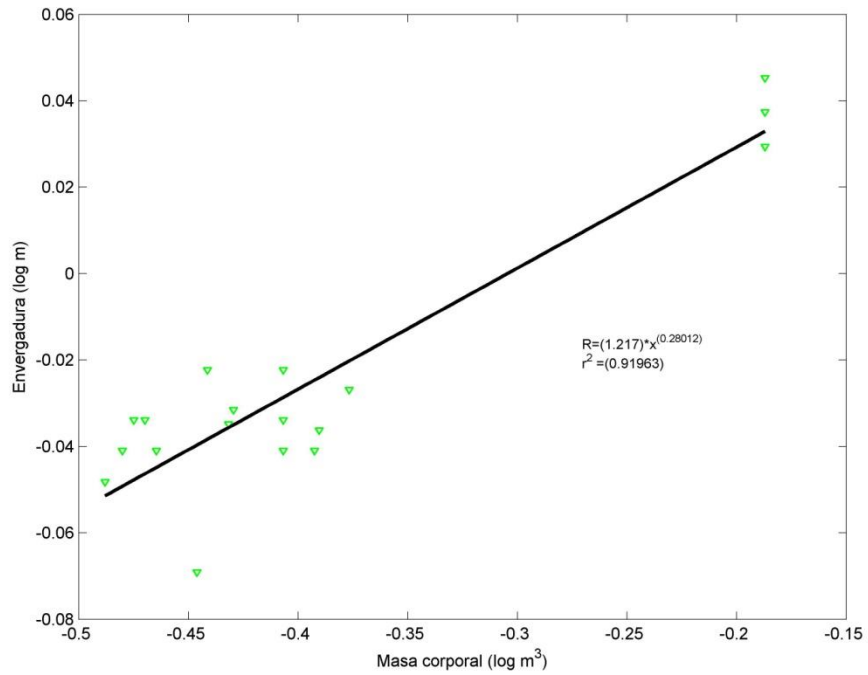
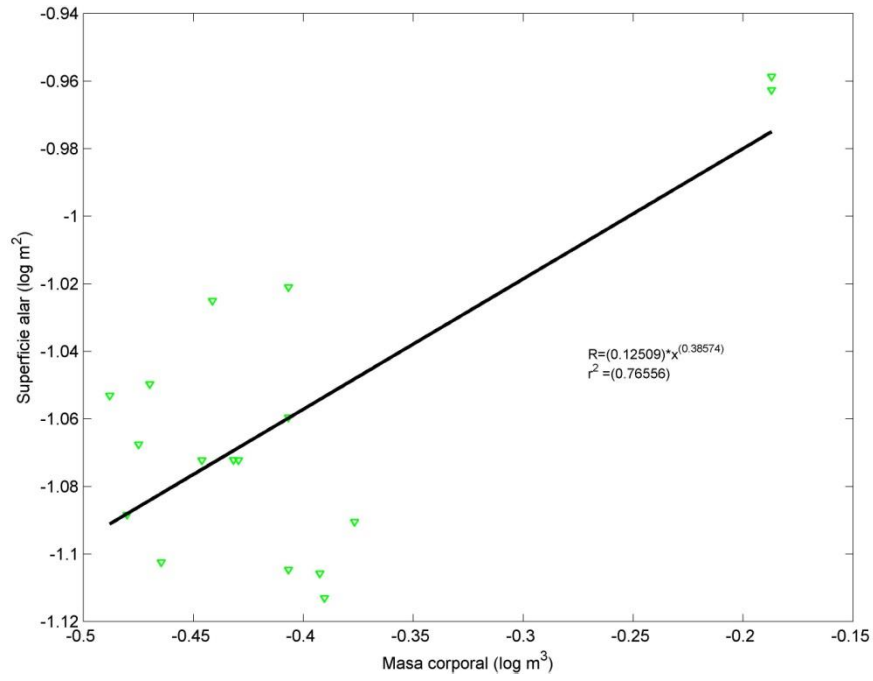
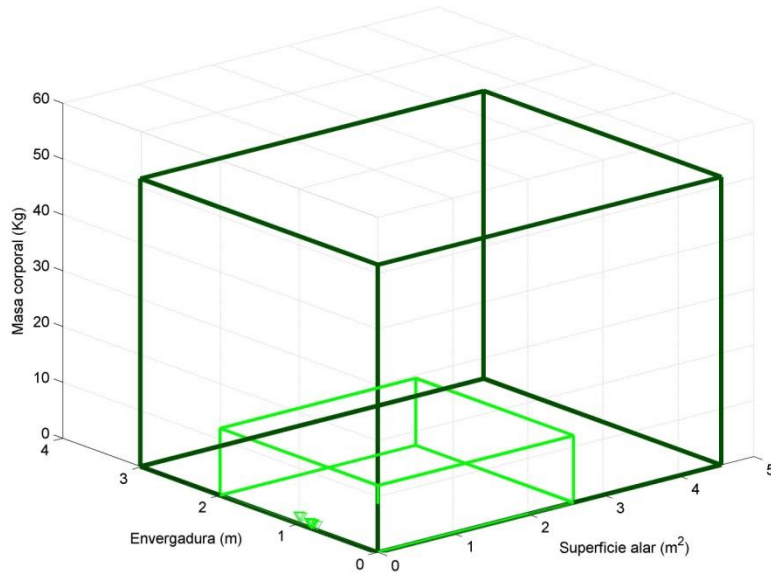


Figura 3.36: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Phaethontiformes, para n = 18.



**Figura 3.37:** Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Phaethontiformes, para n = 18.



**Figura 3.38:** Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Phaethontiformes, para n = 18.

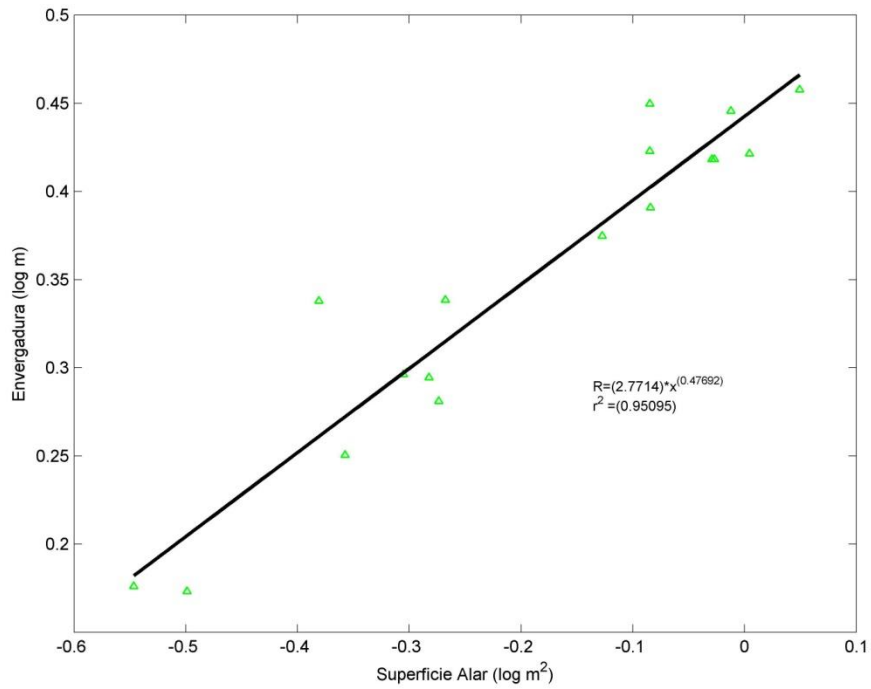


Figura 3.39: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Ciconiiformes, para n = 17.

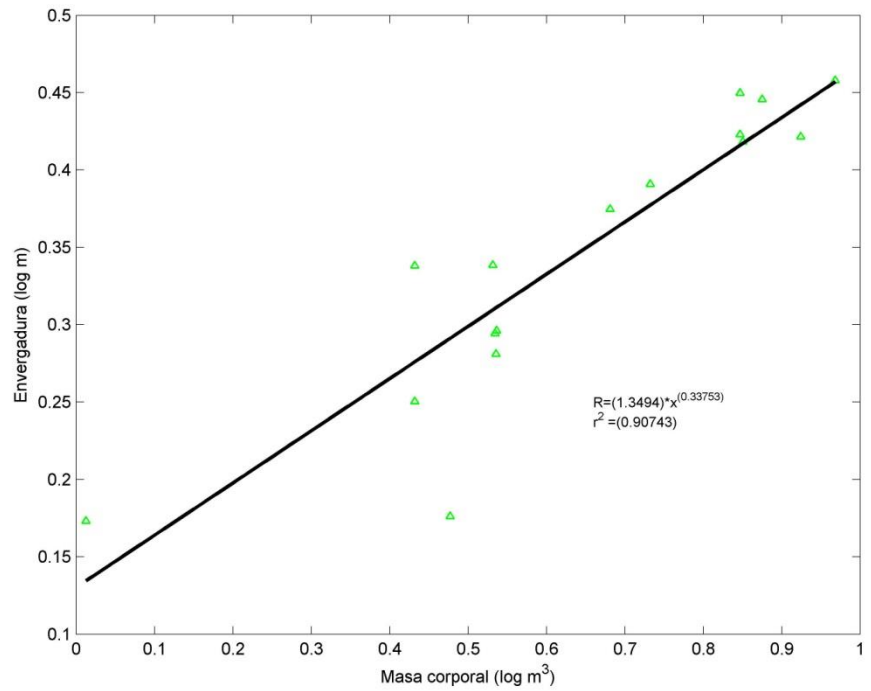


Figura 3.40: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Ciconiiformes, para n = 17.

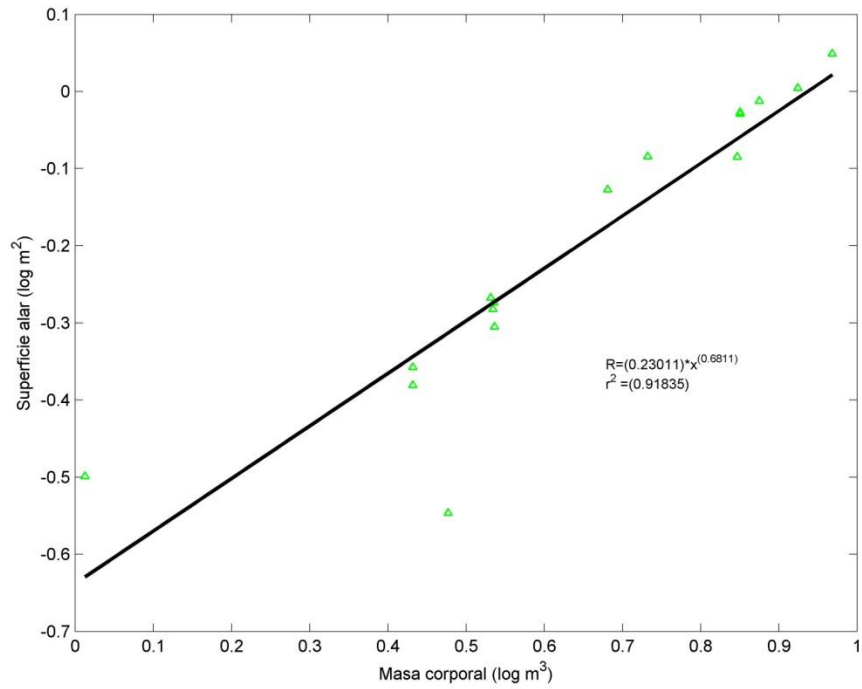


Figura 3.41: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Ciconiiformes, para n = 17.

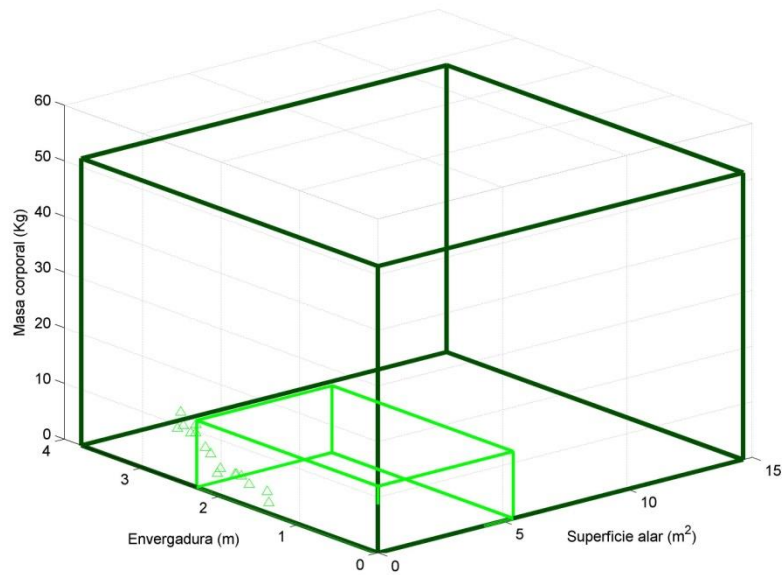


Figura 3.42: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Ciconiiformes, para n = 17.

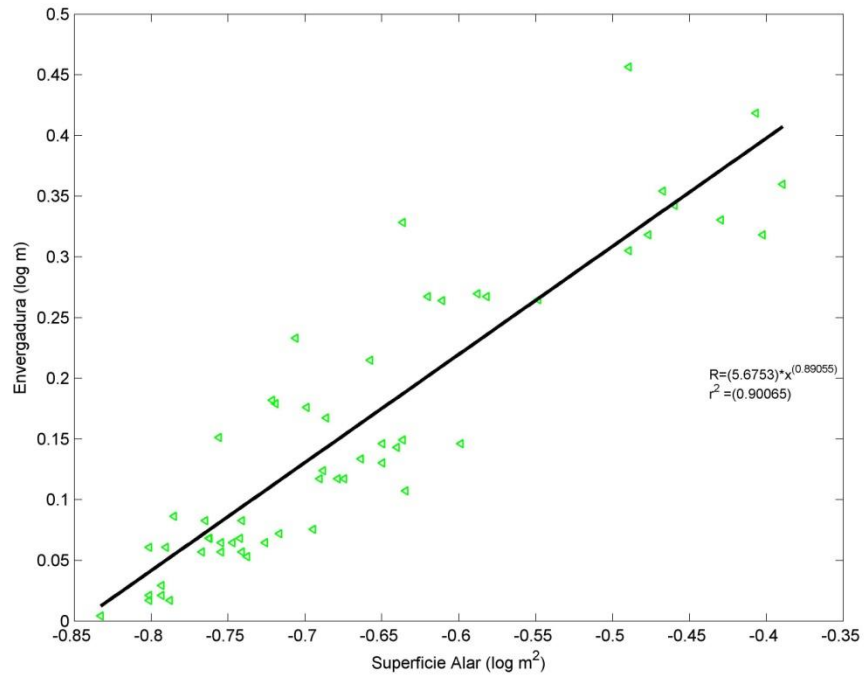


Figura 3.43: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Suliformes, para n = 60.

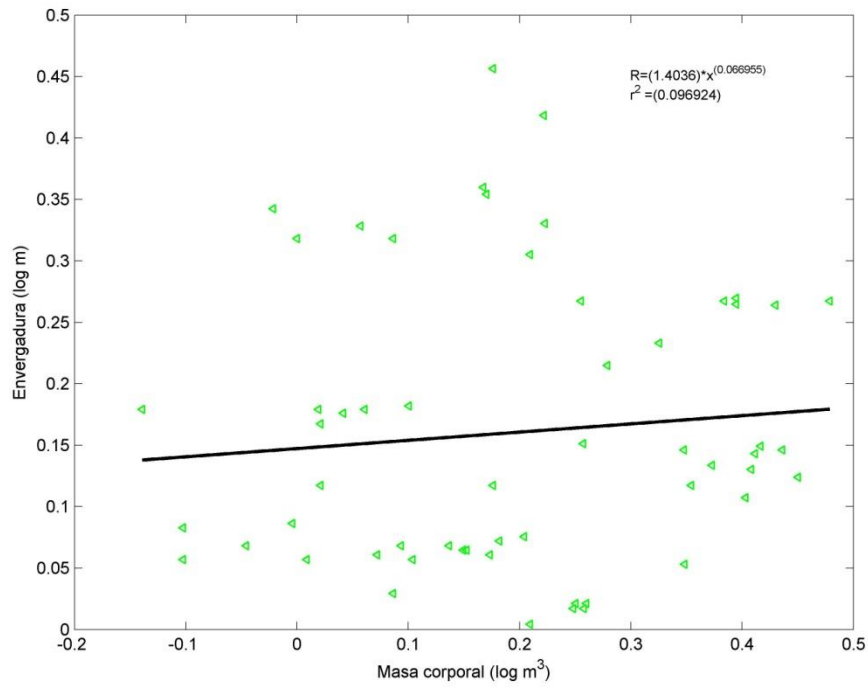


Figura 3.44: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Suliformes, para n = 60.

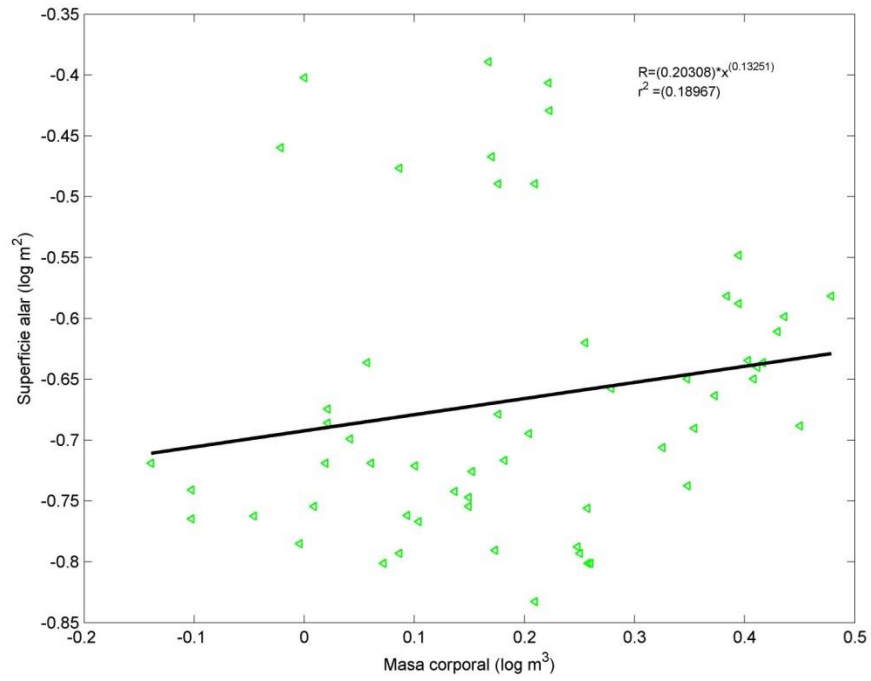


Figura 3.45: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Suliformes, para n = 60.

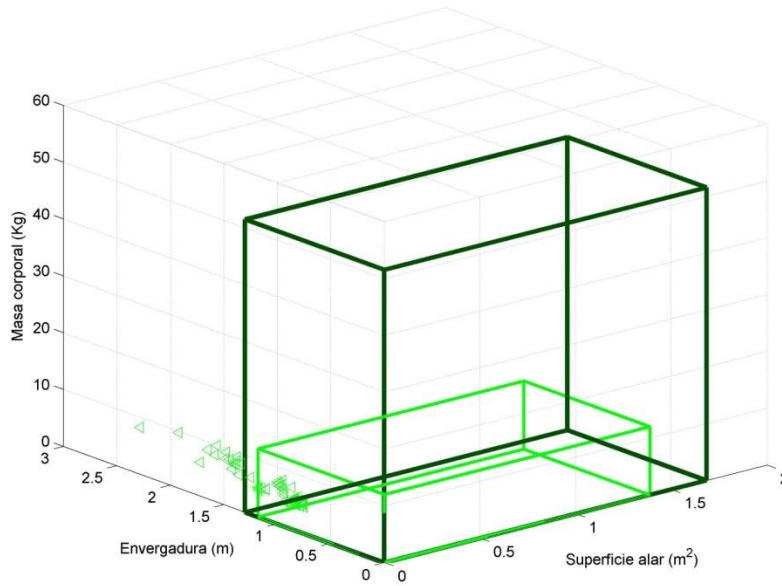


Figura 3.46: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Suliformes, para n = 60.

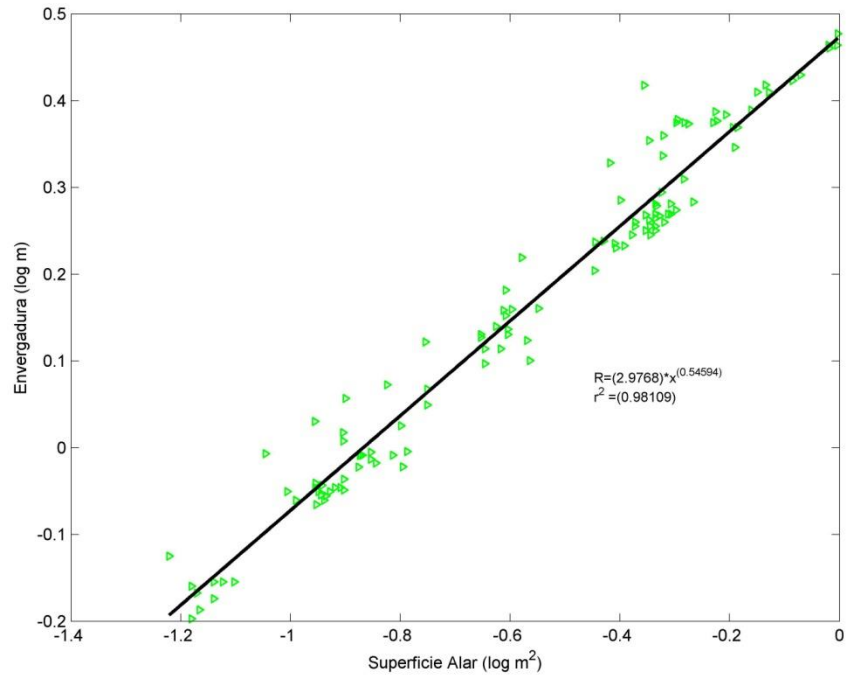


Figura 3.47: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Pelecaniformes, para n = 122.

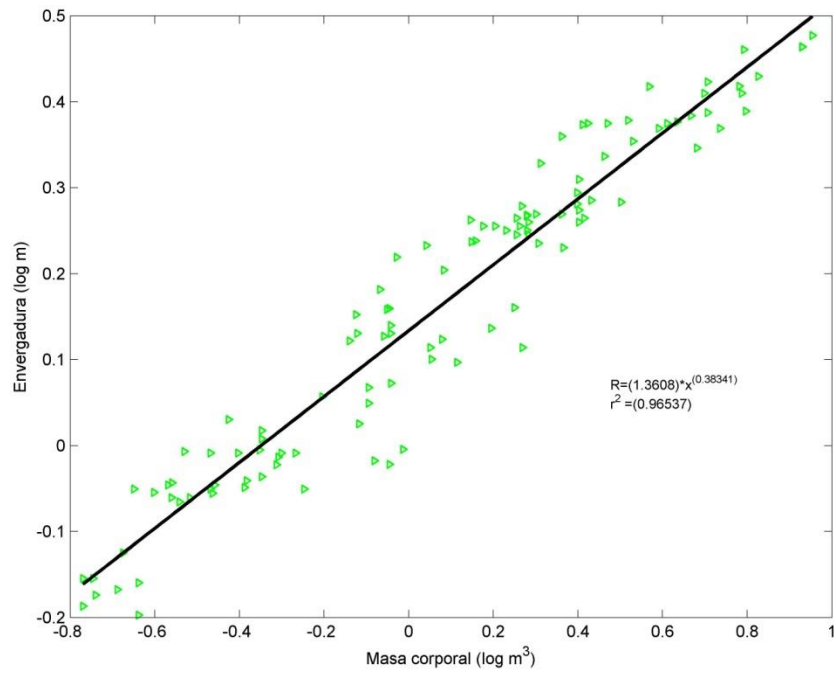


Figura 3.48: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Pelecaniformes, para n = 122.



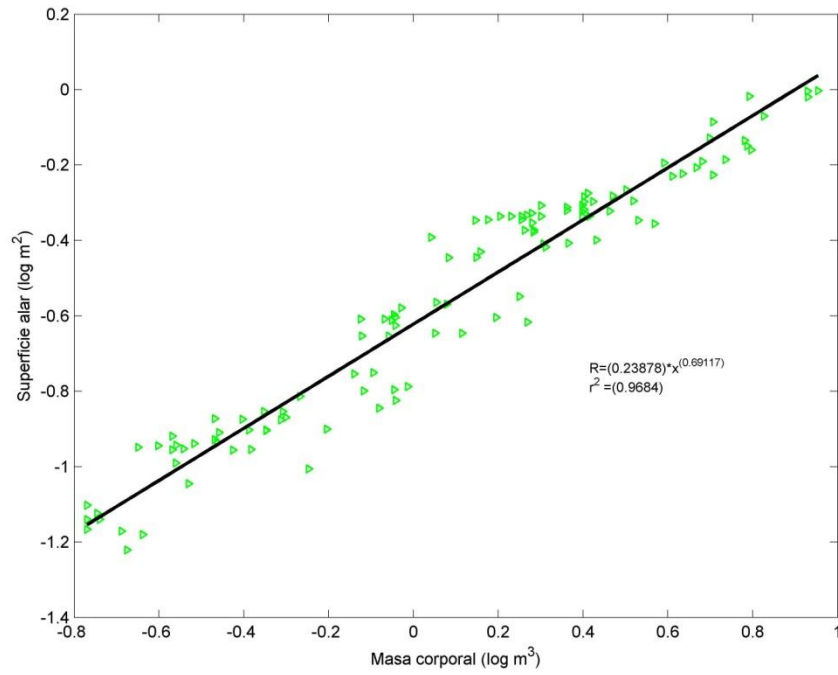


Figura 3.49: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Pelecaniformes, para n = 122.

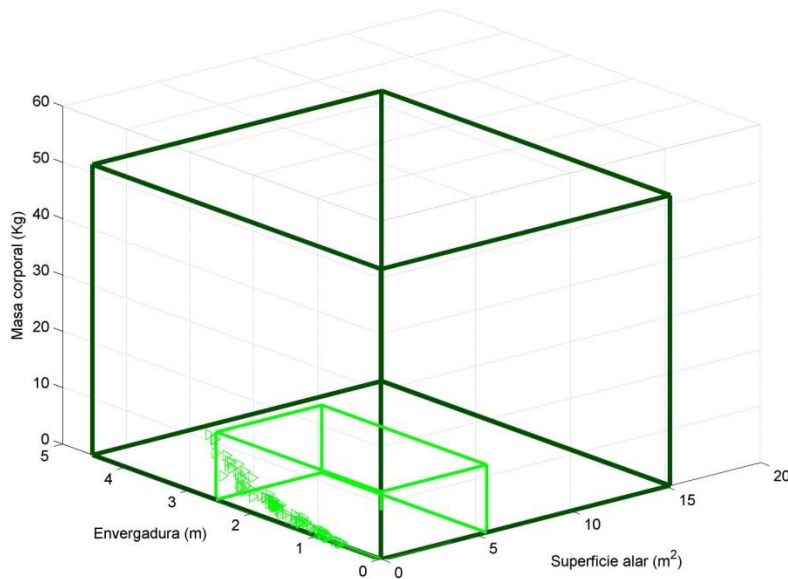


Figura 3.50: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Pelecaniformes, para n = 122.

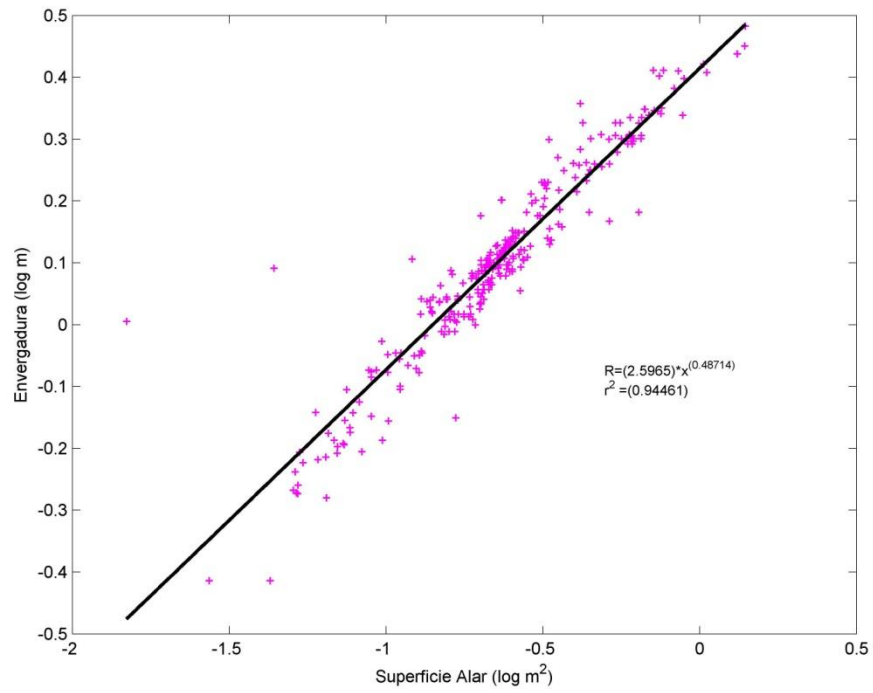


Figura 3.51: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Accipitriformes, para n = 303.

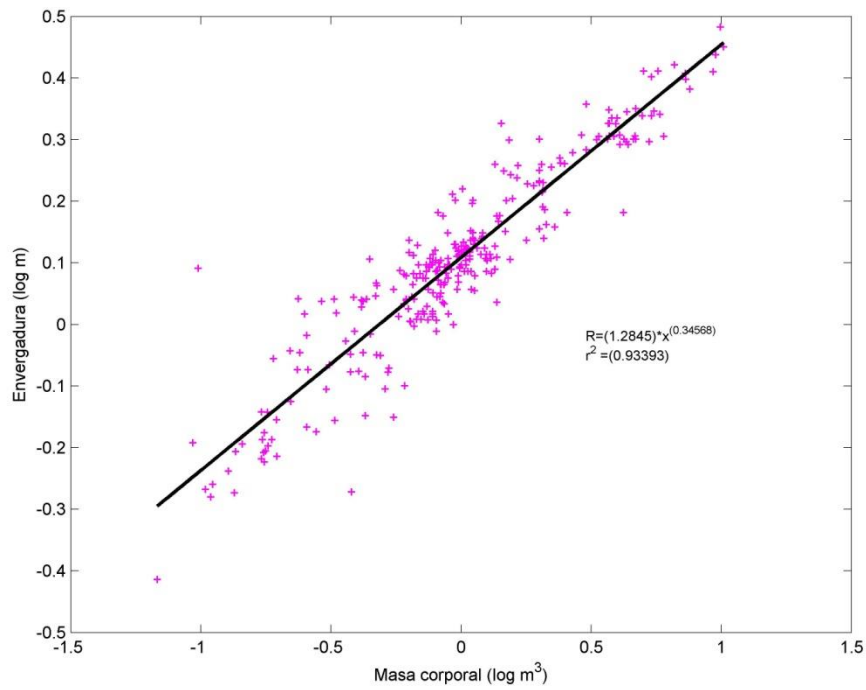


Figura 3.52: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Accipitriformes, para n = 303.

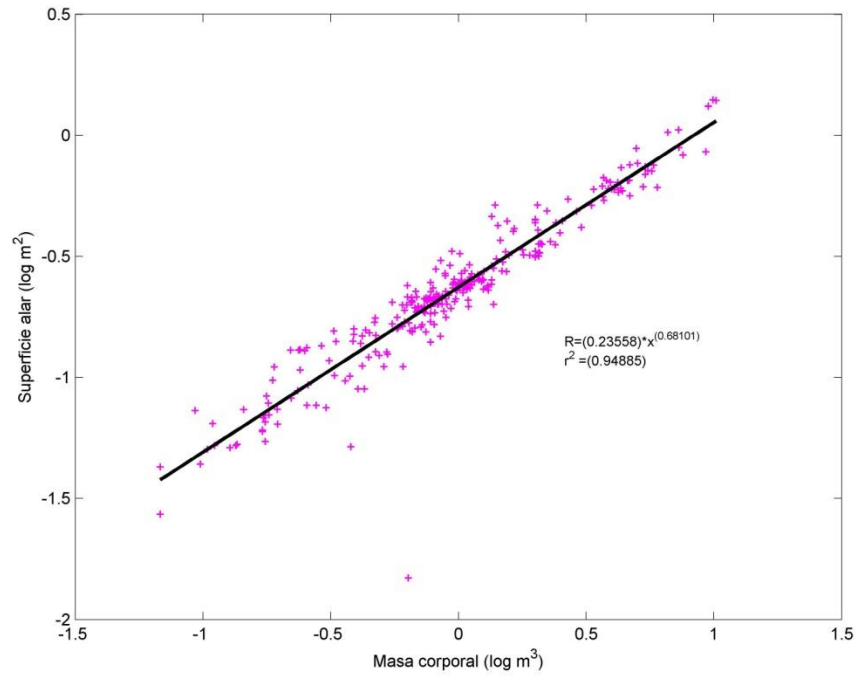


Figura 3.53: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Accipitriformes, para n = 303.

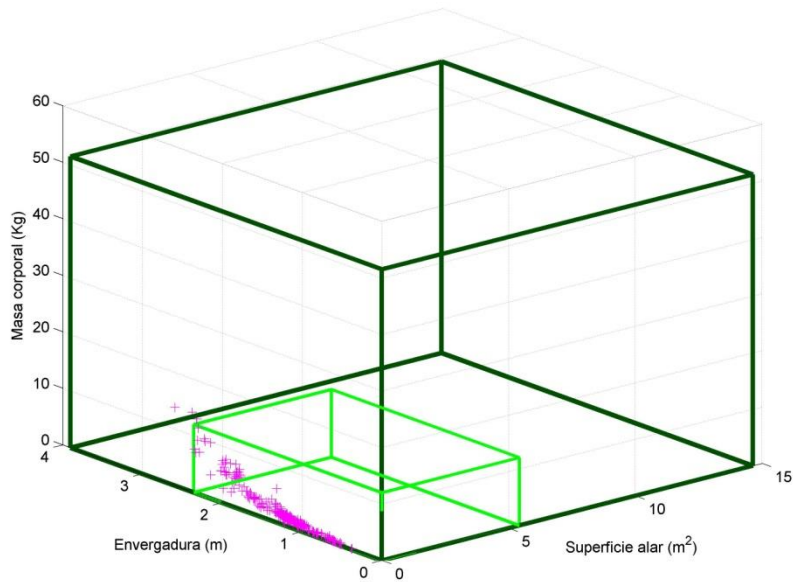


Figura 3.54: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Accipitriformes, para n = 303.

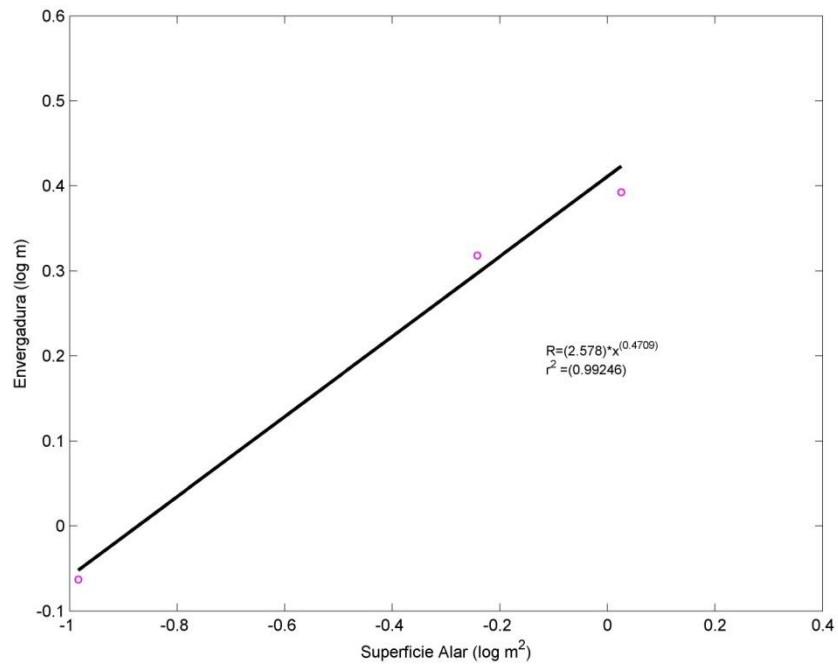


Figura 3.55: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Otidiformes, para n = 4.

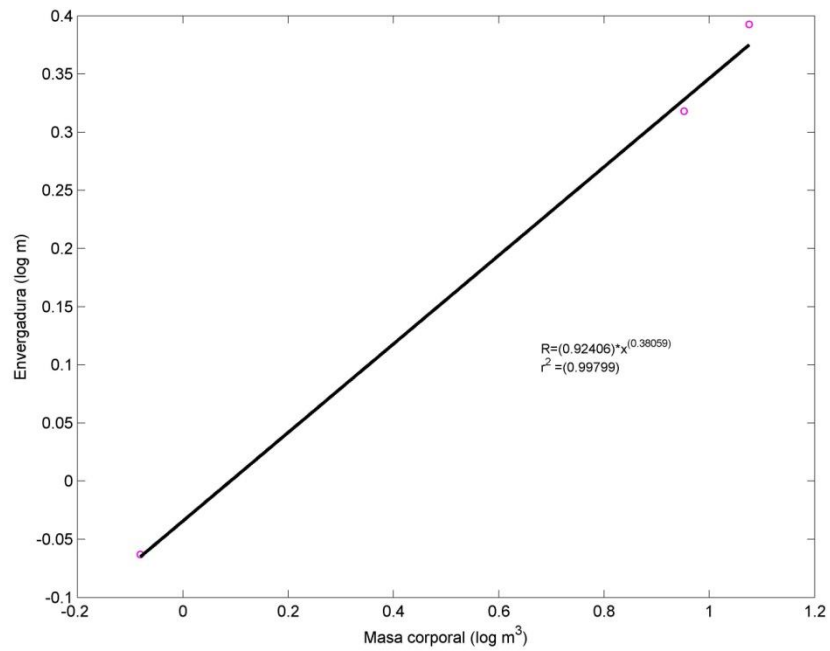


Figura 3.56: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Otidiformes, para n = 4.

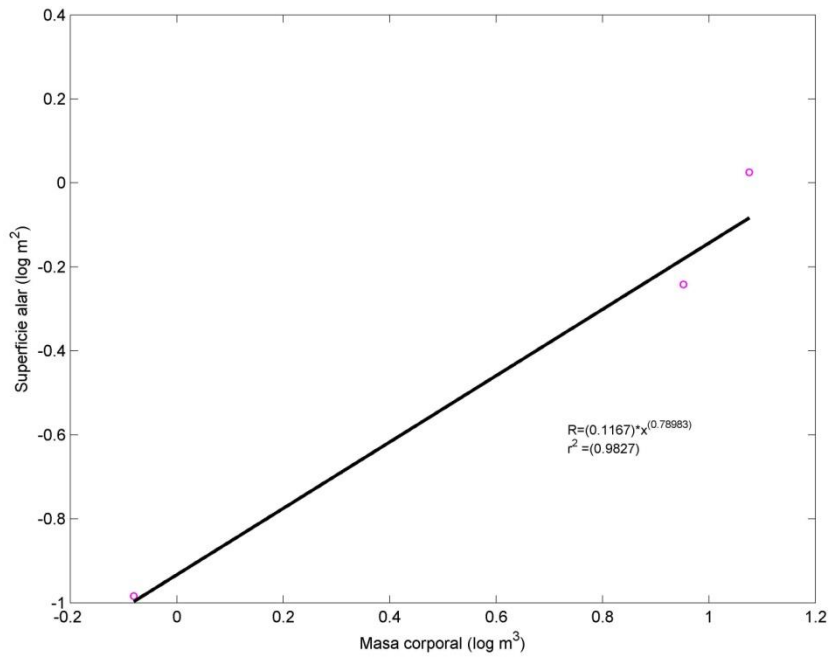


Figura 3.57: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Otidiformes, para n = 4.

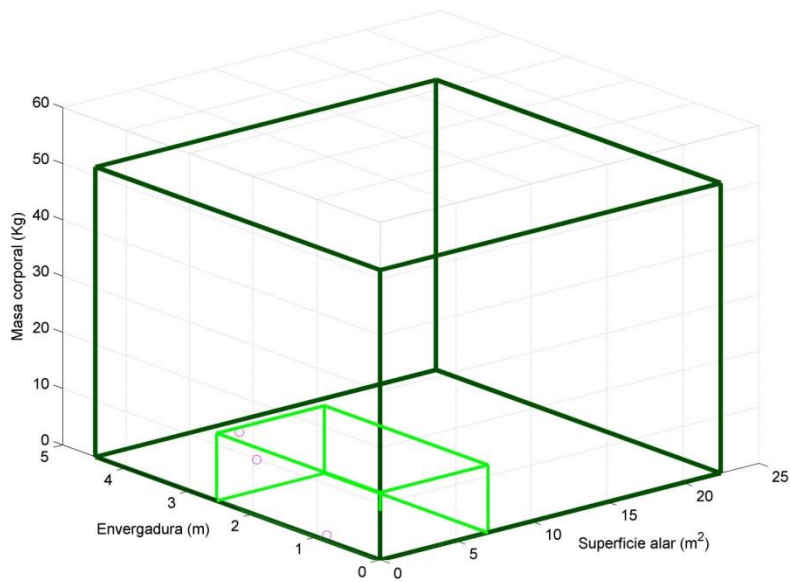


Figura 3.58: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Otidiformes, para n = 4.

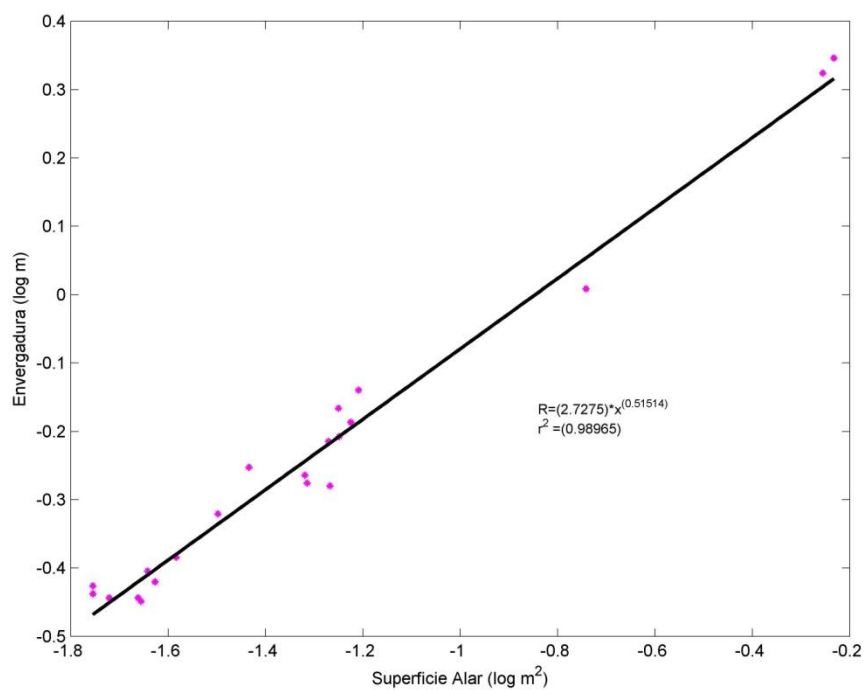


Figura 3.59: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Gruiformes, para n = 25.

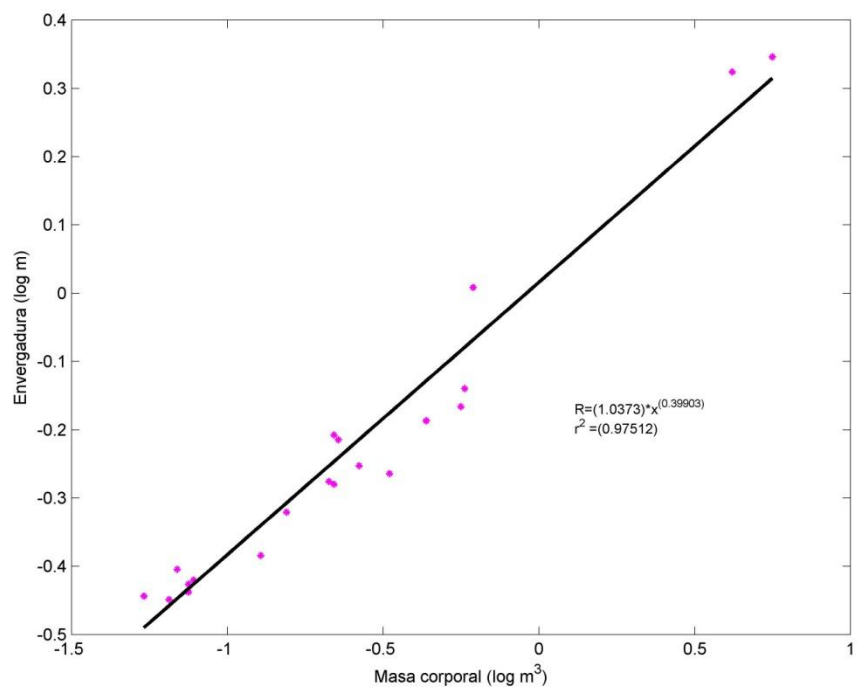


Figura 3.60: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Gruiformes, para n = 25.

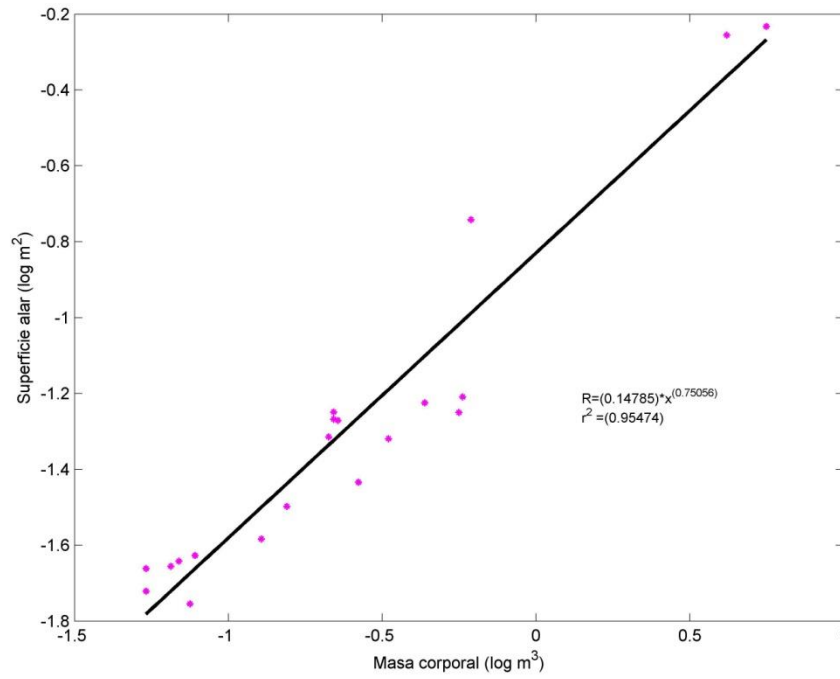


Figura 3.61: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Gruiformes, para n = 25.

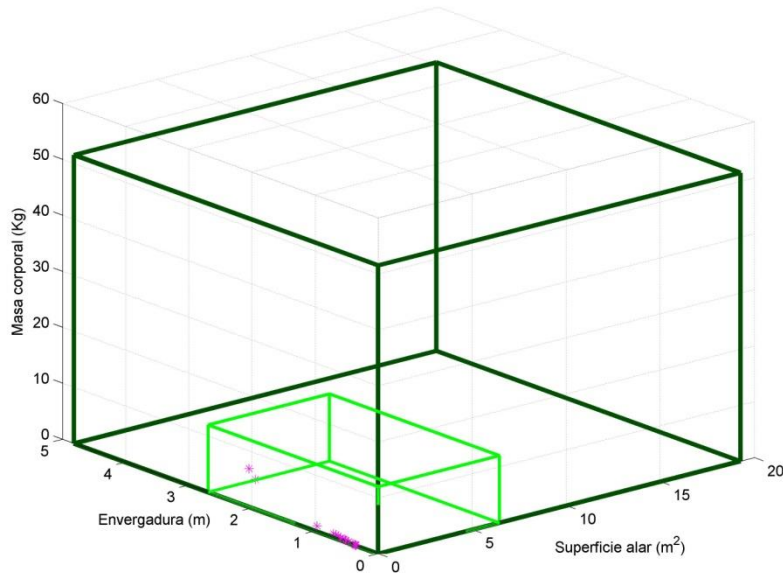


Figura 3.62: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Gruiformes, para n = 25.

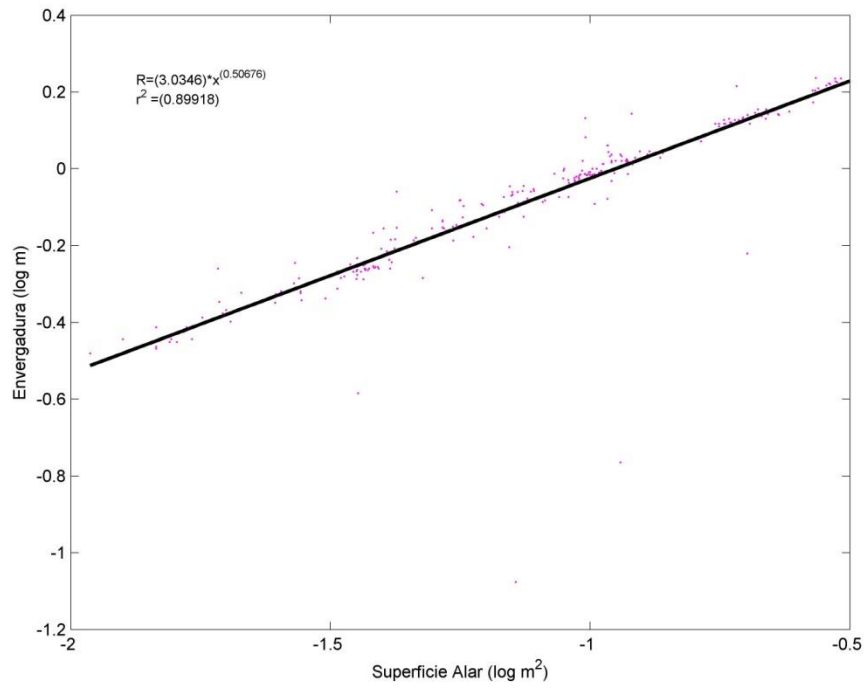


Figura 3.63: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Charadriiformes, para n = 276.

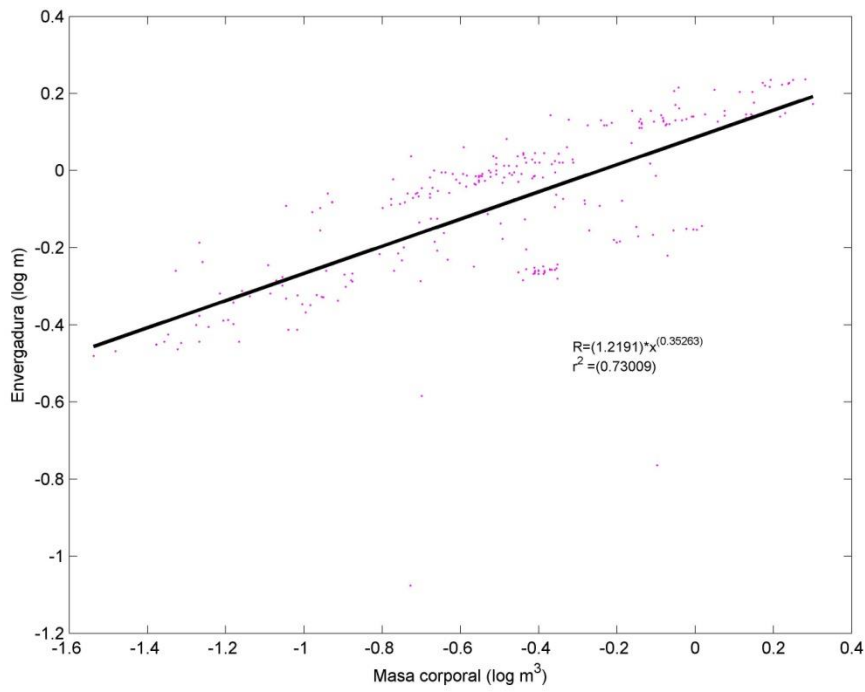


Figura 3.64: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Charadriiformes, para n = 276.



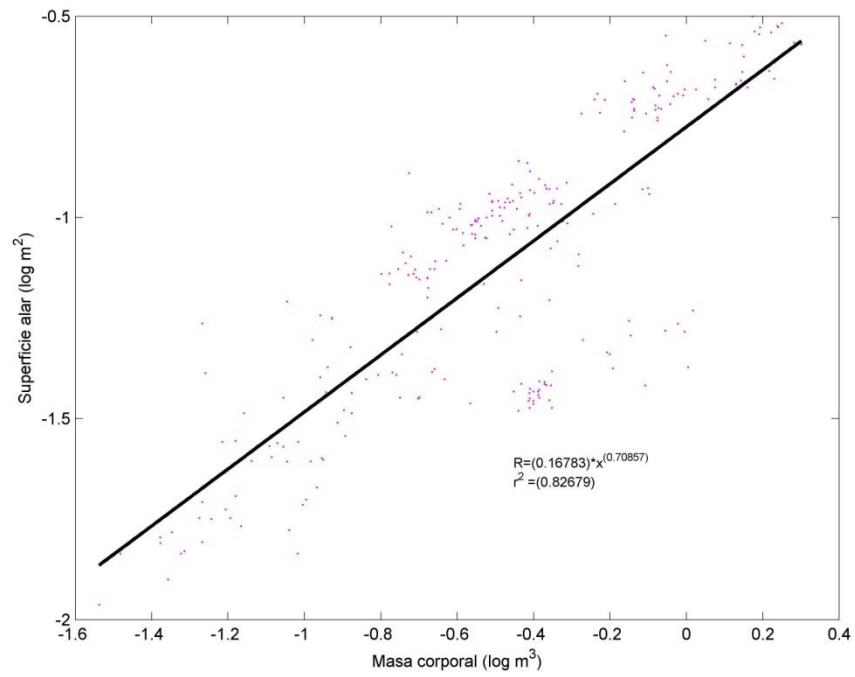


Figura 3.65: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Charadriiformes, para n = 276.

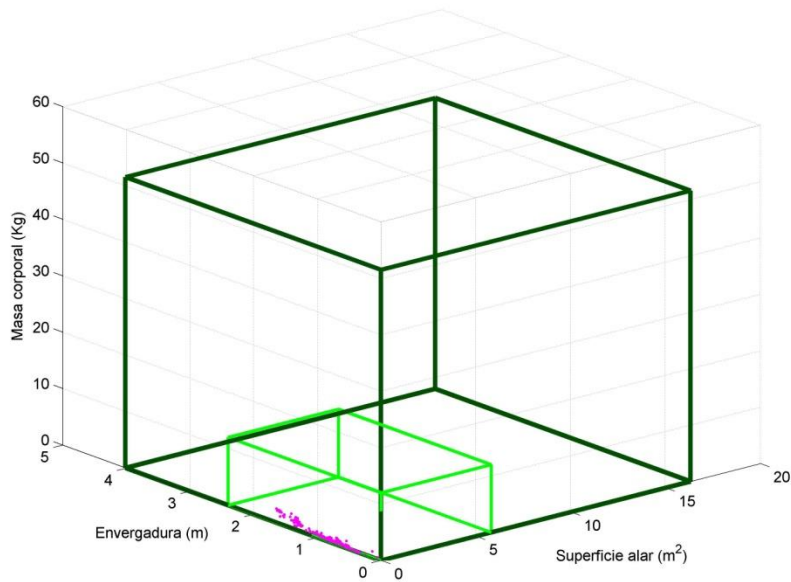


Figura 3.66: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Charadriiformes, para n = 276.

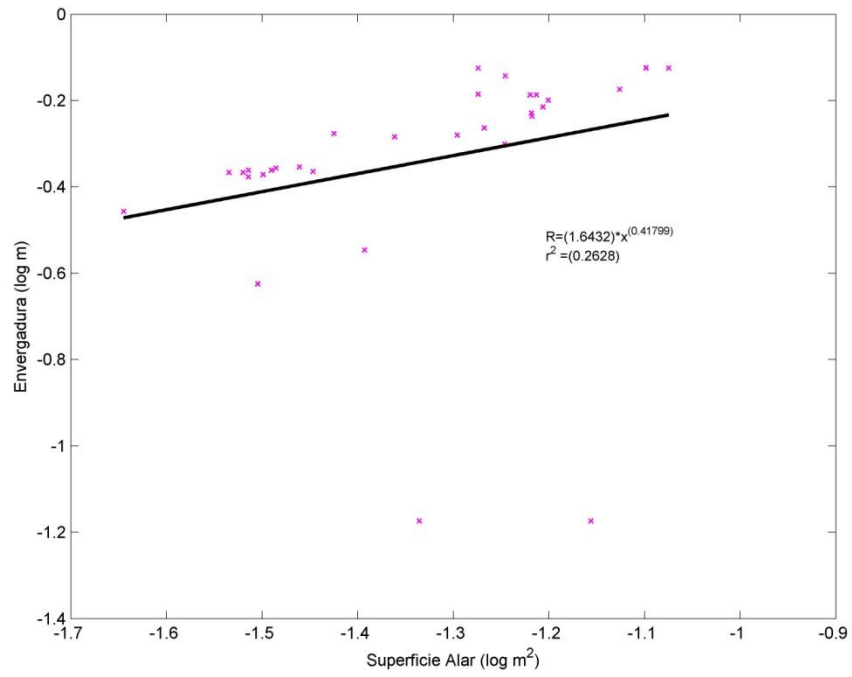


Figura 3.67: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Columbiformes, para n = 33.

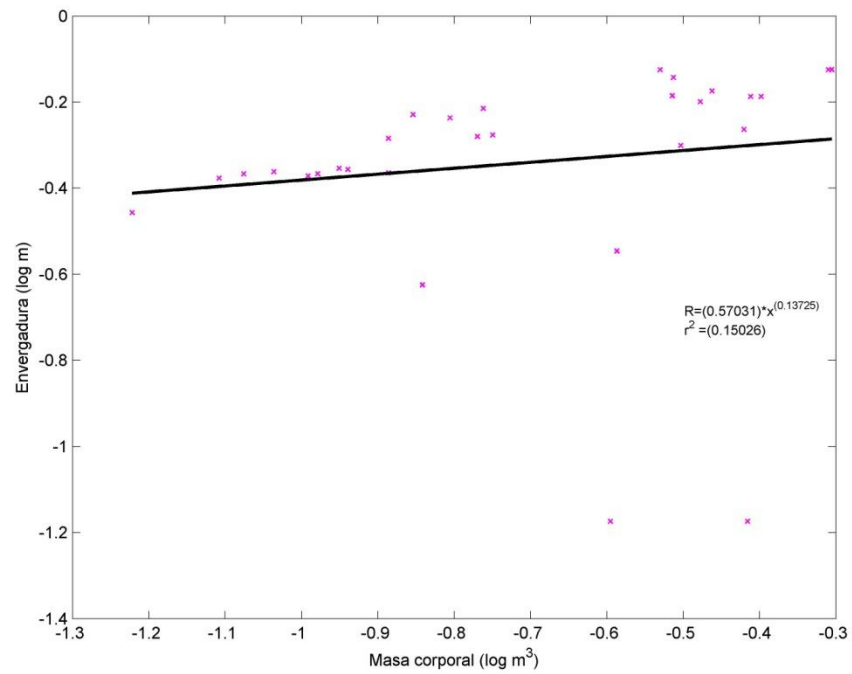


Figura 3.68: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Columbiformes, para n = 33.

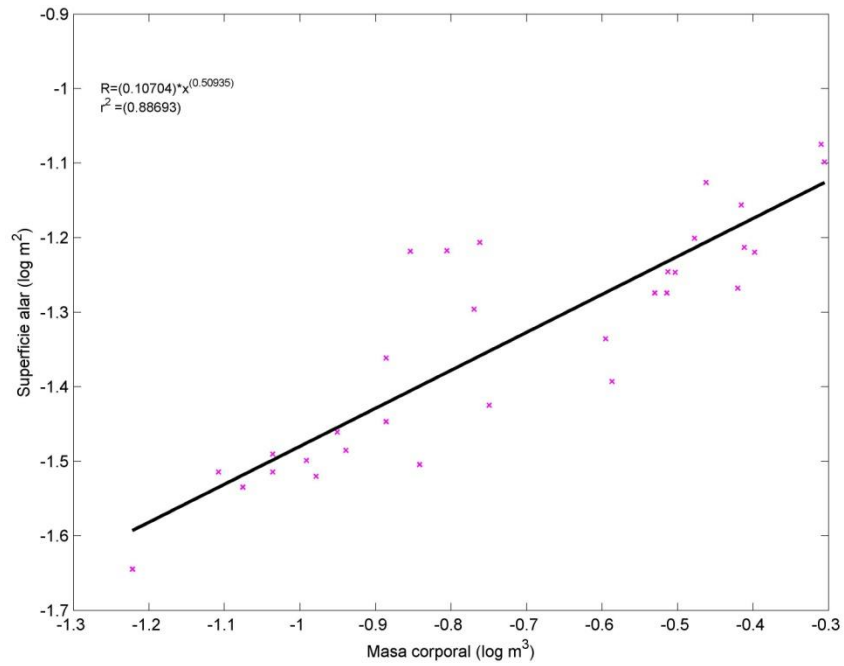


Figura 3.69: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Columbiformes, para n = 33.

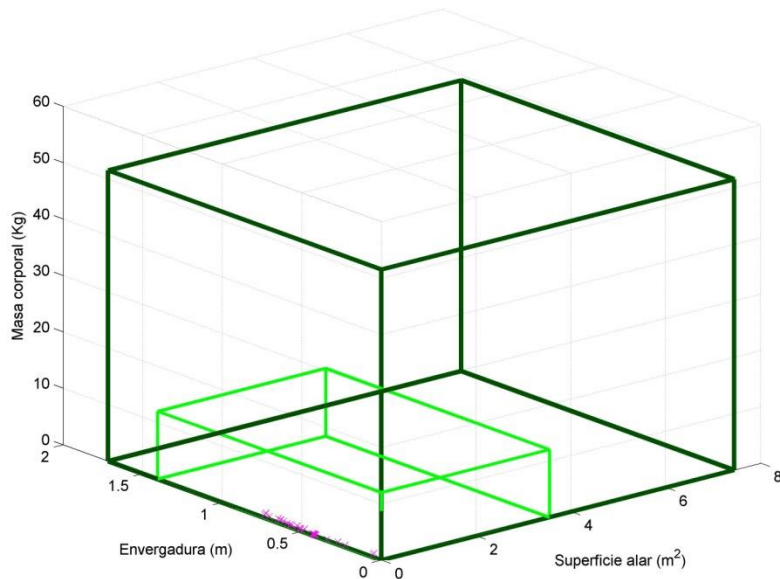


Figura 3.70: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Columbiformes, para n = 33.

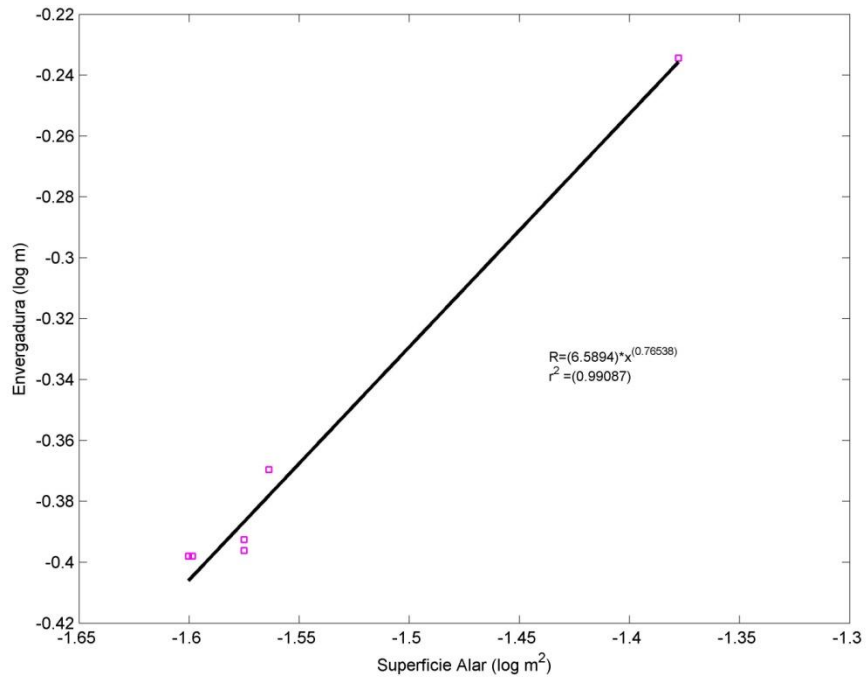


Figura 3.71: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Cuculiformes, para n = 7.

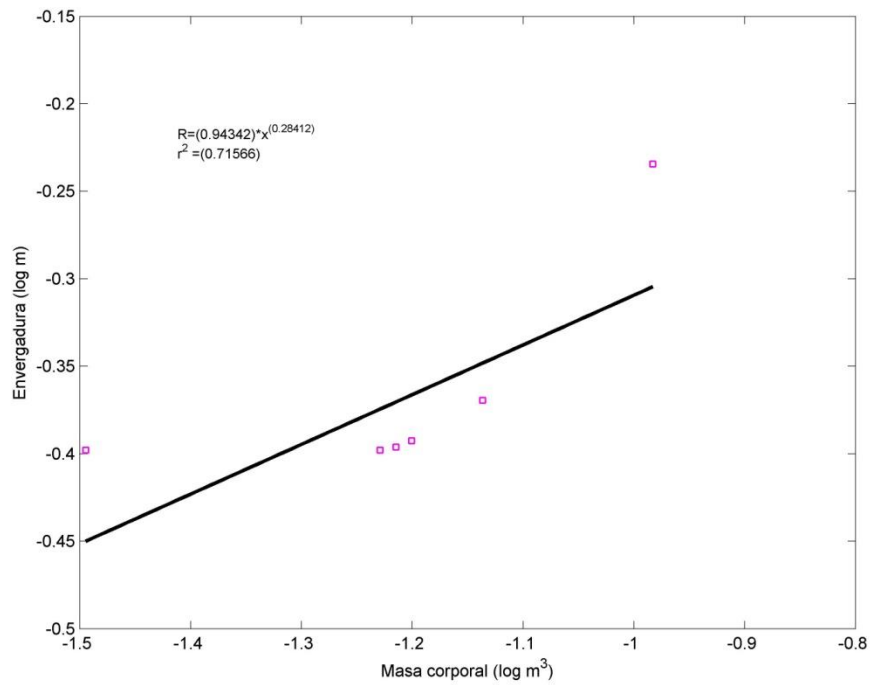


Figura 3.72: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Cuculiformes, para n = 7.

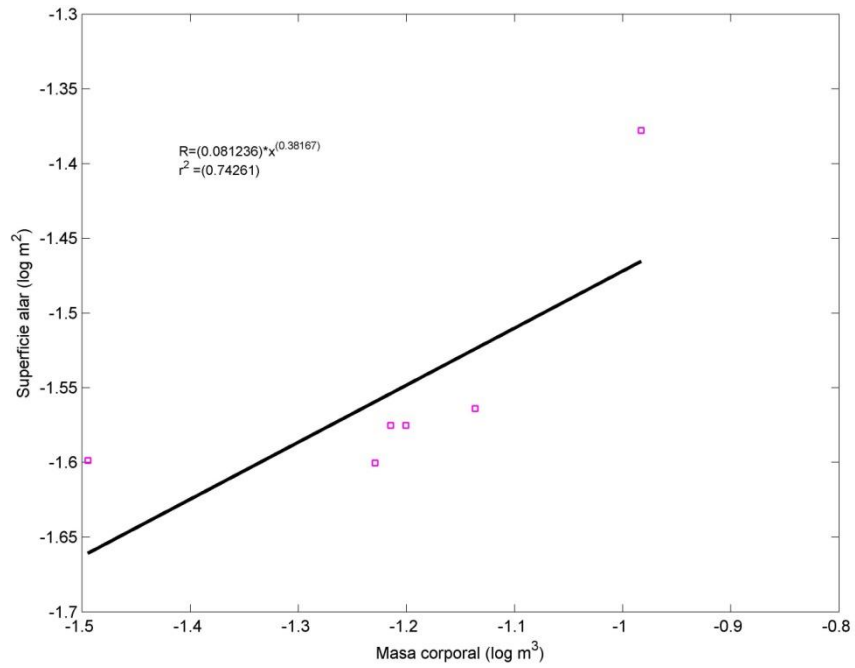


Figura 3.73: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Cuculiformes, para n = 7.

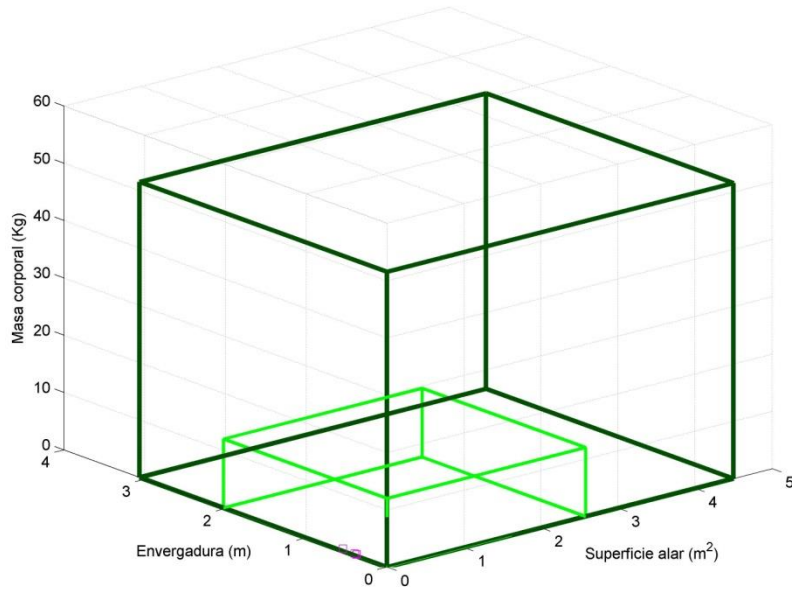


Figura 3.74: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Cuculiformes, para n = 7.

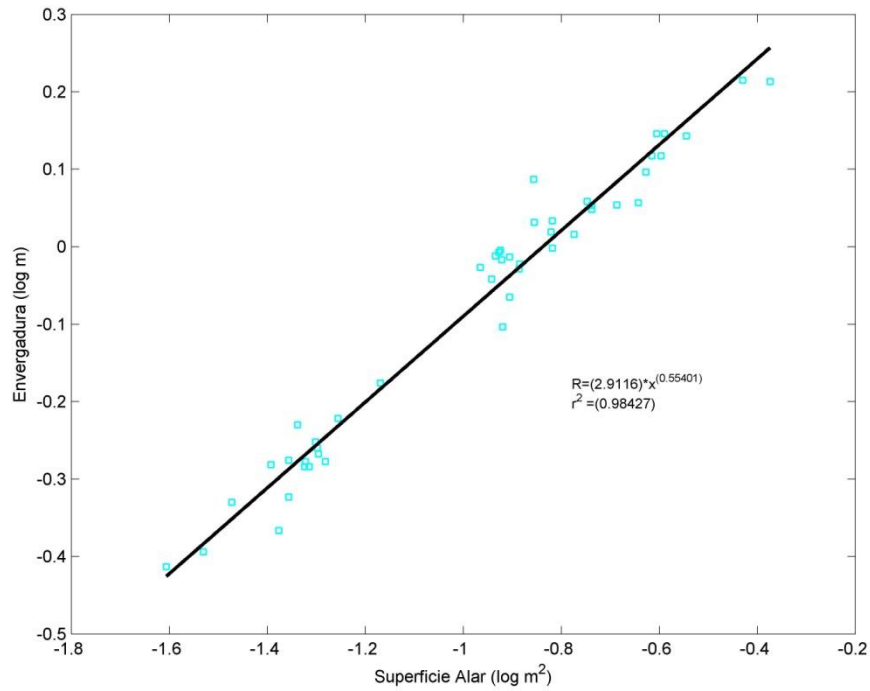


Figura 3.75: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Strigiformes, para n = 49.

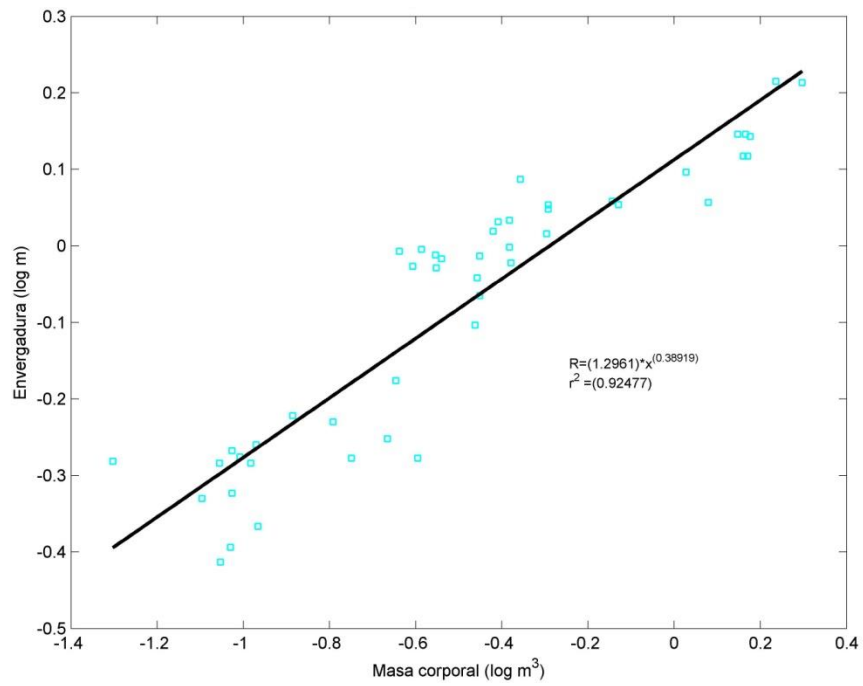


Figura 3.76: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Strigiformes, para n = 49.

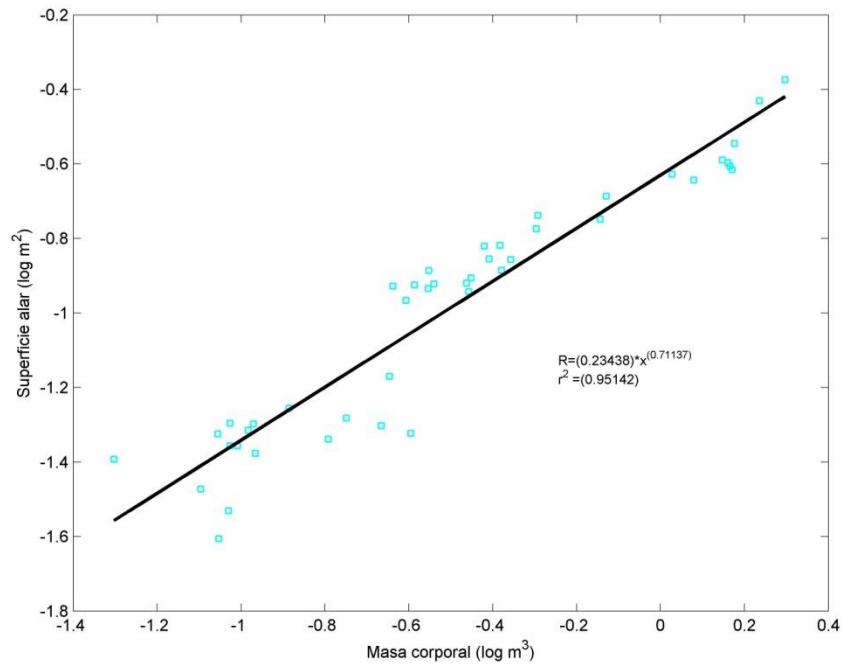


Figura 3.77: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Strigiformes, para n = 49.

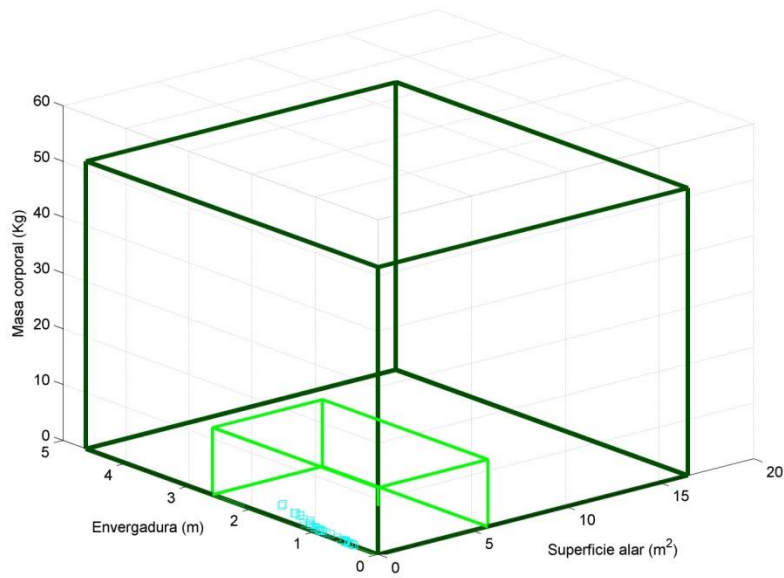


Figura 3.78: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Strigiformes, para n = 49.

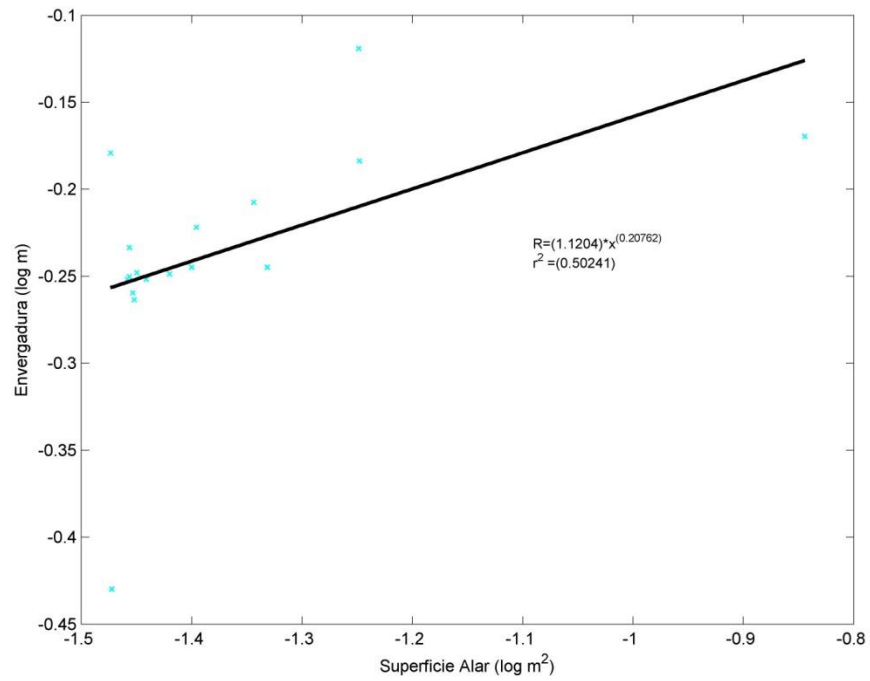


Figura 3.79: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Caprimulgiformes, para n = 17.

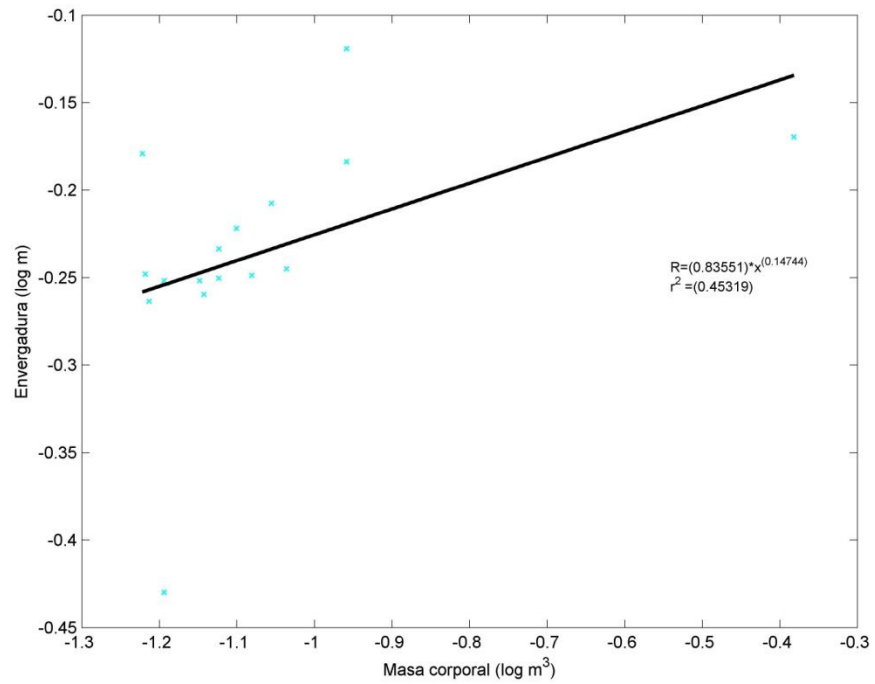


Figura 3.80: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Caprimulgiformes, para n = 17.



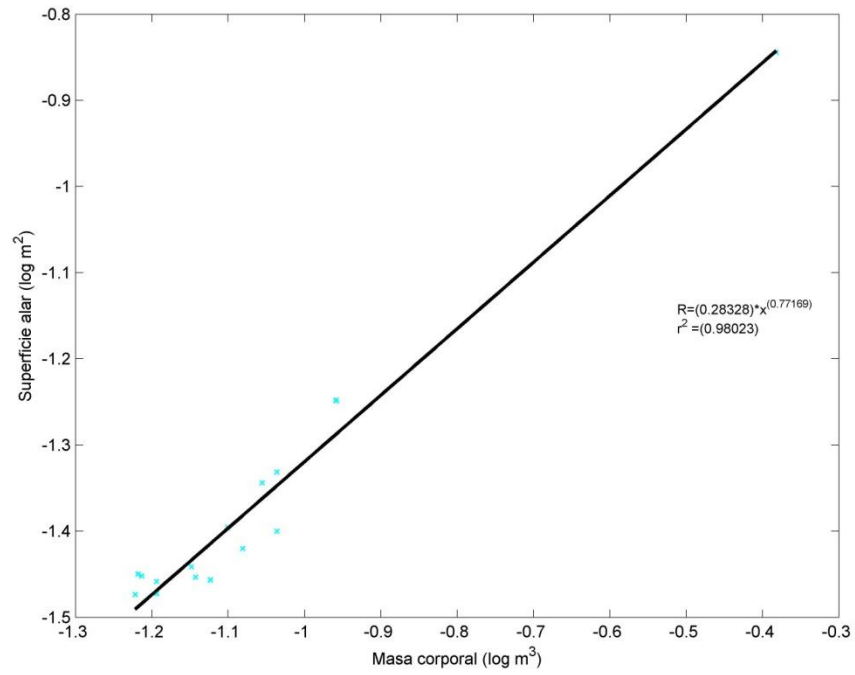


Figura 3.81: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Caprimulgiformes, para n = 17.

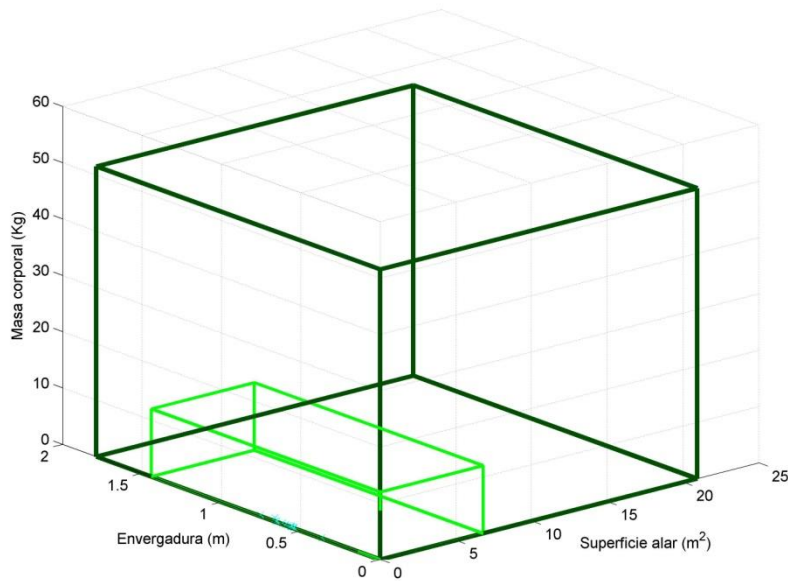


Figura 3.82: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Caprimulgiformes, para n = 17.

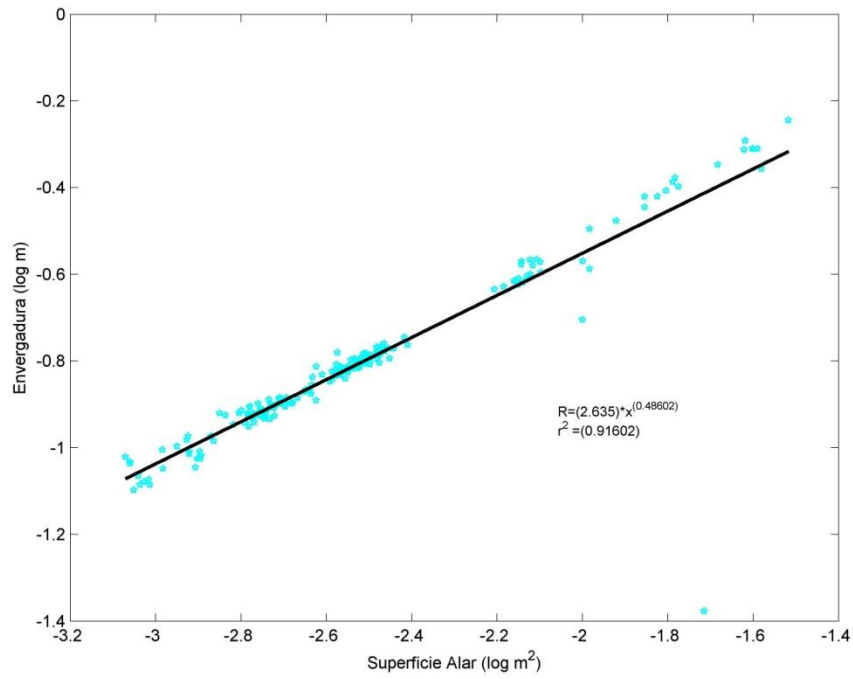


Figura 3.83: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Apodiformes, para n = 207.

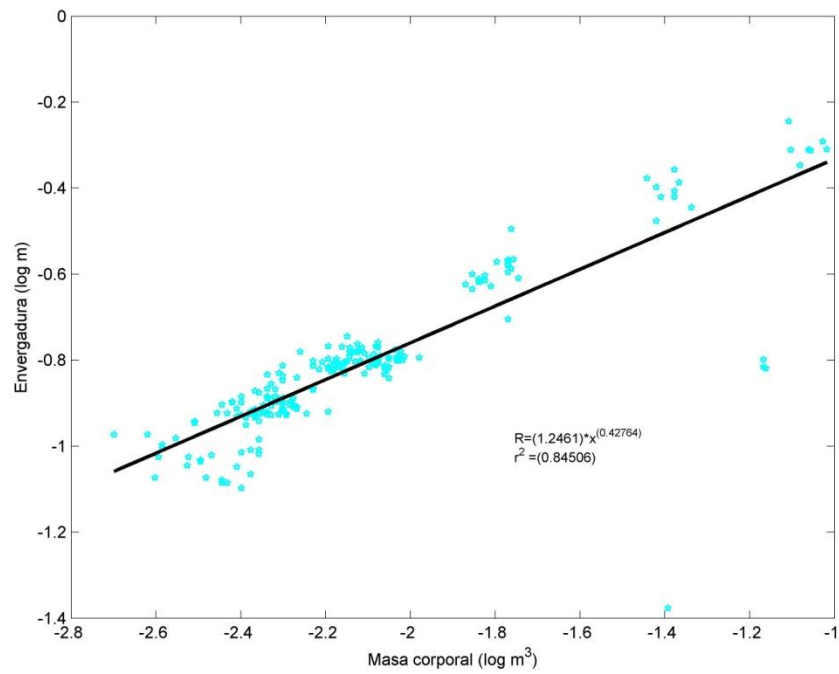


Figura 3.84: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Apodiformes, para n = 207.

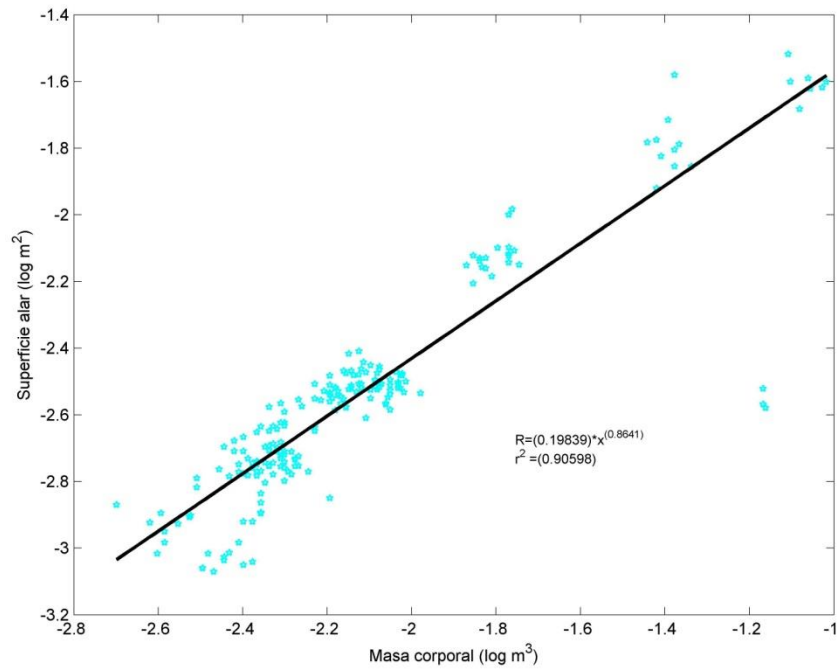


Figura 3.85: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Apodiformes, para n = 207.

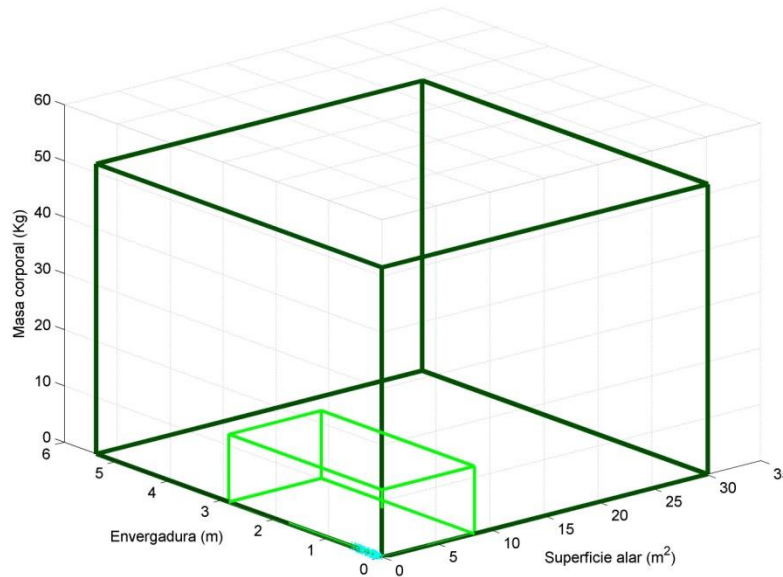
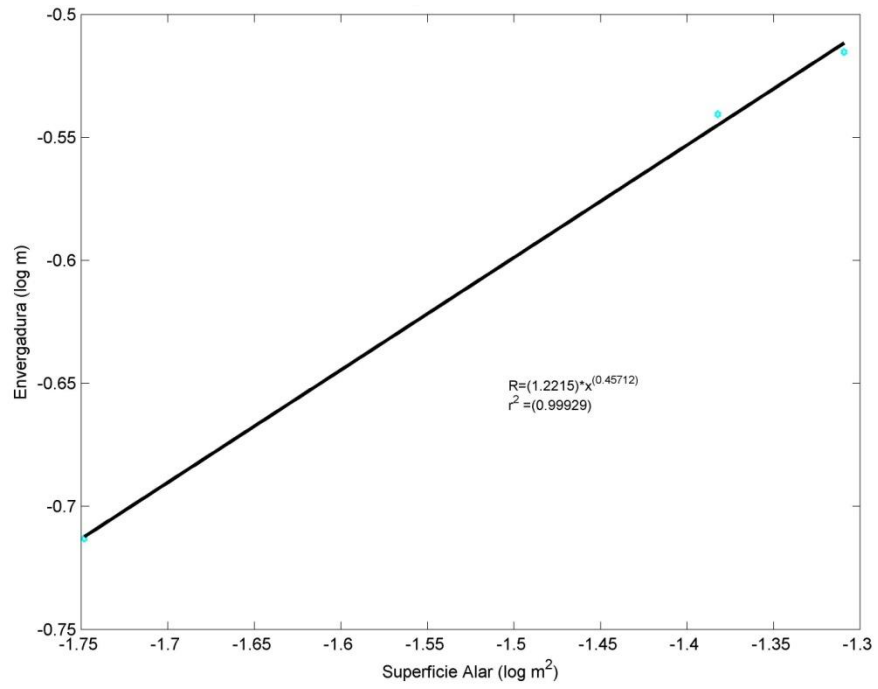
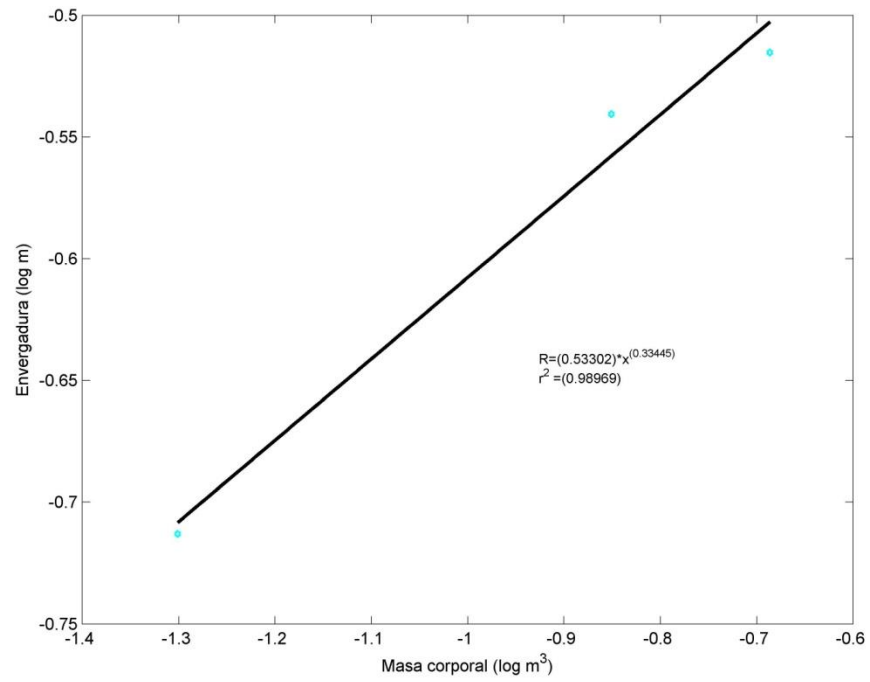


Figura 3.86: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Apodiformes, para n = 207.



**Figura 3.87:** Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Trogoniformes, para n = 3.



**Figura 3.88:** Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Trogoniformes, para n = 3.

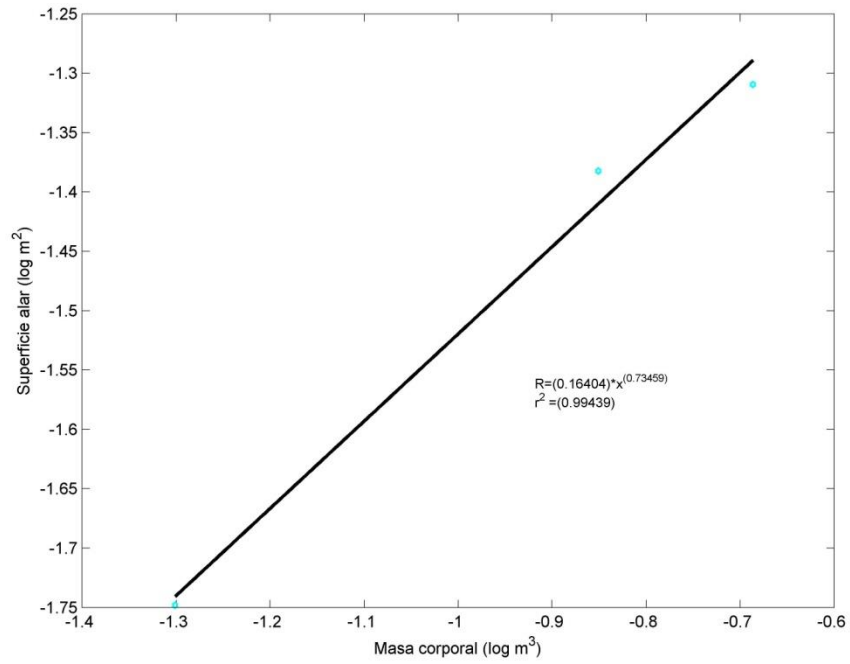


Figura 3.89: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Trogoniformes, para  $n = 3$ .

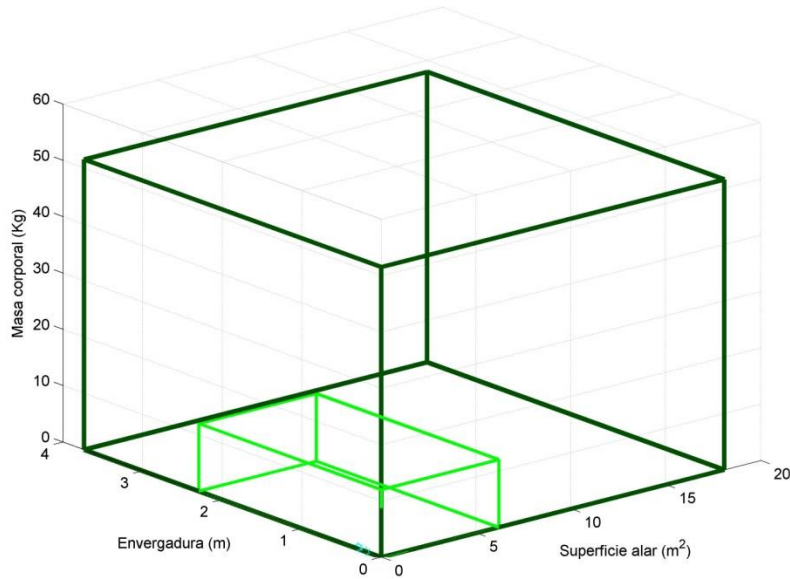


Figura 3.90: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Trogoniformes, para  $n = 3$ .

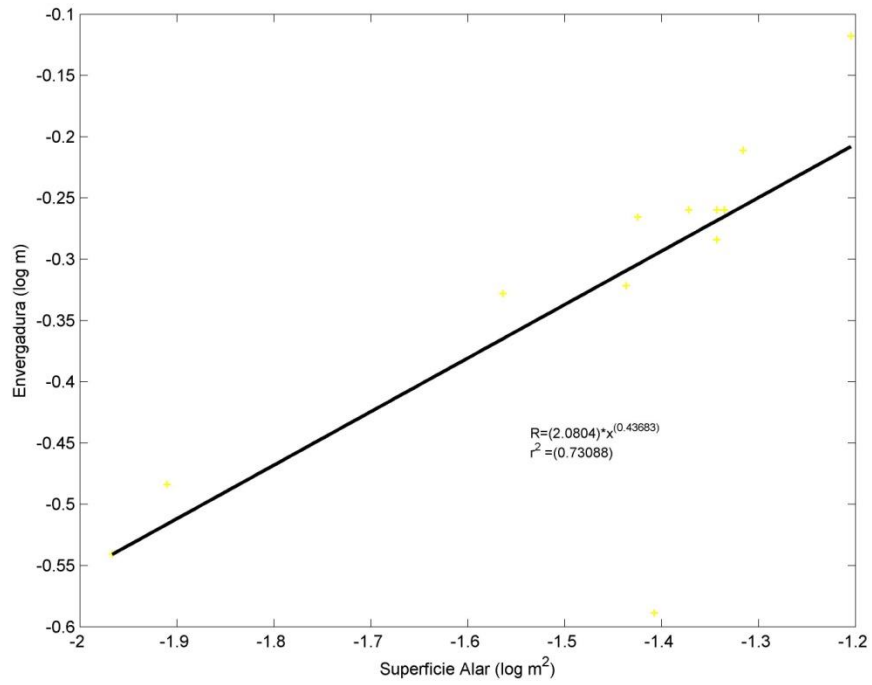


Figura 3.91: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Coraciiformes, para n = 13.

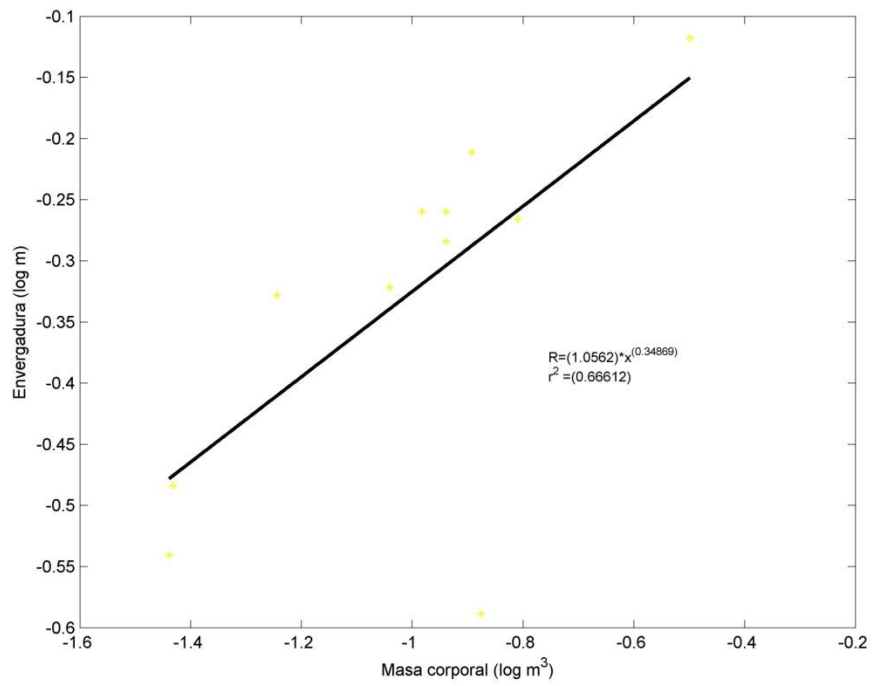


Figura 3.92: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Coraciiformes, para n = 13.

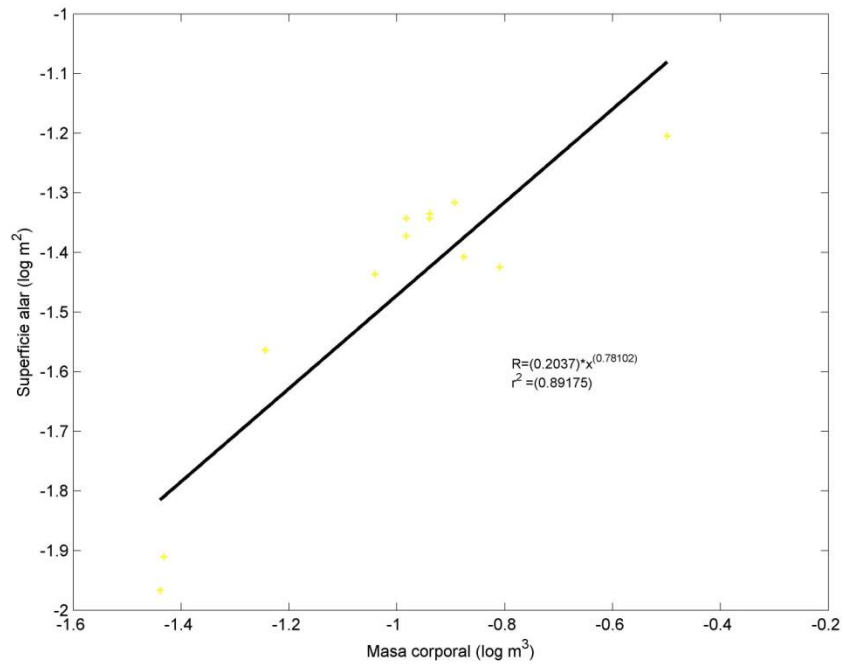


Figura 3.93: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Coraciiformes, para n = 13.

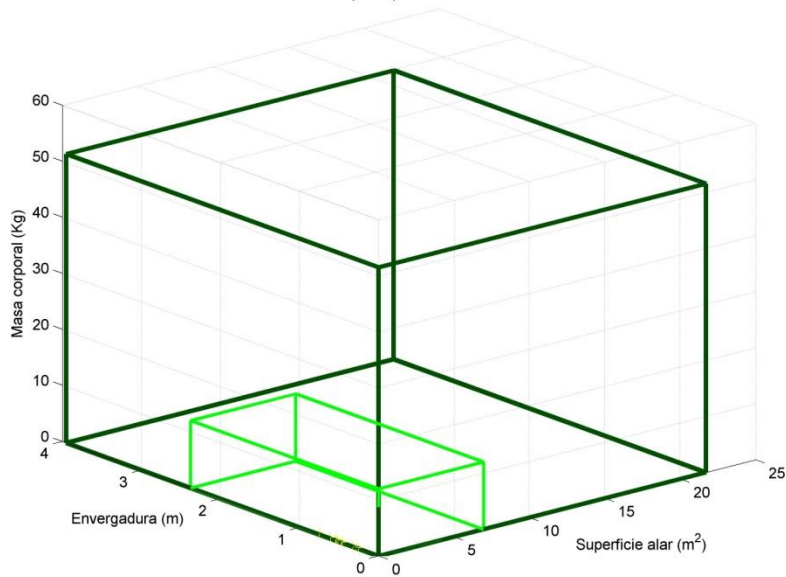


Figura 3.94: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Coraciiformes, para n = 13.

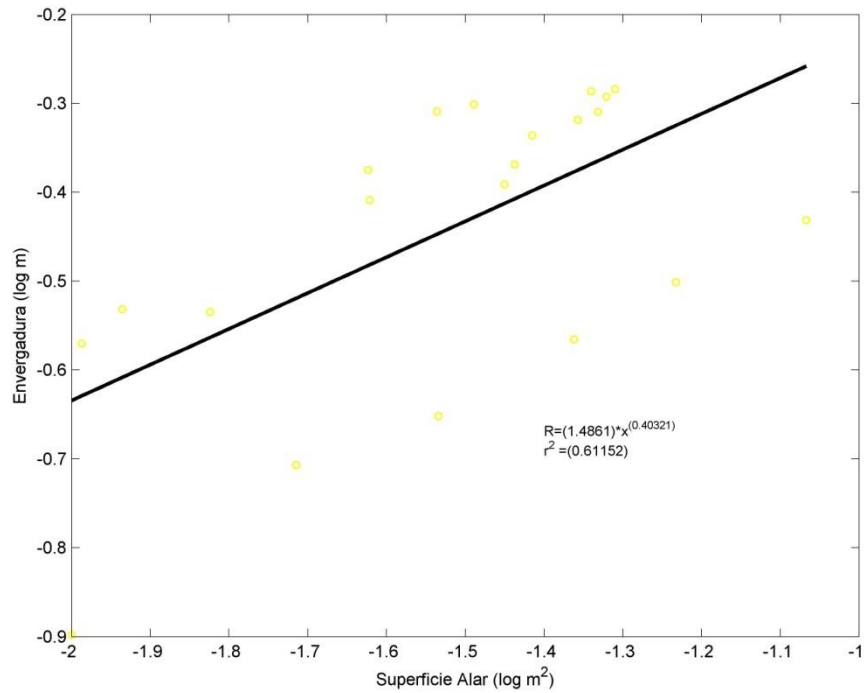


Figura 3.95: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Piciformes, para n = 22.

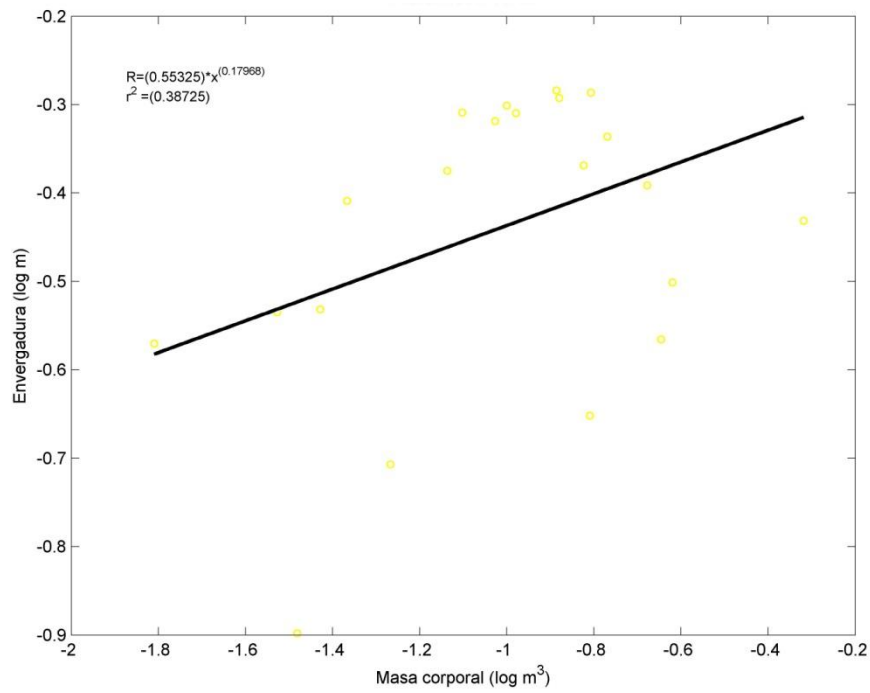


Figura 3.96: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Piciformes, para n = 22.



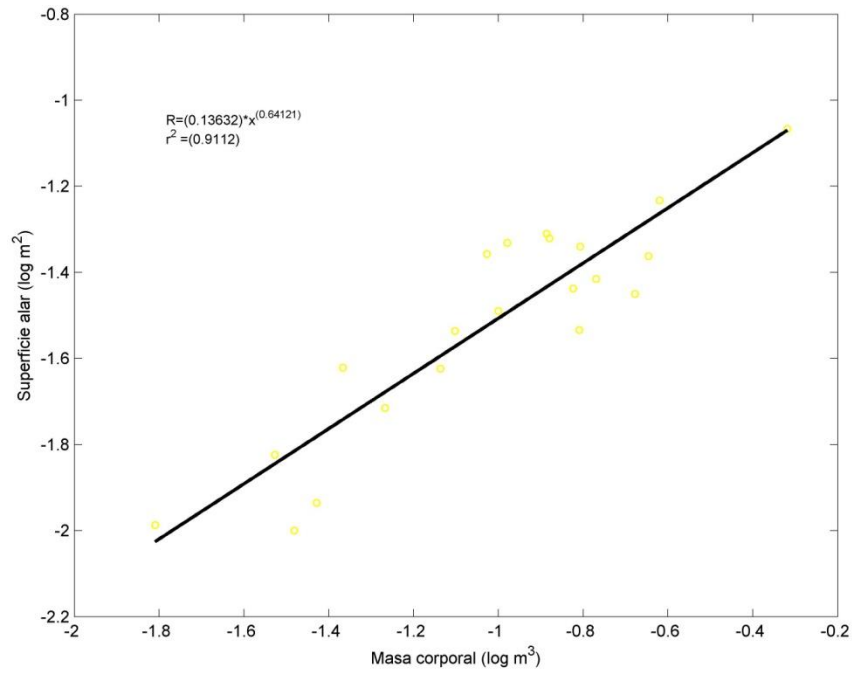


Figura 3.97: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Piciformes, para n = 22.

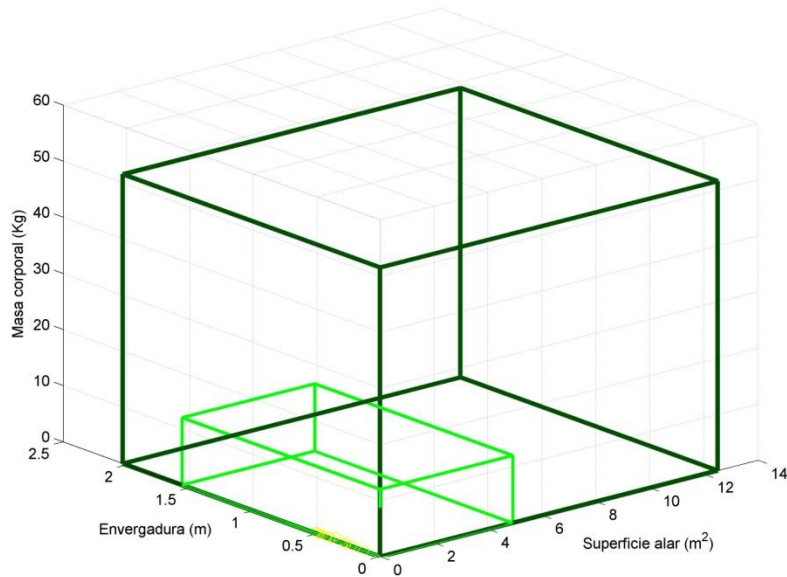


Figura 3.98: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Piciformes, para n = 22.

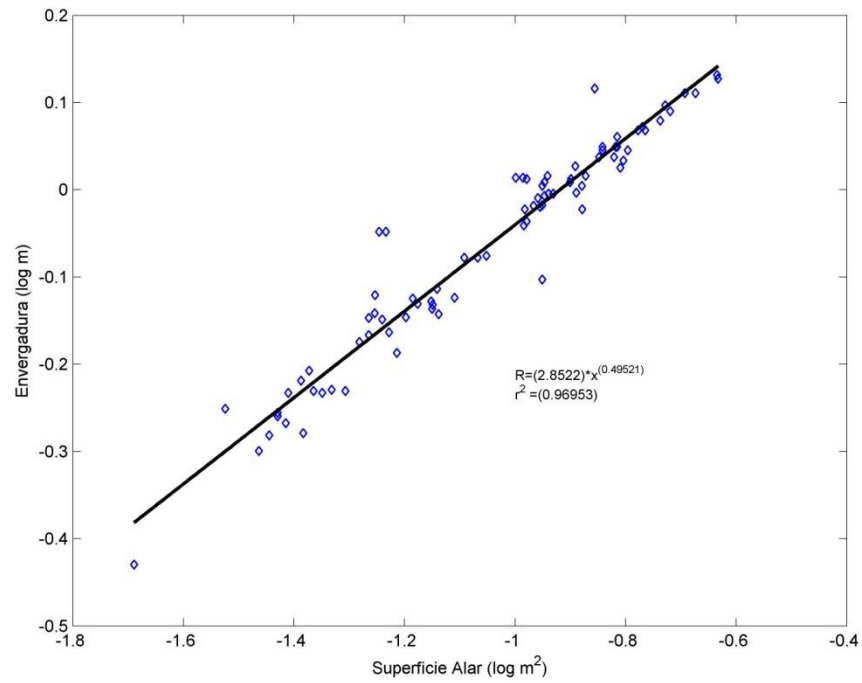


Figura 3.99: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Falconiformes, para n = 82.

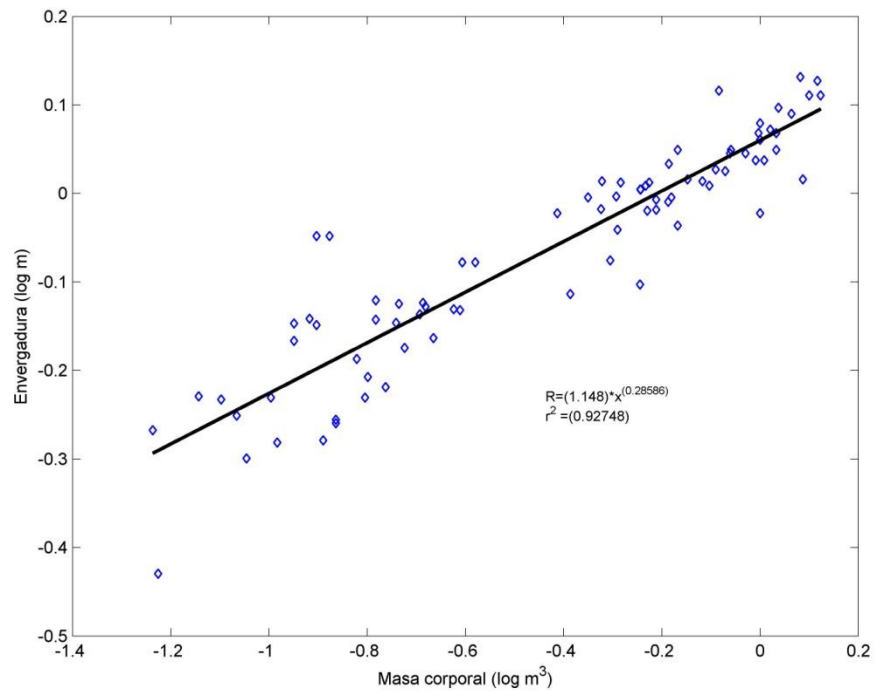


Figura 3.100: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Falconiformes, para n = 82.

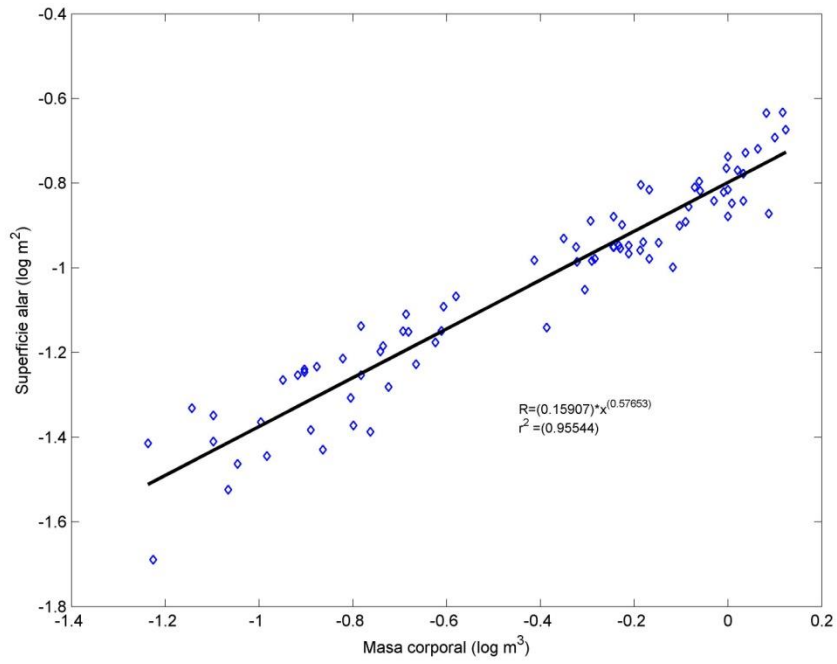


Figura 3.101: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Falconiformes, para n = 82.

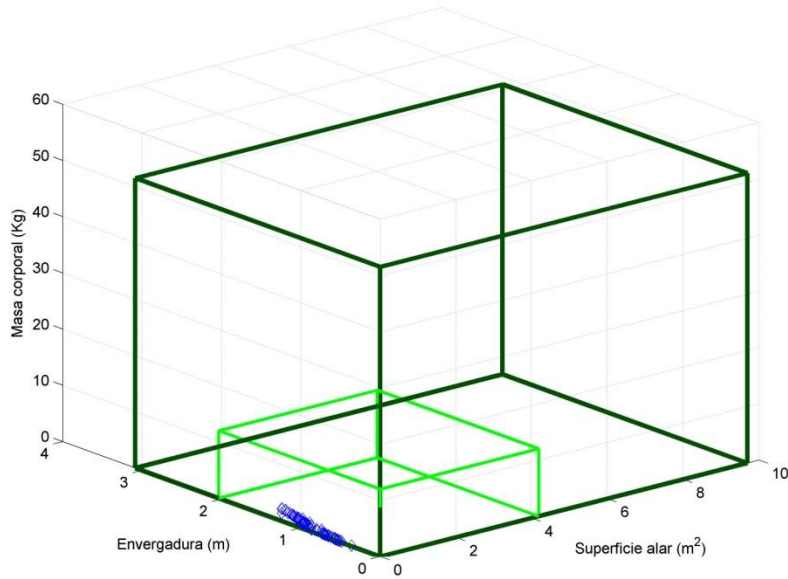


Figura 3.102: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Falconiformes, para n = 82.

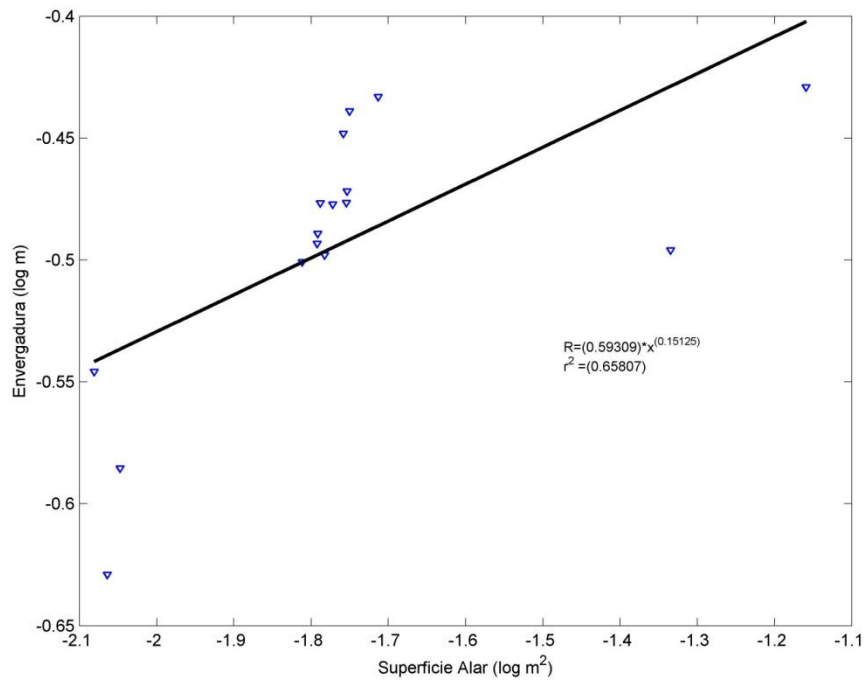


Figura 3.103: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Psittaciformes, para n = 16.

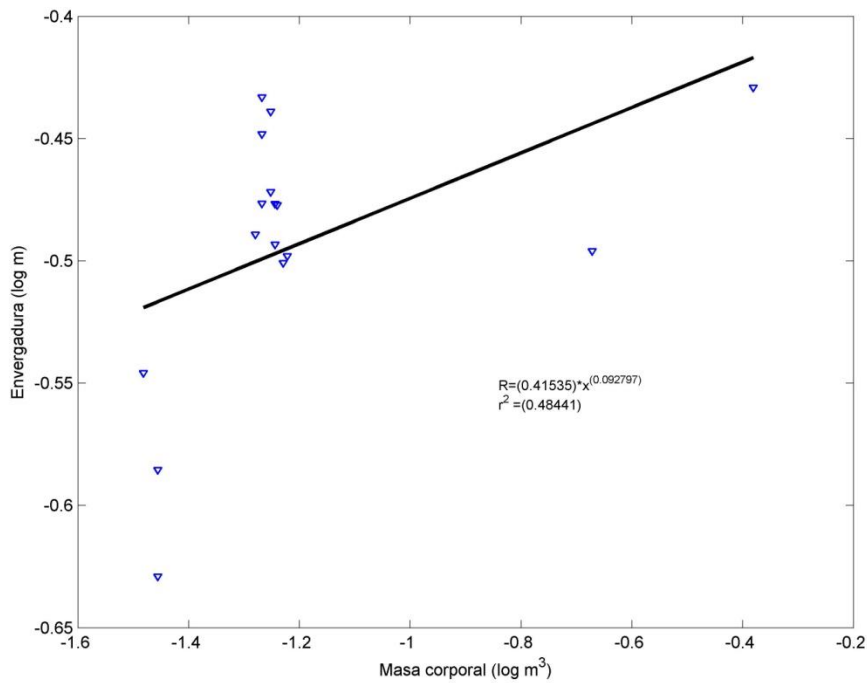


Figura 3.104: Regresión de potencia para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Psittaciformes, para n = 16.

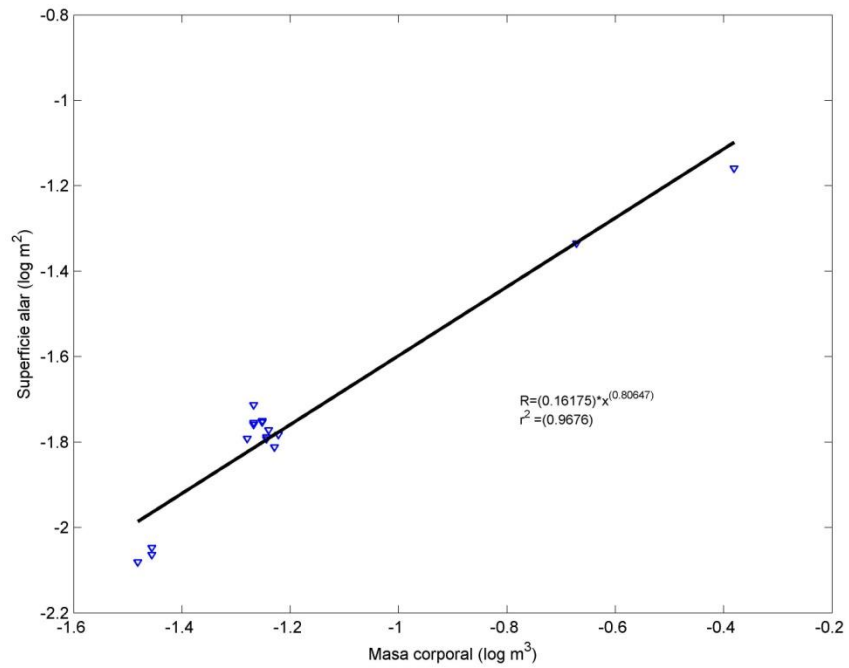


Figura 3.105: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Psittaciformes, para n = 16.

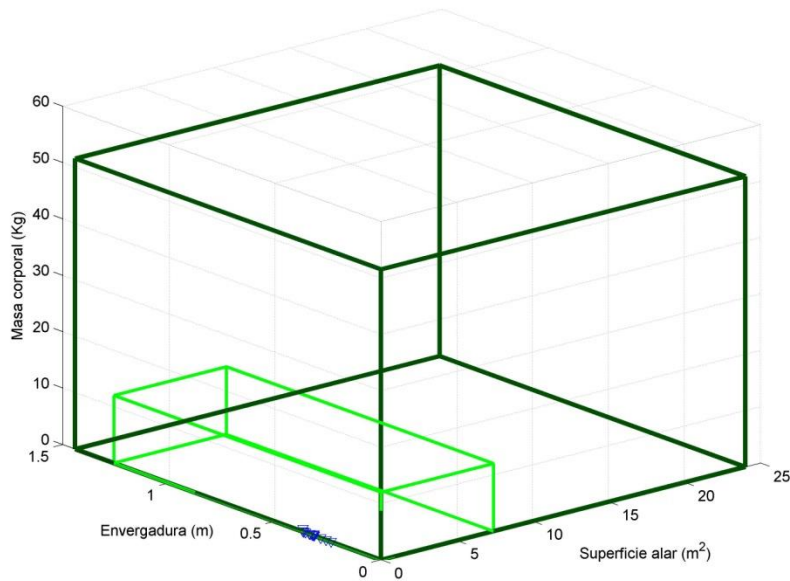


Figura 3.106: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Psittaciformes, para n = 16.

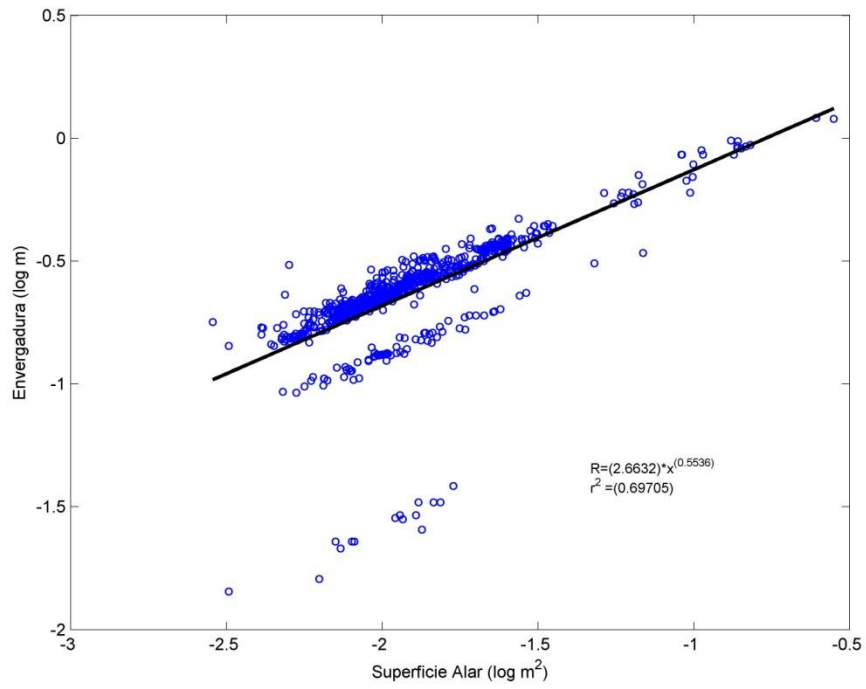


Figura 3.107: Regresión para la relación entre la envergadura y la superficie alar en Passeriformes, para n = 792.

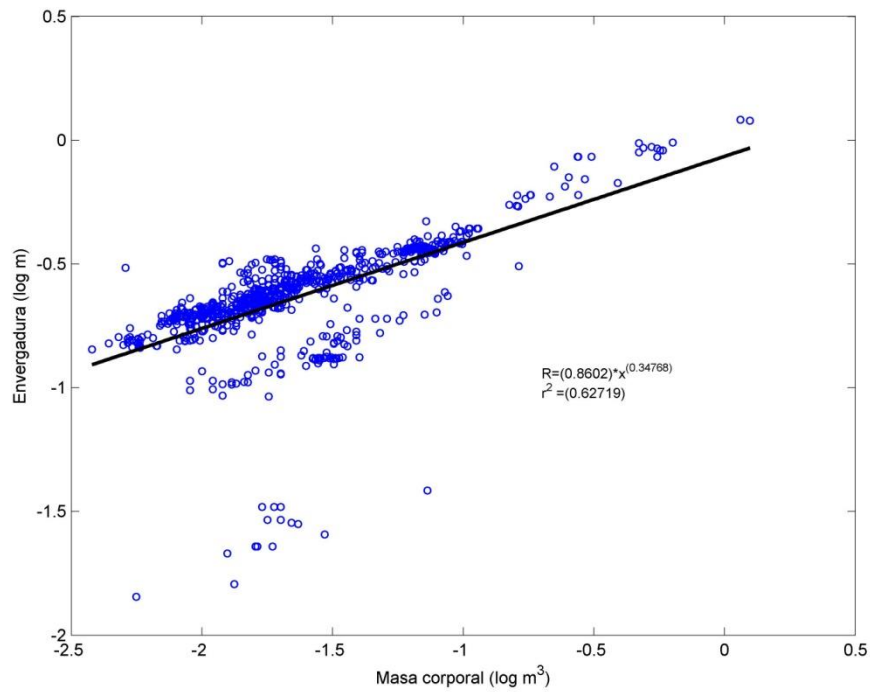


Figura 3.108: Regresión para la relación entre la envergadura y la masa corporal en Passeriformes, para n = 792.

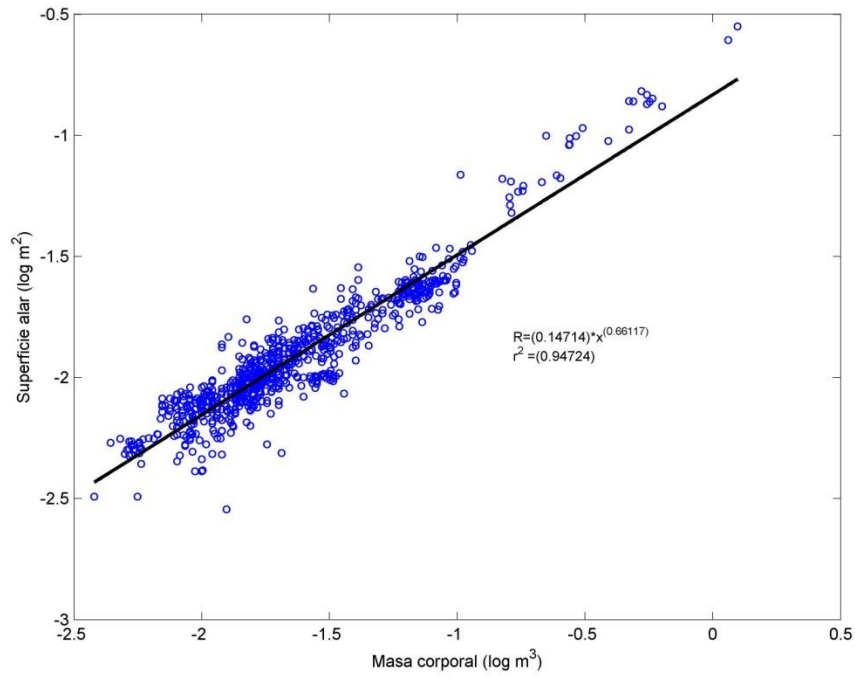


Figura 3.109: Regresión de potencia para la relación entre la masa y la superficie alar en Passeriformes, para n = 792.

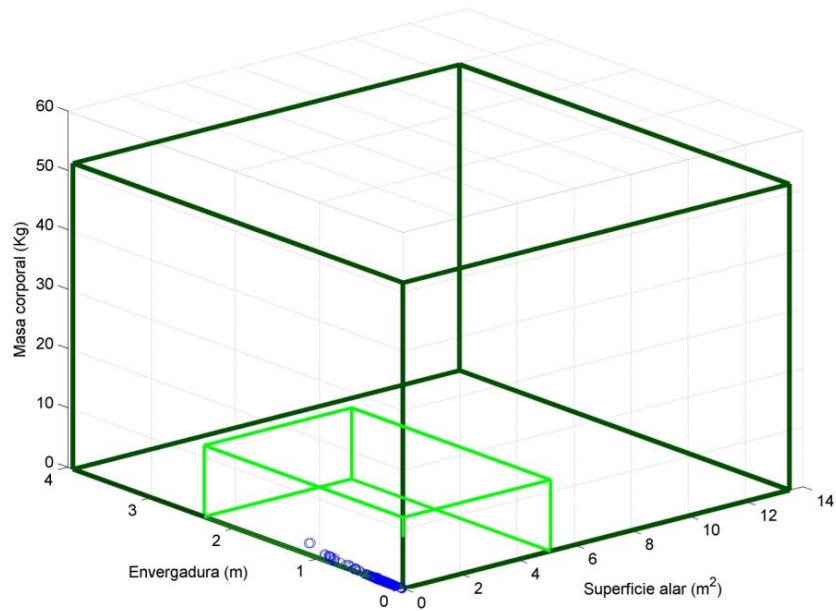


Figura 3.110: Revisión alométrica de los límites teóricos, de acuerdo a la relación que la masa corporal límite (de 51.53 Kg) tiene con respecto a la superficie alar y la envergadura en Passeriformes, para n = 792.

### 3.8. Analisis de componentes principales sobre la morfología corporal

Como método de ordenación, los Análisis de Componentes Principales transforman las variables métricas que describen un sistema para definir a uno nuevo, al reducir las dimensiones de estudio relacionando cada componente variable entre sí. Una particularidad que tiene este análisis es que depende del tamaño de la muestra analizada, por lo que su replicabilidad se encuentra objetada. No obstante, para definir generalidades y explicar *grosso modo* las condiciones de un sistema en particular en el cual se pretenden discernir elementos del mismo, este análisis es recomendable.

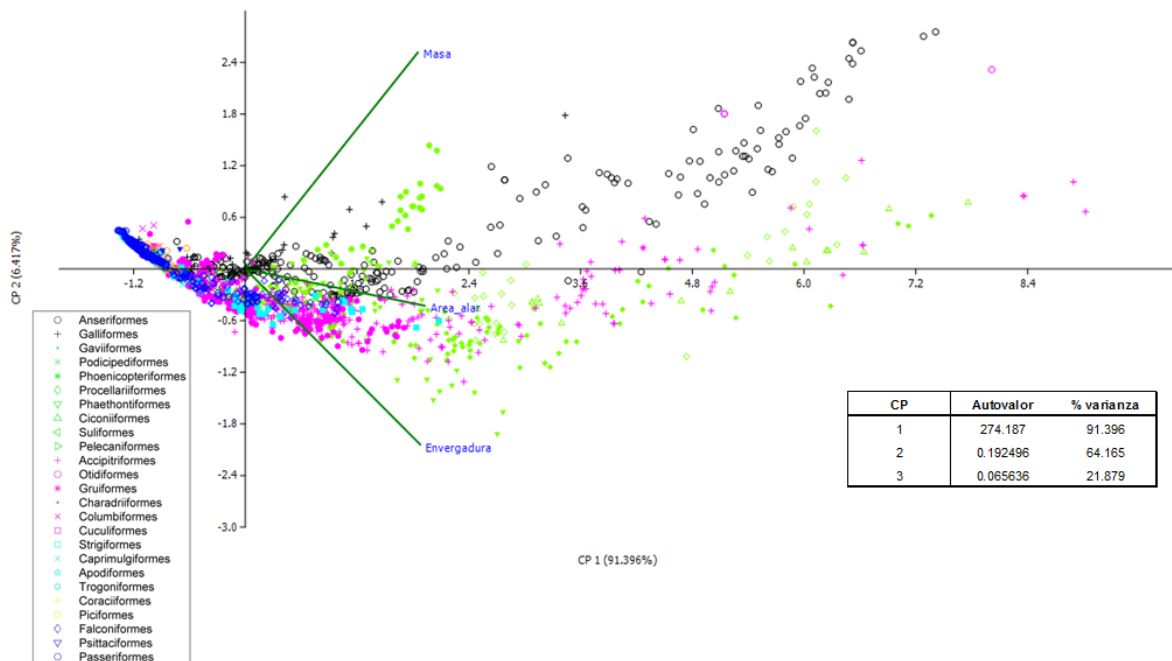


Figura 3.111: Analisis de Componentes Principales para 2574 ejemplares de aves Neognathae voladoras, empleando para ello el conjunto de datos que miden las variables morfológicas de relevancia para efectuar la locomoción aérea, usando la matriz de correlación. El componente principal 1 mantiene un alto porcentaje de variabilidad, estando muy relacionado con las variables principales definidas en el biplot. Los ejemplares fueron agrupados en función a taxa definidos en la Figura 1.2: Galloanserae (en negro), Natatores (en verde), Terrestromithes (en magenta), Dendromithes (en cyan), Picoclamatores (en amarillo) y Eufalconimorphae (en azul oscuro).

En un Análisis de Componentes Principales, la selección de pocas variables de estudio distorsiona el espacio transformado a nivel de esferificarlo. Explicado de otra forma, los morfotipos más disímiles se extremizan en comparación con los demás tipos analizados. Bajo esta salvedad, con



los valores obtenidos por las tres variables morfológicas descriptivas del vuelo se obtuvo un análisis de componentes principales con matriz de correlación (Figura 3.111), cuyo porcentaje de varianza alcanzó 91,4% para su primer componente, por lo que con este sólo se pudiera discernir el comportamiento que muestran las variables por cada grupo taxonómico. A primera vista, se observa de la diversidad considerable que muestran algunos taxa, como Anseriformes y Accipitriformes. El resto del porcentaje de variabilidad permite discernir entre cada grupo, como ocurre entre las aves de gran tamaño (Anseriformes, Ciconiiformes, Gaviiformes), y también en grupos con morfologías más reducidas.

Otra particularidad de este resultado constituye el grupo de taxa que se muestra poco diferenciable entre sí, como Passeriformes y Apodiformes, quienes se agrupan en el nuevo centro del sistema. Bajo el esquema de definición de grupos de acuerdo a la morfología presentada y, a simple vista, estos taxa parecen estar restringidos en su disparidad. Pero, como se explicó previamente, posiblemente su agrupamiento se deba a la deformación espacial del sistema, como también a la escala empleada, al comparar formas biológicas con tamaños pequeños, en comparación a otras que se muestran mucho más discernibles entre sí. Para diferenciar estos grupos se incluyó un segundo Análisis de Componentes Principales con matriz de correlación (Figura 3.112), en donde se estudiaron los representantes de estos grupos, incluyendo otras variables morfológicas y con especial relevancia en la locomoción (Pennycuik, 2008), como la longitud alar (indicador del borde de ataque alar durante el desplazamiento), la longitud corporal (como medidor del efecto que tiene el objeto en la deformación del fluido en la columna de aire) y las características de la cola (como superficie corporal con el efecto dinámico de resistencia y control del desplazamiento).

De acuerdo al análisis presentado en la Figura 3.112, el conjunto de aves passerinas muestra tanta diversidad morfológica como se observa en las que integran las Apodiformes. Para estas últimas, se observa la delimitación de las dos familias, Apodidae y Trochilidae, de manera bastante evidente. Aunque no lo pareciera a simple vista, la diversidad de formas encontradas en las Apodidae es de fundamental importancia, influenciados en principal por el cambio de la longitud alar (ver biplot), mucho más cuando se comparan los individuos entre la variedad de tamaños (*Streptoprocne* entre las grandes, *Chaetura* y *Aeronautes* entre las de menor tamaño). Dentro de esta misma línea se encuentran los individuos que integran las Turdidae, las Furnariidae y las Cotingidae, pertenecientes a las Passeriformes, mostrándose homogéneas entre sí (para los datos analizados, aunque su diversidad conocida es mucho mayor) y dentro de su disparidad, además de estar correlacionadas positivamente con las variables tomadas a consideración.

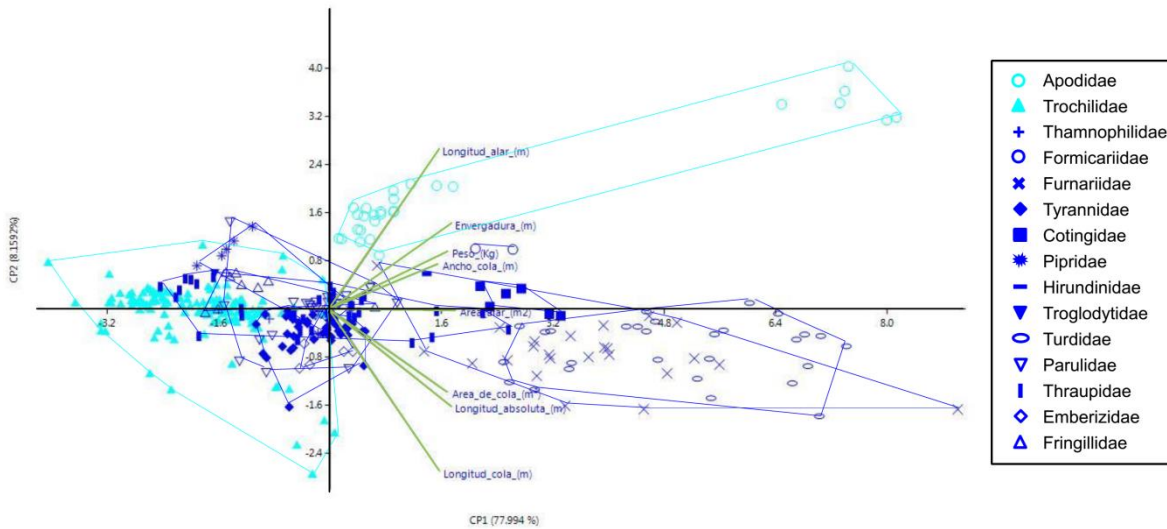


Figura 3.112: Analisis de Componentes Principales para 362 ejemplares de aves Neognathae voladoras, pertenecientes a los ordenes Apodiformes y Passeriformes, empleando para ello el conjunto de datos que miden las variables morfológicas de relevancia para efectuar la locomoción aérea (masa corporal [en Kg], envergadura [en m], área alar [en m<sup>2</sup>], longitud alar [en m], longitud corporal absoluta [en m], longitud de la cola [en m], ancho de la base de la cola [en m] y área de la cola [en m<sup>2</sup>]), usando la matriz de correlación y agrupando el 86.15% de variación. Las envolventes convexas definen la distribución de los ejemplares integrantes de familias con más de dos individuos en el nuevo espacio de coordenadas.

Por su parte, la envolvente convexa correspondiente a las Trochilidae y en buena parte de las passerinas evidencia que estos grupos son particularmente homogéneos entre sí, aunque en los datos se haya incluido variables afectadas más por la ornamentación que por ventaja aerodinámica (características de la cola, en el caso de los colibríes). Su relación con las variables morfológicas de importancia para el desarrollo locomotor es diversa, mostrando nula relación para la diferenciación como también llegando al extremo de estar correlacionadas negativamente.

Fuera de esto, los argumentos que puedan sustentar el discernimiento de grupos taxonómicos en función a las variables morfológicas que participan activamente en el vuelo se hace cuestionable, posiblemente pues estas variables estén directamente afectadas por procesos selectivos que favorezcan un tipo de desplazamiento dado, más allá de la pertenencia a un grupo taxonómico.

### 3.9. El espectro de la morfología funcional voladora

Rayner (1988) planteó que se pueden establecer descripciones de cómo cambia la anatomía corporal en los organismos voladores, evaluando para ello los caracteres relacionados a la estructura morfológica cuya participación en la locomoción es relevante. Esta idea sigue la iniciativa de encontrar relaciones entre la filogenia y la forma de los organismos voladores. Para tal fin, Templin (2000) desarrolló en su trabajo un mosaico de distribución de formas voladoras, basados en datos empíricos y proyecciones de formas fósiles. Este se detalla en la Figura 3.114. Siguiendo esta iniciativa, se planteó un análisis multivariado adicional, en donde se estudió el conjunto de organismos considerados previamente ( $n = 2574$ ) por pares de variables con relevancia en la locomoción (envergadura, superficie alar y masa corporal), con el fin de establecer grupos morfológicos afines vía clusterización por *k-means* (Wu y Kumar, 2008).

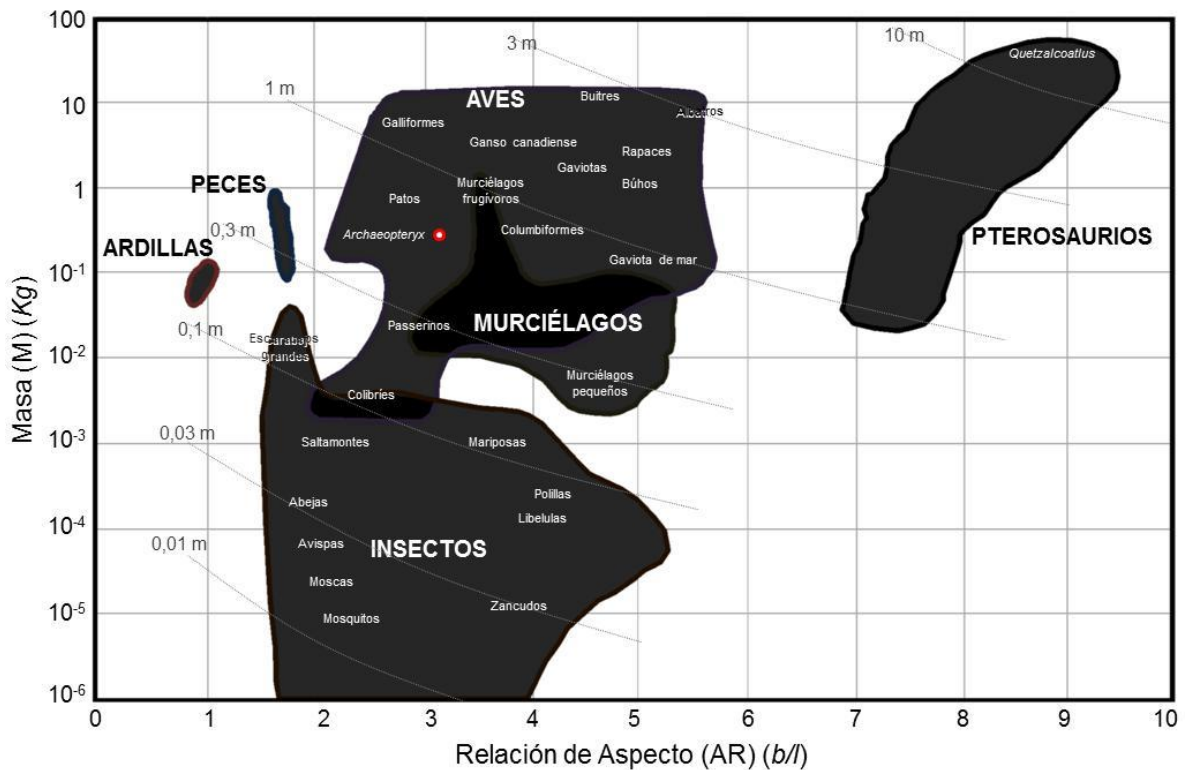
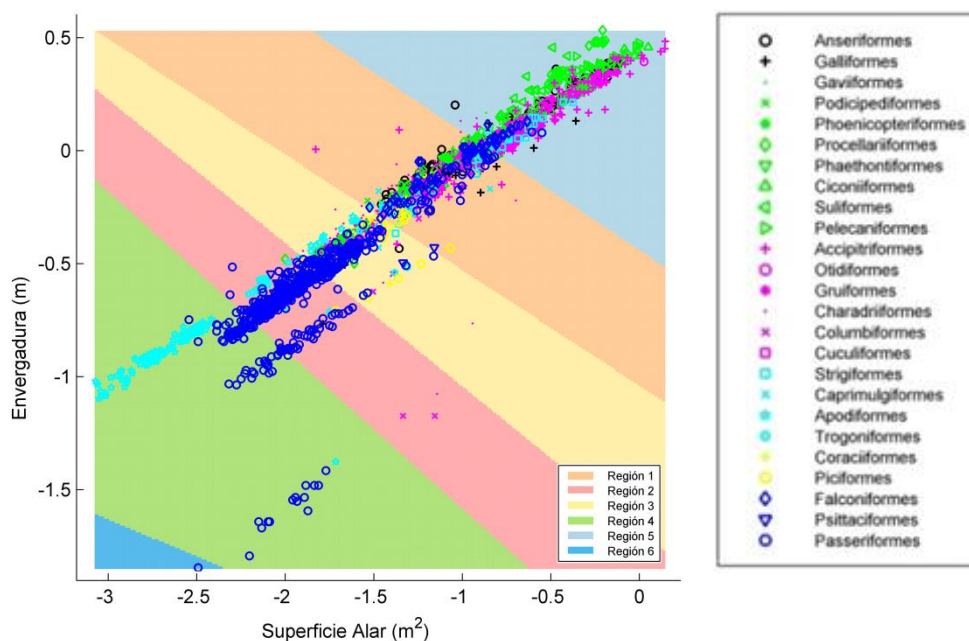


Figura 3.113: Mosaico de distribución de organismos voladores según Templin (2000), basado en el programa ANFLTSIM para definir formas funcionales de vuelo.

El algoritmo *k-means* es una técnica sencilla de clusterización iterativa, la cual particiona el conjunto de datos en un número específico de grupos, que fue definida por usuario en seis, coincidiendo con el número de grupos taxonómicos de jerarquía superior (Galloanserae, Natatores, Terrestromnithes, Dendromnithes, Picoclamatores y Eufalconimorphae) y que ese encuentran presentes en este estudio. Entre la disparidad que el sistema muestra, el algoritmo selecciona los morfotipos más cercanos al ubicar entre ellos tantos centroides como conjuntos se desean obtener. Los centroides con menor distancia (en promedio) del grupo de datos son los que explican de mejor forma la división por conjuntos. Este procedimiento se realiza de forma automática en la mayoría de los softwares de estadística y programación que existen en la actualidad.

Existen varias maneras de representar gráficamente las agrupaciones de datos. La más común es la de los árboles. Pero en sistemas grandes esta opción se pierde en discernimiento. En este estudio se muestran las agrupaciones bajo gráficos de dispersión (*scatter plots*), donde se expresan regiones constituídas por combinaciones de variables y que se muestran afines entre sí, de acuerdo a los datos experimentales evaluados. Estas se representan en las Figuras 3.114 a 3.116.



**Figura 3.114:** Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.7 mediante el método de *k-means* para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados ( $n = 2574$ ), dadas para la relación entre la envergadura y la superficie alar.

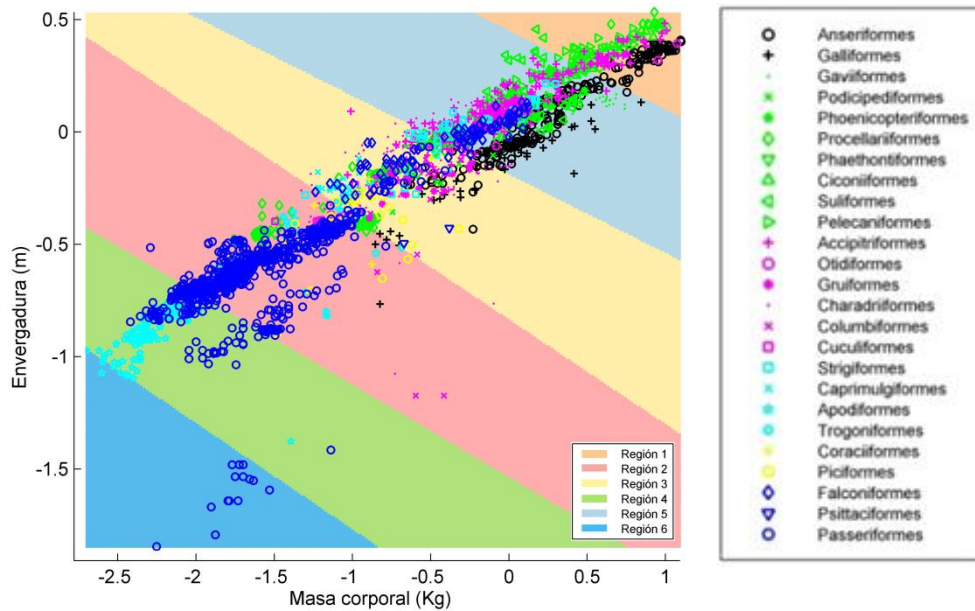


Figura 3.115: Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.8 mediante el método de *k-means* para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados ( $n = 2574$ ), dadas para la relación entre la envergadura y la masa corporal.

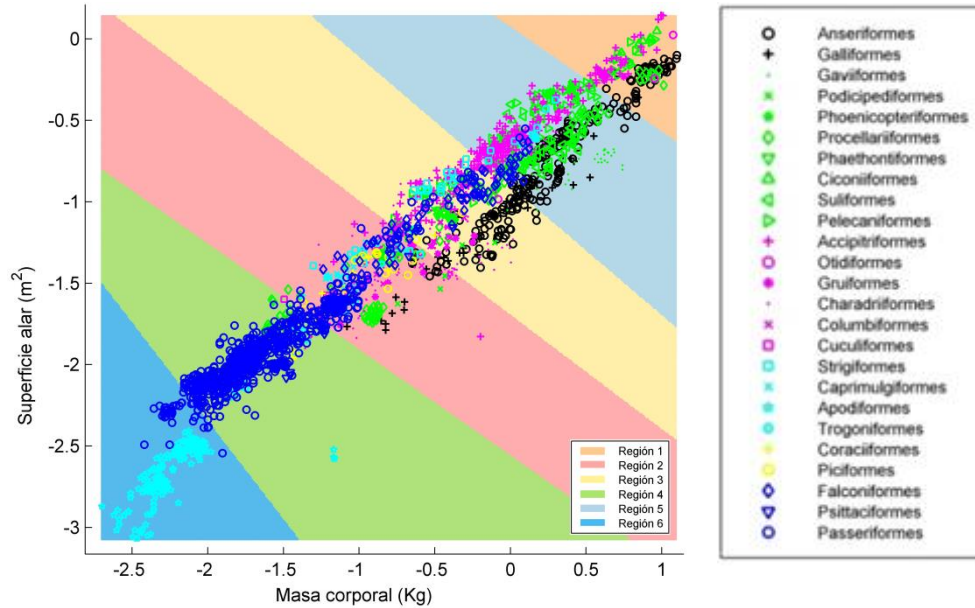


Figura 3.116: Partición del conjunto de datos analizados y expuestos en la Figura 3.9 mediante el método de *k-means* para seis grupos o regiones (definidas por usuario) y que indican áreas con mayor similitud de las variables morfológicas descriptivas del vuelo para los datos observados ( $n = 2574$ ), dadas para la relación entre la superficie alar y la masa corporal.

Estos análisis combinan dos resultados a destacar. El primero tiene que ver con la dispersión de los datos, explicado previamente, y que tiene relación con la amplia variabilidad que los grupos taxonómicos muestran. El segundo de los resultados que se observa es más evidente: los taxa (con la excepción de Passeriformes y Apodiformes) no se muestran agrupados por un único clúster. Esto es fundamental para entender que, bajo las variables y con el grupo de individuos analizados, se detalla que la relación entre filogenia y morfología funcional sólo se restringe a grupos como los colibríes y aves passerinas. El efecto de las restricciones no-filogenéticas sobre el resto de los taxa de Neognathae parece imperar. No obstante, sin análisis más detallados que expliquen la dinámica de la locomoción y que se vinculen con datos de evolución y comportamiento, esta consideración se mantendrá como una especulación.

# 4

---

**Patrones de integración  
morfológica del módulo  
locomotor anterior de  
Neognathae en los límites  
teóricos del vuelo**





## Patrones de integración morfológica del módulo locomotor anterior de Neognathae en los límites teóricos del vuelo

---

*For the harmony of the world is made manifest in Form and Number, and the hearth and soul of all the poetry of Natural Phylosophy are embodied in the concept of mathematic beauty*

*(La armonía del mundo se manifiesta en las formas y los números, y el corazón y el alma de toda la poesía de la filosofía de la naturaleza se encarna en el concepto de la belleza matemática)*

**D'Arcy Wentworth Thompson. 1917.**

*On Growth and Form.*

*(Sobre el crecimiento y la forma).*

Sobre los estudios de locomoción animal pesa el gran sesgo determinado por la variedad del registro. En específico, no se puede alcanzar un conocimiento exacto de la amplitud de las estrategias de vuelo sin conocer la ocurrencia de las formas viables presentes dentro de las aves modernas. Esto se debe tener siempre en claro al momento de analizar los espectros estructurales. Para el caso que concierne y que pudo ser estudiado en el capítulo precedente, las regiones mostradas en las Figuras 3.114, 3.115 y 3.116, definidas de acuerdo a clusterizaciones por k-means, muestran conjuntos de formas similares entre sí para el total de especies estudiadas. Estas regiones de afinidad son dependientes del tamaño muestral, aunque con ellas se pueden realizar determinadas interpretaciones. Basta un ejemplo: al detallar la Figura 3.114, correspondiente al análisis de las variables morfológicas del ala, se observan seis clústeres específicos, dados por el grupo 1, conteniendo a las grandes Galloanserae, casi la totalidad de las Natatores, los Terrestroornithes, los Strigiformes de mayor talla y algunos Falconiformes; el grupo 2 con una representación de cada grupo de aves de orden superior; un grupo 3 representado por buena parte

de los Passeriformes, la mayoría de los Picoclamatores y las especies de talla media del resto de los taxa, y los grupos 4 al 6, dominados por Passeriformes y Apodiformes. De estos resultados se observa claramente que no existe una correspondencia entre los grupos y su relación filogenética, siendo sólo sujeta bajo la afinidad que tienen los ejemplares estudiados en las variables morfológicas descriptivas.

Una observación más detallada de los datos revela que en cada grupo existe una congruencia de patrones de vuelo. Así, se tiene que en el grupo 1 se reúnen aves de grandes dimensiones con baja potencia de locomoción, mientras que en los grupos 4 al 6 se incluyen a las aves más pequeñas, con alas más reducidas, pero que generan una mayor potencia dada por el batido alar, de modo similar a como lo propuso Rayner (1988) y que se expone en la Figura 2.3. Siendo esta una evidencia de la relación existente entre la forma corporal y la función locomotora, bien se puede pensar en identificar, sobre variables morfológicas, el tipo de locomoción que un ave puede desarrollar, dentro de la diversidad que ofrece el vuelo batido. Sin embargo, la pregunta fundamental se centra en el *cómo*.

#### **4.1. Niveles de organización anatómica en las Aves, en función a su actividad locomotora**

Las investigaciones que se han realizado hasta el momento sobre la locomoción de las aves y, en específico, en relación a su *performance* en el vuelo, no sólo revela las diversas estrategias de desplazamiento que estos organismos presentan, sino también la variabilidad que sus estructuras anatómicas muestran, de acuerdo a como lo resumían Alexander (1971) y Feduccia (1996). Desde la perspectiva dada por el anatomista no se observa lo mismo. La simple variación de una estructura de relevancia locomotora, como una membrana o un hueso, pudiera ser motivo de un cambio sustancial en la estrategia de locomoción. Sin embargo, los mecanismos fundamentales mecanismos se mantienen (básicamente volar, nadar y caminar), así como sus variedades (planeo, batido, vuelo estacionario, nado a propulsión de miembros anteriores, nado por movimiento de miembros posteriores, salto, correr, entre otros). Esto otorga visos de cuán amplio y flexible, anatómicamente hablando, pudiera ocurrir un movimiento efectivo.

En el enfoque de estudio, un cambio en el área efectiva de sustentación, la envergadura alar o la masa corporal en las aves se vería reflejado entonces en el vuelo. La variación de la masa corporal en las aves es un fenómeno común, debido en gran parte a sus habilidades de interrelación, como por ejemplo cuando se observa la captura de alimento o durante el transporte de materiales. Su impacto afecta las estructuras de sostén, la potencia generada y las capacidades locomotoras (Pennycuick, 2008; Shyy *et al.*, 2008). Pero los cambios en las dimensiones corporales pueden interpretarse como producto de procesos ontogénicos o como variaciones en las estructuras de soporte. La aparición de una nueva característica no solo afectaría a la estructura como tal, sino al conjunto de éstas, teniendo una amplia gama de consecuencias, desde las aparentemente imperceptibles hasta las que terminan por modificar el plan corporal.

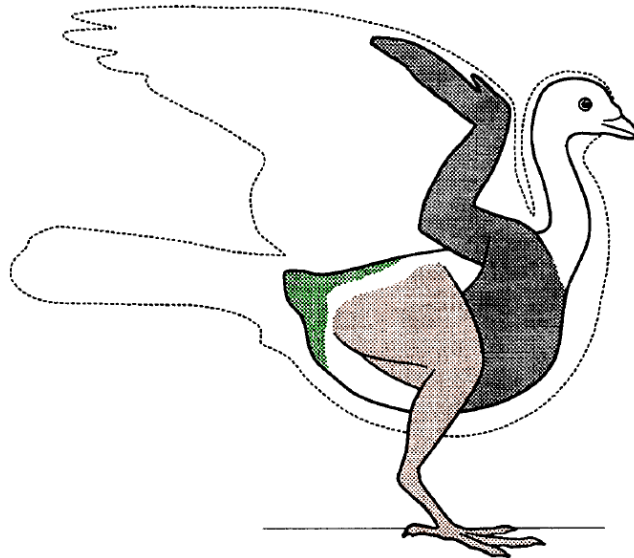


Figura 4.1: Módulos locomotores en las aves: pectoral (en negro), miembros inferiores (en marrón) y caudal (en verde). Modificado de Gatesy y Dial, 1996.

Si bien resultan relevantes, los mecanismos por los cuales ocurre un desplazamiento no están supeditados por la variación de un elemento, sino por su conjunto. Este fue el principio por el cual Gatesy y Dial (1996) desarrollaron la idea de *módulos locomotores* (ver Figura 4.1) para designar a las subregiones del sistema musculoesquelético que se encuentran integradas anatómicamente y que actúan como una unidad funcional durante la locomoción. En las aves se han identificado tres módulos específicos: el *pectoral*, el de los *miembros inferiores* y el *caudal*. Cada uno de estos

muestran una especialización locomotora característica: el primero para el vuelo (o nado, en el caso de los Sphenisciformes), el segundo para el bipedalismo (bien sea para caminar, correr, asirse o para el nado) y el tercero para el movimiento de la cola (con particular importancia en la estabilización durante el vuelo y la locomoción terrestre).

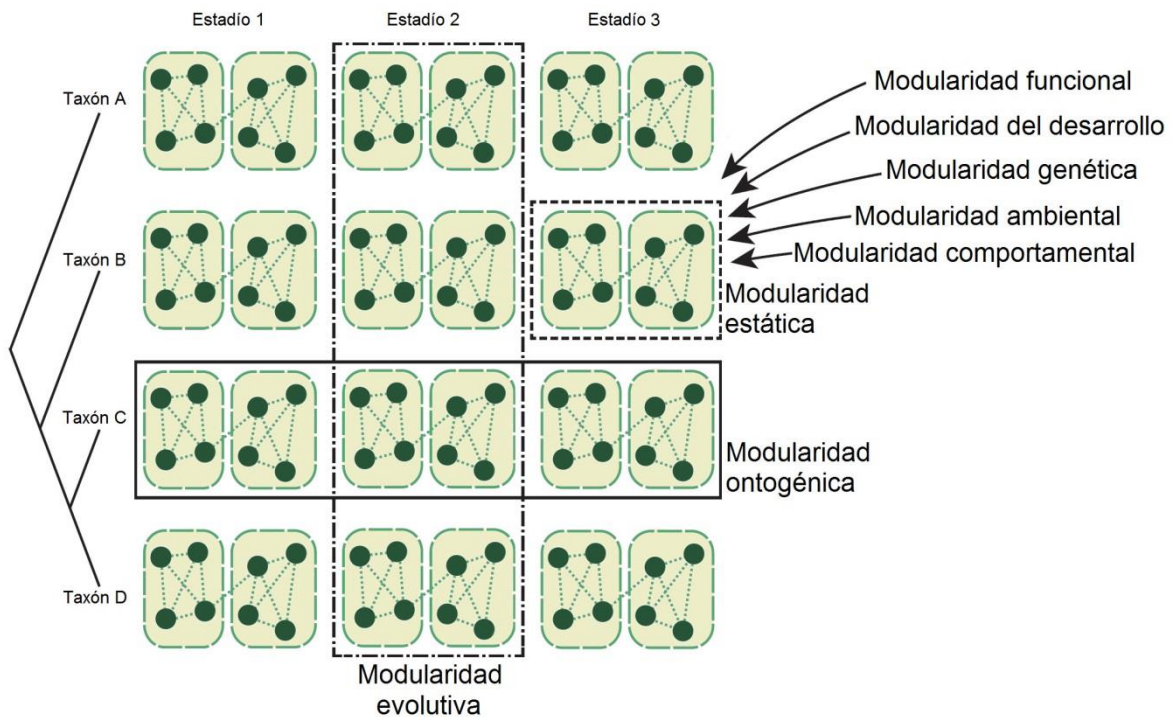
De la forma como estos autores describieron a los módulos locomotores, no sólo se entiende el hecho de una evidente relación entre un grupo de estructuras y una función locomotora; también se debe destacar la relación existente entre las subunidades que componen a cada módulo, sujetas a la aparición de restricciones funcionales en la historia evolutiva de los organismos. Así ocurre con el resto de interacciones que han sido descritos como unidades modulares, independiente de si sean o no de carácter morfofuncional, desde las moleculares hasta las comportamentales dentro de una población, de acuerdo y como lo describen von Dassow y Munro (1999), Slotine y Lohmiller (2001), Brandon (2005), Rasskin-Gutman (2005), Winther (2005), Klingenberg (2014) (ver Figura 4.2).

#### **4.2. La integración morfológica en las aves**

Independientemente del nivel que se trate, cada elemento que integre un módulo se encuentra afectado por su entorno. Una variación en la unidad tiene en consecuencia una influencia en el conjunto, afectando al módulo entero, bien sea en la manera como éste se presente, como también en la forma en la que ocurran las interacciones. Esto fue originalmente esbozado por pioneros como Georges Cuvier and Charles Darwin durante el siglo XIX (Klingenberg, 2014), hasta ser explicado por Olson y Miller (1958) con mucha mayor precisión, refiriéndose al tema como *integración*.

La integración es una propiedad que tienen los elementos de variar simultáneamente. Ésta covariación puede estar confinada a un módulo, si los cambios sólo afectan a elementos del mismo o, por el contrario, influyen en un entorno de manera relativamente más fuerte que al resto. Algunos autores, como Hallgrímsson *et al.* (2009), sugirieron que la integración puede ser entendida como un concepto de disposición, al ser explicado de acuerdo a la tendencia que tiene

un sistema al producir una covariación en mayor medida que la observable en el resto de las interacciones. Su relación con la modularidad se explica pues, a un nivel en específico, los cambios simultáneos ocurren debido a la asociación existente en procesos que se encuentran a un nivel inferior, surgidos de interacciones dadas por otros procesos a nivel basal. De esta forma, al ser entendida como una propensión jerárquica, la integración (como concepto) puede ser mejor manejada a los diferentes niveles que se resumen en la Figura 4.2.



**Figura 4.2:** Diferentes niveles de modularidad, modificado de Klingenberg (2014). El diagrama representa a cuatro especies interrelacionadas, con tres etapas diferentes de desarrollo. A nivel de cada estadio se estudia la modularidad ontogénica, evaluando la variación por grupos etarios. Por su parte, la modularidad evolutiva se enfoca en las asociaciones que muestran las especies a cualquier nivel. En un nivel estático se estudia una especie, un ejemplar y/o un estadio. Por ejemplo, la modularidad funcional, la del desarrollo, la genética, la ambiental y la comportamental, son usualmente estudiadas dentro de un contexto estático.

Siendo un concepto inicialmente establecido para explicar la anatomía de los organismos, la integración explicaría cómo la suma de la totalidad de caracteres, junto a su interdependencia con la forma, producen un organismo, de acuerdo a como lo propusieron Olson y Miller (1958). Para

finés del presente estudio, una modificación de esta afirmación se ha puesto a prueba: el conjunto de rasgos dependientes de la forma produce una unidad morfológica funcional.

### **4.3. Estrategias para el análisis de la integración morfológica**

Los métodos para estudiar la integración morfológica, desde sus inicios (desde la segunda mitad del siglo XX) hasta la actualidad, han incluido herramientas sencillas, determinadas básicamente por modelos que calculan la correlación entre las subunidades. Muchos de sus resultados presentan implicaciones en diversas áreas, como por ejemplo en la filogenia, ontogenia, biomecánica y evolución de los organismos (Chernoff y Magwene, 1999; Magwene, 2006, 2009). Sus aplicaciones escapan inclusive del área de la morfología para estudiar asociaciones entre organismos, poblaciones y comunidades, interpretándose a éstas como partes de un componente o como unidades funcionales (Gabriel y Sokal, 1969).

Es bien reconocida la trascendencia que presentan estos estudios en vincular los morfotipos con las unidades que los definen, caracterizándolos como unidades (sean estas funcionales, evolutivas, etc.). Sin embargo, en trabajos sobre locomoción de las aves, son pocos los intentos que se han presentado en el marco de este concepto. De mención especial son los estudios de Middleton y Gatesy (2000) y Gatesy y Middleton (2007), los cuales exponen en morfoespacios ternarios (*i.e.*, diagramas en triángulos definidos por tres variables cuya suma corresponde a una constante) la relación entre las longitudes de los huesos del brazo, antebrazo y mano, a fin de conocer las variaciones en la representatividad de estos elementos óseos en el ala y su influencia en el tipo de vuelo reportado.

Con el fin de establecer un método que permita definir los modelos de ala (generados en los capítulos precedentes) mediante sus estructuras óseas, se ha realizado el presente estudio, en donde se caracteriza la correspondencia de los patrones de covariancia entre los huesos del miembro anterior de Neognathae con las condiciones de vuelo enmarcadas en un límite funcional. Los resultados muestran no sólo los efectos de las condiciones limitantes de vuelo sobre el

esqueleto del módulo locomotor anterior (caracterizando anatómicamente tal condición), sino a su vez del resto de los estados morfológicos.

#### **4.4. Objetivo del análisis**

La disparidad del plan corporal de las aves Neognathae voladoras ha sido representada en un morfoespacio teórico, delimitado por aquellas formas cuyo vuelo activo se desarrolle en condiciones físicas limitantes, de acuerdo a variables morfológicas descriptivas que se encuentran intercorrelacionadas. Bajo este hecho, se puede considerar que cada elemento constitutivo de su bauplan (e.g., huesos, músculos, plumas) también se encuentre relacionado entre sí, de forma que al conocer la variación en uno de ellos, se estime la que ocurra en aquellos que se muestren conectados. De acuerdo a este principio (integración fenotípica), se puede determinar a su vez la diferenciación entre morfotipos distantes, con intenciones no sólo descriptivas, sino también para caracterizar anatómicamente espacios morfo-funcionales.

De esta forma y, partiendo de esta hipótesis, esta sección del estudio plantea como objetivo específico un método de caracterización cuantitativa de los patrones de integración dados para las subunidades óseas que componen el módulo locomotor anterior, presentes en representantes del superorden Neognathae, cuyos morfotipos funcionales se encuentran asociados al vuelo activo dentro de condiciones límites.

#### **4.5. Método de estudio**

La idea de este modelo surgió de la definición del esqueleto como red morfológica. Olson y Miller (1958) originalmente plantearon el estudio, empleando para ello mediciones de distancias longitudinales de diversas estructuras para identificar *estados*, comparándolos posteriormente entre diversos organismos mediante métodos cuantitativos. Posteriormente, Cheverud (1982, 1995), Klingenberg y Zaklan (2000), Klingenberg *et al.* (2001, 2003, 2012), Hallgrímsson *et al.* (2002), Murren (2002), González-José *et al.* (2004), Klingenberg (2005, 2008, 2009, 2013), Breuker

*et al.* (2007), Mitteroecker *et al.* (2012) y Alcantara *et al.* (2013) discutieron sus implicaciones teóricas y ejemplificaron su uso en plantas, insectos y mamíferos. Estos trabajos han servido de guía para el planteamiento del análisis que a continuación se presenta.

La conformación ósea del módulo locomotor anterior se mantiene prácticamente invariable entre todas las Neornithes, con algunas excepciones como las mostradas por las Ratites y demás aves no voladoras, en donde se observa la reducción del número de piezas. Sin embargo, el módulo locomotor puede definirse por 10 elementos óseos a cada lado (20 en total, y 26 si se toman en cuenta los huesos de la cintura escapulopectoral, asumiendo adicionalmente que las falanges alulares se mantienen fusionadas, como se observan en diversos taxa, tales como Apodiformes, Piciformes y Passeriformes, entre otros), sin incluir el esternón y las costillas, consideradas como parte de las estructuras de sostén (Figura 4.3). Las uniones físicas entre cada pieza se mantienen invariables (a excepción de aquellos estados en donde se presenta la reducción de huesos), por lo que su cuantificación en una red ha sido totalmente viable. Su importancia a diversas escalas es resaltante: mientras que las comparaciones entre redes muestran los grados de diferenciación (o similitud) entre estados morfológicos, el manejo de un grupo de datos significativo pudieran estar asociados con grupos de estados (morfotipos). El alcance de esto último va más allá de la calificación funcional del grupo, asociando conjuntos de estados por un estadístico en particular.

Para tal fin, se cuantificaron cada una de las 10 piezas óseas mediante morfometría geométrica, de manera de caracterizar el tamaño y la variación de la forma ósea (Bookstein *et al.*, 1985; Mousseau, 1991; Dryden y Mardia, 1998; Klingenberg *et al.*, 2001). Se eligieron 18 ejemplares (de acuerdo a la disponibilidad de material), pertenecientes a tres familias integrantes de dos órdenes muy contrastantes: Anseriformes (Anhimidae y Anatidae) y Apodiformes (Trochilidae) (ver Tabla 4.1). La selección de estos grupos se debió a los resultados de las regresiones lineales expuestas en la sección precedente, en la Figuras 3.7, 3.8 y 3.9: ambos presentan planes corporales que se ubican en extremos morfofuncionales, estando más cercanos a los límites proyectados por el morfoespacio teórico. A su vez, la selección de los ejemplares estudiados se debió a su disponibilidad, integridad y su calidad de preservación. Para ello, se analizaron ejemplares depositados de la Colección Ornitológica Phelps (COP, Caracas, Venezuela), Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande (MEBRG, Maracay, Venezuela) y el Museo de Historia Natural de Londres (NHM, Tring, Inglaterra), siendo todos adultos provenientes de capturas en estado silvestre.



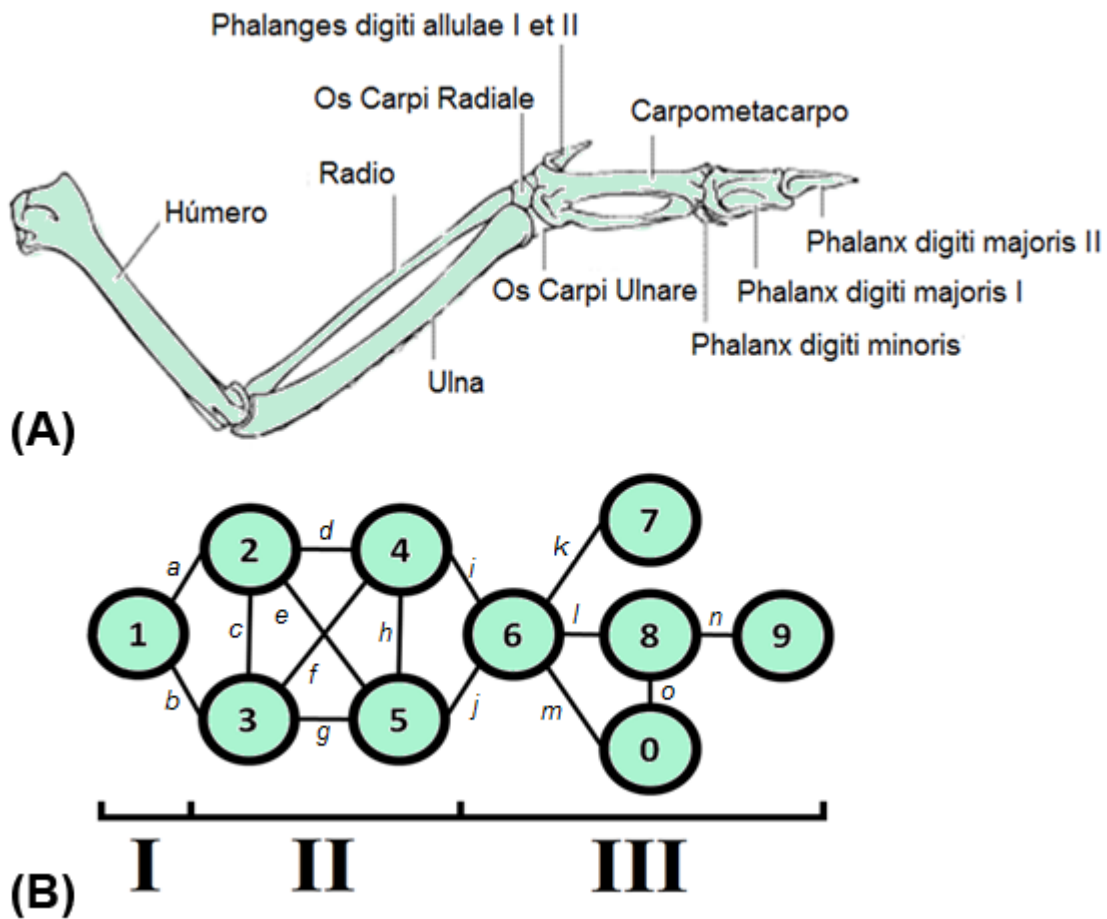


Figura 4.3: Esquemas para el análisis de integración en la estructura ósea del miembro anterior de las aves. (A) Nomenclatura de las piezas que constituyen el esqueleto del ala, según Baumel *et al.* (1993). (B) grafo morfológico definido para el módulo locomotor anterior. Los nodos se han separado de acuerdo a los elementos que constituyen el brazo (I), antebrazo (II) y mano (III).

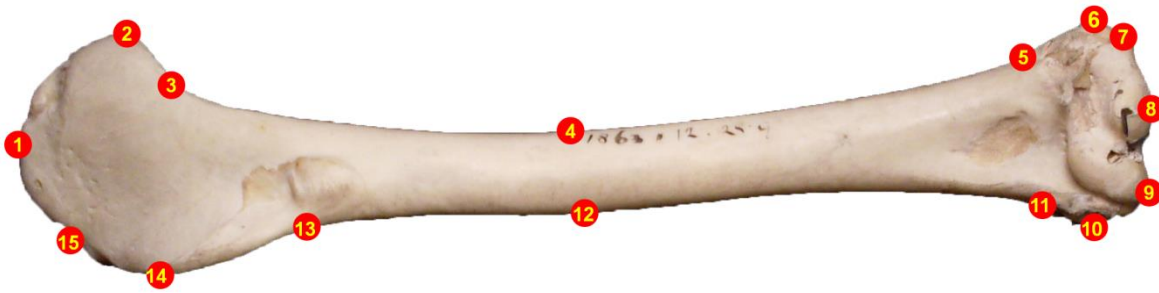
Las piezas óseas de cada uno de estos ejemplares se encontraban, además, libres de restos de tejidos y desarticuladas, de manera que fueron fotografiadas por ambas caras (craneal y caudal), de forma similar a lo explicado anteriormente con el estudio de morfología alar, variando el fondo de la fotografía por una superficie contrastante y manteniendo una referencia de escala. Los huesos de organismos de gran talla (Anseriformes) fueron directamente digitalizados con el equipo fotográfico definido previamente. En los ejemplares con elementos más pequeños, se fotografiaron con la ayuda de una lupa estereoscópica con aumento de 5X. Todas las fotografías obtenidas

fueron posteriormente editadas mediante Adobe Phothosop CS3 para corregir la deformación dada por el lente, así como se explicó en la sección precedente.

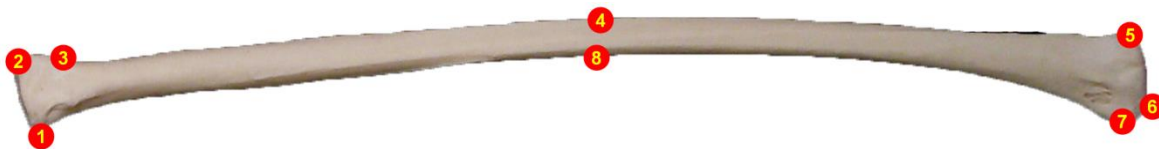
Tabla 4.1: Ejemplares estudiados bajo el método planteado de redes morfológicas.

Especie	Nombre común	Acrónimo	Referencia
ANSERIFORMES			
Anhimidae			
<i>Chauna torquata</i>	Chajá Común	Cto1	NHM-1891-7-20-95
<i>Chauna torquata</i>	Chajá Común	Cto4	NHM-S/1966-52-19
Anatidae			
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ganso Urraco	Ase2	NHM-1862-7-6-6
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ganso Urraco	Ase3	NHM-91-4-20-110
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ganso Urraco	Ase4	NHM-S/1952-1-117
APODIFORMES			
Trochilidae			
<i>Glaucis hirsutus hirsutus</i>	Ermitaño Pecho Canela	Ghi0	COP-79321
<i>Phaethornis bourcieri</i>	Ermitaño Picorrecto	Pbo0	COP-78662
<i>Phaethornis augusti</i>	Limpiacasa	Pau0	COP-79322
<i>Doryfera johannae guianensis</i>	Pico Lanza Frentiazul	Djo3	COP-77735
<i>Polytmus milleri</i>	Colibrí de los Tepuis	Pmi5	MEBRG-11268
<i>Polytmus milleri</i>	Colibrí de los Tepuis	Pmi8	MEBRG-11271
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Colibrí Frentiverde	Hxa1	COP-78513
<i>Campylopterus largipennis</i>	Ala de Sable Gris	Cla0	MEBRG-768
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Ala de Sable Rufo	Chy1	COP-78686
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Ala de Sable Rufo	Chy2	COP-78687
<i>Campylopterus duidae</i>	Ala de Sable Anteadado	Cdu2	COP-78548
<i>Campylopterus duidae</i>	Ala de Sable Anteadado	Cdu3	COP-78549
<i>Thalurania furcata fissilis</i>	Tucusito Moradito	Tfu2	COP-78660

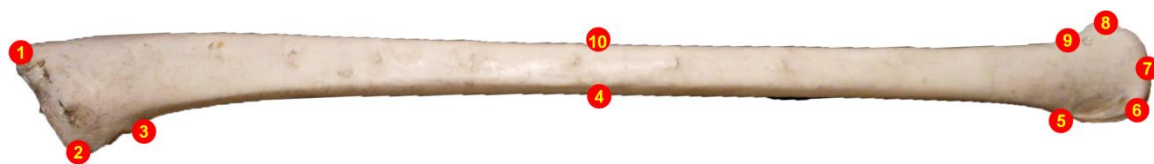
Sobre las fotografías se seleccionaron los hitos homólogos en el contorno de cada hueso desde la superficie craneal-dorsal, de forma que se definió a través de un polígono irregular continuo (i.e. sin hitos internos) en cada elemento óseo. La selección de los hitos se debió a su fácil localización en el elemento y entre cada ejemplar. El número, si bien fue variable, resultó ser más bajo a lo previsto con anterioridad, de manera que la información de cada localización no fuese redundante ni hubiese confusión al momento de identificación y cálculo. En la Figuras 4.4 a 4.12 se detallan los hitos morfológicos seleccionados en este estudio, identificados para cada uno de los elementos óseos que integran el ala de las aves analizadas.



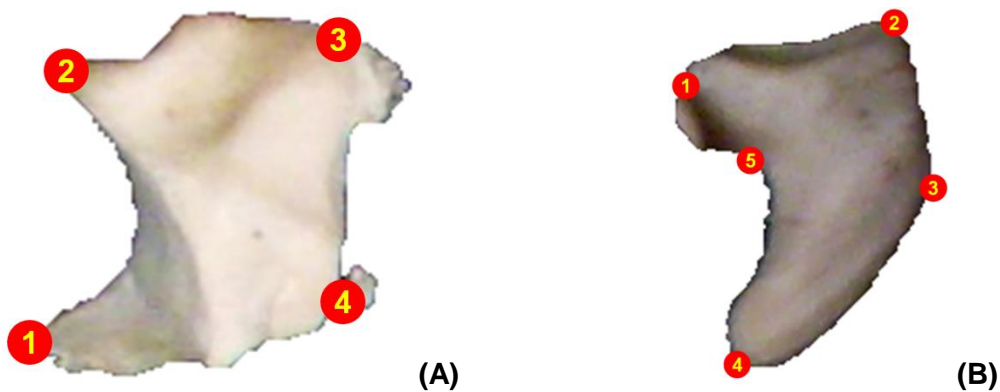
**Figura 4.4:** Selección de hitos homólogos estudiados en el húmero, para la cara craneal del miembro anterior de las aves. (1) Caput humeri, (2) Extremo lateral de la crista bicipitalis, (3) Base de la crista bicipitalis, (4) Extremo lateral del corpus humeri, (5) Tuberculum supracondylare ventrale, (6) Epicondylus ventralis, (7) Processus flexorius, (8) Extremo distal del condylus ventralis, (9) Condylus dorsalis, (10) Processus supracondylaris dorsalis, (11) base del processus supracondylaris dorsalis, (12) Extremo medial del corpus humeri, (13) Intersección distal de la crista deltopectoralis con el contorno óseo, (14) Extremo medial de la crista deltopectoralis, (15) Extremo apical de tuberculum dorsale. Muestra ósea correspondiente a un ejemplar de *Chauna chavaria*, NHM-1863-12-28-9.



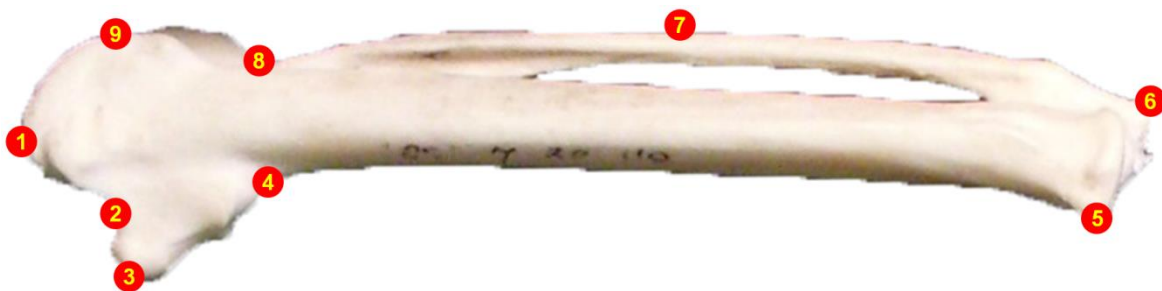
**Figura 4.5:** Vista dorsal del radio de *Chauna chavaria*, NHM-1863-12-28-9, indicando los hitos homólogos analizados en este estudio. (1) Extremo interno de la facies articularis ulnaris, (2) Proyección lateral de la facies articularis ulnaris, (3) Base distal lateral de la cabeza articular proximal, (4) Punto de máxima concavidad en el cuerpo óseo, (5) Base proximal lateral de la cabeza articular distal, (6) Extremo distal óseo, (7) Extremo medial de la cabeza articular distal, (8) Extremo medial de mayor curvatura del cuerpo óseo.



**Figura 4.6:** Hitos homólogos seleccionados para el estudio de la forma de la ulna, dada su cara dorsal. (1) Extremo proximal del hueso (Olecranon), (2) Cotyla dorsalis, (3) Pliegue óseo del impressio brachialis, (4) Extremo de mayor curvatura en el cuerpo óseo, (5) Base interosseus de la cabeza articular distal, (6) Incisura ósea en el tuberculum carpale, (7) Extremo distal del tuberculum carpale, (8) Condylus dorsalis ulnaris, (9) Base proximal caudal de la cabeza articular distal, (10) Punto de mayor curvatura en el margo caudalis. Hueso correspondiente a *Chauna chavaria*, NHM-S/1954-3-3.



**Figura 4.7:** Vista dorsal del hueso (A) os carpi radiale de un ejemplar de *Anseranas semipalmata*, NHM-91-4-20-110, y (B) os carpi ulnare de *Chauna torquata*, NHM-1891-7-20-95, mostrando los hitos homólogos seleccionados: En (A) se detallan (1) Proyección ósea apical, (2) Tuberculum lateral, externo a la facies articularis con el carpometacarpo, (3) Ápice lateral, (4) Ápice óseo. En (B) se especifican (1) Proyección ósea proximal en el cuerpo óseo, (2) Base distal del processus muscularis, (3) Proyección ósea del borde distal del ulnar, (4) Extremo distal, (5) Convexidad en la incisura metacarpalis.



**Figura 4.8:** Hitos homólogos empleados en el carpometacarpo, mostrados en su cara dorsal, representados en un ejemplar de *Anseranas semipalmata*, NHM-91-4-20-110. (1) Extremo proximal de la cabeza articular apical, (2) Depresión ósea en la facies articularis carpiradialis, (3) Processus extensorius, (4) Borde interno óseo entre el os metacarpale mayor y el processus alularis, (5) Borde distal y externo de la facies articularis digitalis minor, (6) Facies articularis digitalis minor, (7) Punto de mayor convexidad en el cuerpo óseo del os metacarpale minus, (8) Depresión ósea en la facies articularis ulnocarpalis, (9) Proyección externa de la curvatura hecha por el contorno de la facies articularis ulnocarpalis.



Figura 4.9: Phalanges digiti alulae I et II de un *Anseranas semipalmata*, NHM-S/1952-1-117, en su lado dorsal, mostrando los hitos homólogos seleccionados para estudio: (1) Extremo distal del conjunto óseo, (2) Extremo dorsal de la cabeza articular, en el apófisis articular, (3) Extremo proximal del conjunto, en la falange proximal, (4) Facies articularis ventrales.



Figura 4.10: Phalanx digiti majoris I de un *Anseranas semipalmata*, NHM-S/1952-1-117, mostrando en su cara dorsal los hitos homólogos seleccionados para estudio morfométrico: (1) Extremo dorsal de la cresta ósea, (2) Borde dorsal distal del hueso, (3) Apófisis ventral, (4) Curvatura máxima en el margo ventrales del hueso, ventral a la pila cranialis, (5) Extremo ventral del hueso, en el apófisis articular ventral, (6) Apófisis articular, de posición dorsal, en la cara articular al carpometacarpo.



Figura 4.11: Phalanx digiti majoris II de un *Chauna torquata*, NHM-1891-7-20-95, en su cara dorsal, mostrando los puntos homólogos estudiados: (1) Extremo distal de la falange, (2) Extremo apical dorsal, proximal a la articulación con la primera falange, (3) Extremo ventral proximal del hueso.



Figura 4.12: Puntos homólogos elegidos para la phalanx digiti Minoris, mostrados en la superficie dorsal de un ejemplar de *Anseranas semipalmata*, NHM-1862-7-6-6. (1) Extremo distal óseo, (2) Extremo dorsal del hueso, (3) Extremo ventral del hueso.

Como medida de cuantificación para cada pieza ósea se empleó el uso del tamaño del centroide normalizado ( $S$ ), el cual corresponde a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de las distancias que tiene cada hito con el centroide de la configuración, dividido por la raíz cuadrada del número de hitos empleados (Dryden y Mardia, 1998).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (4.1)$$

Este valor se obtuvo después de la transformación de Procrustes, estudiando sólo el efecto que tiene la forma de cada elemento óseo dentro de un set de datos, calculo obtenido en MatLAB, versión 7 (MathWorks, 2007) una vez se definieron los hitos homólogos mediante el uso del software MorphoJ versión 2.0 (Klingenberg, 2010).

Una vez culminado este proceso, se construyeron matrices de relaciones de centroides en donde se representaron los cocientes de cada uno de los valores que toma esta variable en cada uno de los elementos óseos, estudiados en cada correspondiente ejemplar, ordenados de acuerdo a su posición anatómica: (1) húmero, (2) radio, (3) ulna, (4) os carpi radiale, (5) os carpi ulnare, (6) carpometacarpo, (7) álula, (8) falange proximal del dígito intermedio. (9) falange distal del dígito

intermedio y (10) dígito menor, así como se encuentra representado en la Figura 4.3B. El esquema de la matriz  $M_C$  de centroides se detalla en la ecuación 4.2.

$$M_C = \begin{array}{c|cccccccccc} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} & \mathbf{5} & \mathbf{6} & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{a} & C_2/C_1 & C_1/C_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{b} & C_3/C_1 & 0 & C_1/C_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{c} & 0 & C_3/C_2 & C_2/C_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{d} & 0 & C_4/C_2 & 0 & C_2/C_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{e} & 0 & C_5/C_2 & 0 & 0 & C_2/C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{f} & 0 & 0 & C_4/C_3 & C_3/C_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{g} & 0 & 0 & C_5/C_3 & 0 & C_3/C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{h} & 0 & 0 & 0 & C_5/C_4 & C_4/C_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{i} & 0 & 0 & 0 & C_6/C_4 & 0 & C_4/C_6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{j} & 0 & 0 & 0 & 0 & C_6/C_5 & C_5/C_6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{k} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_7/C_6 & C_6/C_7 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_8/C_6 & 0 & C_6/C_8 & 0 & 0 \\ \mathbf{m} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_0/C_6 & 0 & 0 & 0 & C_6/C_0 \\ \mathbf{n} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_9/C_8 & C_8/C_9 & 0 \\ \mathbf{o} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_0/C_8 & 0 & C_8/C_0 \end{array} \quad (4.2)$$

Los vectores de forma pueden ser comparados entre sí para explicar su diversificación, básicamente mediante el uso de estadística univariar estándar (Auffray *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997). No obstante, las interpretaciones que esto tendría estarían restringidas a la variabilidad del sistema, sin tocar aspectos cruciales para este estudio, como la covariación entre elementos óseos. Considerando este objetivo específico, se ha analizado el conjunto de datos para cada ejemplar mediante un diseño en red. Este método se basa en los modelos de grafos, como se muestra en la Figura 4.3B, proyectado para conexiones artrológicas. Según Bondy y Murty (2008), un grafo  $G$  es un par ordenado  $(V(G), E(G))$ , el cual consiste de  $V(G)$  vértices y de  $E(G)$  bordes (o uniones entre vértices), asociados con una función de incidencia  $\varphi_G$ . El grafo  $G$  analizado en este

estudio es de orden 10 (*i.e.* con 10 nodos o vértices) y de tamaño 15 (con igual número de bordes equivalentes a conexiones anatómicas), el cual se expresó de la siguiente forma:

$$G = (V(G), E(G)) \quad (4.3)$$

en donde:

$$V(G) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0\} \text{ y } E(G) = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o\} \quad (4.4)$$

cuyo  $\varphi_G$  se determinó de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \varphi_G(a) = 12 & \quad \varphi_G(b) = 13 & \quad \varphi_G(c) = 23 & \quad \varphi_G(d) = 24 & \quad \varphi_G(e) = 25 \\ \varphi_G(f) = 34 & \quad \varphi_G(g) = 35 & \quad \varphi_G(h) = 45 & \quad \varphi_G(i) = 46 & \quad \varphi_G(j) = 56 & \quad (4.5) \\ \varphi_G(k) = 67 & \quad \varphi_G(l) = 68 & \quad \varphi_G(m) = 60 & \quad \varphi_G(n) = 89 & \quad \varphi_G(o) = 80 \end{aligned}$$

Parte de la información presentada en este grafo se mostró con las matrices de incidencia ( $M_G$ ) y adyacencia ( $A_G$ ). La primera muestra el número de veces en que un nodo y un borde son incidentes. La segunda detalla el número de bordes asociados entre nodos, de la siguiente forma:



$$M_G = \begin{array}{c|cccccccccccccc} & \mathbf{a} & \mathbf{b} & \mathbf{c} & \mathbf{d} & \mathbf{e} & \mathbf{f} & \mathbf{g} & \mathbf{h} & \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} & \mathbf{l} & \mathbf{m} & \mathbf{n} & \mathbf{o} \\ \hline \mathbf{1} & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{2} & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{3} & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{4} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \mathbf{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ \mathbf{9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \mathbf{0} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{array} \quad (4.6)$$

$$A_G = \begin{array}{c|cccccccccc} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{3} & \mathbf{4} & \mathbf{5} & \mathbf{6} & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{1} & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{2} & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{3} & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{4} & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{5} & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{6} & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ \mathbf{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \mathbf{9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \mathbf{0} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \quad (4.7)$$

El producto de la matriz de incidencia de acuerdo a la red artrológica ( $M_G$ ), con respecto a la matriz de centroides previamente definida ( $M_C$ ) da como resultado una matriz cuadrada 10x10 y asimétrica, con las relaciones de centroides que afecta a cada nódulo.

$$A_C = M_G * M_C \quad (4.8)$$

Esta se ha empleado para determinar el impacto de la variación de un elemento sobre el resto de la red, al calcular el valor de su determinante por ejemplar y representarlos en un análisis lineal de distancias, a modo de observar la similitud entre cada individuo estudiado. Esto se realizó con las matrices de centroides provenientes de cada grupo funcional y del conjunto.

A su vez, se determinó la correlación entre los elementos óseos por cada grupo funcional. Para ello, se realizó una modificación al coeficiente de Pearson (Jolliffe, 2002):

$$\rho_{x_i x_j} = \frac{\left[ \frac{\bar{x}_i}{\sigma_{x_i}} \right]}{\left[ \frac{\bar{x}_j}{\sigma_{x_j}} \right]} \quad (4.9)$$

calculado de acuerdo a la matriz de incidencia:

$$A_\rho = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccccc} 0 & \rho_{1,2} & \rho_{1,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \rho_{2,1} & 0 & \rho_{2,3} & \rho_{2,4} & \rho_{2,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \rho_{3,1} & \rho_{3,2} & 0 & \rho_{3,4} & \rho_{3,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho_{4,2} & \rho_{4,3} & 0 & \rho_{4,5} & \rho_{4,6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho_{5,2} & \rho_{5,3} & \rho_{5,4} & 0 & \rho_{5,6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho_{6,4} & \rho_{6,5} & 0 & \rho_{6,7} & \rho_{6,8} & 0 & \rho_{6,10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{7,6} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{8,6} & 0 & 0 & \rho_{8,9} & \rho_{8,10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{9,8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{10,6} & 0 & \rho_{10,8} & 0 & 0 \end{array} \end{array} \quad (4.10)$$

siendo  $\rho_{x_i, x_j}$  el coeficiente dado para la relación entre dos puntos del sistema, definido por la covariancia entre los promedios de  $x_i$  y  $x_j$  con respecto a la información dada por todo el sistema,, medida mediante su propia desviación estándar  $\sigma_x$ . El coeficiente de Pearson se ha expresado en matrices del mismo rango que  $A_C$ , con valores  $\rho$  para nodos con adyacencia directa (igual a 1) y cero en comparaciones entre nodos y en vértices sin adyacencia. La diferencia entre matrices provenientes de cada grupo funcional permitió conocer la correlación entre todos los nodos (Cheverud *et al.*, 1989). Un esquema de estos procedimientos se expone en la Figura 4.13.

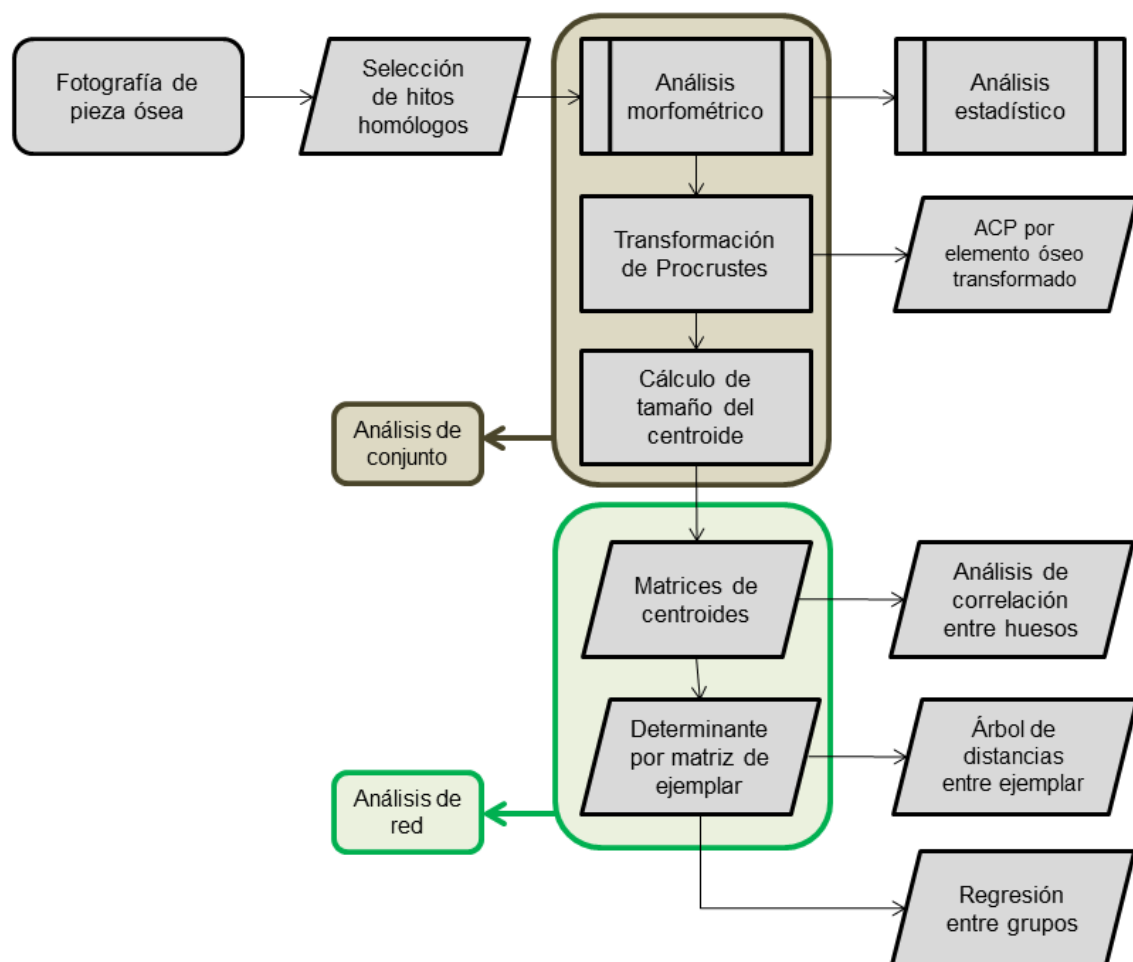


Figura 4.13: Esquema de análisis realizado con los datos provenientes de morfometría geométrica.

Un Análisis de Componentes Principales complementario se ha llevado a cabo con los datos de morfometría por cada hueso, sabiendo que las transformaciones geométricas pueden arrojar resultados de afinidades funcionales. Todos estos análisis se han realizado con el uso del software MatLAB, versión 7 (MathWorks, 2007).

Los resultados obtenidos han sido sustentados con morfoespacios de proporciones longitudinales alares, representados en espacios simplex bidimensionales, al medir la longitud ósea correspondiente al brazo, al antebrazo y a la mano de un compendio de 1030 ejemplares de aves Neognathae voladoras, pertenecientes a 581 especies distintas, integrantes de 27 diferentes ordenes. El material analizado proviene de medición directa en las colecciones zoológicas, así como de revisión de material reportado en la bibliografía. Los datos analizados se reflejan en los Apéndices D y E (dependiendo de cómo fue considerada la longitud de la mano, siendo ésta relacionada con la longitud del carpometacarpo o del conjunto de huesos articulados, respectivamente), mientras que el método de elaboración y análisis siguió lo descrito en el Apéndice B, así como también fue explicado por Gatesy y Middleton (1997), Middleton y Gatesy (2000) y Dyke y Nudds (2009).

#### **4.6. La anatomía alar, en el contexto funcional**

Como parte de los análisis en sistemas funcionales complejos, el estudio de la relación entre la estructura y la actividad locomotora ha tenido un auge relevante en las últimas décadas, influenciando enormemente no sólo en las tradicionales áreas en donde ésta se efectuaba (básicamente en paleontología y anatomía), sino también en el desarrollo de nuevos métodos que sustenten las historias evolutivas de los diferentes taxa (Wainwright, 2007). Para el caso de la locomoción aviar, han sido fundamentales los trabajos empíricos como los de Greenewalt (1962) y Pennycuik (1972), como bien se muestra en el capítulo precedente. Estos estudios han tenido descripciones detalladas, tanto por grupos taxonómicos como por estrategias locomotoras, del efecto de las variables morfológicas descriptivas con relevancia en el vuelo. Sin embargo, la tendencia actual (tanto para el vuelo como para cualquier otro tipo de locomoción) muestra una reducción de este tipo de análisis, de acuerdo a como lo describe el trabajo de Collar y Wainwright (2006). Esto ocurre en respuesta al gran esfuerzo que se requiere para la obtención y procesamiento de datos que describan, de forma comparada, las propiedades funcionales de un

numeroso grupo de taxa. De esta forma han surgido los modelos teóricos, los cuales permiten proyectar la diversidad funcional de los organismos, enmarcados dentro de escenarios biológicos posibles y estables. Así se muestra en este trabajo y se desarrolla en mayor medida en la sección correspondiente a la exploración y determinación de los límites morfológicos posibles para Neognathae con vuelo activo.

El gran problema surge en escenarios de incertidumbre, bien sea al analizar taxa raros con escasa representación de ejemplares o cuando se requieren de datos de especies fósiles para la reconstrucción de historias evolutivas, los cuales son comúnmente insuficientes. En estos casos, cualquier explicación morfofuncional resulta ser especulativa, bien si ésta sea originada mediante un análisis de datos que no recoja la variabilidad del grupo o si se elabore con un modelo que no se ajuste completamente al sistema en cuestión. De esta forma, en cualquier estudio relacionado a los sistemas funcionales complejos, es recomendable que la proyección de escenarios teóricos sea compaginada con el análisis de datos empíricos que los convaliden.

Un ejemplo de esto se tiene con el clásico trabajo de Howell (1965) y reproducido con mayor detalle por Nudds *et al.* (2004) al calcular el radio de la longitud del brazo con respecto al antebrazo. Según lo descrito en ambos estudios, esta variable resulta ser significativa en descripciones funcionales, debido a que relaciona componentes del miembro anterior que participan en dos procesos locomotores diferentes: la sustentación y la propulsión, respectivamente (Pennycuick, 2008). En estos trabajos se encontró la relación filogenética con el índice braquial (o *BI*, el cual mide la relación entre la longitud del húmero con respecto a la de la ulna), variando significativamente entre los diferentes taxa. Este resultado es de especial relevancia al categorizar morfotipos de vuelo basándose en este índice. De esta forma, dentro de las Neognathae, grupos basales como las Galloanserae y los Natatores muestran húmeros más alargados, mientras que en el resto de los grupos se observa justamente lo contrario.

El comportamiento de esta variable señala a su vez el carácter primitivo de desarrollar un húmero más alargado. Nudds *et al.* (2004) sustentaron con resultados empíricos esta condición al incluir datos de algunas especies fósiles, estableciendo a la igualdad en el índice braquial como indicativo de antigüedad; esto es: mientras más antiguo sea un taxón de estudio, el índice braquial será mayor que la unidad. A pesar de que esta aseveración se cumple en prácticamente toda la línea

evolutiva de las aves, ocurre aquí el problema de la certidumbre. Al conocerse el comportamiento de los datos del grupo del Mesozoico (en especial, las Enantiornithes, como Padian y Chiappe en 1998A describieron), se observaron valores del índice braquial por debajo de la unidad, reconsiderando tal afirmación.

Aunque en el trabajo de Nudds *et al.* (2004) no se discute, se debe entender la naturaleza de los datos que refutaron su propuesta. Durante el Mesozoico ocurrieron los dos más grandes *big bangs* de diversificación que experimentaron las aves. El primero de ellos lo constituyó el origen de la Enantiornithes en el Jurásico superior (Chiappe, 2007), las cuales se diversificaron hasta el fin del Cretácico. Con fósiles reportados en China, Argentina, Europa y Norteamérica, las Enantiornithes constituyen el primer grupo de aves que alcanzaron una distribución global, explotando una diversidad de nichos ecológicos evidenciada en su diversidad morfológica. Es evidente deducir la existencia de la multiplicidad en las estrategias de vuelo en este grupo, de forma similar a como ha ocurrido dentro de las Neognathae, encontrándose varias especies con un índice braquial inferior a la unidad. Teniendo en cuenta esta consideración, la relación del tamaño del brazo frente al antebrazo sería entonces una consecuencia funcional, al ser ésta última sección la más relevante durante el desarrollo locomotor, sirviendo de propulsor y sustentador durante al vuelo (Pennycuik, 2008). Esta evidencia coincide además con la afirmación de diversos trabajos, entre los que se destacan los de Rayner (1988), McGowan y Dyke (2007) y Heers y Dial (2012), en donde se sostiene (con proyecciones, datos y reconstrucciones evolutivas, respectivamente) que el vuelo activo constituye una adaptación central y restrictiva para la forma de las aves. Esta es una conclusión importante a la cual se debe mantener presente al momento de realizar descripciones morfológicas en las aves y que incluyan su análisis morfométrico, como los que se han efectuado en este estudio.

A diferencia del cálculo y distribución de índices braquiales, los diagramas ternarios (como los que en esta sección fueron empleados) resultaron ventajosos al analizar el conjunto de datos obtenidos para esta sección. En principal, permitieron considerar la extensión del miembro anterior, al incluir el efecto de los huesos de la mano, cuya función locomotora se restringe tanto a la propulsión como al control del vuelo. Al discernir entre el carpometacarpo y el conjunto de los huesos de la mano (carpometacarpo + dígito intermedio), se observa también el efecto que tiene la porción distal del miembro anterior, caracterizada por contener las rémiges primarias más externas y que, en algunos casos, no solo cumplen con funciones locomotoras. Tradicionalmente, los gráficos en

espacios euclídeos han sido empleados para estudiar la morfología y función de los miembros anteriores, como lo muestra el trabajo de Gatesy (1991). Sin embargo, estos simplex permiten representar tres variables en un espacio bidimensional, facilitando la observación de la diversidad morfológica alar presente en las aves.

Las relaciones proporcionales del miembro anterior son expuestas en las Figuras 4.13 y 4.17, según las bases de datos que se emplearon. En estas, pueden ser considerados diversos patrones generales dentro de la distribución observada. En primer lugar y, partiendo de la Figura 4.13 (obtenida del análisis de 1030 ejemplares, 581 especies, 108 familias, 27 órdenes) donde se analiza la base de datos que excluye el aporte dado por la longitud de las falanges digitales, se destaca la gran variación que existe en la proporción de cada uno de los segmentos alares. El brazo, representado en la longitud del húmero, varía entre un 24% del total de la longitud, definido por vencejos (*Apodidae*) hasta alcanzar un 52% de la longitud, reportados en el Alca Gigante (*Pinguinus impennis*, *Alcidae*). Esta especie también delimita el intervalo inferior del antebrazo, medido por la longitud de la ulna, en un 27% de la extensión alar. La ulna alcanza un máximo de longitud en un 48% en los calaos del sudeste asiático (*Bucerotidae*). La mano, medida a través de la longitud del carpometacarpo, tiene un mayor intervalo de variación, partiendo de un 14% observado en los alcatraces (*Sulidae*) hasta un 45% encontrado en colibríes (*Trochilidae*). Estos resultados varían al detallar los datos en donde se incluye la longitud del dígito intermedio para el cálculo proporcional de la mano (Figura 4.17, calculada a partir del análisis de 245 ejemplares, 202 especies, 62 familias, 20 órdenes). Los colibríes se mantienen como los organismos con menor proporción humeral (16%), ulnas reducidas (18%) y mayor extensión de la mano (66%), mientras que aves acuáticas como los zambullidores (*Podicipedidae*) y pelícanos (*Pelecanidae*) muestran una mayor proporción de los segmentos proximales en comparación con la mano. Para los zambullidores, el segmento humeral alcanza un 43% de la longitud total, mientras que para los pelícanos se observa que antebrazo conforma el 44% del ala y la mano un 17%.

En segundo lugar, para ambos sets de datos, se observan claramente dos grupos diferenciados entre sí. El primero lo constituyen todos los Apodiformes (vencejos y colibríes), mientras que en el segundo se observa al resto de las especies consideradas. El alargado segmento de la mano (independientemente si se considere o no la longitud del dígito intermedio) es el principal determinante de que *Apodidae* y *Trochilidae* sean separados del grupo principal de las aves voladoras. Sin embargo, dentro de este conjunto se observan diferentes morfotipos agrupados en

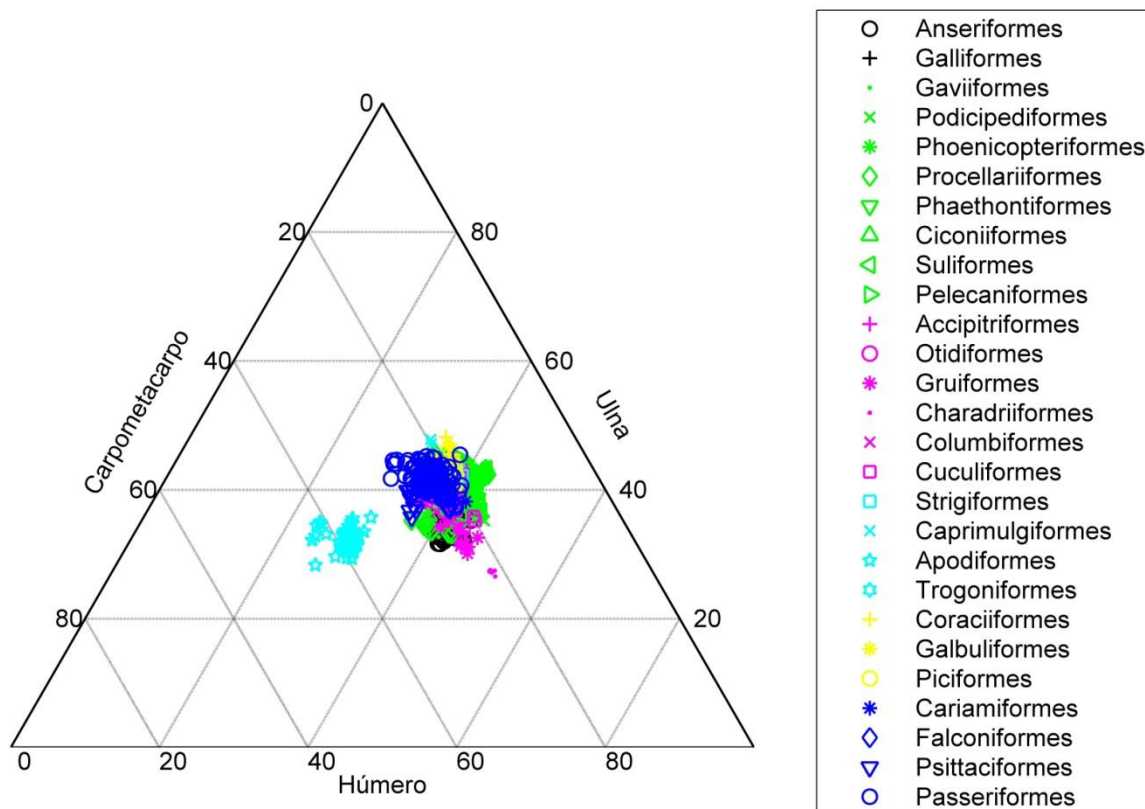
clústeres específicos, como bien se detalla en la Figura 4.14. Adicional al representado por los Apodiformes, representado como el clúster 7, se encuentra uno integrado por aves con antebrazos más largos (1, constituido por aves terrestres como Caprimulgiformes y Coraciiformes); otro en donde predomina húmeros más alargados (2, compuesto por Gruiformes y Anseriformes de pequeña talla); un grupo que muestra los humeros más largos de la selección, junto con las ulnas más cortas (3, Charadriiformes); un conjunto (4) conformado por varias aves acuáticas, como Procellariiformes, Anseriformes de gran talla y algunas Galliformes; el grupo integrado por buena parte de las Passeriformes y Psittaciformes (5); un clúster integrado exclusivamente por aves acuáticas, como Procellariiformes, Ciconiiformes, Suliformes y Phaethontiformes (6); un grupo de aves con morfotipo promedio dentro de este conjunto, integrado por una representación de Passeriformes, Columbiformes, Cuculiformes, Falconiformes, Accipitriformes, entre otras tantas (8) y un último clúster constituido por algunas aves acuáticas (Pelecaniformes, Suliformes, Ciconiiformes), así como las Cariamiformes y algunas Passeriformes (9).

La inclusión de la medición del dígito intermedio en la relación proporcional de la mano cambia algunos clústeres anteriormente descritos. Según lo presentado en la Figura 4.18, la primera diferencia se observa con la separación del cluster de Apodiformes, en uno (8) constituido por vencejos y por un ejemplar de *Campylopterus duidae*, el que muestra un mayor tamaño proporcional del antebrazo por encima de la mano. El resto de los ejemplares de esta especie muestran una estructura alar similar, si bien quedaron incluidas, junto con el resto de los colibríes, en un clúster independiente (6). El grupo conformado exclusivamente por los Charadriiformes en el simplex precedente desaparece, integrando sus ejemplares a diversos clústeres.

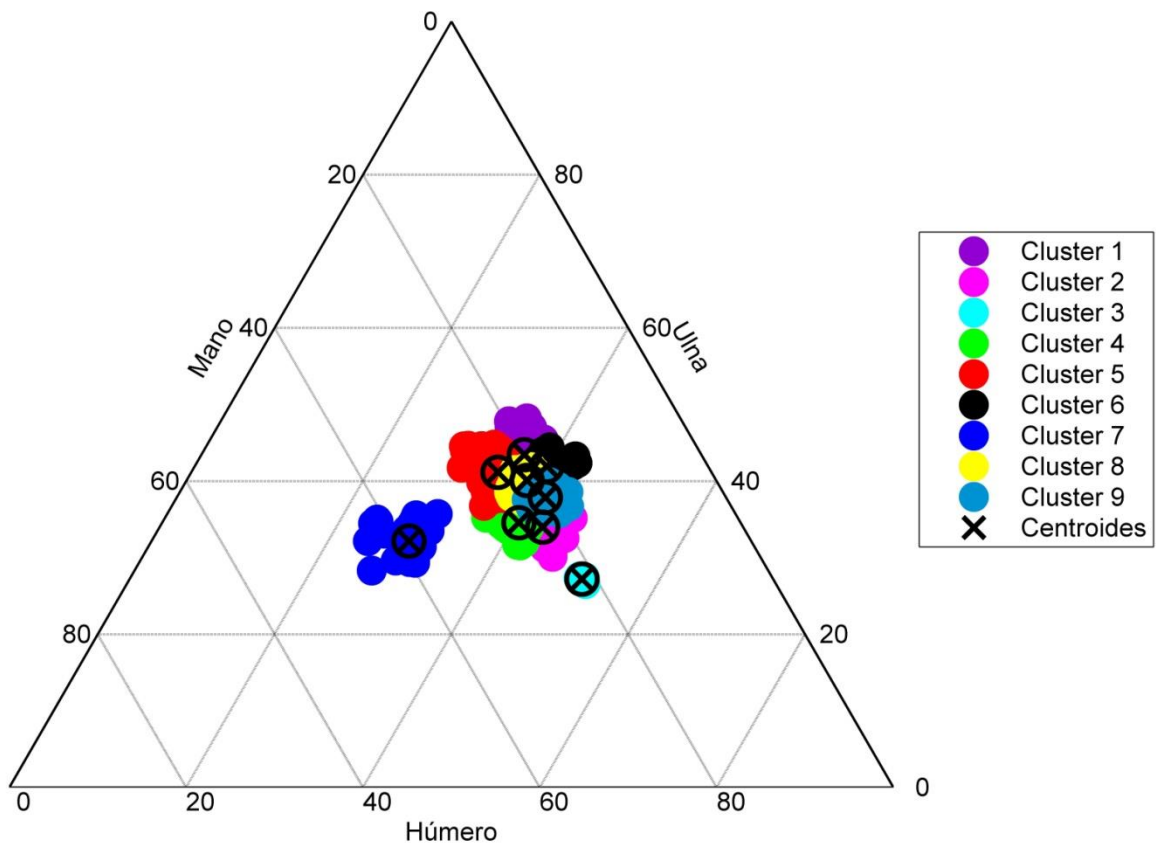
El hecho de que se dispongan estos grupos de manera tan particular parece responder al efecto que tiene la locomoción sobre las estructuras óseas, como se detalló previamente. El húmero alargado con los que se favorece la sustentación durante el vuelo ocurre en las aves acuáticas como Charadriiformes y Pelecaniformes, pero también se muestran en otros morfotipos con poca maniobrabilidad aérea, entre ellos los Anseriformes, Galliformes y Gruiformes. Este resultado también fue reportado por Middleton y Gatesy (2000), al destacar entre otras especies a los albatroses, alcas, cucos, cotúas y bobas. De forma contraria, los morfotipos con el húmero proporcionalmente reducido constituyen los de mayor versatilidad locomotora, destacado por los colibríes y vencejos. El efecto que tiene esta reducción se refleja en el desarrollo de un mayor



espacio para la inserción de las rémiges, cuyo aporte mecánico no sólo se restringe a favorecer la propulsión durante el aleteo, sino a su vez, controlar los grados de libertad durante la locomoción.



**Figura 4.14:** Simplex bidimensional de relaciones longitudinales del brazo (húmero), el antebrazo (ulna) y la mano (carpometacarpo) en 581 especies de aves (N = 1030) con diferentes estrategias de vuelo. Los vértices muestran la composición total para cada sección del ala, mientras que los ejes y el cuerpo del diagrama las relaciones entre cada una de las variables.



**Figura 4.15:** Análisis de clúster con algoritmo *k-means* sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 1030 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada *v-fold*.

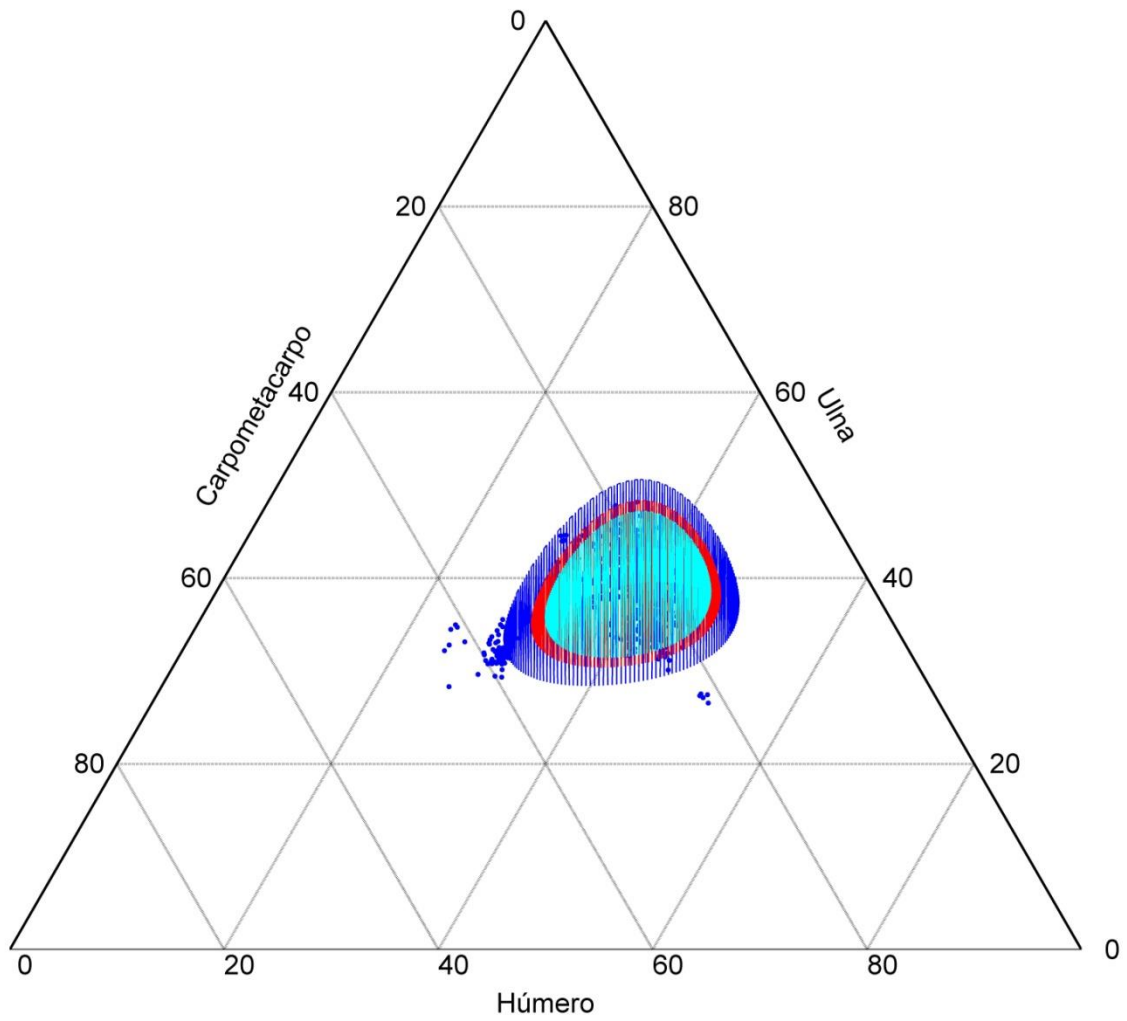


Figura 4.16: Diagrama ternario en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de  $T^2$  de Hotelling para el tamaño muestral evaluado. Se especifican las tres áreas de confianza principales, dados un 90% (azul), 95% (rojo) y 99% (cian) de confianza.

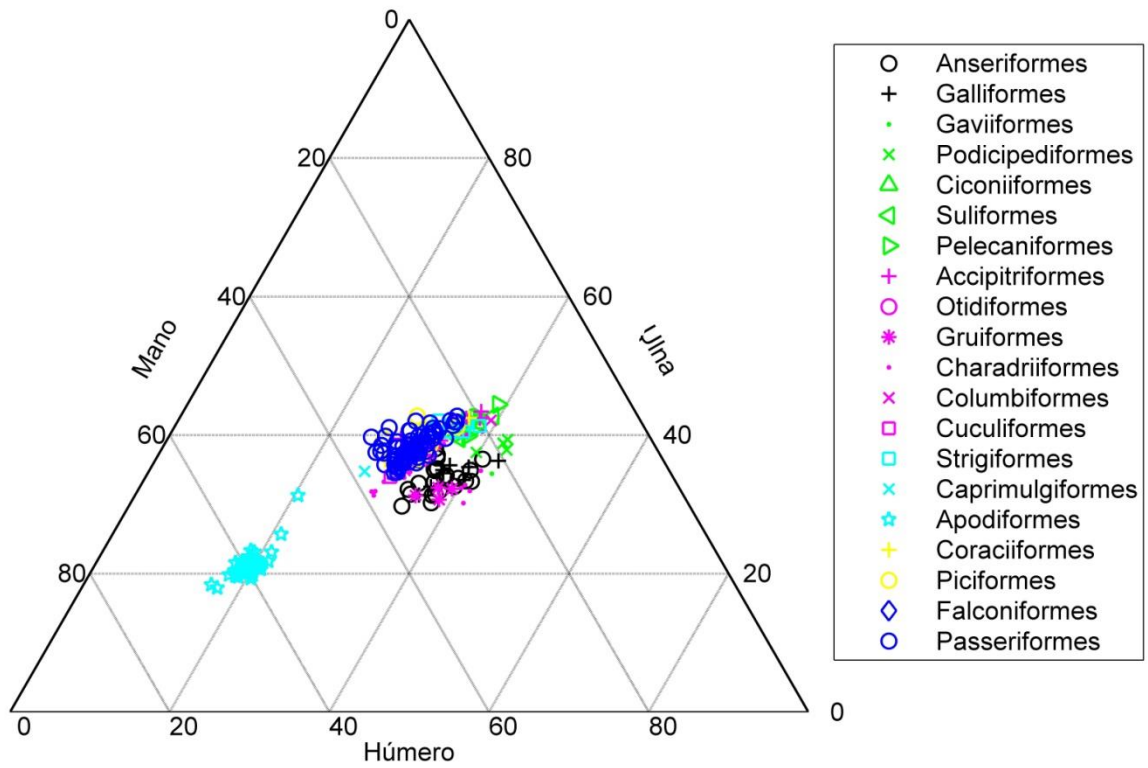


Figura 4.17: Simplex bidimensional de relaciones proporcionales del miembro anterior de 202 especies de aves (N = 245), midiendo la longitud de los segmentos del brazo (húmero), antebrazo (ulna) y mano (en huesos articulados desde el carpometacarpo a la segunda falange del dígito mayor).

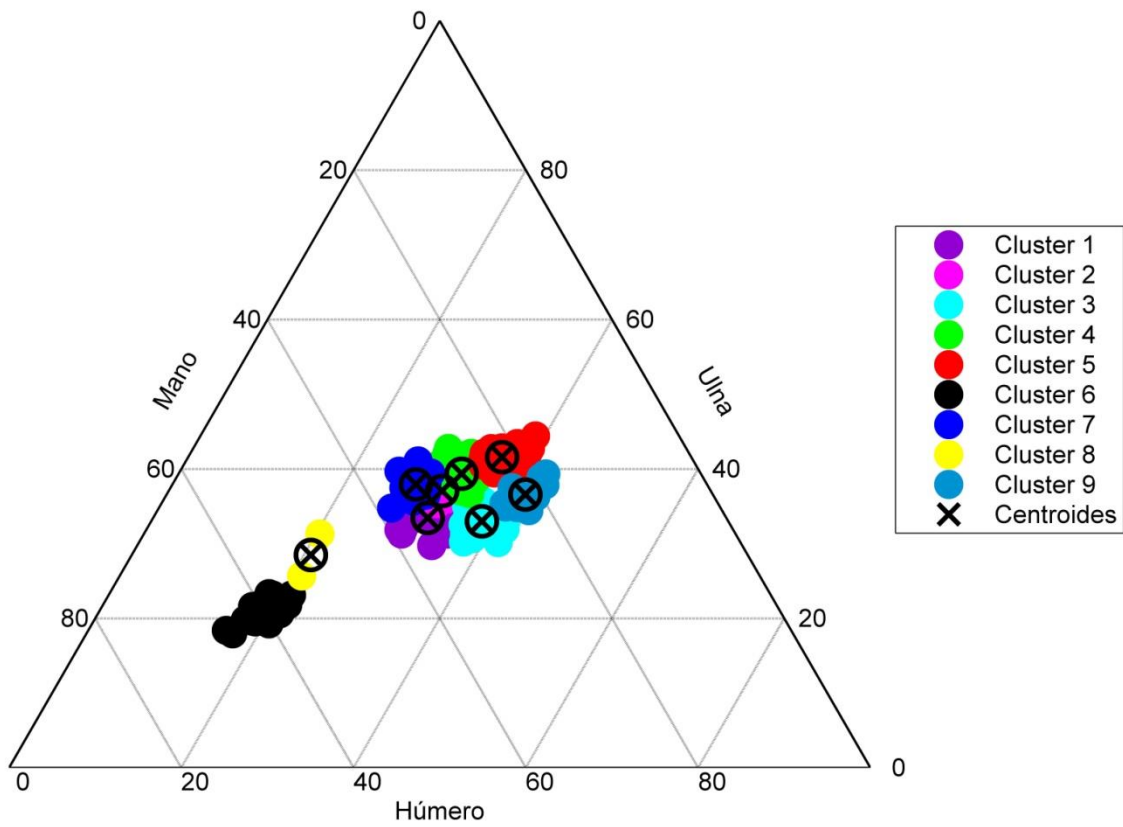


Figura 4.18: Análisis de clúster con algoritmo *k-means* sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex bidimensional para la identificación de morfotipos en 245 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo.

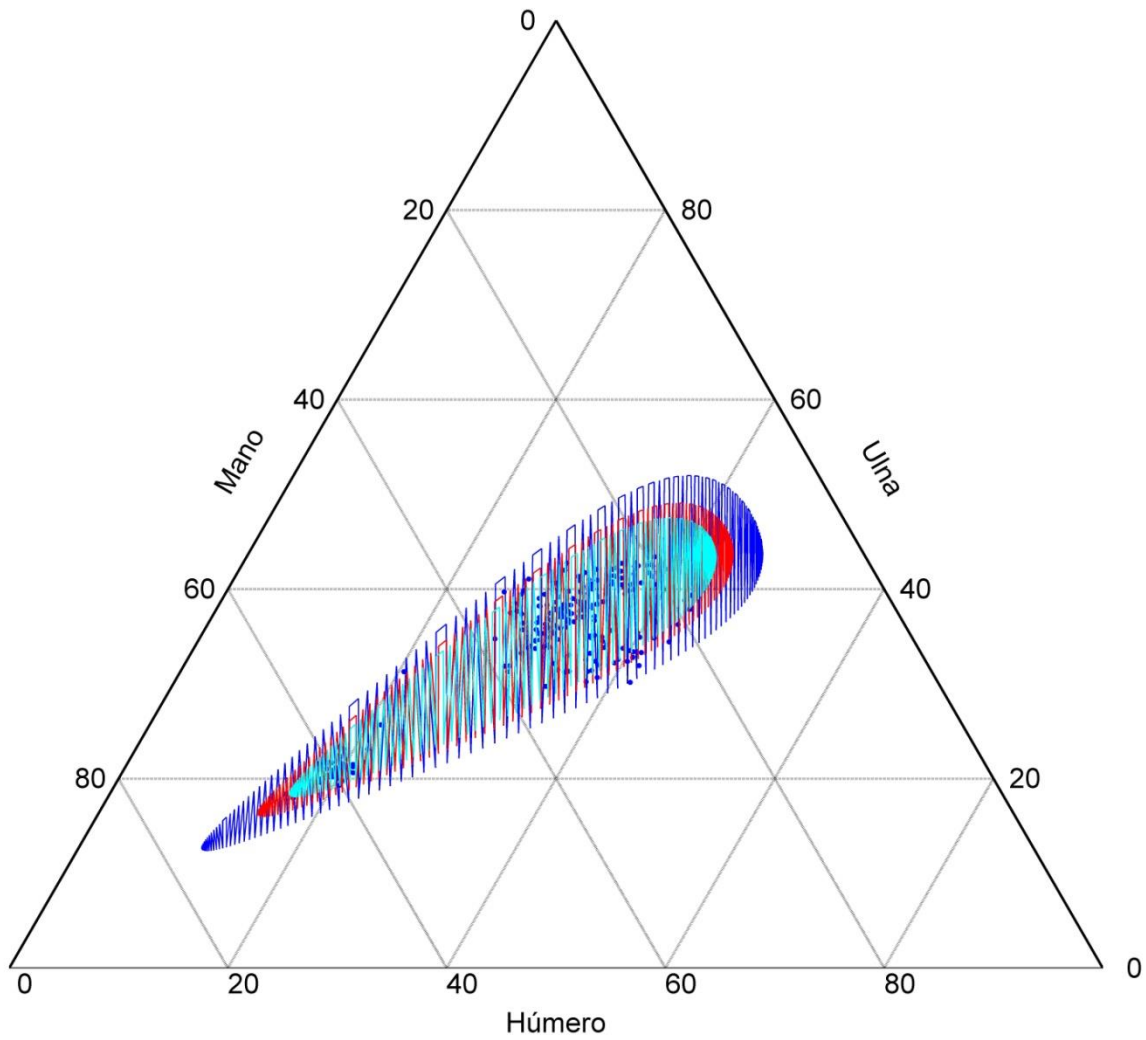


Figura 4.19: Diagrama ternario en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de  $T^2$  de Hotelling para el tamaño muestral de 245 ejemplares. Se especifican las tres áreas de confianza, según un 90% (azul), 95% (rojo) y 99% (cian) de confianza.

Aunque el aporte de estos resultados no resulta ser novedoso con lo reportado en la bibliografía, con este metanálisis se confirma la relación entre la proporción alar y la función locomotora. Los sets de datos que se tuvieron en consideración no incluyeron aves no voladoras, como los Sphenisciformes. No obstante, como curiosidad al respecto se puede tener una noción con lo reportado por Nudds *et al.* (2004), al identificar en pingüinos y en aves paleognatas una proporción del húmero mayor que la del antebrazo y muy por encima del resto de las Neornithes descritas por este trabajo. Este resultado es exactamente opuesto a lo observado en organismos con vuelo activo intenso, como se observa en colibríes.

Este análisis también muestra la diversidad desde dos perspectivas diferentes: la primera, desde la óptica filogenética, al trabajar solamente con las especies pertenecientes al grupo corona de las aves modernas y, la segunda desde la temporal, al analizar morfotipos provenientes de taxa con plena presencia en el Holoceno. De esta forma, cualquier disposición de variabilidad que se haga sobre estos datos, como los mostrados en las Figuras 4.15 y 4.18 basados en la distribución de Hotelling (y en donde se nota el efecto del segmento proximal definido por el húmero para la variación de la sombra de distribución entre ambos sets de datos; ver Apéndice B para detalles de construcción), sólo mostrarán la diversificación de alas dadas estas dos grandes condicionantes. Sin embargo, una reconstrucción evolutiva de las proporciones alares puede llevarse a cabo a partir de este estudio, empleando las mismas mediciones para estos taxa a lo largo de la escala geológica temporal, e incluso alcanzando a grupos troncales que permitan la descripción de la variación del miembro anterior, con relevante información sobre la actividad locomotora. Para ello, se puede establecer un análisis multicapa de simplex bidimensionales en donde se establezcan regresiones por taxón, a fin de determinar su variación temporal, al igual que su respectiva proyección.

#### **4.7. Variación de forma en morfotipos límites**

Una afirmación que se ha sostenido durante todo este trabajo ha sido que el vuelo activo se manifiesta mediante diversas estrategias. La variación en las proporciones alares de las aves son muestra de cada uno de estos tipos, como se comprobó previamente y tal como Rayner (1988) lo proyectó. Pero como se ha observado con los resultados previamente discutidos, dos morfotipos similares (como húmeros alargados) pueden ocurrir en grupos de aves con tipos de vuelo

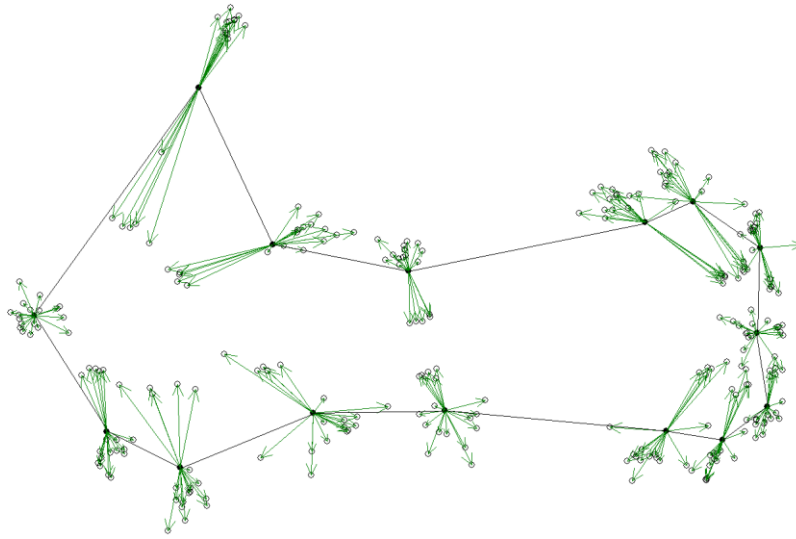
diferentes (de acuerdo a como ocurre con algunas aves acuáticas, las Galloanserae y las Gruiformes).

Si bien las proporciones alares se repiten, la forma de los elementos que la constituyen puede ser única, según sea el tipo de locomoción o el grupo taxonómico del cual se trate. Para tal fin, es necesario conocer el espectro de variación morfológica que presenta cada grupo funcional, identificando los patrones por las cuales logren ser caracterizadas. Como método que recoge mayor información del sistema, con la intención de explicar la relación entre la estructura y la estrategia locomotora, se planteó un análisis de correlación entre cada elemento óseo del módulo locomotor anterior de Anseriformes y Apodiformes, los dos grupos con mayor diferenciación funcional dentro de las Neognathae con vuelo propulsado por batido de alas.

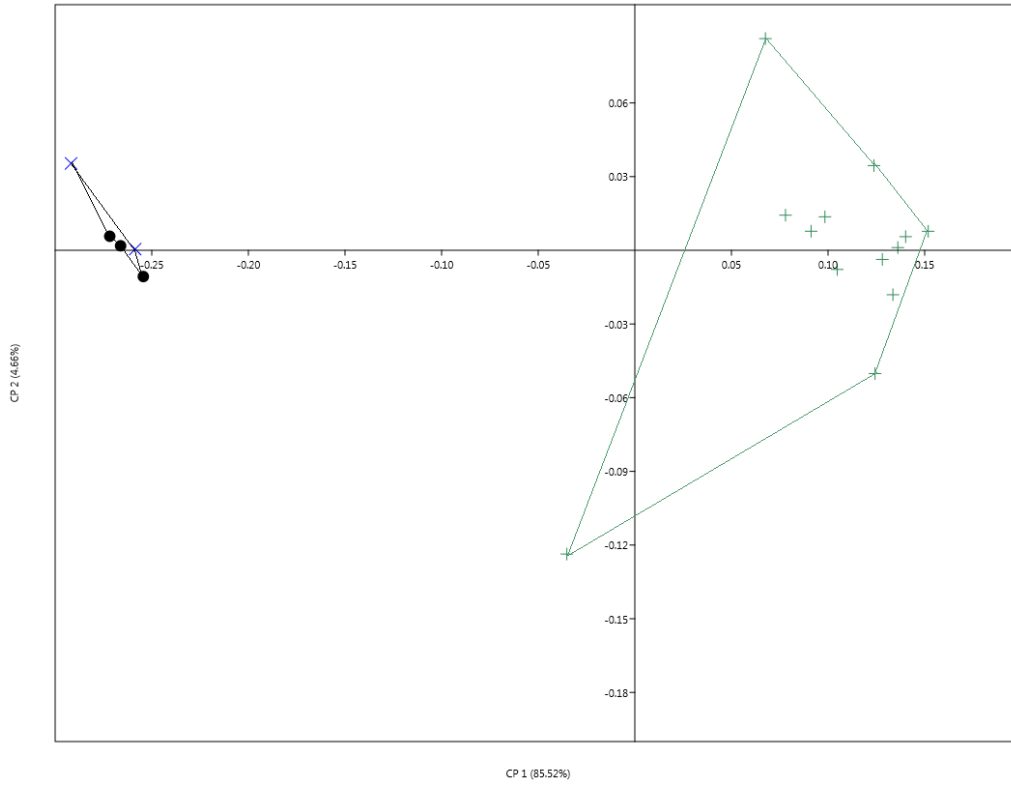
Una vez identificados los puntos homólogos en cada uno de los huesos de los ejemplares seleccionados, se ha realizado una transformación de Procrustes general y por grupos, entendiendo que este análisis es dependiente de la muestra (Bookstein, 1991). Los resultados de esta transformación para el conjunto total de datos se muestran en las Figuras 4.20 a 4.29, apreciándose de forma significativa la diferenciación entre Anseriformes y Apodiformes, en específico con los resultados obtenidos en el húmero, el radio, la ulna, el carpometacarpo y la falange proximal del dígito intermedio. Los análisis de componentes principales que se realizaron sobre la variación de la forma de cada hueso muestran además la diversificación dentro de cada grupo, siendo mucho más evidente en los Apodiformes para casi todos los huesos estudiados. Un caso a destacar ocurre en el carpometacarpo de los Anseriformes, el cual diverge en dos morfotipos particulares correspondientes a las dos especies incluídas en este análisis. Esto se debe a la presencia de los espolones metacarpales en *Chauna torquata*, incluidos en la caracterización geométrica de este hueso.

Con estos resultados se puede asegurar la variación que tienen los elementos óseos del módulo locomotor anterior de dos grupos con estrategias de vuelo diferentes. Mientras que los Anseriformes desarrollan huesos alargados y procesos óseos reducidos con los que se facilita la proyección de superficies de sustentación, los colibríes muestran huesos complejos, con procesos y forámenes bien demarcados, en los cuales se insertan fascículos musculares potentes que permiten tener un mayor control del vuelo.





(A)



(B)

**Figura 4.20:** Análisis morfométrico del húmero de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 90.18%

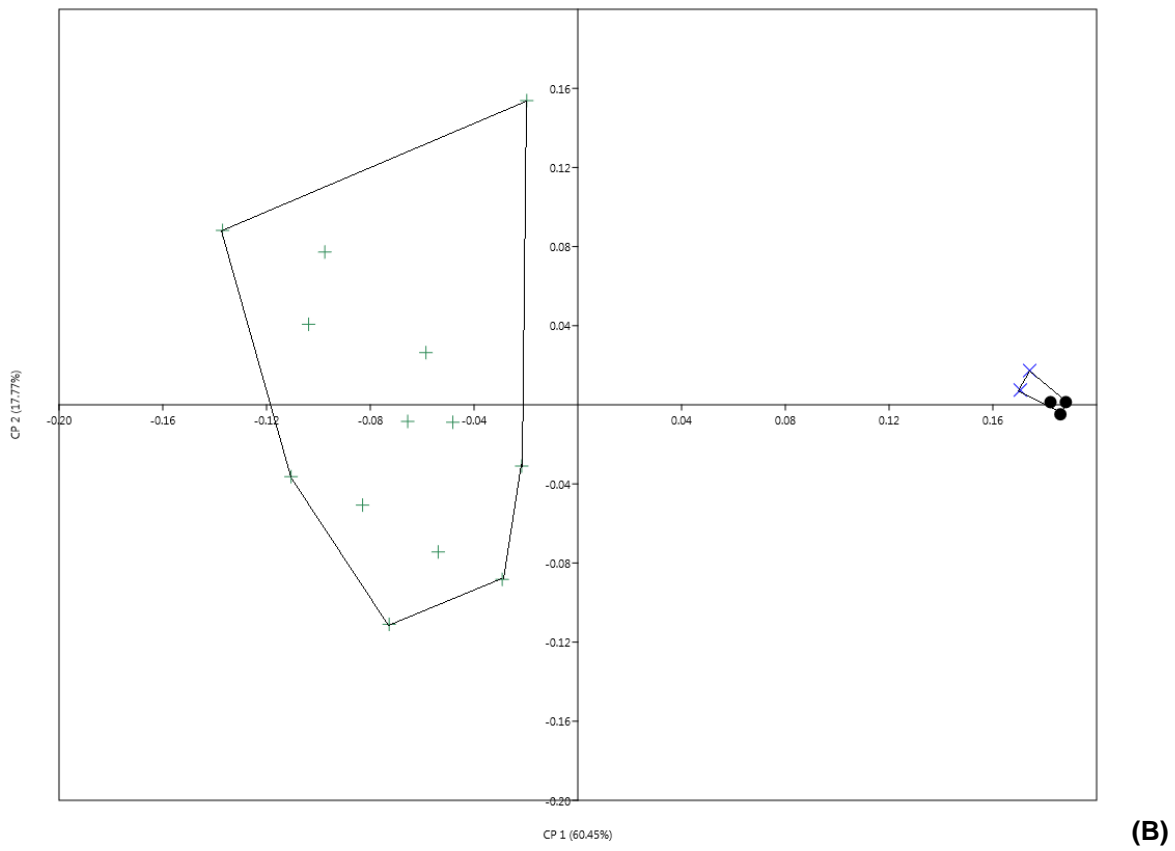
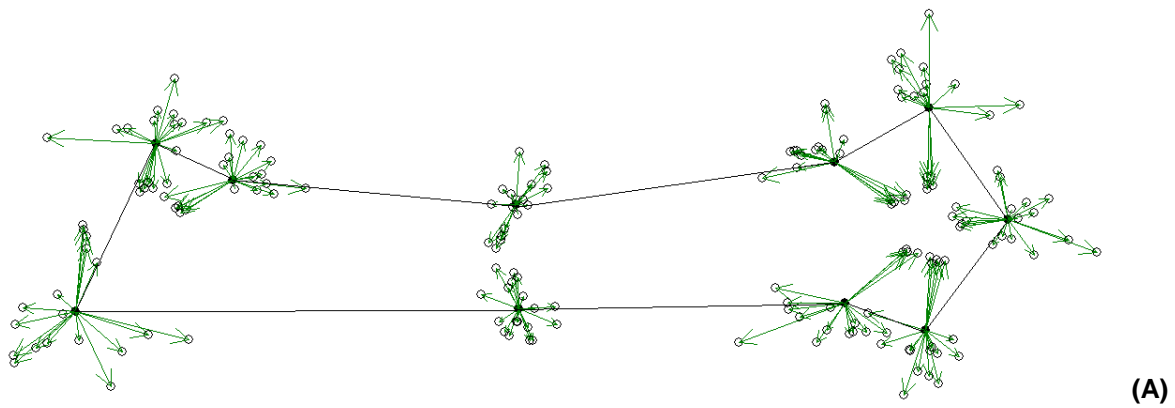
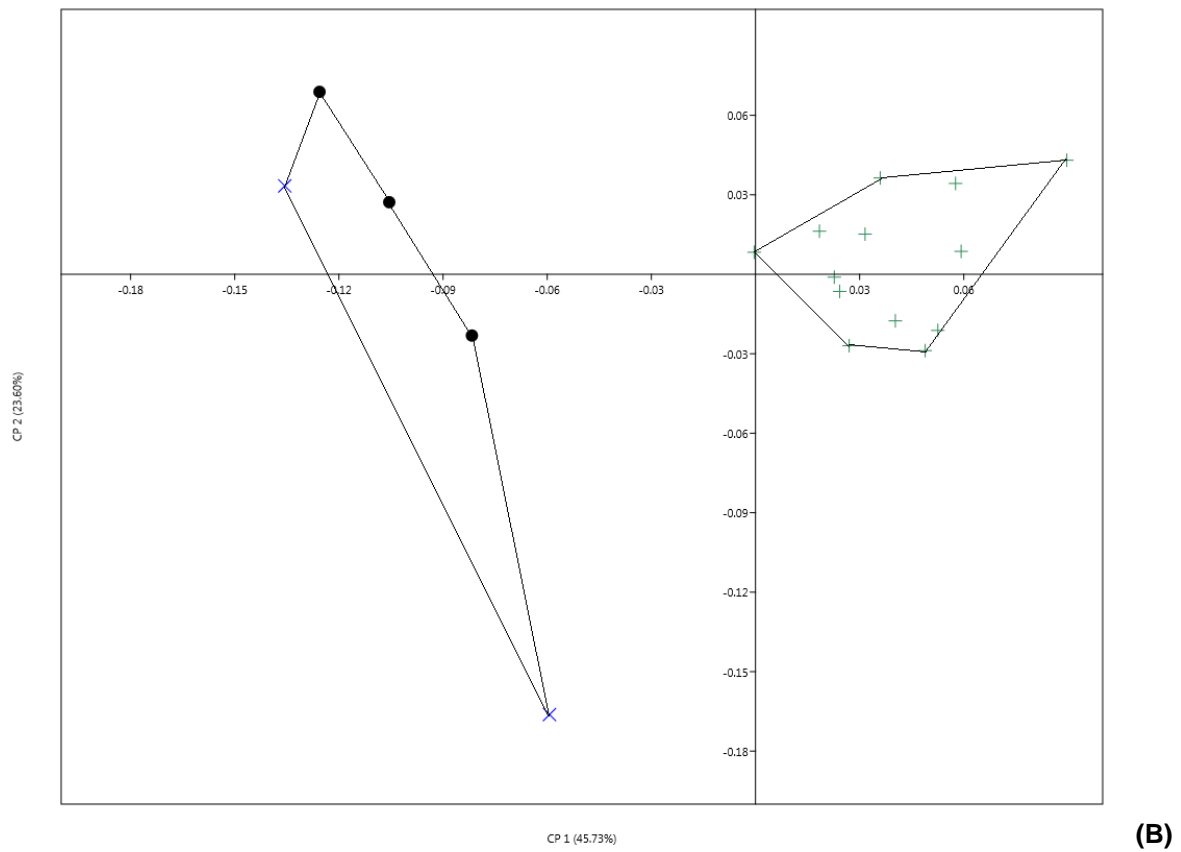
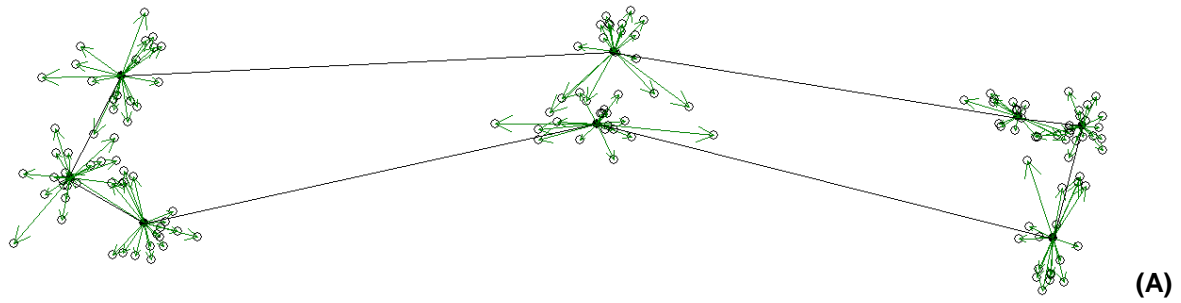
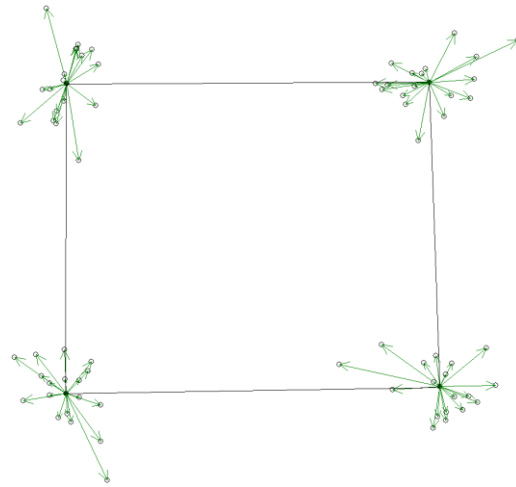


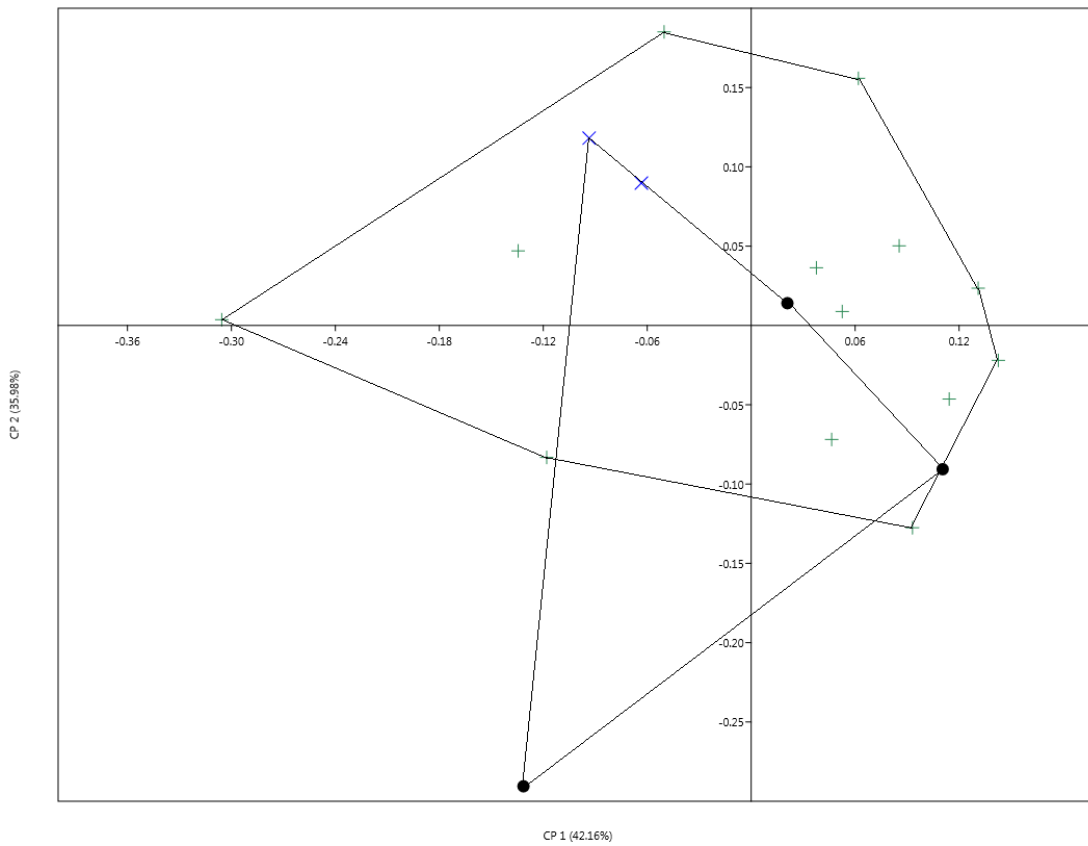
Figura 4.21: Análisis morfométrico del radio de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.22%



**Figura 4.22:** Análisis morfométrico de la ulna de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 69.33%

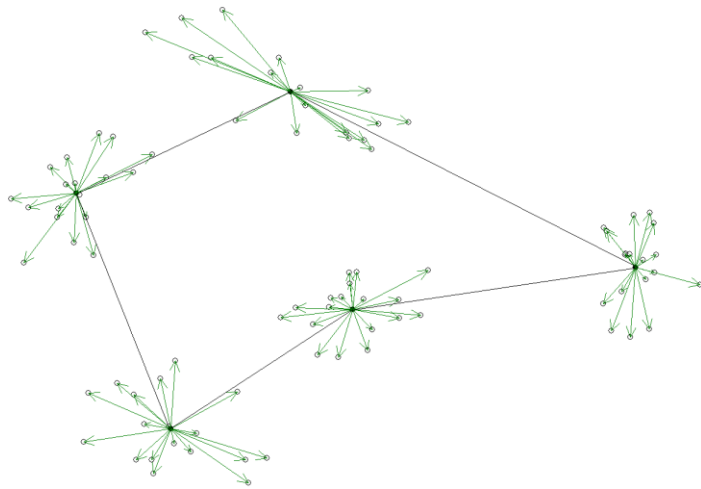


(A)

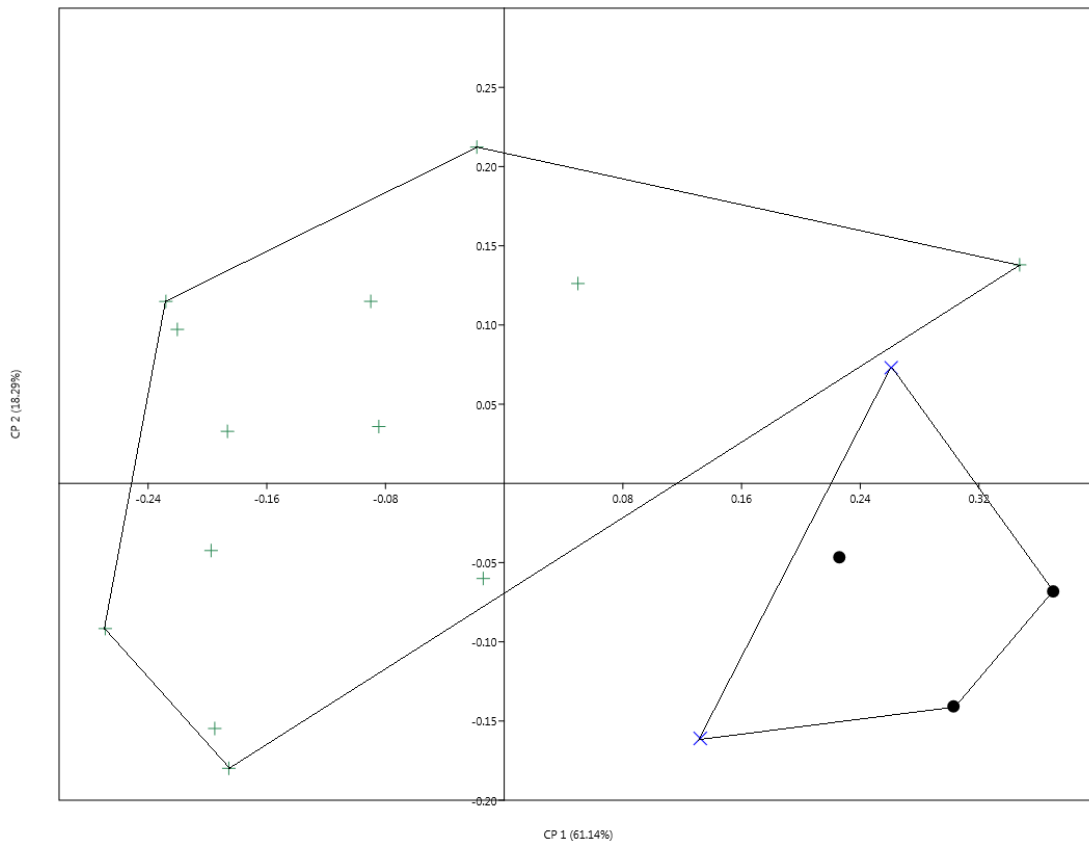


(B)

**Figura 4.23:** Análisis morfométrico del os carpi radiale de 18 ejemplares (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.14%

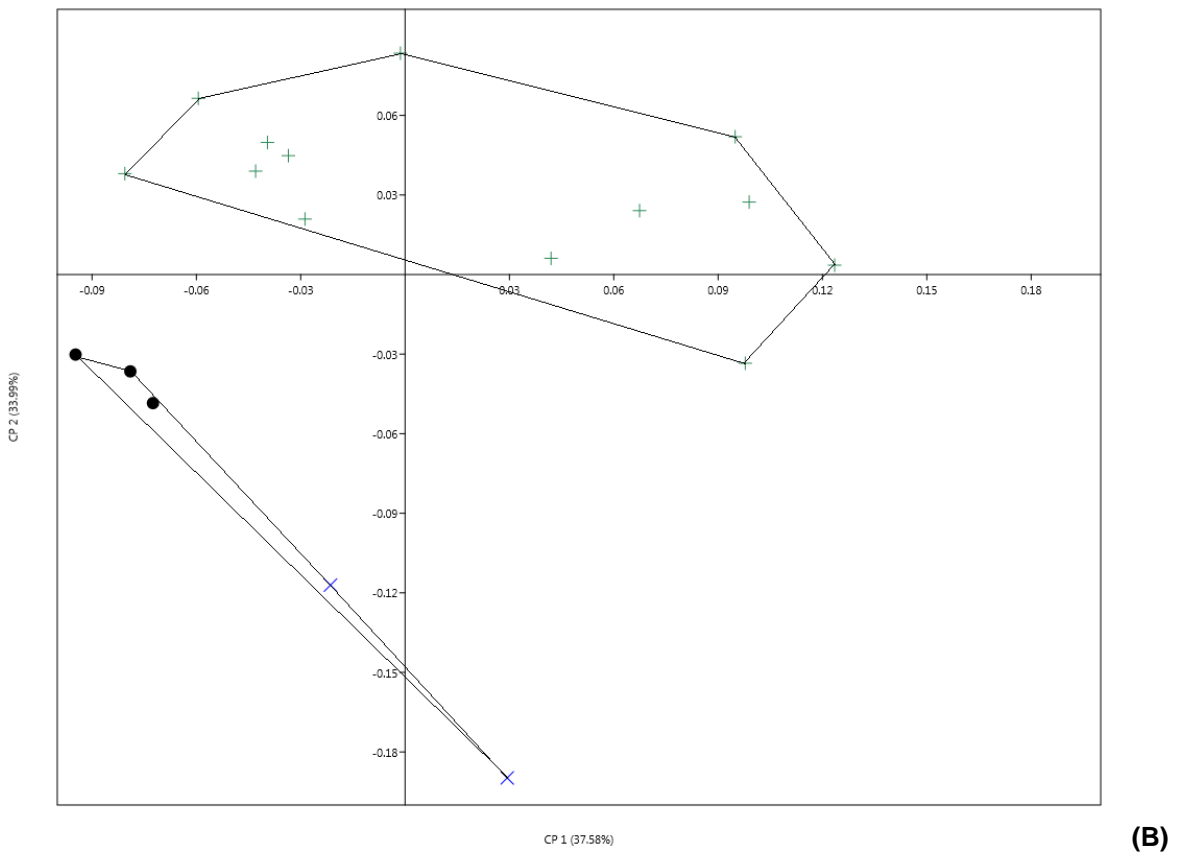
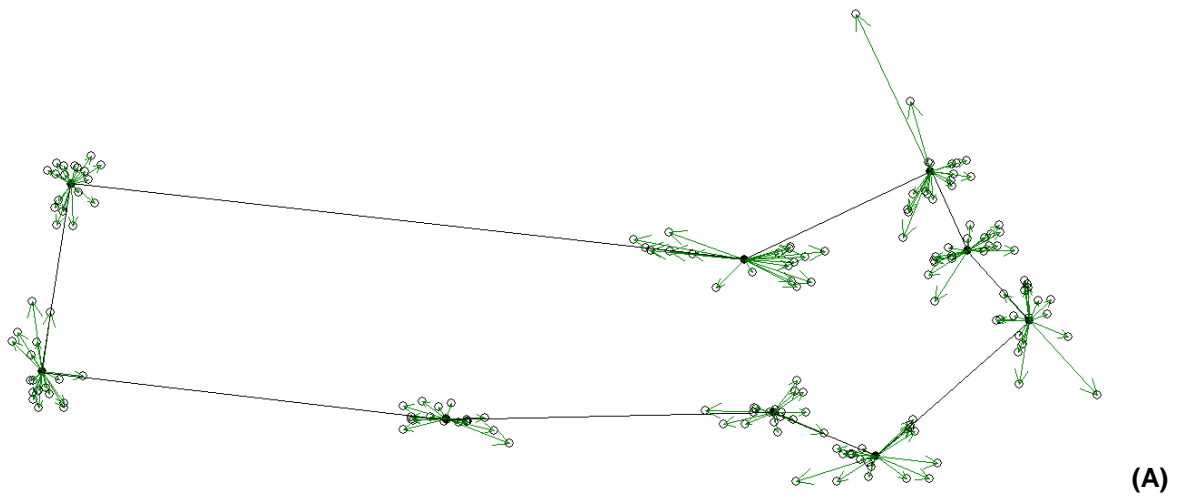


(A)



(B)

**Figura 4.24:** Análisis morfométrico del os carpi ulnare de 18 ejemplares (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación geométrica de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 79.43%



**Figura 4.25:** Análisis morfométrico del carpometacarpo de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 71.57%

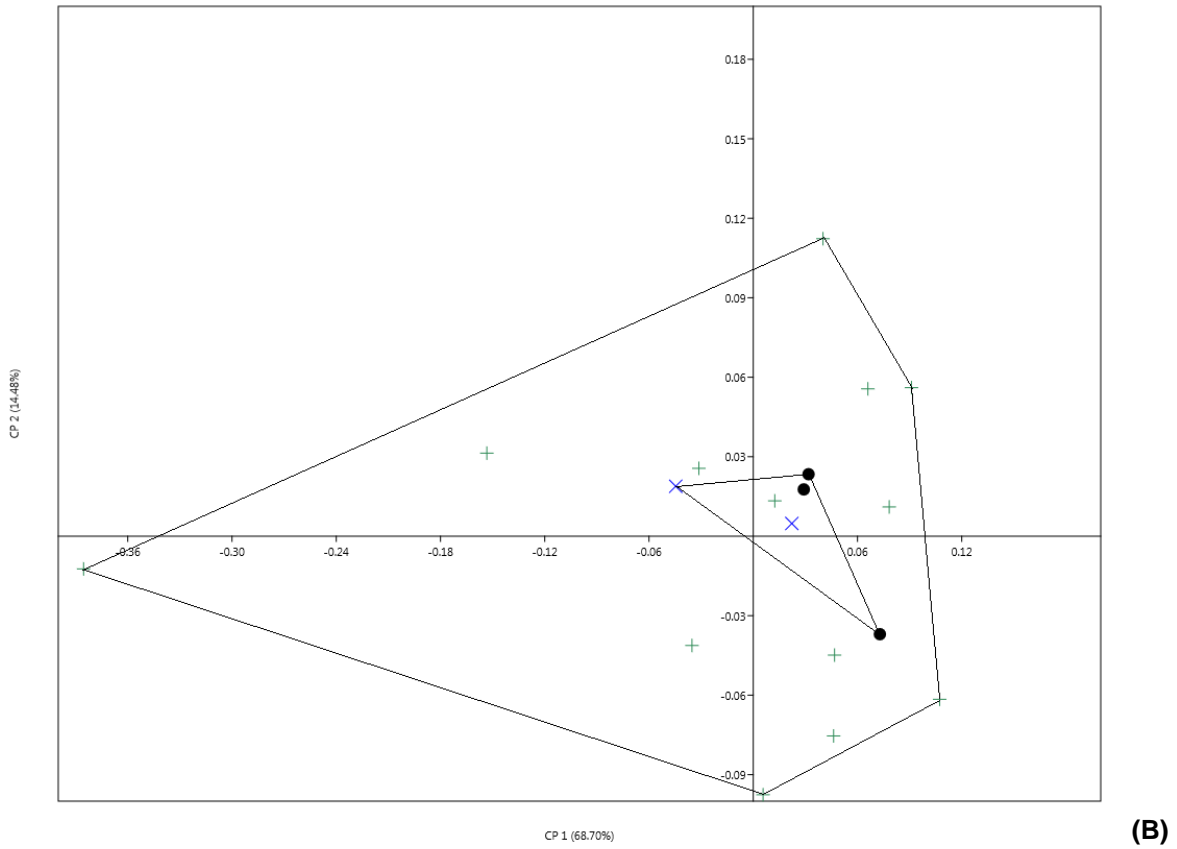
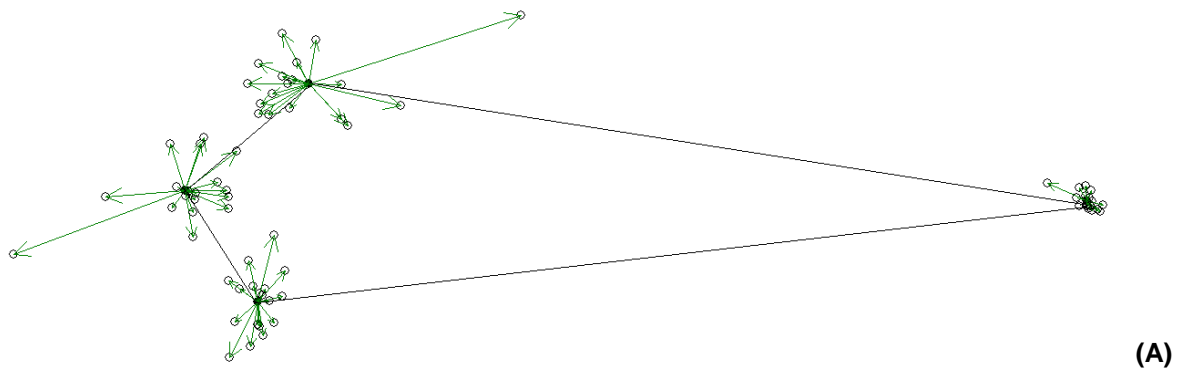
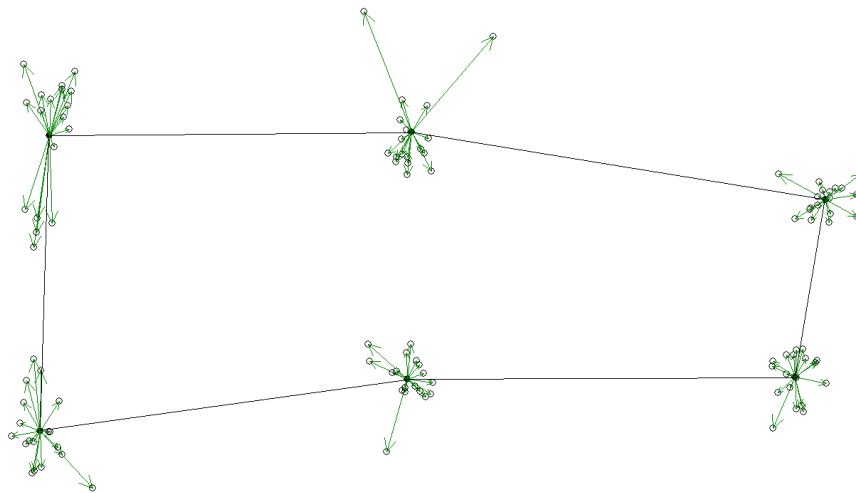
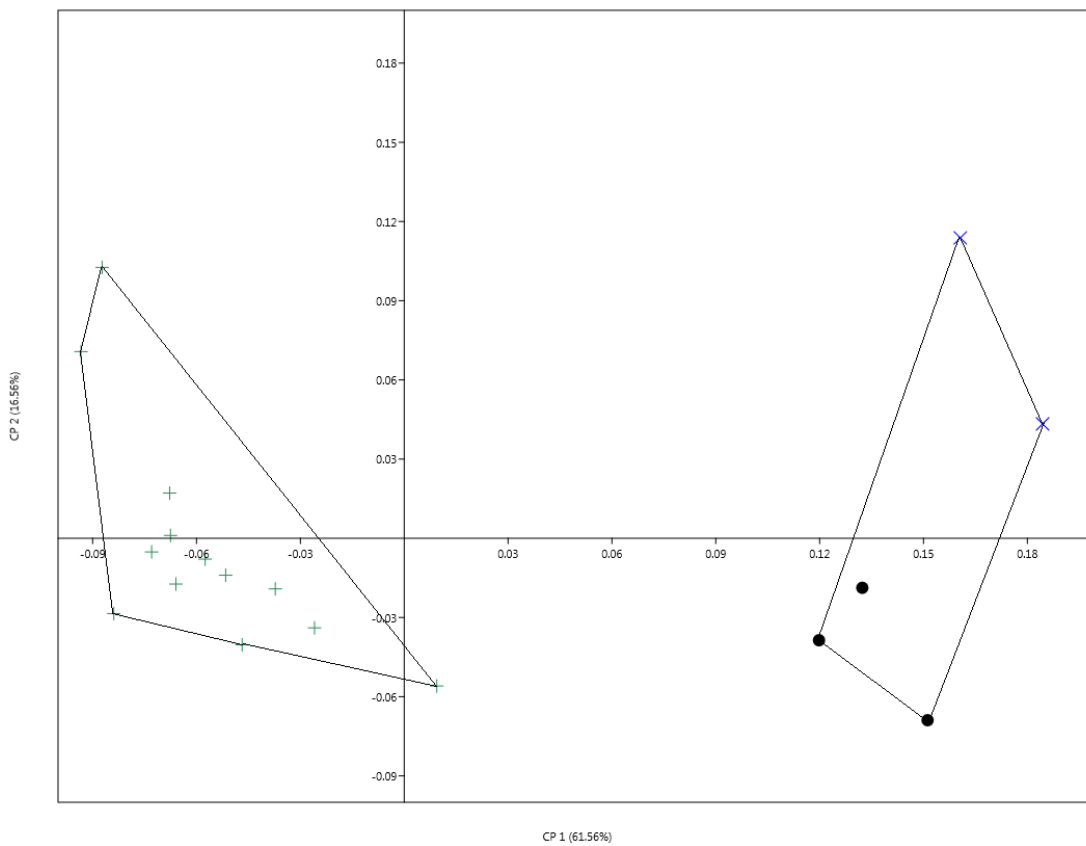


Figura 4.26: Análisis morfométrico del dígito 1 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). En (A) se muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). En (B) se muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 83.18%



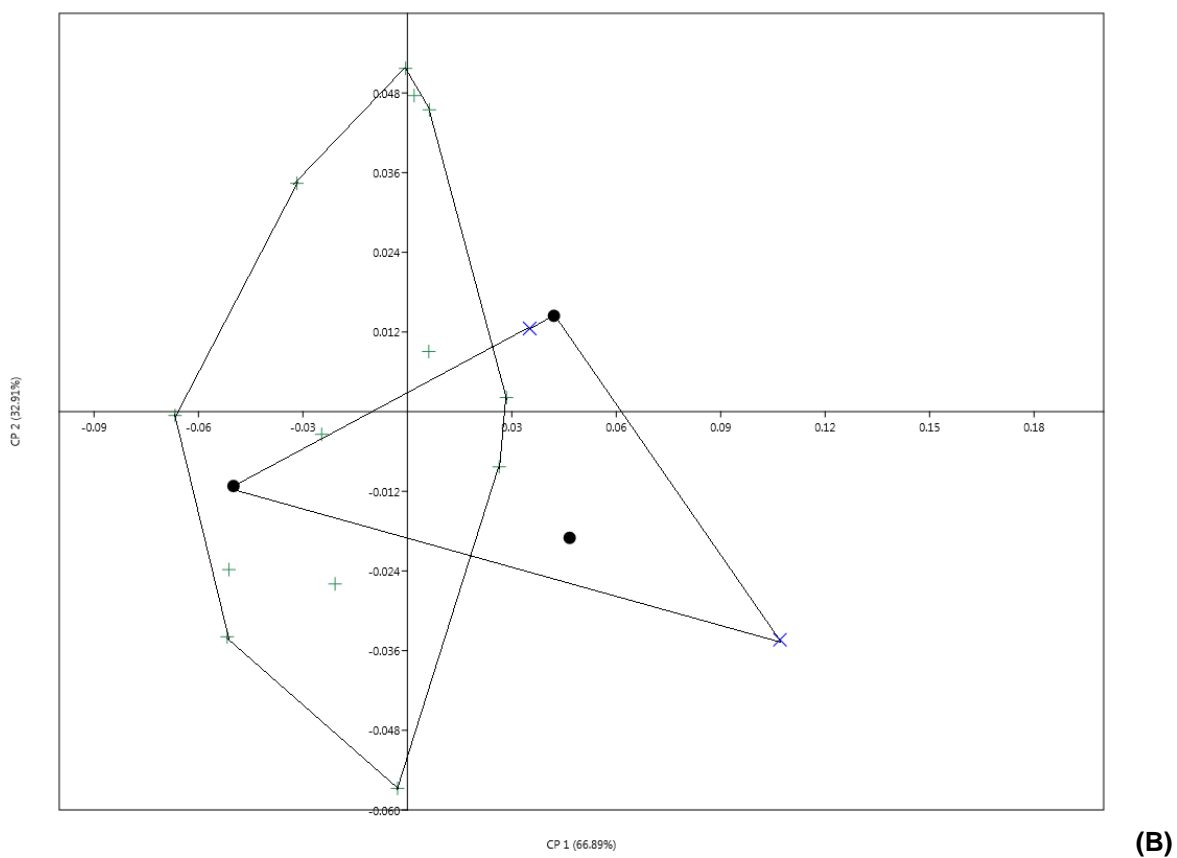
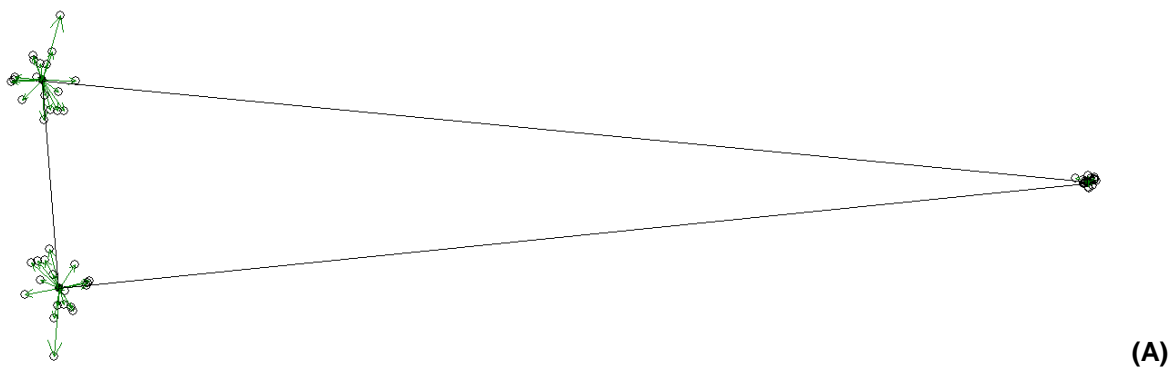
(A)



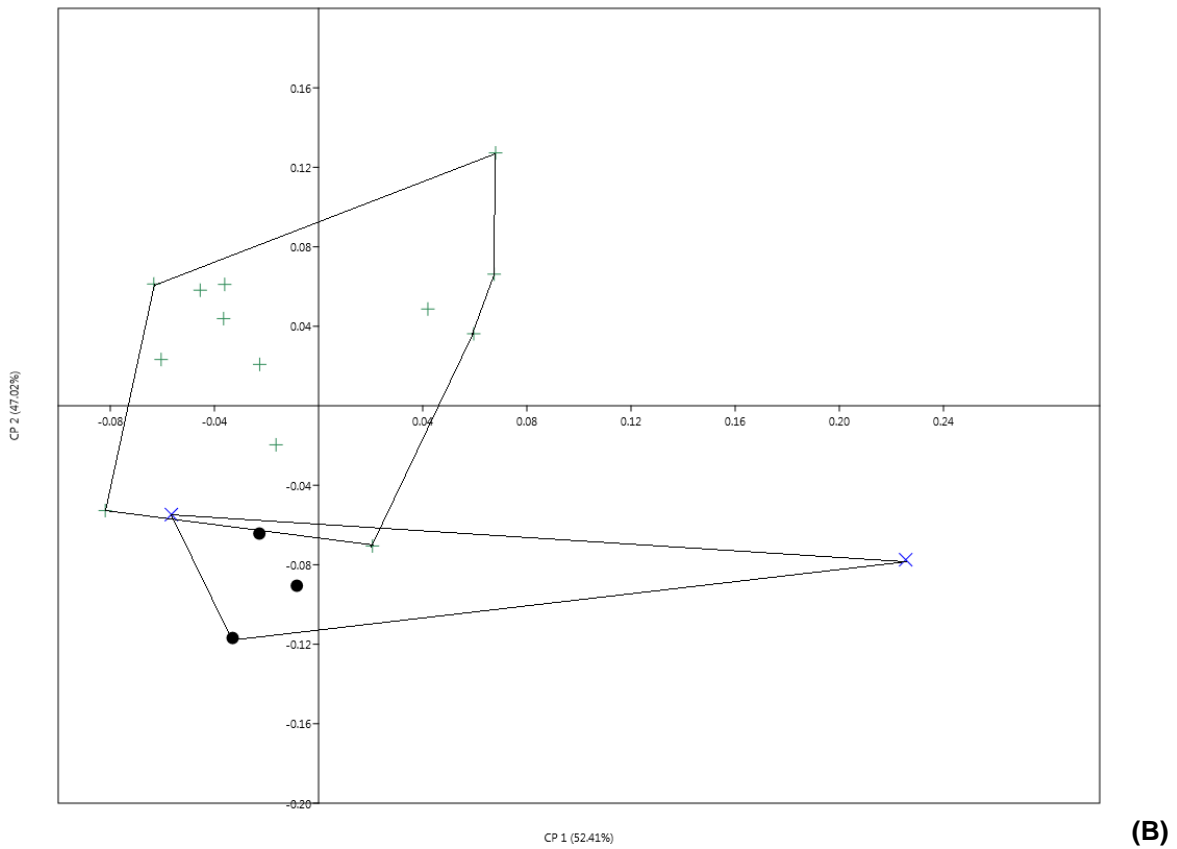
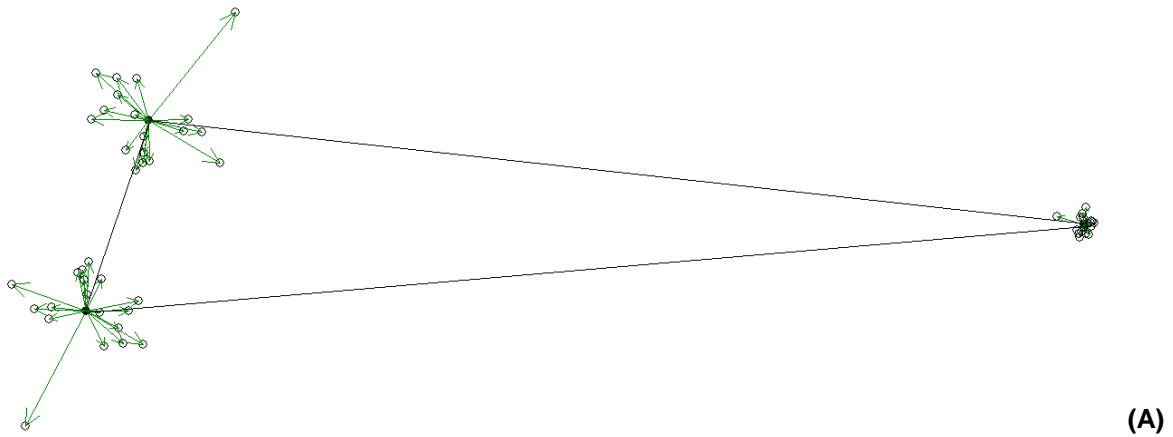
(B)

**Figura 4.27:** Análisis morfométrico de la falange proximal del dígito 2 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 78.12%





**Figura 4.28:** Análisis morfométrico de la falange distal del dígito 2 de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 99.8%



**Figura 4.29:** Análisis morfométrico del dígito 3, de 18 ejemplares de aves (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes). (A) muestra la dispersión de los hitos luego de una transformación de Procrustes a partir del morfotipo promedio (puntos negros, unidos entre sí por líneas). (B) muestra un análisis de componentes principales bajo la matriz de varianza-covarianza, proveniente de la transformación de Procrustes, con una varianza (entre CP1 y CP2) de 99.43%

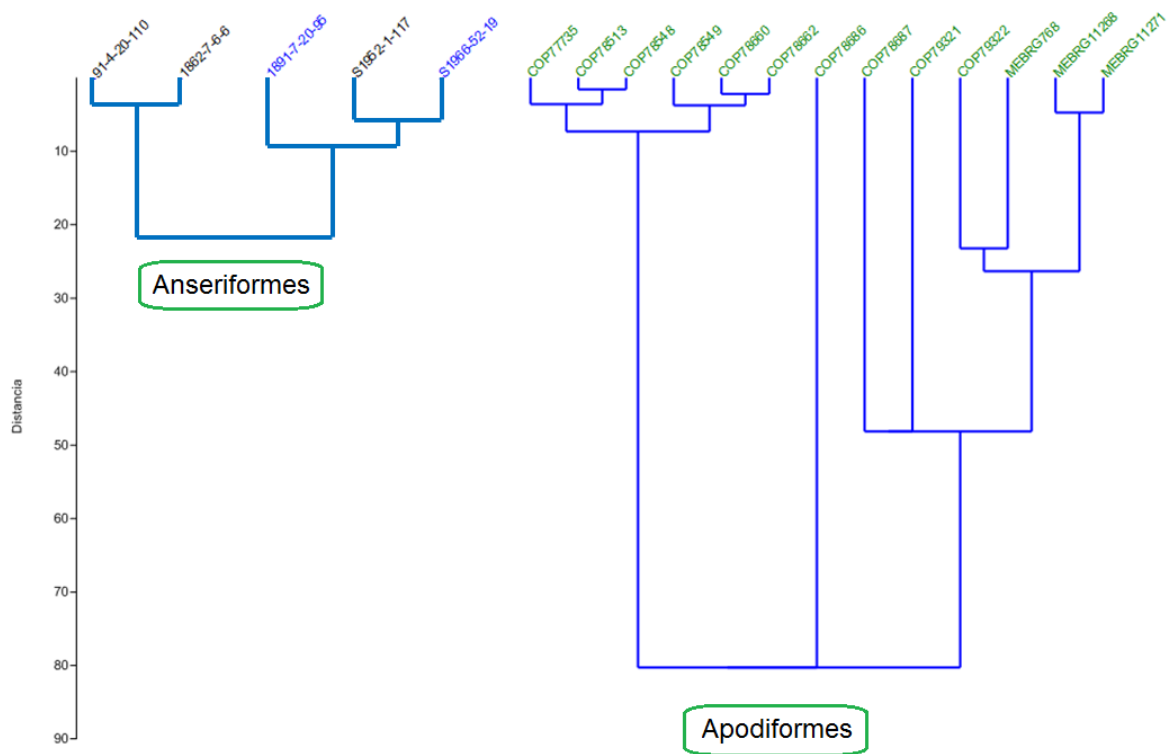
A pesar de que estos resultados muestren una divergencia clara entre Anseriformes y Apodiformes, sus resultados no indican el nivel de correlación entre cada elemento óseo que integra al ala. Para tal fin se propuso un primer análisis, el cual explica la similitud entre matrices de adyacencia de centroides ( $A_c$ ) en una escala lineal. Sobre los datos obtenidos de cada transformación de Procrustes, se obtuvieron los correspondientes valores del tamaño de centroide normalizado ( $S$ ), con los que se construyó una matriz de centroides ( $M_c$ ), relacionados de acuerdo a las uniones artrológicas descritas en la Figura 4.3. Su producto con la matriz de incidencia ( $M_G$ ) de este sistema genera una nueva matriz de adyacencia, cuyos pesos equivalen a relaciones de centroides. De esta manera se mide el impacto directo que tiene la variación (en forma) de un hueso. Esta matriz se obtuvo para el conjunto de los datos analizados, así como para Anseriformes y Apodiformes por separado.

El análisis de estas matrices se efectuó al reducir las a su valor determinante. Por definición, el determinante es un número real obtenido a partir de una matriz cuadrada  $n \times n$ , la cual ubica la magnitud por la cual ésta matriz debe multiplicar para representar un espacio  $n$  dado, en un intervalo real  $n$  ( $\mathbb{R}^n$ ). Según Cheverud *et al.* (1989), las matrices reducidas a su valor determinante pueden ser estudiadas como representantes de éstas, siendo ubicadas en un espacio lineal y analizadas con estadística clásica al ajustarse a una distribución  $f$ .

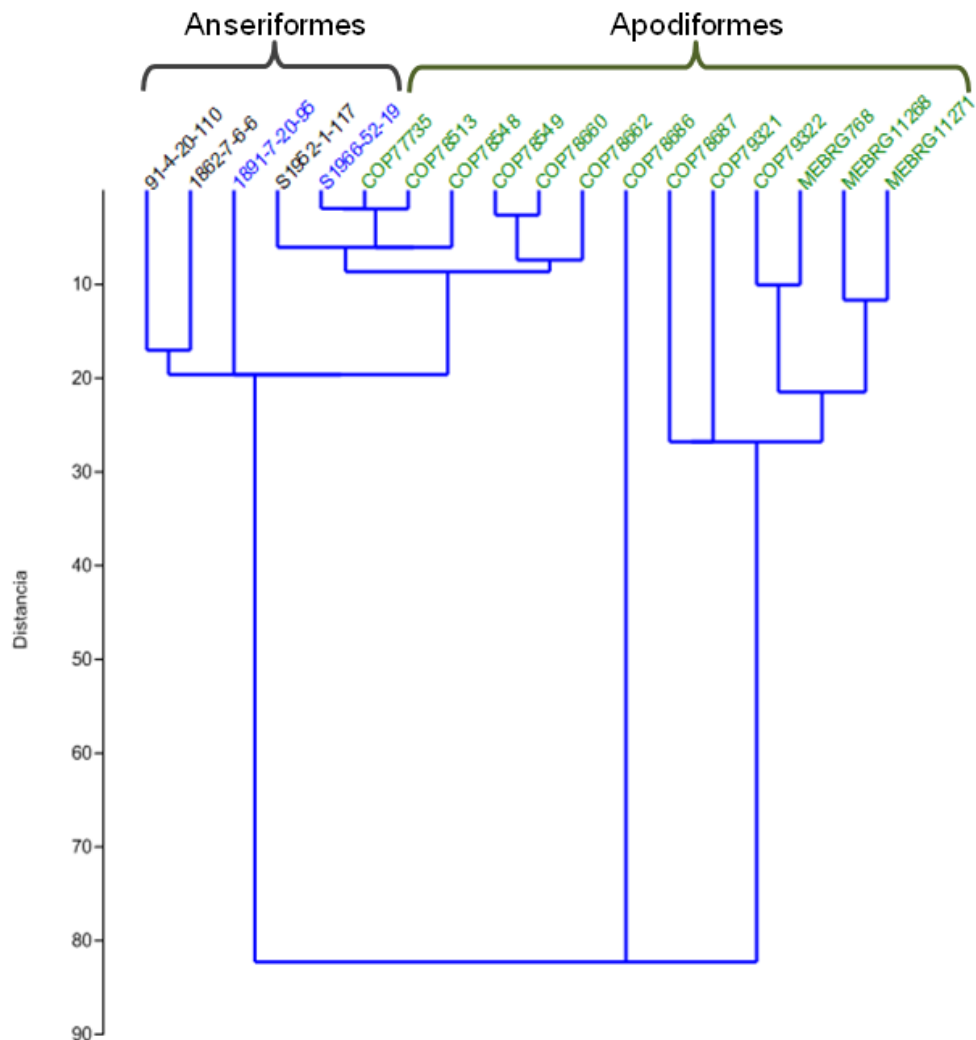
Sin embargo, bien se puede argumentar que los determinantes no tienen un soporte lógico o intuitivo, además de que resultan ser numéricamente inestables, al ser capaces de producir valores de gran magnitud para matrices pequeñas, o inclusive valores iguales a cero en matrices grandes. A pesar de esto, los determinantes ofrecen una información lineal clara, al reducir en una dimensión la contribución de un sistema vectorial. De esta forma, se considera que cada elemento integrante de una matriz no sólo afecta al vector que lo integra, sino también influye en el *volumen* que tal sistema describe.

Partiendo de esto, se construyó una matriz de distancia cuadrada y simétrica, donde se contrastaron los ejemplares (en general y por grupo) mediante las diferencias de sus determinantes. Con esta matriz se elaboraron árboles de distancia en los cuales se muestran, en proporciones porcentuales, cuán diferente es un ejemplar del resto. Los resultados se expresan en las Figuras 4.30 (para ambos grupos por separado) y 4.31 (para la base de datos en general). En

principal, se destaca la clara afinidad entre los Anseriformes, a diferencia de los colibríes, que muestran una mayor distancia de separación, entendido como una mayor variabilidad de formas y que bien se observó de manera individual con cada análisis de componentes principales llevados a cabo en cada elemento óseo. No obstante, cuando se estudia el caso del conjunto, se tiene un resultado confuso, al identificar a los Anseriformes como un grupo contenido en los colibríes. Este error tiene su origen en el Procrustes, al calcular la transformación geométrica en función al conjunto total de datos.



**Figura 4.30:** Árboles de distancias para los ejemplares analizados de Anseriformes (izquierda) y Apodiformes (derecha), determinados a partir de los valores de las determinantes de sus matrices de centroides, previamente definida en la ecuación 4.8. Estos árboles se calcularon con el algoritmo de pareamiento, teniendo valores del índice cofenético de 0.857 y 0.385, respectivamente. Se observa una mayor diferenciación entre los colibríes, producto de la variabilidad mostrada en los datos provenientes de la transformación de Procrustes.



**Figura 4.31:** Árbol de distancias para el conjunto de los ejemplares analizados en este estudio (N=5 Anseriformes y N=13 Apodiformes), determinados a partir de los valores de las determinantes de sus matrices de centroides, según la definición dada en la ecuación 4.8. El árbol se obtuvo con el algoritmo de pareamiento, teniendo un valor del índice cofenético de 0.368.

De esta forma y, aunque no se tenga información de la correlación entre componentes modulares mediante este análisis, al pre-establecer grupos funcionales se observa tanto la variabilidad que muestra cada uno de ellos, como la distancia que tienen sus morfotipos integrantes. Esto es útil puesto que, si una determinante representa una transformación espacial de una matriz a un sistema lineal, las matrices son transformaciones espaciales de un valor lineal. Esta bidireccionalidad en el análisis permite proponer que este método puede no sólo describir un

patrón de correlación o identificar un esquema funcional, como hasta ahora se ha hecho. Este sistema tiene el potencial de proyectar morfotipos asociados a una relevante actividad locomotora, partiendo de datos específicos. No obstante, se hace necesaria la determinación de la correlación entre las subunidades modulares.

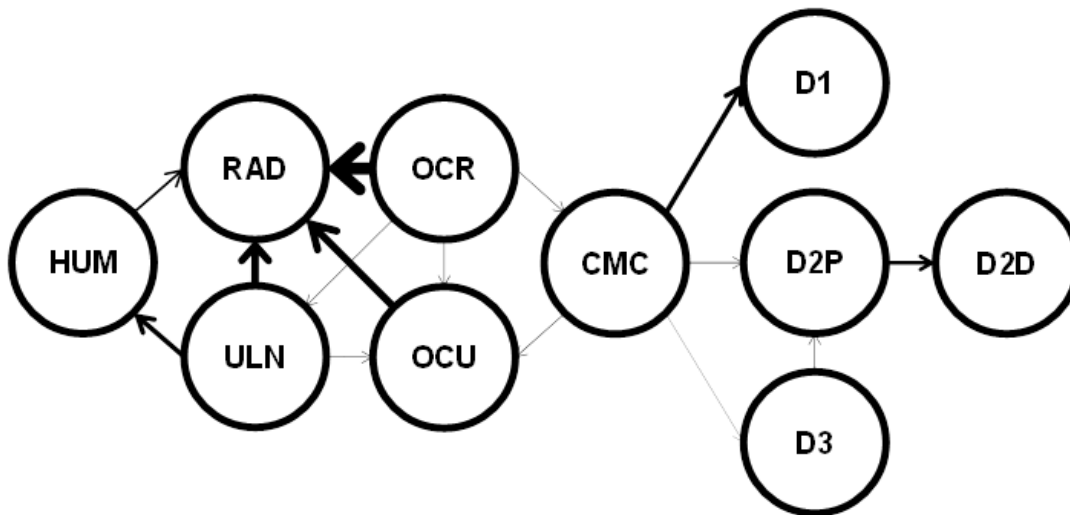
Una vez comprobada que la actividad locomotora de las aves se restringe a configuraciones específicas modulares, la determinación de la correlación de forma de sus subunidades se efectuó al contrastar las matrices de correlación de Pearson, definidas por la ecuación 4.10 y obtenidas tanto para Anseriformes como para Apodiformes. Bajo este diseño, se muestra el impacto que tiene cada uno de los elementos óseos en el sistema, al identificar su magnitud con un valor diferente de cero. Si, por el contrario, este valor se hace cero, no existe correlación entre el par de elementos considerados. Los resultados de estas matrices para Anseriformes y Apodiformes se exponen en la Figura 4.32 y 4.33.

Observando cada una de las matrices de correlación generadas, se observa la presencia de elementos altamente correlacionados entre sí, aunque se comportan de manera diferente en ambos grupos taxonómicos. Partiendo desde la diferencia de la matriz de índices de correlación de los Anseriformes con respecto a los Apodiformes, se observa un impacto contrastante de sus elementos óseos frente al sistema modular. El húmero influye de manera contraria a ambos grupos taxonómicos que, desde el punto de vista funcional, favorece el desarrollo de la superficie de sustentación en colibríes (ulna). Los huesos del antebrazo muestran una gran relación entre sí, al igual que con sus respectivos elementos carpales, situación que se torna mucho más evidente en los Anseriformes.

Por otra parte, la mano muestra relaciones disímiles, propias de la locomoción observadas en ambos grupos. Mientras que el carpometacarpo constituye un elemento de control mecánico dentro del ala de los Anseriformes, la variación digital en Apodiformes es mayor, influenciando en la maniobrabilidad de la locomoción. Un resumen de los efectos que tiene la variación de cada elemento óseo sobre el sistema se describe en la Tabla 4.2, destacando las posibles implicaciones locomotoras.

	HUM	RAD	ULN	OCR	OCU	CMC	D1	D2P	D2D	D3
HUM	0	0,27	15,66	0	0	0	0	0	0	0
RAD	3,76	0	58,79	128,21	36,48	0	0	0	0	0
ULN	0,06	0,02	0	2,18	0,62	0	0	0	0	0
OCR	0	0,01	0,46	0	0,28	0,43	0	0	0	0
OCU	0	0,03	1,61	3,51	0	1,53	0	0	0	0
CMC	0	0	0	2,30	0,66	0	0,15	0,67	0	1,74
D1	0	0	0	0	0	6,69	0	0	0	0
D2P	0	0	0	0	0	1,49	0	0	0,20	2,60
D2D	0	0	0	0	0	0	0	4,94	0	0
D3	0	0	0	0	0	0,57	0	0,39	0	0

(A)

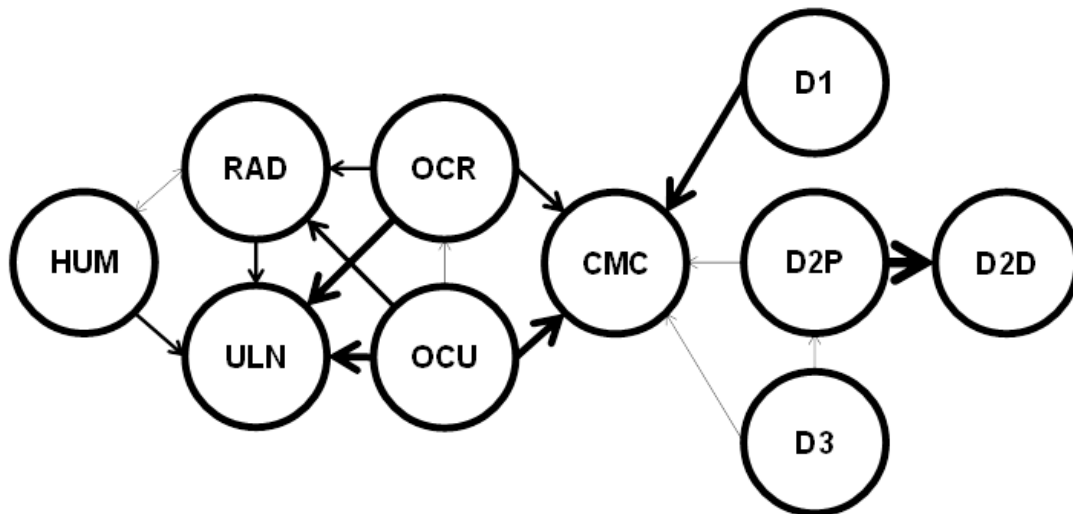


(B)

Figura 4.32: (A) Matriz de correlación de Pearson, con su variación dada por cada par de huesos, para los Anseriformes. Cada columna muestra como una unidad en magnitud de variación del correspondiente elemento óseo influye al resto de las piezas. En (B) se exponen los resultados más resaltantes. Las magnitudes de intensidad y la dirección de las flechas indican de manera gráfica los principales efectos entre las subunidades.

	HUM	RAD	ULN	OCR	OCU	CMC	D1	D2P	D2D	D3
HUM	0	1,00	0,24	0	0	0	0	0	0	0
RAD	1,00	0	0,24	2,54	5,32	0	0	0	0	0
ULN	4,23	4,23	0	10,77	22,54	0	0	0	0	0
OCR	0	0,39	0,09	0	2,09	0,18	0	0	0	0
OCU	0	0,19	0,04	0,48	0	0,08	0	0	0	0
CMC	0	0	0	5,70	11,94	0	8,04	1,01	0	1,19
D1	0	0	0	0	0	0,12	0	0	0	0
D2P	0	0	0	0	0	0,99	0	0	0,10	1,18
D2D	0	0	0	0	0	0	0	10,17	0	0
D3	0	0	0	0	0	0,84	0	0,85	0	0

(A)



(B)

Figura 4.33: (A) Matriz de correlación de Pearson, con su variación dada por cada par de huesos, para los Apodiformes. Cada columna muestra como una unidad en magnitud de variación del correspondiente elemento óseo influye al resto de las piezas. En (B) se exponen gráficamente los resultados más resaltantes.



**Tabla 4.2:** Impacto que tiene un hueso determinado sobre sus elementos adyacentes, según los resultados de correlación obtenidos para las matrices por grupo taxonómico, observadas en las Figuras 4.32 y 4.33.

Hueso	Anseriformes	Apodiformes
Húmero	Fortalecimiento del <b>radio</b> , incrementando el sostén del antebrazo durante el aleteo	Impacto sobre la <b>ulna</b> mayor, con posible efecto en la superficie de inserción de rémiges. Sobre el <b>radio</b> la correlación es directa y proporcional (1)
Radio	Efecto reducido sobre los huesos adyacentes	Proporcional sobre el <b>húmero</b> (1) y alta sobre la <b>ulna</b> (4.2), manteniendo su integración al área de generación de sustentación
Ulna	Alta dependencia de apoyo en el <b>radio</b> (58.8) y el <b>húmero</b> (15.7) por cada unidad de cambio	Efecto reducido en los elementos óseos adyacentes
Os carpi radiale	Máxima correlación sobre el <b>radio</b> (128.2). También muestra una variación positiva con respecto a los otros huesos	Influencia notable sobre la <b>ulna</b> (10.8) y el <b>carpometacarpo</b> (5.7), al igual que ocurre con el ulnar.
Os carpi ulnare	Altamente correlacionado con el <b>radio</b> (36.5), necesario para el mantenimiento del sostén del antebrazo	Mayor correlación con la <b>ulna</b> (22.5) y el <b>carpometacarpo</b> (10.8), al igual que ocurre con el radial.
Carpometacarpo	Efecto sobre el <b>álula</b> más evidente (6.7) que sobre el resto de los huesos	Reducido impacto en sus huesos adyacentes
Dígito alular	Bajo efecto sobre el <b>carpometacarpo</b> (0.15), posiblemente por su mayor tamaño y amplia variación de forma mostrados	Notable impacto sobre el <b>carpometacarpo</b> (8.1), el cual se mantiene regularmente homogéneo en la muestra
Falange proximal del dígito intermedio	Mayor efecto sobre la <b>falange distal</b> (4.9), zona de inserción de las rémiges primarias más externas	Mayor efecto sobre la <b>falange distal</b> (10.2), con evidente influencia en la maniobrabilidad
Falange distal del dígito intermedio	Bajo efecto sobre la <b>falange proximal</b> (0.2)	Bajo efecto sobre la <b>falange proximal</b> (0.1)
Dígito menor	Correlacionado a la <b>falange proximal</b> (2.6) y el <b>carpometacarpo</b> (1.7)	Con correlación casi proporcional a la <b>falange proximal</b> y al <b>carpometacarpo</b> (1.2)

Una vez conocida la correlación entre las subunidades modulares, mediante éste método se puede deducir la función locomotora que tiene el conjunto de huesos que integran un ala. La proyección de su espacio de variabilidad puede abarcar no sólo el delimitado por los morfotipos conocidos, sino ser representados dentro de los límites dados por el morfoespacio teórico previamente definido, de forma que se describan posibles combinaciones óseas para módulos con desempeños funcionales diferentes. A su vez, este método constituye una potente herramienta para proyectar, a partir de la información de la forma de un elemento óseo dado, la forma del resto de los elementos de acuerdo a las correlaciones geométricas preestablecidas por grupos (taxonómicos y/o funcionales). Para tales efectos, es necesario continuar trabajando sobre este método, con el fin de

identificar los espacios de variabilidad en los cuales se distribuyen los distintos grupos de aves con vuelo activo. Más aún, este sistema de correlación de unidades modulares no sólo estaría restringido al vuelo como actividad locomotora, sino también a cualquier otro tipo de locomoción que un organismo vivo pueda desarrollar mediante la participación de subunidades corporales claramente definibles.

#### **4.8. Proyección de este trabajo en estudios de dinámica de sistemas funcionales complejos**

El diseño de este análisis permitió no solo conocer el grado de asociación en un estado, a fin de compararlo entre grupos de estados de manera que se discriminen por cada uno de ellos, sino a su vez determinó si las condiciones morfológicas limitantes y los diferentes estados morfológicos son dependientes de la talla o de la geometría ósea.

No obstante, si bien este estudio estuvo enfocado en la integración morfológica, se debe entender que las estrategias locomotoras no dependen solamente de cuán correlacionadas se encuentran las piezas óseas del ala. Las relaciones entre la estructura y la locomoción pueden superar el nivel modular, al ser influenciado por otros módulos locomotores, como lo resumen Gatesy y Dial (1996) y como bien se expone en la Figura 4.34. La actividad de alguno de los demás módulos, en conjunto con el batido del ala, proporciona una variación en la estrategia de desplazamiento, facilitando su locomoción.

Por encima de esto, más allá de las interacciones entre módulos, de acuerdo a Berg (1960), bajo particulares circunstancias ecológicas se pueden favorecer un conjunto de caracteres que deriven a un morfotipo en particular. McGhee (2007), por su parte extiende las diversas presiones selectivas sobre la forma, las cuales han sido previamente discutidas en este trabajo. Como iniciativa para los próximos trabajos a realizar queda la exploración en la integración entre módulos, al igual de la cuantificación del efecto de variables restrictivas en el desarrollo de una forma.

Finalmente, se debe entender cómo la visión de la evolución fenotípica que emerge de los estudios de integración se ajusta con los estándares del paradigma neodarwiniano, o quizá si esto promueve una expansión de este paradigma (Gould, 2002), al incluir nuevos visos en el campo de la evolución del desarrollo.

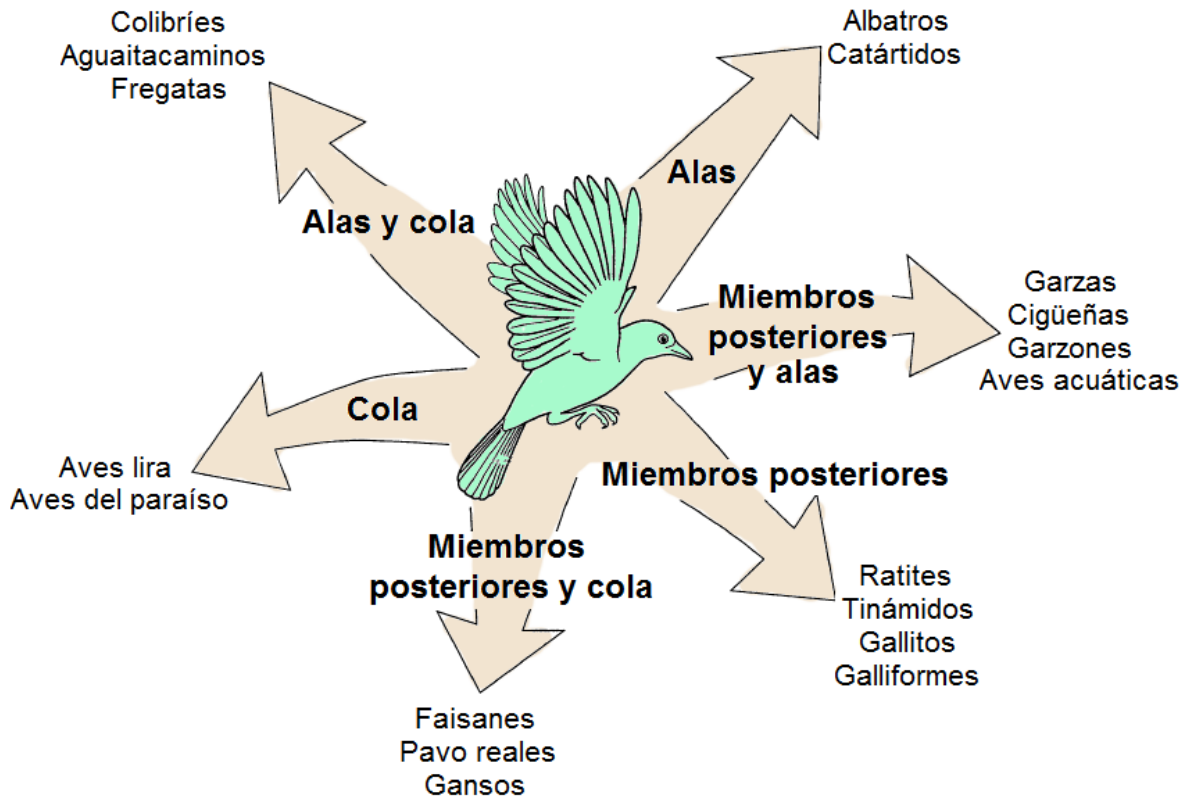


Figura 4.34: Las aves vistas como un mosaico de módulos locomores. Los principales tipos de locomoción dentro de las aves pueden ser definidos por uno de los tres grandes módulos locomotores. No obstante, se debe considerar que en las variaciones de cada forma de movimiento no sólo participan los cambios puntuales de cada elemento anatómico, sino también la inclusión de un módulo entero. Bien esto se observa con el impulso recibido por los miembros posteriores en muchas de las aves acuáticas, como gansos y patos; o también el empleo de la cola como superficie de sustentación durante el desplazamiento (bounding) de las aves terrestres, como los carpinteros y tucanes. Modificado de Gatesy y Dial, 1996.

# 5

---

**Resumen de resultados,  
conclusiones y  
recomendaciones**



## Resumen de resultados, conclusiones y recomendaciones

---

*Prima de ddu lassài andai, s 'ultima raccomandazioni: stinghirizzu, castiami beni...*

*(Antes de dejarlo ir, su última recomendación: sutil, fíjate bien...)*

**Raffaele Lussu. 2006.**

*Su gattu stinghirizzu*

*(El gato sutil).*

Este estudio perseguía identificar y describir, de manera cuantitativa, la morfología de las aves Neognathae cuyo vuelo activo se desarrolla dentro de los límites posibles de funcionalidad. Para tal fin, se emplearon de las herramientas que proporcionaba el modelo que describe el vuelo dentro de parámetros estáticos.

Una vez concluido el estudio, los principales alcances que se obtuvieron con el desarrollo de los análisis antes descritos se resumen en los siguientes puntos:

- Se determinaron los límites posibles en las variables morfológicas, de acuerdo al modelo que describe el desempeño locomotor. De esta forma, se estableció un morfoespacio a partir de un modelo funcional, a diferencia del que se conoce habitualmente, el cual describe geoméricamente la morfología, como ha ocurrido desde Raup (1966).
- Se constató que la variación interespecífica de las variables morfológicas no sigue un escalado geométrico sino alométrico (positivo, en muchos de los casos), esto es, el incremento de las alas se compromete con el aumento de la masa corporal. Con esto, se redimensionó el morfoespacio teórico general y se plantearon los específicos para cada orden taxonómico.
- Se subdividió el espacio definido por regiones de convergencia morfológica, siendo afines con el desempeño locomotor de las aves. Esto no sólo se observó con los datos generales,

sino con transformaciones espaciales a lo propuesto por Middleton y Gatesy (2000) para diagramas ternarios en alas.

- Se describió el método de redes morfológicas como vía para estudiar la variación de la forma alar, de manera que en los casos en donde la información morfológica sea limitada, este método describa una configuración aproximada y su ubicación dentro del espacio de formas funcionalmente posibles.

Adicionalmente a los objetivos logrados, se consiguió trabajar con nuevos métodos que permiten estudiar diversos aspectos de la historia de vida de los organismos. En particular:

- Se describió la construcción de morfoespacios teóricos a partir de modelos que describen la actividad locomotora.
- Se exploró la distribución de ejemplares basándose en el modelo de  $T^2$  de Hotelling sobre simplex bidimensionales, con los cuales se proyecta la variación de un conjunto de datos. Como herramienta de reconstrucción y/o proyección, los datos se pueden clasificar de forma temporal o espacial y determinar el comportamiento dentro de los mismos en tales escalas.
- Se propuso el modelo de redes morfológicas para determinar la integración de componentes óseos dentro del módulo locomotor anterior, basado en análisis de correlación. El continuar desarrollando este método con la inclusión de nuevos datos permitiría manejar una información con la cual se pueda describir y proyectar patrones morfológicos y actividades locomotoras.

Asimismo, dentro del proceso formativo que se encuentra formalizado en los estudios doctorales, este trabajo permitió llevar a cabo un estudio científico multidisciplinario, con apoyo multilateral, cuidando que los sesgos y las eventualidades típicas dentro de este tipo de estudios influyeran de manera negativa en los objetivos planteados para el mismo. Las estrategias de estudio y de abordaje de problemas, así como las herramientas aprendidas para el discernimiento y el análisis son valores adicionales a este trabajo, los cuales serán de buena utilidad para el desarrollo de la actividad académica y docente personal.

---

## **Referencias Bibliográficas**



## Referencias bibliográficas

---

- Adams, D. C.; F. J. Rohlf y D. E. Slice. 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the "revolution". *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16.
- Aiello, G.; F. Barattolo, D. Barra, G. Fiorito, A. Mazzarella, P. Raia y R. Viola. 2007. Fractal analysis of ostracod shell variability: A comparison with geometric and classic morphometrics. *Acta Palaeontologica Polonica*, 52 (3): 563-573.
- Aitchison, J. 1982. The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 44 (2): 139-177.
- Aitchison, J. 1986. *The statistical analysis of compositional data*. Monographs on statistics and applied probability. Volumen 25. Chapman and Hall.
- Alcantara, S.; F. B. de Oliveira y L. G. Lohmann. 2013. Phenotypic integration in flowers of neotropical lianas: diversification of form with stasis of underlying patterns. *Journal of Evolutionary Biology*, 26: 2283-2296.
- Alerstam, T.; M. Rosén, J. Bäckman, P. G. P. Ericson y O. Hellgren. 2007. Flight speeds among bird species: allometric and phylogenetic effects. *PLOS Biology*. 5 (8): 1656-1662.
- Alexander, D. E. 2007. Ancient *Argentavis* soars again. *Proceedings of the National Academy of Science PNAS*, 104 (30): 12233-12234.
- Alexander, R. M. 1971. *Size and shape*. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 29. Edward Arnold Limited, Londres.
- Alexander, R. M. 1982. *Locomotion of Animals*. Tertiary Level Biology. Blackie, Chapman & Hall, Nueva York.
- Alexander, R. M. 1989. *Dynamics of Dinosaurs and other extinct giants*. Columbia University Press. Nueva York, USA.
- Alexander, R. M. 1996. *Optima for animals*. Edición Revisada. Princeton University Press. Chichester.
- Alexander, R. M. 1998. All-time giants: the largest animals and their problems. *Palaeontology*, 41: 1231-1245.

- Alexander, R. M. 2002. The Merits and Implications of Travel by Swimming, Flight and Running for Animals of Different Sizes. *Integrative and Comparative Biology*, 42: 1060-1064.
- Alexander, R. M. 2003. *Principles of Animal Locomotion*. Princeton University Press, Princeton.
- Alexander, R. M. 2006. Dinosaur biomechanics. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 273 (1596): 1849-1855.
- Alroy, J. 2000. New methods for quantifying macroevolutionary patterns and processes. *Paleobiology*, 26 (4): 707-733.
- Anderson, J. D. 2004. *Introduction to Flight*. Quinta edición, McGraw-Hill. USA.
- Antonovics, J. y P. H. van Tienderen. 1991. Ontoecogenophyloconstraints? The chaos of constraint terminology. *Trends in Ecology and Evolution*, 6: 166-168.
- Ashby, M. F. 2011. *Materials selection in mechanical design*. Cuarta Edición. Elsevier, Amsterdam.
- Ashley, H. y M. Landahl. 1965. *Aerodynamics of wings and bodies*. Dover Books on Aeronautical Engineering Series. Courier Dover Publications, Nueva York.
- Auffray, J. C.; P. Alibert, S. Renaud, A. Orth y F. Bonhomme. 1996. Fluctuating asymmetry in *Mus musculus* subspecific hybridization: traditional and Procrustes comparative approach. Pp. 275–283. En: Marcus, L. F.; M. Corti, A. Loy, G. J. P. Naylor y D. E. Slice (Eds.): *Advances in morphometrics*. Plenum. New York, USA.
- Baird, S. F. 1858. *General Report upon the Zoology of the several Pacific Railroad Routes. Part II. Birds*. Smithsonian Institution, Washington.
- Bakker, R. T. 1986. *The dinosaur heresies*. William Morrow, Nueva York.
- Barsbold, R.; H. Osmólska, M. Watabe, P. J. Currie y K. Tsogtbataar. 2000. A new oviraptorosaur (Dinosauria: Theropoda) from Mongolia: the first dinosaur with a pygostyle. *Acta Paleontologica Polonica*, 45: 97-106.
- Baumel, J.; A. King, J. E. Breazile, H. Evans y J. C. Vanden Bergue (Eds). 1993. *Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium*. Cambridge University Press. Cambridge, Massachusetts, USA.
- Bažant, Z. P. 2005. *Scaling of structural strength*. Segunda Edición. Elsevier Butterworth-Heinemann, Burlington.
- Beer, F. P.; E. R. Johnston Jr. y J. T. DeWolf. 2005. *Mechanics of Materials*. Cuarta Edición. McGraw Hill Higher Education, Boston.
- Benton, M. J. 2005. *Vertebrate palaeontology*. Tercera Edición. Blackwell Science, Malden.

- Berner, R. A. y D. E. Canfield. 1989. A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time. *American Journal of Science*, 289 (4): 333-361.
- Berner, R. A.; J. M. VandenBrooks y P. D. Ward. 2007. Oxygen and Evolution. *Science*, 316: 557-558.
- Biewener, A. A. 1982. Bone strength in small mammals and bipedal birds: Do safety factors change with body size? *Journal of Experimental Biology*, 98: 289-301.
- Biewener, A. A. 1991. Musculoskeletal design in relation to body size. *Journal of Biomechanics*, 24 (1): 19-29.
- Biewener, A. A. 1993. Safety factors in bone strength. *Calcified Tissue International*, 53 (1): S68-S74.
- Biewener, A. A. 2005. Biomechanical consequences of scaling. *The Journal of Experimental Biology*, 208: 1665-1676.
- Biewener, A. A. y C. R. Taylor. 1986. Bone strain: a determinant of gait and speed? *Journal of Experimental Biology*, 123: 383-400.
- Bingham, N. H. y J. M. Fry. 2010. *Regression: Linear Models in Statistics*. Springer Undergraduate Mathematics Series. Springer, Londres.
- Blanckenhorn, W. U. 2000. The evolution of body size: what keeps organisms small? *The Quarterly Review of Biology*, 75: 385-407.
- Blem, C. R. 1975. Geographic variation in wing-loading of the house sparrow. *The Wilson Bulletin*. 87 (4): 543-549.
- Blows, M. W.; R. Brooks y P. G. Kraft. 2007. Exploring complex fitness surfaces: Multiple ornamentation and polymorphism in male guppies. *Evolution*, 57 (7): 1622-1630
- Bock, W. J. 1985. The arboreal theory for the origin of birds. Pp. 267–277. *En: M. K. Hecht, J. H. Ostrom, G. Viohl y P. Wellnhofer (Eds.), The beginnings of birds*. Freunde des Jura Museum, Eichstätt.
- Boiffier, J. L. 1998. *The Dynamics of Flight. The Equations*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Bondy, J. A. y U. S. R. Murty. 2008. *Graph Theory*. Graduate texts in Mathematics series. Springer. USA.
- Bookstein, F. L. 1989. "Size and shape": A comment on semantics. *Systematic Zoology*, 38 (2): 173-180
- Bookstein, F. L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, Nueva York.

- Bookstein, F. L.; B. Chernoff, R. Elder, J. Humphries, G. Smith y R. Strauss. 1985. *Morphometrics in Evolutionary Biology*. Special Publication No. 15. Academy of Natural Sciences. Philadelphia, USA.
- Bourdon, E. 2005. Osteological evidence for sister group relationship between pseudo-toothed birds (Aves: Odontopterygiformes) and waterfowls (Anseriformes). *Naturwissenschaften*, 92: 586-591.
- Brakefield, P. M. 2006. Evo-devo and constraints on selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 21 (7): 362-368.
- Brandon, R. N. 2005. Evolutionary modules: conceptual analyses and empirical hypotheses. Capítulo 3, Pp. 51-60. En: Callebaut, W. y D. Rasskin-Gutman (Eds.), *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*. The Vienna series in Theoretical Biology, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Breuker, C. J.; M. Gibbs, H. Van Dyck, P. M. Brakefield, C. P. Klingenberg y S. Van Dongen. 2007. Integration of wings and their eyespots in the speckled wood butterfly *Pararge aegeria*. *Journal of Experimental Zoology (Molecular and Developmental Evolution)*. 308 (B): 454-463.
- Brown, J. H. y G. B. West. 2000. *Scaling in Biology*. Oxford University Press.
- Bruderer, B. 1997A. The Study of Bird Migration by Radar Part 1: The Technical Basis. *Naturwissenschaften*, 84 (1): 1-8.
- Bruderer, B. 1997B. The Study of Bird Migration by Radar Part 2: Major Achievements. *Naturwissenschaften*, 84 (2): 45-54.
- Bühler, O. 2006. *A Brief Introduction to Classical, Statistical, and Quantum Mechanics*. Volume 13 of Courant Lecture Notes in Mathematics. American Mathematical Society Press, Providence.
- Bühler, P. 1982. Light bones in birds. Pp. 385-394. En: K. E. Campbell (Ed.), *Papers in Avian Paleontology, Honoring Pierce Brodkorb*. Science Series 36. Natural History Museum of Los Angeles County Science, Los Angeles.
- Bundle, M. W. y K. P. Dial. 2003. Mechanics of wing-assisted incline running (WAIR). *Journal of Experimental Biology*, 206: 4553-4564.
- Burgers, P. y L. M. Chiappe. 1999. The wing of *Archaeopteryx* as a primary thrust generator. *Nature*, 399 (1): 60-62.

- Burman, P. 1989. A comparative study of ordinary cross-validation, v-fold cross-validation and the repeated learning-testing methods. *Biometrika*, 76 (3): 503-514.
- Burman, P. 1990. Estimation of optimal transformations using v-fold cross validation and repeated learning testing methods. *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics, Series A*, 52 (3): 314-345.
- Burness, G. P.; J. Diamond y T. Flannery. 2001. Dinosaurs, dragons, and dwarfs: the evolution of maximal body size. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98: 14518-14523.
- Campbell, K. E. Jr. y E. P. Tonni. 1983. Size and locomotion in Teratorns (Aves: Teratornithidae). *The Auk*, 100: 390-403.
- Carrano, M. T. 2006. Body-Size Evolution in the Dinosauria. Pp. 225-268. *En: M. T. Carrano, R. W. Blob, T. J. Gaudin y J. R. Wible (Eds.), Amniote Paleobiology: Perspectives on the Evolution of Mammals, Birds, and Reptiles*. University of Chicago Press, Chicago.
- Castro, G. y J. P. Myers. 1988. A statistical method to estimate the cost of flight in birds. *Journal of Field Ornithology*. 59 (4): 369 - 380.
- Chai, P. 1997. Hummingbird hovering energetics during moult of primary flight feathers. *The Journal of Experimental Biology*. 200, 1527 - 1536.
- Chai, P. y D. Millard. 1997. Flight and size constraints: Hovering performance of large hummingbirds under maximal loading. *Journal of Experimental Biology*. 200: 2757-2763.
- Chai, P. y R. Dudley. 1999. Maximum Flight Performance of Hummingbirds: Capacities, Constraints, and Trade-Offs. *The American Naturalist*. 153 (4): 398-411.
- Chai, P.; R. Harrykisson y R. Dudley. 1996. Hummingbird hovering performance in hyperoxic heliox: Effects of body mass and sex. *The Journal of Experimental Biology*. 199: 2745-2755.
- Chatterjee, S. 1997. *The rise of birds*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Chatterjee, S. y R. J. Templin. 2003. The flight of *Archaeopteryx*. *Naturwissenschaften*, 90 (1): 27-32.
- Chatterjee, S. y R. J. Templin. 2004. Feathered coelurosaurs from China: new light on the arboreal origin of avian flight. Pp. 1-64. *En: P. J. Currie, E. B. Koppelhaus, M. A. Shugar y J. L. Wright (Eds.), Feathered dragons: studies on the transition from dinosaurs to birds*. Indiana University Press, Bloomington.
- Chatterjee, S. y R. J. Templin. 2007. Biplane wing planform and flight performance of the feathered dinosaur *Microraptor gui*. *PNAS*. 104 (5): 1576-1580.

- Chatterjee, S. y R. J. Templin. 2012. Palaeoecology, Aerodynamics, and the Origin of Avian flight. Pp. 585-612. En: J. A. Talent (Ed.), *Earth and Life: Global Biodiversity, Extinction Intervals and Biogeographic Perturbations Through Time*. Springer.
- Chatterjee, S.; R. J. Templin y K. E. Campbell Jr. 2007. The aerodynamics of *Argentavis*, the world's largest flying bird from the Miocene of Argentina. *Proceedings of the National Academy of Science*, 104 (30): 12398-12403.
- Chernoff, B. A. y P. M. Magwene. 1999. Morphological Integration: Forty years later. Afterwords. Pp. 319 - 353. En: Olson, E. C. y R. L. Miller (Eds.): *Morphological Integration*. The University of Chicago Press. Chicago, USA.
- Chesser, R. T.; R. C. Banks, F. K. Barker, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, J. D. Rising, D. F. Stotz, y K. Winker. 2010. Fifty-First Supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American Birds. *The Auk*, 127 (3): 726-744.
- Cheverud, J. M. 1982. Phenotypic, Genetic, and Environmental Morphological Integration in the Cranium. *Evolution*, 36 (3): 499-516.
- Cheverud, J. M. 1995. Morphological Integration in the Saddle-Back Tamarin (*Saguinus fuscicollis*) Cranium. *The American Naturalist*, 145 (1): 63-89.
- Cheverud, J. M.; G. P. Wagner y M. M. Dow. 1989. Methods for the comparative analysis of variation patterns. *Systematic Biology*. 38: 201 – 213.
- Chiappe, L. M. 1995. The first 85 million years of avian evolution. *Nature*, 386: 349-355.
- Chiappe, L. M. 2000. The first 85 million years of avian evolution. Pp. 288-305. En: H. Gee. (Ed.), *Shaking the tree: readings from Nature in the history of life*. University of Chicago Press, Chicago.
- Chiappe, L. M. 2007. *Glorified dinosaurs: the origin and early evolution of birds*. Wiley, Hoboken.
- Chiappe, L. M. 2009. Downsized Dinosaurs: The Evolutionary Transition to Modern Birds. *Evolution: Education and Outreach*, 2: 248-256.
- Chiappe, L. M. y L. M. Witmer. 2002. Preface. Pp. IX-XII. En: L. Chiappe y L. M. Witmer (Eds.), *Mesozoic birds: Above the heads of Dinosaurs*. University of California Press.
- Chiappe, L. M.; M. A. Norell y J. M. Clark. 1998. The skull of a new relative of the stem-group bird *Mononykus*. *Nature*, 392: 272-278.
- Cios, K. J.; W. Pedrycz, R. W. Swiniarski y L. A. Kurgan. 2007. *Data Mining: A Knowledge Discovery Approach*. Springer Science & Business Media, Nueva York.

- Claessens, L. P. A. M.; P. M. O'Connor y D. M. Unwin. 2009. Respiratory Evolution Facilitated the Origin of Pterosaur Flight and Aerial Gigantism. *Public Library of Science PLoS ONE*, 4 (2): e4497.
- Clarke, J. A.; C. P. Tambussi, J. I. Noriega, G. M. Erickson, y R. A. Ketcham. 2005. Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous. *Nature*, 433: 305-308.
- Clarke, J. A.; Z. Zhou y F. Zhang. 2006. Insight into the evolution of avian flight from a new clade of Early Cretaceous ornithurines from China and the morphology of *Yixianornis grabaui*. *Journal of Anatomy*, 208: 287-308.
- Clements, J. F.; T. S. Schulenberg, M. J. Iliff, B. L. Sullivan, C. L. Wood, y D. Roberson. 2012. *The eBird/Clements checklist of birds of the world: Version 6.7*. [En línea] <<http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/downloadable-clements-checklist>>. [Último acceso: 12 Diciembre 2012].
- Collar, D. C. y P. C. Wainwright. 2006. Incongruent morphological and mechanical diversity in the feeding mechanisms of centrarchid fishes. *Evolution*, 60: 2575-2584.
- Cornell, J. A. 2011. *A Primer on Experiments with Mixtures*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Nueva Jersey.
- Cornell, J. A. y A. J. Khuri. 1979. Obtaining Constant Prediction Variance on Concentric Triangles for Ternary Mixture System. *Technometrics*, 21 (2): 147-157.
- Cracraft, J. 1986. The origin and early diversification of birds. *Paleobiology*, 12 (4): 383-399.
- Currey, J. D. 1988. The effect of porosity and mineral content on the Young's modulus of elasticity of compact bone. *Journal of Biomechanics*, 21 (2): 131-139.
- Currey, J. D. y R. M. Alexander. 1985. The thickness of the walls of tubular bones. *Journal of Zoology*, 206 (4): 453-468.
- Davenport, J. 1994. How and why do flying fish fly? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4 (2): 184-214.
- Davison, K. S.; K. Siminoski, J. D. Adachi, D. A. Hanley, D. Goltzman, A. B. Hodsman, R. Josse, S. Kaiser, W. P. Olszynski, A. Papaioannou, L. G. Ste-Marie, D. L. Kendler, A. Tenenhouse y J. P. Brown. 2006. Bone strength: the whole is greater than the sum of its parts. *Seminars in arthritis and rheumatism*, 36 (1): 22-31.
- De Beer, G. R. 1954a. *Archaeopteryx* and evolution. *Advancement of Science*, 11: 160-170.
- De Beer, G. R. 1954b. *Archaeopteryx litographica, a study based upon the British Museum specimen*. British Museum Publication, Vol. 224. Londres.

- Desloge, E. A. 1982. *Classical Mechanics, Volume 1*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Dial, K. P. 1992. Avian forelimb muscles and nonsteady flight: can birds fly without using the muscles in their wings? *The Auk*, 109: 874-885.
- Dial, K. 1994. An inside look at how birds fly: experimental studies of the internal and external processes controlling flight. *Proceedings of the Society of Experimental Test Pilots*, 38: 1-13.
- Dial, K. 2003. Evolution of avian locomotion: correlates of flight style, locomotor modules, nesting biology, body size, development, and the origin of flapping flight. *The Auk*, 120 (4): 941-952.
- Dial, K. P. 2003. Wing-Assisted Incline Running and the Evolution of Flight. *Science*, 299: 402-404.
- Dial, K. P.; B. E. Jackson y P. Segre. 2008. A fundamental avian wing-stroke provides a new perspective on the evolution of flight. *Nature*, 451: 985-989.
- Dryden, I. L. y K. V. Mardia. 1998. *Statistical shape analysis*. Wiley, Chichester, Reino Unido.
- Dudley, R. 2000. *The Biomechanics of Insect Flight*. Princeton University Press, Princeton.
- Dumont, E. R. 2010. Bone density and the lightweight skeletons of birds. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 277: 2193-2198.
- Dunning, J. B. 2008. *CRC handbook of avian body masses*. Segunda Edición. Taylor & Francis Group, Boca Ratón.
- Dyke, G. J. y E. Gardiner. 2011. The Utility of Fossil Taxa and the Evolution of Modern Birds: Commentary and Analysis. Pp. 146-154. En: G. Dyke y G. W. Kaiser (Eds.), *Living dinosaurs: the evolutionary history of modern birds*. John Wiley & Sons Ltd., Oxford.
- Dyke, G. J.; R. L. Nudds y J. M. Rayner. 2006. Flight of *Sharovipteryx mirabilis*: the world's first delta-winged glider. *Journal of Evolutionary Biology*, 19 (4): 1040-1043.
- Dymnicki, A. B. y D. B. Henry. 2011. Use of Clustering Methods to Understand More about the Case. *Methodological Innovations Online*, 6 (2): 6-26.
- Einhorn, T. A. 1992. Bone Strength: The Bottom Line. *Calcified Tissue International*, 51 (5): 333-339.
- Eldredge, N. 1985. *Unfinished synthesis: biological hierarchies and modern evolutionary thought*. Oxford University Press. New York, USA.
- Eldredge, N. y S. J. Gould. 1972. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. Pp. 82-115. En: T. J. M. Schopf (Ed.), *Models in Paleobiology*. Freeman Cooper, San Francisco.
- Elewa, A. 2004. *Morphometrics: Applications in Biology and Paleontology*. Springer Verlag, Heidelberg.



- Ellington, C. P. 1991. Limitations on animal flight performance. *Journal of Experimental Biology*, 160: 71-91.
- Elzanowski, A. 2001. A new genus and species for the largest specimen of *Archaeopteryx*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46 (4): 519-532.
- Elzanowski, A. 2002. Biology of the basal birds and the origin of avian flight. Pp. 211-226. *En: Z. Zhou y F. Zhang (Eds.), Proceedings of the 5th international meeting of the society of Avian paleontology and evolution*. Science Press, Beijing.
- Enders, C. K. 2010. *Applied Missing Data Analysis*. Methodology in the social sciences. Guilford Press, Nueva York.
- Faires, J. D. y J. DeFranza. 2011. *PreCalculus*. Quinta Edición. Cengage Learning, Belmont.
- Farmer, C. G. 2006. On the origin of avian air sacs. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 154: 89-106.
- Feduccia, A. 1996. *The Origin and Evolution of Birds*. Segunda Edición. Yale University Press, New Heaven.
- Finn, J. M. 2008. *Classical Mechanics*. Infinity Science Press LLC, Hingham.
- Fisher, H. I. 1940. The occurrence of vestigial claws on the wings of birds. *American Midland Naturalist*, 23 (1): 234-243.
- Fish, F. E. 1990. Wing design and scaling of flying fish with regard to flight performance. *Journal of Zoology*, 221 (3): 391-403.
- Gabriel, K. R. y R. R. Sokal. 1969. A new statistical approach to geographic variation analysis. *Systematic Zoology*, 18: 259-278.
- Garner, J. P.; G. K. Taylor y A. L. R. Thomas. 1999. On the origins of birds: the sequence of character acquisition in the evolution of avian flight. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266 (1): 1259-1266.
- Gatesy, S. M. 1991. Hind limb scaling in birds and other theropods: implications for terrestrial locomotion. *Journal of Morphology*, 209: 83-96.
- Gatesy, S. M. 2002. Locomotor evolution on the line to modern birds. Pp. 432-447. *En: L. Chiappe y L. Witmer (Eds.), Mesozoic Birds: Above the Heads of Dinosaurs*. University of California Press, Berkeley.
- Gatesy, S. M. y D. B. Baier. 2005. The origin of the avian flight stroke: a kinematic and kinetic perspective. *Paleobiology*, 31 (3): 382-399.

- Gatesy, S. M. y K. P. Dial. 1996. Locomotor modules and the evolution of avian flight. *Evolution*, 50 (1): 331-340.
- Gatesy, S. M. y K. M. Middleton. 1997. Bipedalism, Flight, and the Evolution of Theropod Locomotor Diversity. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 17 (2): 308-329.
- Gatesy, S. M. y K. M. Middleton. 2007. Pp. 269-283. Skeletal adaptations for flight. *En: B. K. Hall (Ed.), Fins Into Limbs: Evolution, Development, and Transformation*. University of Chicago Press.
- Gavrilets, S. 1997. Evolution and speciation on holey adaptive landscapes. *Trends in Ecology and Evolution*, 12 (8): 307-312.
- Genç, M. S.; İ. Karasu, H. H. Açikel y M. T. Akpolat. 2012. Low Reynolds Number Flows and Transition. Cap. 1, Pp. 3-28. *En: Mustafa Serdar Genc (Ed.), Low Reynolds Number: Aerodynamics and Transition*. InTech, Rijeka.
- Gilbert, B. M.; L. D. Martin y H. G. Savage. 1994. *Avian Osteology*. University College London Library. Reino Unido.
- Gill, F. 2007. *Ornithology*. W. H. Freeman and Company, Nueva York.
- González-José, R.; S. Van der Molen, E. González-Pérez y M. Hernández. 2004. Patterns of Phenotypic Covariation and Correlation in Modern Humans as Viewed From Morphological Integration. *American Journal of Physical Anthropology*, 123: 69-77.
- Gould, G. C. y B. J. MacFadden. 2004. Gigantism, dwarfism, and Cope's rule: "nothing in evolution makes sense without a phylogeny". *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 285: 219-237.
- Gould, S. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biological Reviews*, 41 (4): 587-638.
- Gould, S. 2002. *The structure of evolutionary theory*. Belknap press, Cambridge.
- Gould, S. y N. Eldredge. 1977. Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered. *Paleobiology*, 3 (2): 115-151.
- Greenewalt, C. H. 1962. Dimensional relationships for flying animals. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 2: 1-222.
- Gregory, R. D.; D. W. Gibbons y P. F. Donald. 2004. Bird census and survey techniques. Pp. 17-56. *En: Sutherland W. J.; I. Newton y R. E. Green (Eds.). Bird Ecology and Conservation; a Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Grimaldi, D. y M. S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press. Nueva York.

- Habib, M. B. y C. B. Ruff. 2008. The effects of locomotion on the structural characteristics of avian limb bones. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 153 (3): 601-624.
- Hackett, S. J.; R. T. Kimball, S. Reddy, R. C. K. Bowie, E. L. Braun, M. J. Braun, J. L. Chojnowski, W. A. Cox, K. L. Han, J. Harshman, C. J. Huddleston, B. D. Marks, K. J. Miglia, W. S. Moore, F. H. Sheldon, D. W. Steadman, C. C. Witt y T. Yuri. 2008. A Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History. *Science*, 320 (5884): 1763-1768.
- Hadi, A. S.; A. H. M. Rahmatullah I. y M. Werner. 2009. Detection of outliers. *Computational Statistics*. 1 (1): 57-70.
- Haeckel, E. 1878. Ueber die Individualität des Thierkörpers. *Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft*, 12: 1-20.
- Hall, B. K. 2005. *Bones and cartilage: Developmental and evolutionary skeletal biology*. Academic Press, Londres.
- Hallgrímsson, B.; K. Willmore y B. K. Hall. 2002. Canalization, Developmental Stability, and Morphological Integration in Primate Limbs. *Yearbook of Physical Anthropology*, 45: 131-158.
- Hallgrímsson, B.; H. A. Jamniczky, N. M. Young, C. Rolian, T. E. Parsons, J. C. Boughner y R. S. Marcucio. 2009. Deciphering the palimpsest: studying the relationship between morphological integration and phenotypic covariation. *Evolutionary Biology* 36: 355–376.
- Hammer, Ø. y D. A. T. Harper. 2006. *Paleontological data analysis*. Blackwell Publishing, Malden.
- Härdle, W. K. y L. Simar. 2011. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Tercera Edición. Springer-Verlag, Berlin.
- Harpole, T. 2005. Falling with the Falcon. *Air & Space magazine*, 3. <<http://www.airspacemag.com/flight-today/falcon.html?c=y&story=fullstory>>, último acceso: 17-10-2013.
- Harshman, J.; E. L. Braun, M. J. Braun, C. J. Huddleston, R. C. K. Bowie, J. L. Chojnowski, S. J. Hackett, K. L. Han, R. T. Kimball, B. D. Marks, K. J. Miglia, W. S. Moore, S. Reddy, F. H. Sheldon, D. W. Steadman, S. J. Stepan, C. C. Witt, y T. Yuri. 2008. Phylogenomic evidence for multiple losses of flight in ratite birds. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105 (36): 13462-13467.
- Hartman, F. A. 1961. Locomotor mechanisms of birds. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 143 (1-4460): 1-91.
- Hastie, T.; R. Tibshirani y J. Friedman. 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer Series in Statistics. Segunda Edición. Springer.

- Hawkes, L. A.; G. R. Scott, J. U. Meir, P. B. Frappell y W. K. Milsom. 2011. Last Word on Point: Counterpoint: High altitude is/is not for the birds! *Journal of Applied Physiology*, 111: 1525.
- Heath, T. L. 1921. *A History of Greek Mathematics*. Adamant Media Corporation, Oxford.
- Hedenström, A. 1999. How birds became airborne. *Trends in Ecology and Evolution*, 14 (10): 375-376.
- Hedenström, A. 2002. Aerodynamics, evolution and ecology of bird flight. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 415-422.
- Hedenström, A. 2007. Adaptations to migration in birds: behavioural strategies, morphology and scaling effects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B.*, 363: 287-299.
- Hedenström, A. y F. Liechti. 2001. Field estimates of body drag coefficient on the basis of dives in passerine birds. *Journal of Experimental Biology*. 204: 1167-1175,
- Heers, A. M. y K. P. Dial. 2012. From extant to extinct: locomotor ontogeny and the evolution of avian flight. *Trends in Ecology and Evolution*, 27 (5): 296-305.
- Henningsson, P.; G. R. Spedding y A. Hedenström. 2008. Vortex wake and flight kinematics of a swift in cruising flight in a wind tunnel. *The Journal of Experimental Biology*. 211: 717-730
- Hertel, F. y L. T. Ballance. 1999. Wing ecomorphology of seabirds from Johnstoll atoll. *The Condor*. 101: 549-556.
- Heslop, D. 2009. *Matlab functions and data files to be used in Ecolmas Multivariate Statistics*. <<http://www.marum.de/Binaries/Binary26496/Stats2008.zip>>. [Último acceso: 05 Marzo 2013]
- Hildebrand, M. 1995. *Analysis of vertebrate structure*. Cuarta Edición, J. Wiley & Sons.
- Holtz, T. R. 1996. Phylogenetic Taxonomy of the Coelurosauria (Dinosauria: Theropoda). *Journal of Paleontology*, 70 (3): 536-538.
- Hone, D. W. E.; G. J. Dyke, M. Haden y M. J. Benton. 2008. Body size evolution in Mesozoic birds. *Journal of Evolutionary Biology*, 21 (2): 618-624.
- Hone, D. W. E. y M. J. Benton. 2005. The evolution of large size: how does Cope's Rule work? *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 4-6.
- Hope, S. 2002. The Mesozoic Radiation of Neornithes. Pp. 339-388. *En*: L. Chiappe y L. M. Witmer (Eds.), *Mesozoic birds: Above the heads of Dinosaurs*. University of California Press.
- Howell, A. B. 1965. *Speed in Animals*. Hafner, Nueva York.
- Hu, D.; L. Hou, L. Zhangand y X. Xu. 2009. A pre-*Archaeopteryx* troodontid theropod from China with long feathers on the metatarsus. *Nature*, 461: 640-643.

- Hubert, M. y S. Engelen. 2004. Robust PCA and classification in biosciences. *Bioinformatics*. 20 (11): 1728-1736.
- Huston, R. 2009. *Principles of Biomechanics*. Taylor & Francis.
- Ingram, C. 1919. Notes on the height at which birds migrate. *The Ibis*, 61 (2): 321-325.
- International Organization for Standardization. 1975. *ISO 2533: Standard Atmosphere*. International Organization for Standardization, Ginebra.
- James, H. F. y S. L. Olson. 1983. Flightless birds. *Natural History*, 92 (9): 30-40.
- Jefferies, J. A. 1881. On the claws and spurs on birds' wings. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 21 (1): 301-306.
- Jolliffe, I. T. 2002. *Principal component analysis*. 2ª Edición. Springer. USA.
- Kaltenbach, H. M. 2012. *A Concise Guide to Statistics*. Springer Briefs in Statistics. Springer, Zurich.
- Kardong, K. V. 2011. *Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution*. Sexta Edición. McGraw-Hill.
- Kermode, A. C. 2006. *Mechanics of Flight*. Decimoprimerá Edición. Pearson Prentice Hall, Harlow.
- Kirkpatrick, S. J. 1990. The moment of inertia of bird wings. *Journal of Experimental Biology*. 151: 489-494.
- Kirkpatrick, S. J. 1994. Scale effects on the stresses and safety factors in the wing bones of birds and bats. *Journal of Experimental Biology*. 190: 195-215.
- Klingenberg, C. P. 2002. Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. *Gene*, 287: 3-10.
- Klingenberg, C. P. 2005. Developmental constraints, modules and evolvability, Pp. 219–247. En: Hallgrímsson, B. y B. K. Hall (Eds.): *Variation*. Academic Press. San Diego, USA.
- Klingenberg, C. P. 2008. Morphological integration and developmental modularity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 39: 115–132.
- Klingenberg, C. P. 2009. Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: Tools for evaluating a-priori hypotheses. *Evolution & Development*. 11: 405–421.
- Klingenberg, C. P. 2010. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*. [doi: 10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x].

- Klingenberg, C. P. 2013. Cranial integration and modularity: insights into evolution and development from morphometric data. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24 (1): 43-58.
- Klingenberg, C. P. 2014. Studying morphological integration and modularity at multiple levels: concepts and analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 369 (20130249): 1-9.
- Klingenberg, C. P. y S. D. Zaklan. 2000. Morphological integration between developmental compartments in the Drosophila wing. *Evolution*. 54: 1273–1285.
- Klingenberg, C. P.; A. V. Badyaev, S. M. Sowry, y N. J. Beckwith. 2001. Inferring developmental modularity from morphological integration: analysis of individual variation and asymmetry in bumblebee wings. *American Naturalist*. 157: 11–23.
- Klingenberg, C. P.; K. Mebus, and J. C. Auffray. 2003. Developmental integration in a complex morphological structure: how distinct are the modules in the mouse mandible? *Evolution & Development*. 5: 522–531.
- Klingenberg, C. P.; S. Duttke, S. Whelan y M, Kim. 2012. Developmental plasticity, morphological variation and evolvability: a multilevel analysis of morphometric integration in the shape of compound leaves. *Journal of Evolutionary Biology*, 25: 115-129.
- Krasnov, N. F. 1985. *Aerodynamics. Fundamentals of Theory. Aerodynamics of an airfoil and a wing*. Mir Publishers, Moscú.
- Ksepka, D. T. 2014. Flight performance of the largest volant bird. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (29): 10624-10629.
- Kurochkin, E. N. 1985. A true carinate bird from Lower Cretaceous deposits in Mongolia and other evidence of early Cretaceous birds in Asia. *Cretaceous Research*, 6: 271-278.
- Lambert, W. D. 1945. The International Gravity Formula. *American Journal of Science*, 243 (A): 360-392.
- Lande, R. y S. J. Arnold. 1983. The measurement of selection on correlated characters. *Evolution*, 37: 1210-1226.
- Levinton, J. S. 2003. *Genetics, Paleontology, and Macroevolution*. 2da Edición. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Lidwell, W.; K. Holden y J. Butler. 2003. *Universal Principles of Design*. Rockport Publishers, Inc. Gloucester.

- Liem, K. F. y W. F. Walker. 2001. *Functional anatomy of the vertebrates: an evolutionary perspective*. Tercera Edición, Harcourt College Publishers.
- Lissaman, P. B. S. 1983. Low-Reynolds-number airfoils. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 15: 223-239.
- Livezey, B. C. 2011. Progress and Obstacles in the Phylogenetics of Modern Birds. Pp. 117-145. *En: G. Dyke y G. W. Kaiser (Eds.), Living dinosaurs: the evolutionary history of modern birds*. John Wiley & Sons Ltd, Oxford.
- Livezey, B. C. y R. L. Zusi. 2001. Higher-order phylogenetics of modern Aves based on comparative anatomy. *Netherlands Journal of Zoology*, 51: 179-205.
- Livezey, B. C. y R. L. Zusi. 2007. Higher-order phylogeny of modern birds (Theropoda, Aves: Neornithes) based on comparative anatomy. II. Analysis and discussion. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 149 (1): 1-95.
- Llanos, A. J.; G. Ebensperger, E. A. Herrera, R. V. Reyes, F. A. Moraga, J. T. Parer y D. A. Giussani. 2011. Counterpoint: high altitude is not for the birds! *Journal of Applied Physiology*, 111 (5): 1515-1518.
- Loeb, L. B. 1927. *Kinetic theory of gases: Being a text and reference book whose purpose is to combine the classical deductions with recent experimental advances in a convenient form for student and investigator*. McGraw-Hill Book Company, Nueva York.
- Lowe, P. R. 1931. An anatomical review of the 'waders' (Telmatomorphae), with special reference to the families, subfamilies, and genera within the suborders Limicolae, Gru-Limicolae, and Lari-Limicolae. *Ibis*, 73: 712-771.
- Lupia, R. 1999. Discordant morphological disparity and taxonomic diversity during the Cretaceous angiosperm radiation: North American pollen record. *Paleobiology*, 25: 1-28.
- Maciá, S.; M. P. Robinson, P. Craze, R. Dalton y J. D. Thomas. 2004. New observations on airborne jet propulsion (flight) in squid, with a review of previous reports. *Journal of Molluscan Studies*, 70 (3): 297-299.
- Maclaurin, J. 2003. The Good, the Bad and the Impossible. *Biology and Philosophy*, 18: 463-476.
- Magnan, A. 1922. Les caractéristiques des oiseaux suivant la mode de vol: leur application à la construction des avions. Ouvrage subventionné par le sous-secrétariat de l'Aéronautique. *Annales des sciences naturelles (Zoologie)*, 10 (5): 125-334.
- Magwene, P. M. 2006. Integration and modularity in biological systems: a review. *Acta Zoologica Sinica*, 52: 490-493.

- Magwene, P. M. 2009. Statistical Methods for Studying Modularity: A Reply to Mitteroecker and Bookstein. *Systematic Biology*, 58 (1): 146-149.
- Makovicky, P. J. y L. E. Zanno. 2011. Theropod Diversity and the Refinement of Avian Characteristics. Cap. 1, Pp. 9-29. *En: G. Dyke y G. Kaiser (eds.), Living dinosaurs: The evolutionary history of modern birds*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Marcus, L. F. 1990. Traditional morphometrics. Cap. 4, Pp. 77-122. *En: F. J. Rohlf y F. L. Bookstein (Eds.), Proceedings of the Michigan Morphometric Workshop. Special Publication No. 2*. The University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor.
- Marsh, O. C. 1880. *Odontornithes: a monograph on extinct toothed birds of North America, with thirty-four plates and forty woodcuts*. Government printing office, Washington.
- Martin, R. A. 2004. *Missing links. Evolutionary concepts and transitions through time*. Primera Edición. Jones and Bartlett Publishers, Londres.
- Martin, R. B. 1991. Determinants of the mechanical properties of bones. *Journal of Biomechanics*, 24 (1): 79-88.
- MathWorks. 2007. *MatLab 7.0*. The MathWorks Company (Software).
- Mayr, G. 2009. *Paleogene Fossil Birds*. Springer, Berlin.
- Mayr, G.; B. Pohl. y D. S. Peters. 2005. A Well-Preserved *Archaeopteryx* Specimen with Theropod Features. *Science*, 310: 1483-1486.
- McCormick, B. W. 1979. *Aerodynamics, Aeronautics and Flight Mechanics*. Wiley.
- McGhee, G. R. 2006. *The geometry of evolution. Adaptive landscapes and theoretical morphospaces*. Cambridge University Press, Cambridge.
- McGhee, G. R. 2007. Modeling the spectrum of existent, nonexistent, and impossible biological forms: a research program. Pp. 75-89. *En: M. D. Laubichler y G. B. Müller (Eds.), Modeling Biology: Structures, Behaviors, Evolution*. Vienna Series in Theoretical Biology. The MIT Press, Cambridge.
- McGhee, G. R. 2011. *Convergent Evolution: Limited forms most beautiful. The Vienna Series in Theoretical Biology*. The MIT Press, Cambridge.
- McGowan, A. J. y G. J. Dyke. 2007. A morphospace-based test for competitive exclusion among flying vertebrates: did birds, bats and pterosaurs get in each other's space? *Journal of Evolutionary Biology*, 20 (3): 1230-1236.
- McMahon, T. A. y J. T. Bonner. 1983. *On size and life*. Scientific American Library, Nueva York.



- McNab, B. K. 1978. The evolution of endothermy in the phylogeny of Mammals. *The American Naturalist*, 112 (983): 1-21.
- Meinertzhagen, R. 1955. The speed and altitude of bird flight (with notes on other animals). *The Ibis*, 97 (1): 81-117.
- Middleton, K. M. y S. M. Gatesy. 2000. Theropod forelimb design and evolution. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 128: 149-187.
- Mitteroecker, P. y S. M. Huttegger. 2009. The Concept of Morphospaces in Evolutionary and Developmental Biology: Mathematics and Metaphors. *Biological Theory*, 4 (1): 54-67.
- Mitteroecker, P.; P. Gunz, S. Neubauer y G. Müller. 2012. How to Explore Morphological Integration in Human Evolution and Development? *Evolutionary Biology* (online). DOI 10.1007/s11692-012-9178-3, 1-19.
- Mouillot, D.; N. A. J. Graham, S. Villéger, N. W. H. Mason y D. R. Bellwood. 2013. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology and Evolution*, 28 (3): 167-177.
- Mousseau, T. A. 1991. Landmarks in morphometrics, or the shape and size of morphometrics to come. *Evolution*. 45: 1991-1980.
- Muijres, F. T.; L. C. Johansson, Y. Winter y A. Hedenström. 2011. Comparative aerodynamic performance of flapping flight in two bat species using time-resolved wake visualization. *Journal of the Royal Society Interface*, 8 (63): 1418-1428.
- Murren, C. J. 2002. Phenotypic integration in plants. *Plant Species Biology*, 17: 89-99.
- Nesbitt, S. J.; A. H. Turner, M. Spaulding, J. L. Conrad y M. A. Norell. The theropod furcula. *Journal of Morphology*, 270: 856-879.
- Netz, R. y W. Noel. 2009. *The Archimedes Codex: How a Medieval Prayer Book Is Revealing the True Genius of Antiquity's Greatest Scientist*. Da Capo Press.
- Nopcsa, F. 1907. Ideas on the Origin of Flight. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 77 (1): 223-236.
- Norberg, U. M. 1990. *Vertebrate Flight: Mechanics, Physiology, Morphology, Ecology and Evolution*. Zoophysiology, Volume 27. Springer Verlag, Berlin.
- Norberg, U. M. 1996. Energetics of Flight. Pp. 199-249, Capítulo 7. En: Carey, C. (Ed.), *Avian energetics and nutritional ecology*. Chapman & Hall, Nueva York.
- Norberg, U. M. 2002. Structure, form, and function of flight in engineering and the living world. *Journal of Morphology*, 252 (1): 52-81.

- Nordin, M. y V. H. Frankel. 2001. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Tercera Edición. Lippincott William & Wilkins. Philadelphia.
- Nudds, R. L.; G. J. Dyke y J. M. V. Rayner. 2004. Forelimb proportions and the evolutionary radiation of Neornithes. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 271: S324-S327.
- O'Connor, J. K. 2009. *A systematic review of Enantiornithes (Aves: Ornithothoraces)*. Tesis Doctoral. University of Southern California, Los Angeles.
- O'Connor, J. K.; L. M. Chiappe y A. Bell. 2011. Pre-modern Birds: Avian Divergences in the Mesozoic. Pp. 39-114. *En: G. Dyke y G. W. Kaiser (Eds.), Living dinosaurs: the evolutionary history of modern birds*. John Wiley & Sons Ltd., Oxford.
- O'Connor, P. M. y I. P. A. M. Claessens. 2005. Basic avian pulmonary design and flow-through ventilation in nonavian theropod dinosaur. *Nature*, 436: 253-256.
- Oliver, J. A. 1951. "Gliding" in Amphibians and Reptiles, with a Remark on an Arboreal Adaptation in the Lizard, *Anolis carolinensis carolinensis* Voigt. *The American Naturalist*, 85 (822): 171-176.
- Olson, E. C. y R. L. Miller. 1958. *Morphological Integration*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Olson, S. L. 1985. The fossil record of birds. Cap. 2, Pp. 79-238. *En: D. S. Farner, J. R. King y K. C. Parkes (eds.), Avian biology*. Volumen VIII. Academic Press, Nueva York.
- Ostrom, J. H. 1976. *Archaeopteryx*, and the origin of birds. *Biological Journal of the Linnean Society*, 8 (1): 91-182.
- Ostrom, J. H. 1979. Birds flight: how did it begin? *American Journal of Science*, 67 (1): 46-56.
- Ostrom, J. H. 1986. The cursorial origin of avian flight. Pp. 73-81. *En: K. Padian (Ed.), Origin of birds and the evolution of flight*. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Østman, B. y C. Adami. 2013. Predicting evolution and visualizing high- dimensional fitness landscapes. Pp. 1-12. *En: A. Engelbrecht y H. Richter (Eds.), Recent Advances in the Theory and Application of Fitness Landscapes*. Springer Series in Emergence, Complexity, and Computation. (En prensa).
- Padian, K. y L. M. Chiappe. 1998A. The origin and early evolution of birds. *Biological Review of the Cambridge Philosophical Society*, 73: 1-42.
- Padian, K. y L. M. Chiappe. 1998B. The origin of birds and their flight. *Scientific American*, 278 (1): 38-47.
- Paul, G. S. 2002. *Dragons of the air*. John Hopkins University Press, Baltimore.

- Pawlowsky-Glahn, V. y J. J. Egozcue. 2001. Geometric approach to statistical analysis on the simplex. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 15: 384-398.
- Pawlowsky-Glahn, V. y J. J. Egozcue. 2006. Compositional data and their analysis: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, 264: 1-10.
- Pearce, T. 2011. Evolution and Constraints on Variation: Variant Specification and Range of Assessment. *Philosophy of Science*, 78 (5): 739-751.
- Pennycuik, C. J. 1969. The mechanics of bird migration. *Ibis*, 111: 525-556.
- Pennycuik, C. J. 1972. *Animal flight*. Studies in Biology No. 33. The Institute of Biology's. Edward Arnold.
- Pennycuik, C. J. 1975. Mechanics of flight. Pp. 1-75. *En: D. S. Farner y J. R. King (Eds.), Avian Biology*, vol. 5. Academic Press, Nueva York.
- Pennycuik, C. J. 1986. Mechanical constraints on the evolution of flight. Pp. 83-98. *En: K. Padian (Ed.), The Origin of Birds and the Evolution of Flight*. California Academy of Sciences, Los Angeles.
- Pennycuik, C. J. 1989. *Bird Flight Performance*. Oxford University Press, Oxford.
- Pennycuik, C. J. 1990. Predicting wingbeat frequency and wavelength of birds. *Journal of Experimental Biology*, 150: 171-185.
- Pennycuik, C. J. 2002. Gust soaring as a basis for the flight of petrels and albatrosses. *Avian Science*, 2: 1-12.
- Pennycuik, C. J. 2003. The concept of energy height in animal locomotion: separating mechanics from physiology. *Journal of Theoretical Biology*, 224: 189-203.
- Pennycuik, C. J. 2008. *Modelling the flying bird*. Academic Press / Elsevier, Amsterdam.
- Pigliucci, M. 2008. Sewall Wright's adaptive landscapes: 1932 vs. 1988. *Biology & Philosophy*, 23 (5): 591-603.
- Pigliucci, M. 2012. Landscapes, Surfaces, and Morphospaces: What Are They Good For? Cap. 3, Pp. 26-38. *En: E. Svensson y R. Calsbeek (Eds.), The Adaptive Landscape in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Pigliucci, M. y K. A. Preston. 2004. *Phenotypic integration: studying the ecology and evolution of complex phenotypes*. Oxford University Press, Nueva York.
- Piper, R. 2007. *Extraordinary Animals: An Encyclopedia of Curious and Unusual Animals*. Greenwood Press.

- Platnick, N. I. 2007. *The world spider catalog*. <<http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog>>. [Último acceso: 29 Octubre 2012].
- Poole, E. L. 1938. Weights and wing areas in North American birds. *The Auk*, 55 (3): 511-517.
- Popper, K. 1999. *All life is problem solving*. Taylor & Francis, Londres.
- Pörtner, H. O. 2004. Climate variability and the energetic pathways of evolution: the origin of Endothermy in Mammals and Birds. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77 (6): 959-981.
- Prange, H. D.; J. F. Anderson y H. Rahn. 1979. Scaling of skeletal mass to body mass in birds and mammals. *The American Naturalist*, 113 (1): 103-122
- Rand, A. L. 1964. On the spurs on birds' wings. *The Willson Bulletin*, 66 (2): 127-134.
- Rasband, W. 2010. *ImageJ Version 1.43o8*. National Institutes of Health, USA. <<http://rsb.info.nih.gov/ij>> <software>.
- Rasskin-Gutman, D. 2005. Modularity: Jumping Forms within Morphospace. Capítulo 9, Pp: 207-220. En: Callebaut, W. y D. Rasskin-Gutman (Eds.), *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*. The Vienna series in Theoretical Biology, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Raup, D. M. 1966. Geometric analysis of shell coiling: General problems. *Journal of Paleontology*, 40 (5): 1178-1190.
- Rayner, J. M. V. 1979. A new approach to animal flight mechanics. *Journal of Experimental Biology*, 80: 17-54.
- Rayner, J. M. V. 1985. Bounding and undulating flight. *Journal of Theoretical Biology*, 117: 47-77.
- Rayner, J. M. V. 1988. Form and function in avian flight. *Current Ornithology*, 5: 1-66.
- Rayner, J. M. V. 1999. Estimating power curves of flying vertebrates. *The Journal of Experimental Biology*, 202: 3449-3461.
- Rho, J. Y.; R. B. Ashman y C. H. Turner. 1993. Young's modulus of trabecular and cortical bone material: ultrasonic and microtensile measurements. *Journal of Biomechanics*, 26 (2): 111-119.
- Robling, A. G.; D. B. Burr y C. H. Turner. 2001. Skeletal loading in animals. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 1 (3): 249-262.
- Roots, C. 2006. *Flightless birds*. Greenwood press, Westport.
- Runnegar, B. 1987. Rates and modes of evolution in the Mollusca. Pp. 39-60. En: K. S. W. Campbell y M. F. Day (Eds.), *Rates of Evolution*. Allen and Unwin, Londres.

- Ruthen, R. 1993. Adapting to Complexity. *Scientific American*, 268: 130-140.
- Sandrock, C. 2002. *Ternplot*. *MATLAB Central File Exchange*. [En línea], <<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/2299-ternplot>>. [Último acceso: 22 de abril 2013].
- Sane, P. M.; A. Christian, M. Clauss, R. Fechner, C. T. Gee, E. M. Griebeler, H. C. Gunga, J. Hummel, H. Mallison, S. F. Perry, H. Preuschoft, O. W. M. Rauhut, K. Remes, T. Tütken, O. Wings y U. Witzel. 2011. Biology of the auropod dinosaurs: the evolution of gigantism. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 86: 117-155.
- Schmid, G. 1935. Über die Herkunft der Ausdrücke Morphologie und Biologie: Geschichtl. Zshänge. *Nova Acta Leopoldina*, 2-4 (8): 597-620.
- Schmidt-Nielsen, K. 1972. Locomotion: Energy Cost of Swimming, Flying, and Running. *Science*, 177 (4045): 222-228.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Animal physiology: Adaptation and environment*. Quinta Edición. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schuchert, C. 1938. Bibliographic memoir of Othoniel Charles Marsh (1831-1899). *Bibliographic Memoirs of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 20 (1): 1-78.
- Scott, G. R. 2011. Elevated performance: the unique physiology of birds that fly at high altitudes. *The Journal of Experimental Biology*, 214: 2455-2462.
- Scott, G. R.; J. U. Meir, L. A. Hawkes, P. B. Frappell y W. K. Milsom. 2011. Point: High Altitude is for the Birds! *Journal of Applied Physiology*, 111 (5): 1514-1515.
- Selker, F. y D. R. Carter. 1989. Scaling of long bone fracture strength with animal mass. *Journal of Biomechanics*, 22 (11/12): 1175-1183.
- Sen, P. K. 2000. Non-parametrics in Bioenvironmental and Public Health Statistics. Cap.9, Pp: 246-324. En: P. K. Sen y C. R. Rao (Eds.), *Handbook of Statistics*, Vol. 18. Elsevier Science.
- Sereno, P. 1999. The evolution of Dinosaurs. *Science*, 284: 2137-2147.
- Sereno, P. C. y C. Rao. 1992. Early evolution of avian flight and perching: new evidence from the Lower Cretaceous of China. *Science*, 255: 845-848.
- Shao, Y.; J. Wang, Y. Qiao, Y. He y W. Cao. 2007. Morphological Variability Between Wild Populations and Inbred Stocks of a Chinese Minnow, *Gobiocypris rarus*. *Zoological Science*, 24 (11): 1094-1102.
- Shipman, P. 1998. *Taking wing: Archaeopteryx and the evolution of bird flight*. Simon & Schuster.

- Shyy, W.; Y. Lian, J. Tang, D. Viieru y H. Liu. 2008. *Aerodynamics of Low Reynolds Number Flyers*. Cambridge University Press.
- Sibley, C. G. y J. E. Ahlquist. 1990. *Phylogeny ad classification of Birds*. Yale University Press, New Haven.
- Sibley, C. G.; J. E. Ahlquist y B. L. Monroe. 1988. A classification of the living birds of the world based on DNA-DNA hybridization studies. *The Auk*, 105: 409-423.
- Simpson, G. G. 1945. *Tempo and mode in evolution*. Columbia University Press, Nueva York.
- Simpson, G. G. 1953. *The Major Features of Evolution*. Columbia University Press, Nueva York.
- Slotine, J. –J. E. y W. Lohmiller. 2001. Modularity, evolution, and the binding problem: a view from stability theory. *Neural Networks*, 14: 137-145.
- Smith, D. R.; B. J. Crespi y F. L. Bookstein. 1997. Fluctuating asymmetry in the honey bee, *Apis mellifera*: effects of ploidy and hybridization. *Journal of Evolutionary Biology*. 10: 551–574.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1962. Numerical taxonomy. *Nature*, 193: 855-860.
- Snook, G. A. 1978. The father of sports medicine (Galen). *American Journal of Sports Medicine*, 6 (3): 128-131.
- Spedding, G. R. 1993. On the significance of unsteady effects in the aerodynamic performance of flying animals. Pp. 401-420. *En: A. Y. Cheer y C. P. Van Dam (Eds.), Fluid dynamics in biology: proceedings of an AMS-IMS-SIAM Joint Summer Research Conference held July 6-12, 1991 with support from the National Science Foundation and NASA Headquarters*. AMS Bookstore.
- Stanley, S. M. 1998. *Macroevolution, pattern and process. A Johns Hopkins paperback*. Johns Hopkins University Press. Los Angeles, California.
- Suh, A.; M. Paus, M. Kiefmann, G. Churakov, F. A. Franke, J. Brosius, J. O. Kriegs y J. Schmitz. 2011. Mesozoic retroposons reveal parrots as the closest living relatives of passerine birds. *Nature Communications*, 2 (443): 1-7.
- Suresh, S.; S. N. Omkar, V. Mani y T. N. G. Prakash. 2003. Lift coefficient prediction at high angle of attack using recurrent neural network. *Aerospace Science and Technology*, 7: 595-602.
- Sutherland, W. 1893. LII. The viscosity of gases and molecular force. *Philosophical Magazine Series 5*, 36 (223): 507-531.
- Swartz, S. M.; J. Iriarte-Díaz, D. K. Riskin y K. S. Breuer. 2012. A bird? A plane? No, it's a bat: an introduction to the biomechanics of bat flight. Cap. 9, Pp. 317-352. *En: G. F. Gunnell y N. B.*

- Simmons (Eds.), *Evolutionary History of Bats: Fossils, Molecules and Morphology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Szendro, I. G.; J. Franke, J. A. de Visser y J. Krug. 2013. Predictability of evolution depends nonmonotonically on population size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (2): 571-576.
- Talay, T. A. 1975. *Introduction to the Aerodynamics of Flight*. NASA SP-367, National Aeronautics and Space Administration, Washington.
- Taylor, B. N. y A. Thompson. 2008. *The International System of Units (SI)*. NIST Special Publication 330. National Institute of Standards and Technology, U. S. Department of Commerce, Gaithersburg.
- Templin, R. J. 2000. The spectrum of animal flight: insects to pterosaurs. *Progress in Aerospace Sciences*, 36: 393-436.
- Tennekes, H. y H. Tennekes. 1997. *The simple science of flight: from insects to jumbo jets*. MIT Press.
- Thomas, A. L. R. y R. Å. Norberg. 1996. Skimming the surface: the origin of flight in insects? *Trends in Ecology and Evolution*, 11 (5): 187-188.
- Thompson, D. 1942. Galileo and the principle of similitude. *Nature*, 95 (2381): 426-427.
- Thompson, D. 1942. *On growth and form. The complete revised edition*. Tercera Edición. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tobalske, B. W.; L. A. Puccinelli y D. C. Sheridan. 2008. Contractile activity of the pectoralis in the zebra finch according to mode and velocity of flap-bounding flight. *Journal of Experimental Biology*. 208: 2895-2901.
- Tobalske, B. W. y K. P. Dial. 2000. Effects of body size on take-off flight performance in the Phasianidae (Aves). *Journal of Experimental Biology*. 203: 319-332.
- Tobalske, B. W. y K. P. Dial. 2007. Aerodynamics of wing-assisted incline running in birds. *Journal of Experimental Biology*, 210: 1742-1751.
- Tobalske, B. W., T. L. Hedrick, K. P. Dial y A. A. Biewener. 2003. Comparative power curves in bird flight. *Nature*, 421: 363-366.
- Tobalske, B. W.; W. L. Peacock y K. P. Dial. 1999. Kinematics of flap-bounding flight in the zebra finch over a wide range of speeds. *Journal of Experimental Biology*. 202, 1725-1739.
- Torenbeek, E. y H. Wittenberg. 2009. *Flight Physics: Essentials of Aeronautical Disciplines and Technology, with Historical Notes*. Springer.

- Tucker, V. A. 1968. Respiratory Physiology of House Sparrows in Relation to High-Altitude Flight. *The Journal of Experimental Biology*, 48: 55-66.
- Tucker, V. A. 1970. Energetic cost of locomotion in animals. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 34 (4): 841-846.
- Tucker, V. A. 1972. Respiration during flight in birds. *Respiration Physiology*, 14 (1-2): 75-82.
- Tucker, V. A. 1987. Gliding birds: The effect of variable wing span. *Journal of Experimental Biology*. 133: 33-58.
- Turner, C. H. 2006. Bone strength: current concepts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1068: 429–446.
- Tucker, V. A. y G. C. Parrott. 1970. Aerodynamics of gliding flight in a falcon and other birds. *Journal of Experimental Biology*. 52: 345-367.
- Valentine, J. W. 2003. Architectures of Biological Complexity. *Integrative and Comparative Biology*, 43: 99-103.
- Van den Berg, C. y J. M. V. Rayner. 1995. The moment of inertia of bird wings and the inertial power requirement for flapping flight. *The Journal of Experimental Biology*, 198: 1655-1664.
- Verheyen, R. A. 1961. A new classification for the non-passerine birds of the world. *Bulletin del'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 37 (27): 1-36.
- Videler, J. J. 2006. *Avian flight*. Oxford University Press, Oxford.
- Viswanath, D. S.; T. K. Ghosh, D. H. L. Prasad, N. V. K. Dutt y K. Y. Rani. 2007. *Viscosity of Liquids. Theory, estimation, experiment, and data*. Springer, Dordrecht.
- von Dassow, G. y E. Munro. 1999. Modularity in Animal Development and Evolution: Elements of a Conceptual Framework for EvoDevo. *Journal of Experimental Zoology*, 285: 307-325.
- von Eynatten, H.; V. Pawlowsky-Glahn y J. J. Egozcue. 2002. Understanding Perturbation on the Simplex: A Simple Method to Better Visualize and Interpret Compositional Data in Ternary Diagrams. *Mathematical Geology*, 34 (3): 249-257.
- von Mises, R. 1945. *Theory of Flight*. McGraw-Hill Book Company, Nueva York.
- Vogel, S. 2003. *Comparative Biomechanics: Life's Physical World*. Princeton University Press.
- Wagner, P. J. 2010. Paleontological perspectives on morphological evolution. Cap. 17, Pp. 451-478. En: M. A. Bell, D. J. Futuyma, W. F. Eanes y J. S. Levinton (Eds.), *Evolution since Darwin: the first 150 years*. Sinauer Associates, Sunderland.



- Wainwright, P. C. 1994. Functional morphology as a tool in ecological research. Cap. 3, pp. 42-59. En: P. C. Wainwright y S. M. Reilly (Eds.), *Ecological Morphology. Integrative Organismal Biology*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Wainwright, P. C. 2007. Functional Versus Morphological Diversity in Macroevolution. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38: 381-401.
- Ward, P. y R. Berner. 2011. Why were there Dinosaurs? Why are there Birds? Cap. 2, Pp. 30-38. En: G. Dyke y G. Kaiser (eds.), *Living dinosaurs: The evolutionary history of modern birds*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Wedel, M. J. 2009. Evidence for bird-like air sacs in Saurischian dinosaurs. *Journal of Experimental Zoology*, 311A: 611-628.
- Weis-Fogh, T. 1972. Energetics of Hovering Flight in Hummingbirds and in *Drosophila*. *Journal of Experimental Biology*. 56: 79-104.
- Welham, C. V. J. 1994. Flight speeds of migrating birds: a test of maximum range speed predictions from three aerodynamic equations. *Behavioral Ecology*, 5: 1-8.
- West-Eberhard, M. J. 2003. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford University Press, Nueva York.
- Wetmore, A. 1930. The fossil birds of the A. O. U. check-list. *The Condor*, 32 (1): 12-14.
- Williston, S. W. 1879. Are birds derived from dinosaurs? *Kansas City Review of Science*, 3 (1): 457-460.
- Winther, R. G. 2005. Evolutionary developmental biology meets levels of selection: Modular integration or competition, or both? Capítulo 4, Pp. 61-98. En: Callebaut, W. y D. Rasskin-Gutman (Eds.), *Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems*. The Vienna series in Theoretical Biology, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Withers, P. C. 1981. An aerodynamic analysis of bird wings as fixed aerofoils. *Journal of Experimental Biology*, 90: 143-162.
- Witmer, L. M. 1990. The craniofacial air sac system of Mesozoic birds (Aves). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 100: 327-378.
- Witmer, L. M. 1995. The Extant Phylogenetic Bracket and the Importance of Reconstructing Soft Tissues in Fossils. Pp. 19-33. En: J. J. Thomason (Ed.), *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Witmer, L. M. 2002. The Debate on Avian Ancestry: Phylogeny, Function, and Fossils. Pp. 3-30. *En: L. Chiappe y L. Witmer (Eds.), Mesozoic Birds: Above the heads of Dinosaurs*. University of California Press, Berkeley.
- WMO, 2013. METEOTERM. *World Meteorological Organization (WMO)*. <[http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm\\_wmo\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_en.html)>. (Acceso en Mayo 2013).
- Wootton, R. J. 1980. Support and deformability in insect wings. *Journal of Zoology*, 193 (4): 447-468.
- Wright, S. 1932. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution. *Proceedings of the sixth international congress of genetics*, 1: 356-366.
- Wright, S. 1945. Tempo and mode in Evolution: A critical review. *Ecology*, 26 (4): 415-419.
- Wu, X. y V. Kumar. 2009. *The Top Ten Algorithms in Data Mining*. Chapman & Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series. CRC Press, Boca Ratón.
- Xu, X. 2012. Evolution: Taking wing with weak feathers. *Current Biology*, 22 (23): 992-994.
- Xu, X. y Y. Guo. 2009. The origin and early evolution of feathers: insights from recent paleontological and neontological data. *Vertebrata Palasiatica*, 47 (4): 311-329.
- Xu, X.; H. You, K. Du y F. Han. 2011. An *Archaeopteryx*-like theropod from China and the origin of Avialae. *Nature*, 475: 465-470.
- Yan, X. y X. Su. 2009. *Linear regression analysis: theory and computing*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapur.
- Yong, W. y F. R. Moore. 1994. Flight morphology, energetic condition, and the stopover biology of migrating thrushes. *The Auk*. 111 (3): 683-692.
- Zhang, F.; Z. Zhou, X. Xu y X. Wang. 2002. A juvenile coelurosaurian theropod from China indicates arboreal habits. *Naturwiss*, 89 (1): 394-398.
- Zhou, Z. 2004. The origin and early evolution of birds: discoveries, disputes, and perspectives from fossil evidence. *Naturwissenschaften*, 91 (10): 455-471.
- Zhou, Z. y F. Zhang. 2001. Two new ornithurine birds from the Early Cretaceous of western Liaoning, China. *Chinese Science Bulletin*, 46 (15): 1258-1264.
- Zioupos, P.; J. D. Currey y A. Casinos. 2001. Tensile fatigue in bone: are cycles-, or time to failure, or both, important? *Journal of Theoretical Biology*, 210: 389-399.
- Zitzewitz, P, W.; T. G. Elliott, D. G. Haase, K. A. Harper, M. R. Herzog; J. B. Nelson; J. Nelson, C. A. Schuler y M. K. Zorn. 2005. *Physics: Principles and Problems*. Interactive Student Edition. McGraw Hill/Glencoe Science. Columbus, USA.



**A**



**Modelo estático del vuelo**

## Apéndice A: Modelo estático del vuelo

---

La teoría del vuelo en animales emplea el uso de factores ambientales y del organismo, el cual es definido como un objeto, con una física y fisiología característica. En dicha teoría, el vuelo se describe de acuerdo a sus modalidades: activo, pasivo y combinado (Shyy *et al.*, 2008). Entre estos, el vuelo activo se destaca por su dificultad en la caracterización física, debido a su movimiento estructural y a la inestabilidad resultante en el aire. Durante el vuelo de objetos rígidos, las estructuras alares fijas no modifican su forma; en cambio, los organismos vivos deben cambiar la forma del ala durante la locomoción, manteniendo el desplazamiento y produciendo sustentación (Dial, 1994; Pennycuick, 2008). En otras palabras, el ala condiciona su forma para generar aleteo (abducción y aducción de la musculatura extrínseca del miembro anterior), modificar su ángulo de ataque (pronación y supinación de la musculatura del miembro anterior) y variar el área efectiva de sustentación (flexión y extensión del miembro anterior).

El batido en las alas y su posición genera dos fuerzas distintas: sustentación y empuje. La sustentación ocurre mediante el aceleramiento del fluido (masa de aire) por debajo del ala, involucrando un descenso de presión sobre la superficie de ésta (Figura A.1). Ambas son fuerzas que contribuyen positivamente con el desplazamiento (Figura A.2).

Para determinar y cuantificar estas fuerzas generadas durante el aleteo, es necesario caracterizar la dinámica del mismo. No obstante, se puede examinar el comportamiento de dichas fuerzas mediante la cinética del fluido y la interacción que este presenta con el ave (Shyy *et al.*, 2008). Asumiendo que el medio es laminar, uniforme y homogéneo, el ave se desplaza con una velocidad relativa de fluido  $v_r$ , relacionada con:

$$v_r \propto v + v_e + w \tag{A.1.1}$$

donde  $v$  corresponde a la velocidad del fluido sin perturbación,  $v_e$  (también encontrado como  $v_f$  o *velocidad del aleteo*) define el factor de velocidad del aire acelerado por el batido de las alas y  $w$  a la velocidad inducida (hacia abajo) del aire, producto de dicho movimiento.

**Zona de presión reducida**

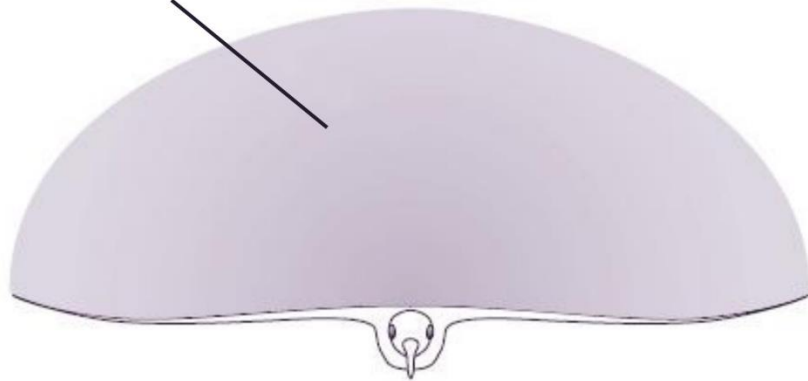


Figura A.1: Representación de un ave en vuelo, destacando la zona de mínima presión que ocurre sobre la superficie de este. El área de cada sección transversal de dicha zona corresponde al de un semicírculo de diámetro igual al tamaño de la envergadura de alas. Esta zona también es conocida como *área equivalente de lámina plana* (A). Modificado de Pennycuick (2008), con información de Pennycuick *et al.* (1988).

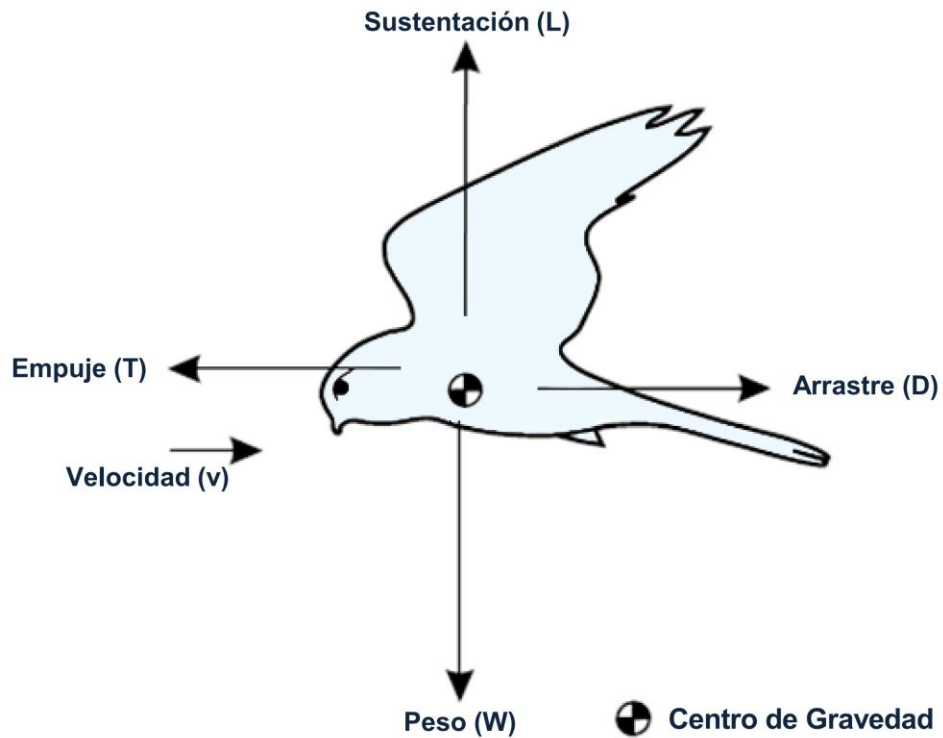


Figura A.2: Cuatro fuerzas resultantes del vuelo, representadas en un plano medial ventral durante el vuelo de un Halcón (Aves: Falconiformes). Modificado de Videler (2005)

La velocidad relativa del vuelo determina las fuerzas aerodinámicas sobre el ala. Shyy *et al.* (2008) explican que  $v$  y  $v_e$  son proporcionalmente inversas, ocurriendo que aves que desarrollan vuelo en un medio con gran velocidad  $v$  muestran una despreciable velocidad de aleteo  $v_e$  y, por ende, una menor distorsión del fluido (Figura A.3). Tennekes (1996) igualmente comenta la relación que existe entre la velocidad relativa de vuelo con otras variables, como el peso y la carga alar (el cual es un factor que indica el peso total del ave sostenido por cada unidad de superficie de ala).

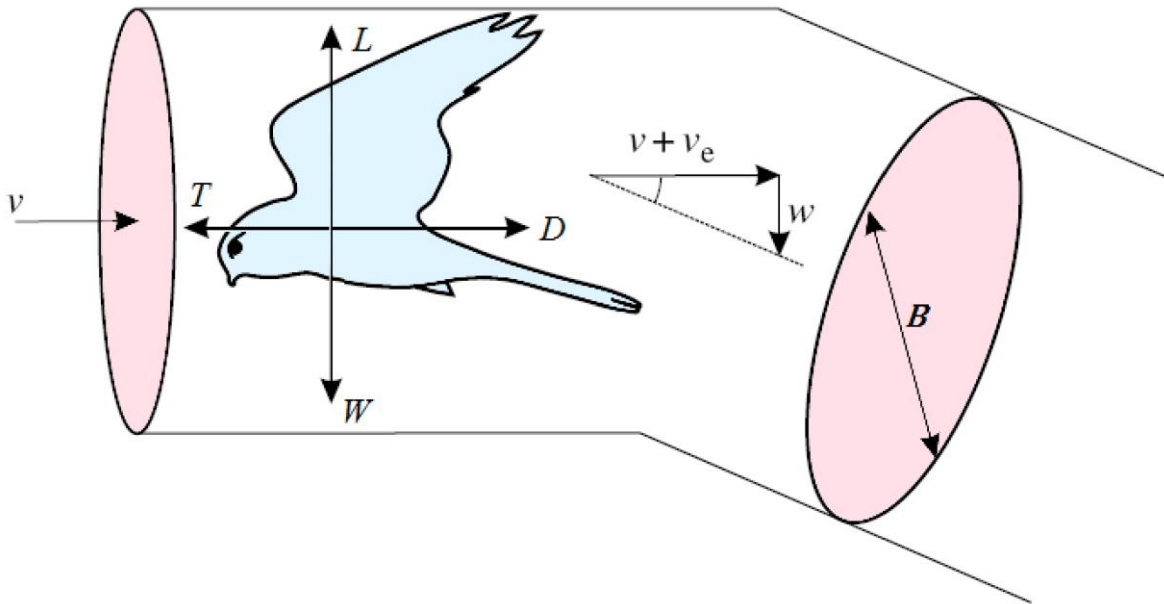


Figura A.3: Representación de un hipotético cilindro de aire de base circular desviado oblicuamente hacia abajo y acelerado hacia atrás, debido a la acción del vuelo de un ave. Modificado de Videler (2005).

Cuando el fluido es acelerado a una velocidad  $v_e$  y desplazado hacia abajo a una velocidad  $w$  se genera sustentación. En principio,  $w$  es cero debido a que la velocidad  $v$  inicial es máxima. Producto de la aceleración, la velocidad vertical se incrementa hasta un valor tope. En este punto, cuando el objeto se desplaza en un fluido con  $v$  máximo, éste modifica su curso de manera oblicua hacia abajo e, igualmente, en su valor máximo:

$$v_r = \sqrt{(v + v_e)^2 + w^2} \quad (\text{A.1.2})$$

La masa de aire por unidad de tiempo afectada durante este proceso corresponderá, aproximadamente, a la contenida en la mitad de un cilindro de aire, cuyo diámetro sea la envergadura del ave:

$$m = \pi \left(\frac{1}{2}B\right)^2 \rho v_r \quad (\text{A.2})$$

En esta dinámica, la masa de aire que alcanza una velocidad vertical  $w$  es directamente proporcional a la fuerza de sustentación ( $L$ ):

$$L = mw \quad (\text{A.3.1})$$

Si se asume que el medio es de estructura laminar e incompresible, se conoce el ángulo específico de posición del ala durante el vuelo, e igualmente se parte como premisa que el objeto es simétrico lateralmente y los puntos de aplicación de las fuerzas que actúan en el vuelo coinciden con el centro de masas, esta ecuación puede ser representada por:

$$L = \frac{1}{2}\rho v^2 SC_L \quad (\text{A.3.2})$$

donde  $S$  corresponde a la superficie alar y  $C_L$  es un coeficiente de sustentación, de carácter adimensional y que explica la relación entre el ave (como objeto volador) y el fluido (Torenbeek y Wittenberg, 2002; Anderson, 2004). La ecuación A.3.2 también puede ser representada como:

$$L = qSC_L \quad (\text{A.3.3})$$

En ésta,  $q$  representa la *presión dinámica*, o la presión que ocurre cuando se produce el impacto sobre el fluido durante el aleteo.



Por su parte, el empuje sucede cuando las masas de aire desplazadas hacia abajo son aceleradas hacia atrás, a una velocidad  $v_e$ , debido al movimiento del ala y del cuerpo (Videler, 2005).

$$T = mv_e \quad (\text{A.4.1})$$

La ecuación A.4.1 también puede ser representada en función a la tasa de flujo de aire en función del tiempo (Anderson y Eberhardt, 2001):

$$T = \frac{\delta m}{\delta t} v \quad (\text{A.4.2})$$

Si se asume la existencia de simetría lateral y equilibrio de fuerzas en las aves, y siguiendo la tercera ley de Newton, se tiene que tanto  $L$  como  $T$  están representadas por sus fuerzas resultantes, conocidas como peso y arrastre.

El peso se define como la fuerza aplicada a un objeto para que este se mantenga en un campo gravitacional. En un medio con equilibrio estático, el peso de un objeto es proporcional a la aceleración gravitatoria y a su masa:

$$W = mg \quad (\text{A.5})$$

El arrastre (también conocido como resistencia del medio) se define como una fuerza compuesta que se opone al movimiento relativo de un cuerpo a través de un fluido, el cual es dependiente de la velocidad que presenta el mismo (Anderson y Eberhardt, 2001; Anderson, 2004). En aquellos desplazamientos descritos para bajo número de Reynolds y a una velocidad constante, el arrastre total ( $D_{aero}$ ) está comprendido en *arrastre parasítico* ( $D_{par}$ ) y *arrastre del ala* ( $D_w$ ) (Shyy *et al.*, 2008).

$$D_{aero} = D_{ind} + D_{pro} + D_{par}, \text{ siendo } D_w = D_{ind} + D_{pro} \quad (\text{A.6.1})$$

El arrastre parasítico es causado por la perturbación que ocurre en el medio cuando un objeto se desplaza, sin tomar en cuenta el provocado por las estructuras locomotoras. Éste se encuentra asociado de manera proporcional a la velocidad de vuelo, ocurriendo un mayor  $D_{par}$  en los casos en donde el objeto vuela con mayor rapidez. Por su parte, el arrastre del ala ocurre cuando se redirige el flujo de aire sobre estas estructuras, las cuales son las que generan sustentación. Este arrastre está compuesto a su vez por la fricción asociada a la forma que presentan las alas ( $D_{pro}$ ) y el arrastre inducido debido a la sustentación ( $D_{ind}$ ). Dicho arrastre disminuye con la velocidad de vuelo (Figura A.4).

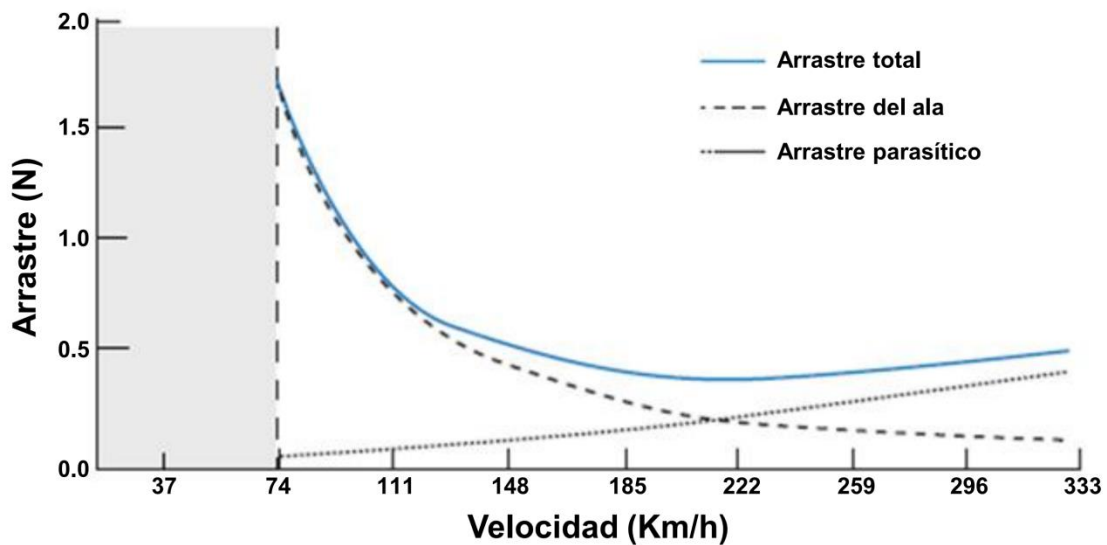


Figura A.4: Representación del arrastre en función a la velocidad de vuelo. Modificado de Anderson y Eberhardt (2001).

Según Videler (2005) y Pennycuick (2008), el arrastre parasítico de un cuerpo  $b$  puede ser expresado de la siguiente forma:

$$D_{par} = \frac{1}{2} \rho v^2 S_b C_{D_b} \quad (A.7.1)$$

El coeficiente de arrastre del cuerpo ( $C_{D_b}$ ) es un coeficiente adimensional, con un rango de valor entre 0 y 1, el cual muestra la relación entre el arrastre real con el de referencia. Un  $C_{D_b}$  con valor 1

indica que el cuerpo del ave presenta el máximo arrastre, ofreciendo mayor resistencia al fluido. En cambio, si este coeficiente tiene un valor de 0, la resistencia corporal que se manifiesta en el medio es nula. Por su parte,  $S_b$  representa el área frontal de vuelo que, si bien resulta una variable de difícil cuantificación, ha sido estimada por Pennycuick *et al.* (1988) de la siguiente forma:

$$S_b = 0,00813 m^{0,666} \quad (\text{A.8})$$

siendo  $S_b$  representado en metros cuadrados.

Pennycuick (2008) indica que  $S_b$  muestra variación entre especies, en especial en Apodiformes y Passeriformes, los cuales desarrollan cuerpos pequeños en comparación al peso que presentan. Igualmente este autor comenta la dificultad de calcular experimentalmente el  $C_{D_b}$ . Una herramienta empleada para estimar dichos valores es calculando el *área equivalente de lámina plana (A)* (ver Figura A.1):

$$A = S_b C_{D_b} \quad (\text{A.9.1})$$

De esta ecuación, y de acuerdo a lo entendido para la Figura A.1, se tiene que:

$$A = \pi \frac{B^2}{4} \quad (\text{A.9.2})$$

Combinando las ecuaciones (A.7.1) con (A.9.1) y (A.9.2) se tiene que:

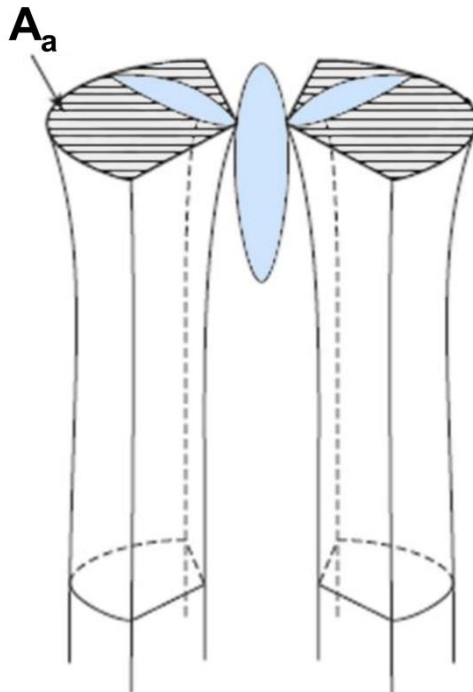
$$D_{par} = \frac{1}{8} \pi \rho (vB)^2 \quad (\text{A.7.2})$$

El arrastre de ala es causado por la generación de la sustentación. Ésta se define, según Videler (2005) como:

$$D = \frac{1}{2} \pi \left( \frac{1}{2} B \right)^2 \rho w^2 \quad (\text{A.10.1})$$

Pennycuick (2008) realiza una revisión de la ecuación (A.10.1), indicando que  $D_w$  aumenta en proporción a un valor  $k$ , el cual es directamente proporcional a la velocidad radial dada por el batido de alas ( $\omega_i$ ). Dicha constante adimensional es conocida como *factor de poder inducido*. Su origen se debe a la revisión, hecha por Pennycuick en 1975, al modelo de teoría del vuelo (Spedding, 1987). En ésta se define que el objeto volador, durante el desarrollo de la locomoción, muestra una amplitud de alas característica de  $\theta$  grados a una velocidad angular  $\omega_i$ . Si la longitud del ala desde la cuerda base a su extremo distal corresponde a  $l$  metros, la superficie de amplitud del ala  $A_a$ , mostrada en la Figura A.5, está dada por:

$$A_a = \frac{\theta}{360} \pi l^2 \quad (\text{A.11})$$



**Figura A.5:** Superficie de amplitud de ala ( $A_a$ ), dado para el modelo de disco actuador. Modificado de Shyy *et al.* (2008).

El movimiento armónico del miembro anterior durante el vuelo ofrece una resistencia frontal dada por la superficie corporal  $S_b$ , como antes se pudo detallar. Si se aumenta la velocidad angular  $\omega_i$  hasta un valor máximo (condicionado, entre otras variables, por la resistencia muscular y ósea), se tiene que la superficie de resistencia aumenta hasta el definido por el área de amplitud alar  $A_a$ . En estos casos, la resistencia frontal del ala está explicada por el *modelo de discos actuadores*. Un actuador es una superficie que continuamente ejerce fuerza contra el fluido, generando una diferencia de presión en el medio, aumentando el arrastre (Shyy *et al.*, 2008).

Pennycuick (2008) comenta que los discos actuadores son superficies ideales que actúan en fluidos en la misma condición. El aire no responde de manera instantánea al incremento de la presión negativa dada por esta área. Igualmente, la velocidad angular del batido de alas resulta ser tan bajo que dicha superficie no forma de manera eficiente el diferencial de presión. A su vez, los grados de libertad dados en la fosa glenoidea hace que el movimiento del ala sea en tres y no en dos dimensiones, como se plantea originalmente en el modelo dado para diseños estructurales (Dixon, 2005). Sin embargo, resulta ser importante para predecir el impacto de dicha lamina plana frontal. Spedding (1987) establece un valor de  $k = 1.04$  dado para *Falco tinnunculus* (Falconiformes, Falconidae). Por su parte, Pennycuick (2008) maneja tal parámetro como una constante de valor 1.2, aunque infiere la importancia que presenta  $k$  en la definición de grupos de vuelo. De acuerdo a esto, la ecuación A.10.1 se expresa de la siguiente forma:

$$D_w = \left(\frac{2k}{\pi\rho}\right)\left(\frac{mg}{vB}\right)^2 \quad (\text{A.10.2})$$

Combinando las ecuaciones (A.7.2) con (A.10.2) se tiene que:

$$D_{aero} = \frac{1}{8}\pi\rho(vB)^2 + \left(\frac{2k}{\pi\rho}\right)\left(\frac{mg}{vB}\right)^2 \quad (\text{A.6.2})$$

El conocimiento del comportamiento de estas fuerzas, adicionales a las variables involucradas, permitiría describir el vuelo activo y sus variaciones.

**B**



**Simplex regulares para  
definir morfoespacios**



## Apéndice B: Simplex regulares para definir morfoespacios

---

Los *simplex* son gráficos que describen las proporciones de un conjunto de  $n$ -variables cuya suma resulta en una constante. En Biología son de uso frecuente tanto en estudios de genética (diagramas de Finetti, triángulos de Gibbs) como en evolución ( $n$ -simplex en Teoría de Juegos), y más recientemente algunos trabajos como los de Middleton y Gatesy (2000) y Dyke, Nudds y Rayner (2006) han empleado diagramas ternarios (Lat. *ternarius*: compuesto de tres partes) para análisis de anatomía comparada, como se ha realizado en esta investigación.

En los simplex, las respuestas que se observan para cada uno de los casos estudiados dependen de las medidas de las variables que las describen. La suma de estos componentes suele ser diferente para cada caso, por lo que se emplean re-escalamientos, comparando sus proporciones relativas. De esta manera, en un análisis en donde se estudien  $q$ -componentes que describen un  $n$  número de casos, las proporciones fraccionales del  $i$ -ésimo número de componentes se representa como  $x_i$ , por lo que:

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (\text{B.1})$$

y

$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1 \quad (\text{B.2})$$

Teniendo en cuenta que  $x_i$  representa una fracción no independiente (referido de igual forma por autores como Aitchison (1982), von Eynatten *et al.* (2002) y Pawlowsky-Glahn y Egozcue (2006) como datos composicionales o cerrados), el valor de  $x_q$  es automáticamente determinado por:

$$x_q = 1 - (x_1 + x_2 + \dots + x_{q-1}) \quad (\text{B.3})$$



De acuerdo a esta restricción, y como bien lo explican Cornell y Khuri (1979) y Cornell (2011), los componentes se distribuyen en gráficos simplex ( $q - 1$ )-dimensionales, definidos como espacios de Hilbert (Pawlowsky-Glahn y Egozcue, 2001), los cuales se pueden representar de manera regular (en donde cada variable presenta el mismo peso) o irregular (variando el peso que tienen las variables en el sistema).

El uso de los simplex no sólo radica en facilitar la interpretación de grandes volúmenes de datos cerrados. Los estudios que incluyen estos análisis permiten describir la variabilidad de un sistema, analizar la correlación entre variables y conocer los patrones que forman los conjuntos de casos al ser manejados como vectores de grado  $q - 1$  (Aitchison, 1986).

En este apéndice se explican los alcances que tienen los simplex como descriptores de morfoespacios, comparando dos escenarios dependientes del tipo de análisis a desarrollar. El primero radica en la descripción de un conjunto de datos, mientras que el segundo permite predecir el comportamiento de casos de acuerdo a la información otorgada. Estos ejemplos dependerán del número de variables empleadas (aunque estas ideas se aplican para cualquier dimensión).

**Tabla B.1:** Longitudes relativas de los segmentos del miembro anterior (derecho) considerando la longitud del húmero equivalente a la unidad, medidas en 20 ejemplares de Neognathae con diferentes estilos de vuelo reportados. *Cód.*, código de identificación. *U*, ulna. *CMC*, carpometacarpo. *F*, suma de las falanges proximal y distal del dígito mayor (o intermedio).

Especie	Nombre Común	Cód.	U	CMC	F	Tipo de vuelo	Fuente
<i>Chauna torquata</i>	Chajá común	<i>Cto</i>	1,109	0,499	0,308	Batido	NHM-S-1966-52-19
<i>Chauna chavaria</i>	Chicagüire	<i>Cch</i>	1,106	0,530	0,398	Batido	NHM-1954-3-3
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ganso Urraco	<i>Ase</i>	0,985	0,461	0,364	Batido	NHM-S-1952-1-117
<i>Cygnus atratus</i>	Cisne Negro	<i>Ca1</i>	0,950	0,460	0,370	Combinado	Adams, 1969
<i>Anas superciliosa</i>	Anade Cejudo	<i>Asu</i>	0,840	0,600	0,460	Combinado	Adams, 1969
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Great Cormorant	<i>Pca</i>	1,047	0,478	0,399	Planeo de ascenso	Owre, 1967
<i>Anhinga anhinga</i>	Cotúa Agujita	<i>Aan</i>	0,895	0,514	0,391	Planeo de ascenso	Owre, 1967
<i>Coragyps atratus</i>	Zamuro	<i>Ca2</i>	1,160	0,564	0,430	Planeo	Campbell y Tonni, 1983
<i>Cathartes aura</i>	Oripopo	<i>Cau</i>	1,199	0,567	0,458	Planeo	Campbell y Tonni, 1983
<i>Gymnogyps californianus</i>	Cóndor Californiano	<i>Gca</i>	1,156	0,513	0,384	Planeo	Campbell y Tonni, 1983
<i>Vultur gruphus</i>	Cóndor	<i>Vgr</i>	1,215	0,514	0,401	Planeo	Campbell y Tonni, 1983
<i>Chroicocephalus novaehollandiae</i>	Gaviota Plateada Australiana	<i>Con</i>	1,120	0,609	0,586	Planeo de ascenso	Adams, 1969
<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota Cocinera	<i>Ldo</i>	1,120	0,560	0,293	Planeo de ascenso	Adams, 1969
<i>Uria lomvia</i>	Arao de Brünnich	<i>Ulo</i>	0,782	0,512	0,495	Batido	Spring, 1971
<i>Columba livia</i>	Paloma Bravía	<i>Cli</i>	1,150	0,750	0,800	Combinado	Adams, 1969
<i>Hemiphaga novaeseelandiae</i>	Paloma Maorí	<i>Hno</i>	1,110	0,620	0,562	Combinado	Adams, 1969
<i>Doryfera johannae</i>	Pico Lanza Frentiazul	<i>Djo</i>	1,198	1,356	1,940	Batido estático	COP-77735
<i>Coeligena coeligena</i>	Colibrí Inca Bronceado	<i>Cco</i>	1,106	1,295	1,611	Batido estático	EBRG-414
<i>Sternoclyta cyanopectus</i>	Colibrí Pechiazul	<i>Scy</i>	1,087	1,292	1,669	Batido estático	EBRG-415
<i>Thalurania furcata</i>	Tucusito Moradito	<i>Tfu</i>	1,060	1,288	1,850	Batido estático	COP-78660

Los datos en estudio provienen de huesos del miembro anterior (longitudes del húmero, ulna, carpometacarpo y la suma de las dos falanges del dígito intermedio) de 20 especies diferentes de aves, resumidas en la Tabla B.1, agrupadas por sus estrategias de vuelo (vuelo activo, batido estacionario, planeo, planeo ascendente y vuelo combinado). Los casos provienen de reportes previos y colecciones zoológicas, los cuales se han medido de acuerdo a lo indicado por la Figura 3.4 (foto del ala) y a lo descrito en la sección 3.5 de este trabajo.

### **B.1. Simplex en estadística descriptiva**

Como técnica de exploración, los simplex permiten identificar y describir conjuntos de individuos que comparten una serie de atributos (Dymnicki y Henri, 2011), definiendo secciones del espacio dado por sus variables descriptoras. El agrupamiento siempre depende de la medida de distancia (y en consecuencia, de similitud) y del algoritmo seleccionado. Para los escenarios de estudio se siguió un mismo protocolo, descrito en la Figura B.1, en el cual se convierte el espacio euclídeo en un simplex isométrico para luego realizar el análisis de los casos por agrupación.

Se han descrito numerosas técnicas para construir las matrices de distancias, entre las que se destacan, según Hastie *et al.* (2009), la distancia euclídea (o distancia geométrica en un espacio multidimensional), la euclídea cuadrática (diferenciando los casos de estudio en función a su tamaño), la Manhattan (también conocida como distancia city-block, rectilínea o distancia del taxista, en la cual se promedia la diferencia entre las dimensiones), la Chebychev (descrita por las diferencias máximas entre dos grupos de datos), la distancia de potencia (otorgando un peso a la relación entre conjuntos de casos) y la de Mahalanobis (determinada por la correlación de las variables, independientemente de la escala en la cual se está trabajando).

Los algoritmos de agrupamiento coinciden en la técnica de comparación de casos. En principal, se analiza su conjunto ubicando los pares de objetos más cercanos. Posteriormente identifican a un tercer objeto vecino a cada par y consecutivamente repiten este proceso hasta identificar un grupo de casos similares o *clúster*. La diferencia entre los algoritmos radica en el método para discrepar entre clústeres que, según como lo explica Hammer y Harper (2006) pueden ser de aglomeración (o agrupación por similitud) y de división (diferenciando el conjunto de casos desde un clúster único inicial). La interconexión entre los grupos de casos generados dependerá a su vez del criterio de unión empleado, pudiendo ser jerárquico (con anidadas crecientes) y no jerárquico (con anidadas complementarias).

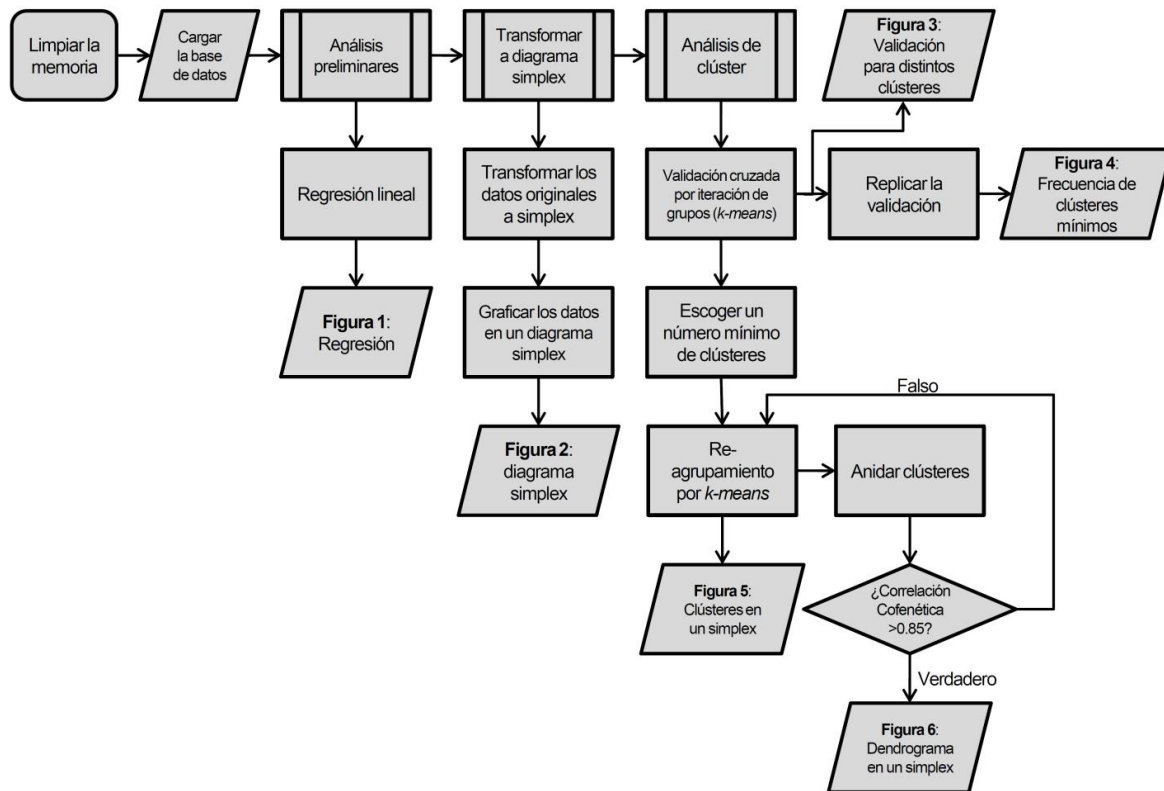


Figura B.1: Resumen del análisis de morfoespacios mediante el uso de simplex isométricos.

Para esta sección se ha determinado la matriz de distancia de acuerdo a diferencias euclídeas al cuadrado, utilizando como método de aglomeración el algoritmo iterativo de Lloyd, también conocido como agrupamiento por promedios en  $k$  grupos (o  $k$ -means). Este algoritmo estocástico divide el conjunto de datos por un número  $k$  de clústeres definidos *a priori*, calculando el tamaño del centroide para cada grupo y estableciendo anidaciones de acuerdo a la distancia existente entre cada uno de ellos, repitiendo el proceso hasta encontrar convergencias entre sucesivas iteraciones. El número de clústeres puede ser seleccionado arbitrariamente o mediante algoritmos de independencia en las particiones, como el método ordinario de validación cruzada, el método  $v$  de validación cruzada y el método de prueba de aprendizaje repetido (Burman, 1989). Para este análisis se empleó del método  $v$ -fold ( $k$ -means) de validación cruzada, descrito por Burman (1990), el cual divide el conjunto de casos por un número  $v$  de subconjuntos de igual tamaño. Sobre esta partición se toma un subconjunto que se emplea para la validación, mientras que el total de  $v-1$  subgrupos se utilizan para determinar el ajuste de la misma (*training data set*), calculando el porcentaje de datos que están clasificados de forma correcta. Esto se replica  $v$ -veces para cada

subgrupo, elaborando un índice matriz de validación predictiva, cuyo promedio mide la estabilidad en la selección de distintos números de clústeres.

Los clústeres generados se relacionan posteriormente mediante un algoritmo de anidación jerárquico y binario usando la matriz de distancias euclídeas, verificado de acuerdo al coeficiente de correlación cofenética (Hastie *et al.*, 2009), el cual compara los resultados de la agrupación del mismo grupo de datos mediante la disimilitud entre pares de estos. De esta forma, una solución fiable a la clusterización se refleja en un coeficiente de correlación cofenética cercano o igual a 1.

### B.1.1. Simplex unidimensionales

En el primer escenario, los datos composicionales están definidos por dos vectores variables de 20 componentes: la longitud del brazo-antebrazo ( $x_1$ ) y la longitud de la mano (carpometacarpo y falanges del dígito intermedio,  $x_2$ ). La división se ha realizado de esta forma por la función que cada sección cumple en el desarrollo del vuelo: la región proximal del ala contribuye con la sustentación mientras que la zona distal ejerce presión sobre el fluido para promover una fuerza impulsora ascendente (Pennycuick, 2008). Este análisis se realizó en MATLAB® 2012a, cuyo código se detalla en el Apéndice F.

La relación entre los vectores  $x_1$  y  $x_2$  es directa que, de acuerdo a (B.3) está definida por:

$$x_2 = 1 - x_1 \quad (\text{B.4})$$

Dada esta condición, cuando  $x_1$  se incrementa,  $x_2$  se reduce de forma directa y negativa ( $p_1 = -1$ , para  $p_2 = 1$ ), como se observa en la Figura B.2, definida por (B.5):

$$x_2 = p_1 x_1 + p_2 \quad (\text{B.5})$$

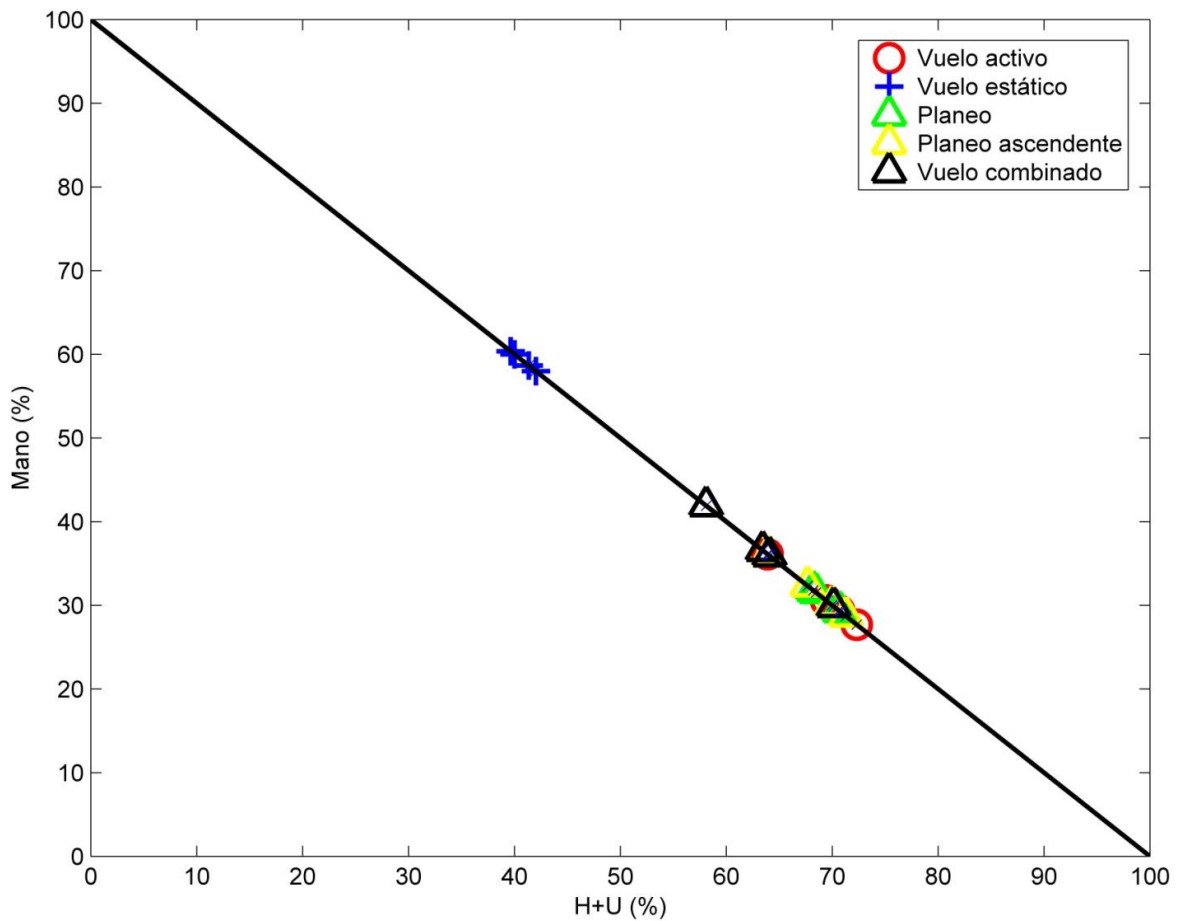
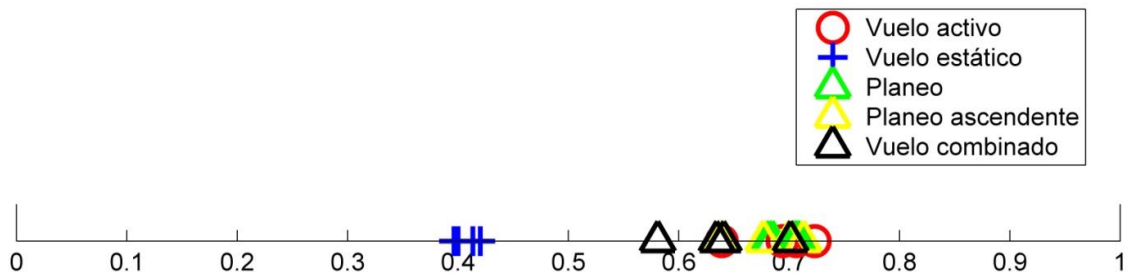


Figura B.2: Correlación entre las longitudes de los huesos componentes de la mano con respecto al conjunto dado por el brazo y antebrazo en 20 ejemplares de aves, expresadas en valores porcentuales a la longitud total.

Entendiendo que el ajuste de regresión se puede interpretar como la hipotenusa de un triángulo rectángulo, ésta se puede reducir a un espacio lineal de longitud constante posterior a la aplicación del método de cónicas para rotación de ejes (Faires y DeFranza, 2011) y cambio de escala, cuyo resultado se observa en la Figura B.3. Esto permite manejar al sistema como una conversión del espacio euclídeo al mantener sus proporciones.



**Figura B.3:** Simplex unidimensional de relaciones longitudinales de la mano *versus* el conjunto brazo-antebrazo en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El eje muestra la composición de la sección proximal del ala con respecto a su extensión total.

La ventaja de la transformación espacial a un simplex radica, no sólo en la reducción de ejes y simplificación de resultados, sino también en que se mantienen los supuestos de los modelos lineales (Yan y Su, 2009; Bingham y Fry, 2010), exceptuando, claro está, la independencia de los errores de las variables, la cual no se cumple dentro del conjunto de datos composicionales. No obstante, las premisas consideradas sustentan el desarrollo de métodos estadísticos para la interpretación del conjunto de casos en estudio, en los que se pueden incluir los de comparación, agrupación y discriminación.

Por su parte, el análisis de clúster se ha segmentado en tres partes. En principal se determinó el número de clústeres mínimo con el cual se pueden agrupar el conjunto de datos, aplicando el método de validación cruzada *v-fold*. El algoritmo con el cual se basa este análisis divide de manera estocástica el espacio donde se distribuyen los casos en estudio y comprueba la distancia entre los clústeres mediante la posición de cada uno de sus centroides (Burman, 1989).

La división con la distancia mínima promedio entre los *v*-clústeres indica aquella más parsimoniosa (Figura B.4). Sin embargo, este proceso es dependiente de la aleatoriedad en la distribución de grupos, por lo que se realizó un análisis de frecuencia en el número mínimo de clústeres seleccionados (para un total de 100 repeticiones, como se detalla en la Figura B.5).

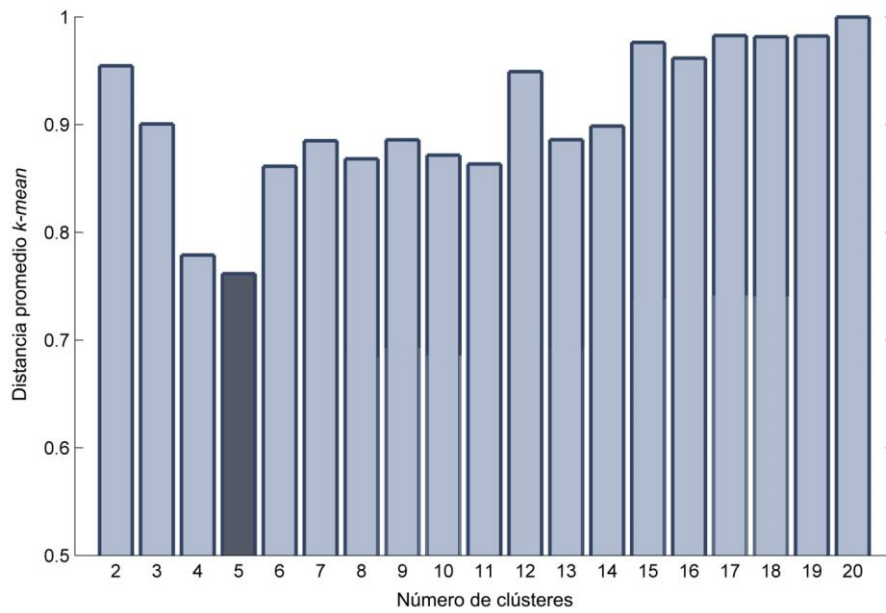


Figura B.4: Distancia recorrida acumulada entre centroides dada para  $n$  clústeres ( $2 \leq n \leq 20$ ), según el método de validación cruzada  $v$ -fold ( $k$ -means) dado para una evaluación.

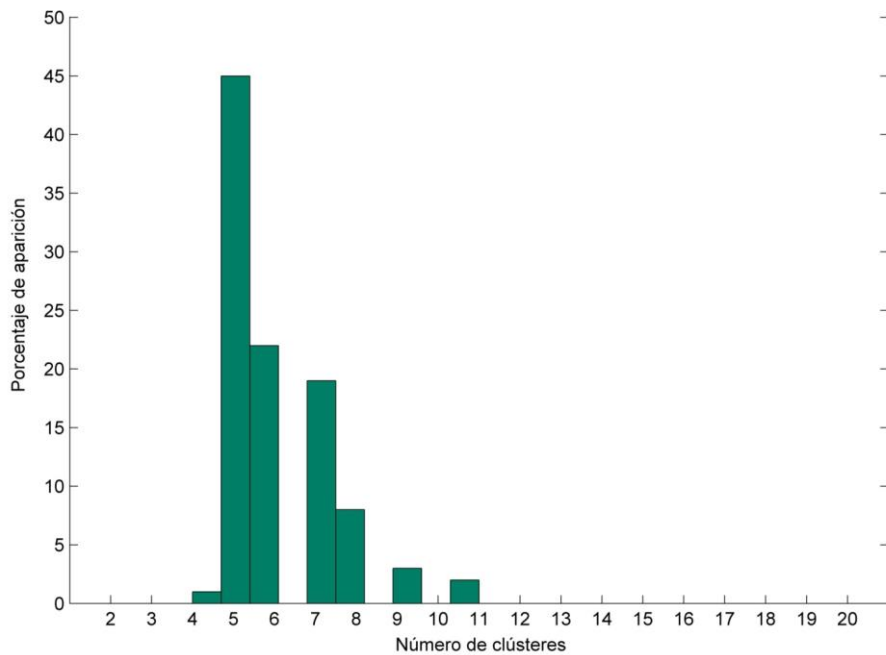
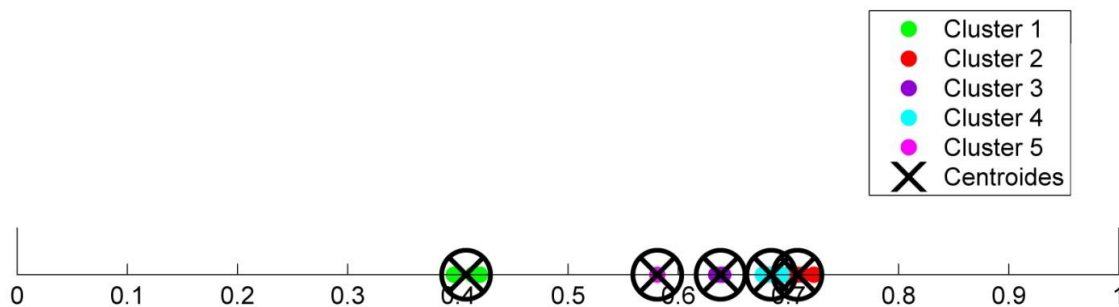


Figura B.5: Frecuencia (en porcentaje) de selección de clústeres para 100 réplicas del algoritmo de validación cruzada  $v$ -fold ( $k$ -means). El número de clústeres de mayor ocurrencia (45%) corresponde a 5.

Una vez culminado este procedimiento, se representan gráficamente los clústeres en el conjunto de casos que han sido analizados. La Figura B.6 resume este paso, en donde también se detallan los centroides y su posición en cada uno de los grupos conformados. Se pudiera suponer *a priori* que los cinco clústeres que se han generado mediante este análisis coinciden con los cinco grupos de vuelo que se evalúan, sin estar constituidos por ejemplares de morfotipos similares en equitativa distribución. No obstante, el dendrograma de la Figura B.7, el cual muestra las anidaciones entre cada grupo, detalla que estos casos no se corresponden.



**Figura B.6:** Análisis de clúster con algoritmo *k-means* sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada *v-fold*.

Como herramienta para la diferenciación de casos, los simplex unidimensionales con una matriz de distancia euclídea permiten separar casos con notable diferencia, como a primera vista se tiene en este dendrograma, compuesto por el clúster 2 (en verde), dado para los cuatro ejemplares de colibríes (vuelo estático) y un gran grupo de especies con morfotipo similar. Resulta difícil diferenciar cada caso si se emplea de esta medida de distancia (para tal fin, sería conveniente utilizar otra que diera peso a la posición relativa de cada caso). Pese a ello, se puede observar que los casos que integran este subgrupo se encuentran distribuidos en diferente proporción en: un clúster constituido por una sola especie (*Columba livia*, vuelo combinado, en magenta), otro grupo conformado por 4 especies (en morado, dos especies con vuelo batido, una con vuelo combinado y otra con planeo de ascenso), un tercer grupo con tres especies (en cian, con dos especies planeadoras y una de planeo de ascenso), y el último integrado por 8 especies (en rojo). La inclusión de mayor información del sistema, cómo se observará en las siguientes secciones, confiere herramientas para una mejor agrupación de los casos que son objeto de estudio.



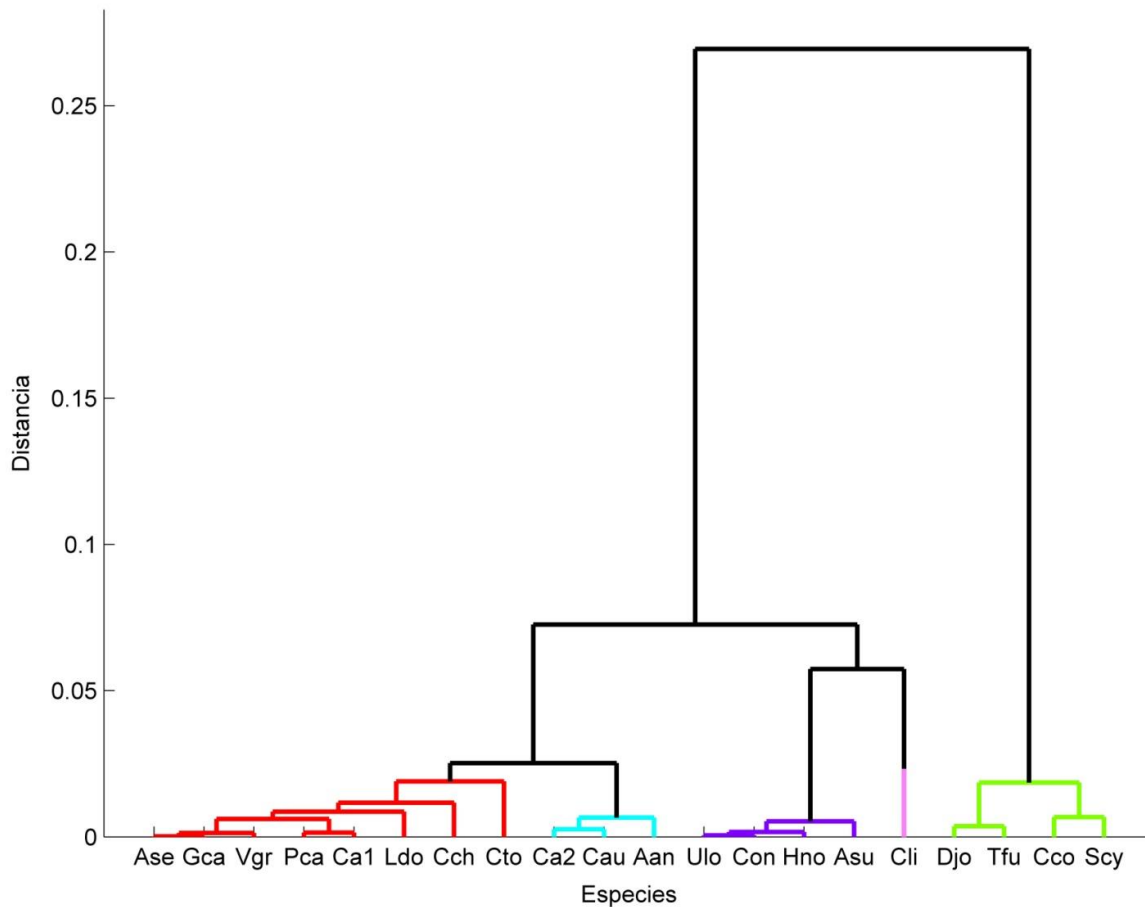


Figura B.7: Dendrograma basado en la matriz de distancias euclídeas, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo, para un Coeficiente de Correlación Cofenético (CCF) superior a 0.85. Se detallan los cinco grupos o clústeres definidos en la Figura B.6. Los acrónimos de las especies se detallan en la Tabla B.1.

### B.1.2. Simplex bidimensionales

La reducción espacial de un sistema definido por tres variables composicionales permite el análisis en diagramas ternarios, los cuales son espacios bidimensionales definidos por un triángulo cuyos vértices describen la variación de los casos por cada variable en estudio. Según su geometría, los diagramas ternarios pueden ser simétricos o asimétricos; en los primeros, las variables tienen el mismo peso en la descripción de los casos, distribuidos dentro de un triángulo equilátero. En los ternarios asimétricos, se proporciona una relación desigual entre las variables, de forma que los casos en estudio sean representados gráficamente en triángulos isósceles o escalenos (Cornell,

2011). La forma del espacio de distribución afecta los análisis y sus interpretaciones, siendo común el uso de diagramas ternarios simétricos para análisis exploratorios, mientras que los asimétricos se consideran de forma especial para detallar el comportamiento que una variable tiene sobre su conjunto (Pawlowsky-Glahn y Egozcue, 2006; Cornell, 2011).

En esta sección, los datos están definidos por tres vectores variables de 20 componentes con el mismo peso (isométrico), correspondientes a las longitudes totales del brazo (proporcionada por el húmero,  $x_1$ ), antebrazo (dada por la ulna,  $x_2$ ) y mano (correspondiente a la suma de la longitud total del carpometacarpo y las falanges del dígito intermedio,  $x_3$ ). De igual forma que en el caso anterior, se incluye un análisis exploratorio preliminar, el cual describe la relación entre los casos de estudio en un espacio euclídeo tridimensional, para luego presentar el simplex y el estudio por agrupamiento, cuyo código se puede detallar en el apéndice F.

Siguiendo con lo descrito en el escenario precedente, la relación entre los vectores  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  es directa, definida por (B.6):

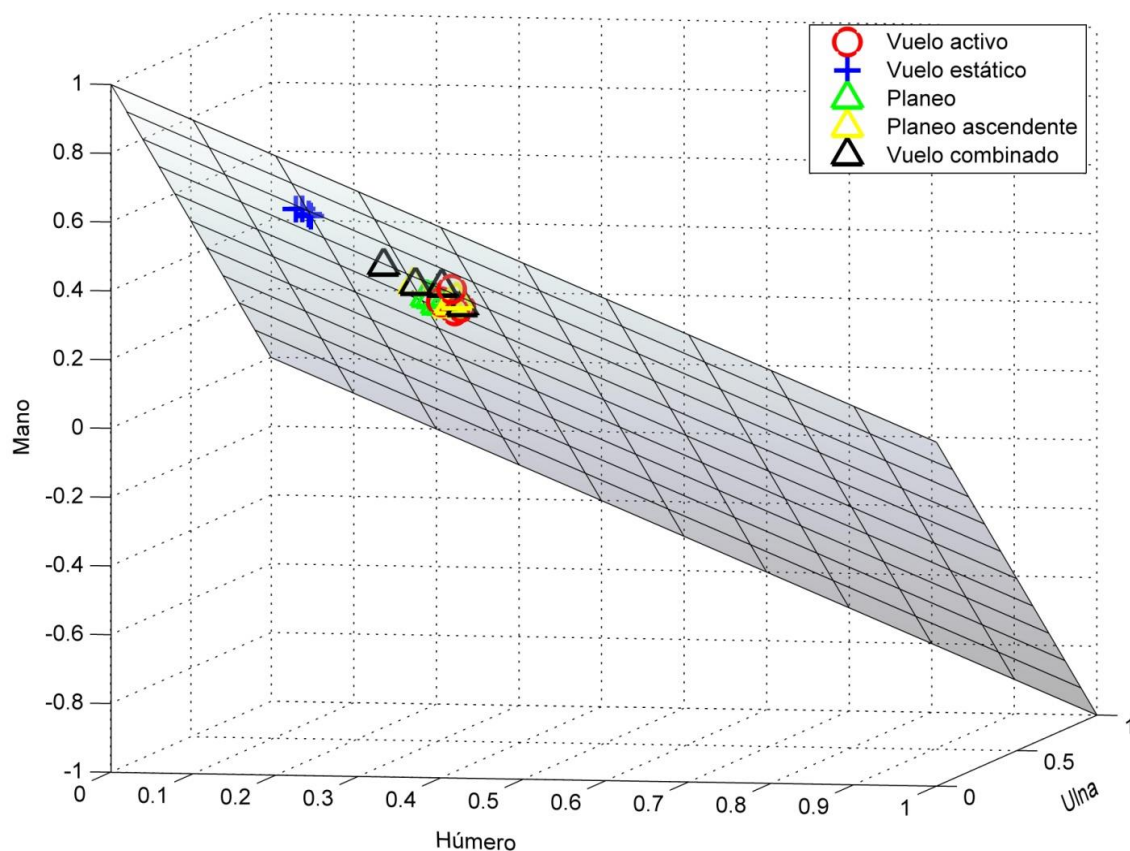
$$x_3 = 1 - x_1 - x_2 \quad (\text{B.6})$$

En un espacio tridimensional en donde cada eje representa a  $x_i$ , los casos en estudio se ajustan a una superficie de regresión dado el artefacto de considerarse al sistema como composicional. La ecuación del plano de regresión se describe en (B.7) y está representado en la Figura B.8, siendo  $p_1$  y  $p_2$  iguales a  $-1$ , mientras que el término independiente  $p_3$  es igual a  $1$ .

$$x_3 = p_1 x_1 + p_2 x_2 + p_3 \quad (\text{B.7})$$

Como los casos se encuentran distribuidos en una superficie, el sistema puede reducir su espacio en una dimensión, de manera que el conjunto sea estudiado dentro de un diagrama de relaciones entre cada variable composicional  $x_q$ . En esta transformación, la posición de cada caso de estudio se encuentra dada por las coordenadas simplex  $(x_i, x_j, x_k)$ , con la condición definida por (B.8):

$$x_i + x_j + x_k = 1 \quad (\text{B.8})$$



**Figura B.8:** Correlación entre las longitudes de los huesos componentes de la mano con respecto al dado por el brazo (húmero) y antebrazo (ulna) en 20 ejemplares de aves, expresadas en valores frecuenciales a la longitud total.

De esta forma, y según lo explica Cornell (2011), cada vértice corresponde a las proporciones máximas de los  $x_i$ , los ejes determinan las variaciones entre pares de variables composicionales (las cuales se equiparan en el punto de corte que tiene la bisectriz de un vértice con su lado opuesto), mientras que el cuerpo del plano integra al conjunto de las variaciones en los tres descriptores (Figura B.9).

La transformación dimensional no afecta de forma significativa la información con la cual se describe cada caso de estudio, al conservarse las proporciones entre cada variable dada, en un intervalo comprendido entre 0 y 1. El diagrama ternario correspondiente a este caso se expone en la Figura B.10.

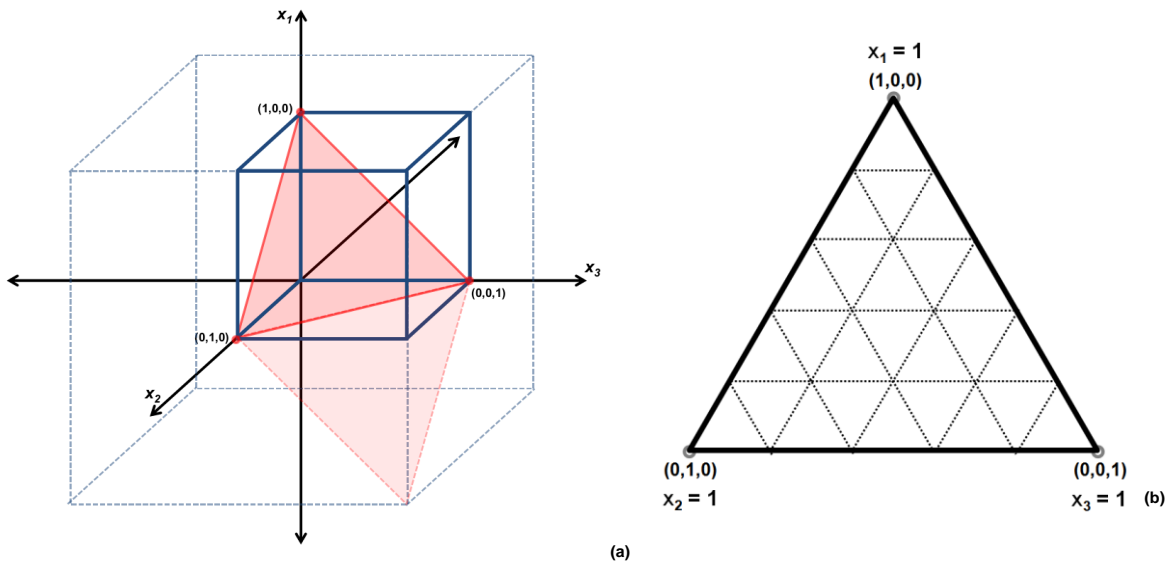
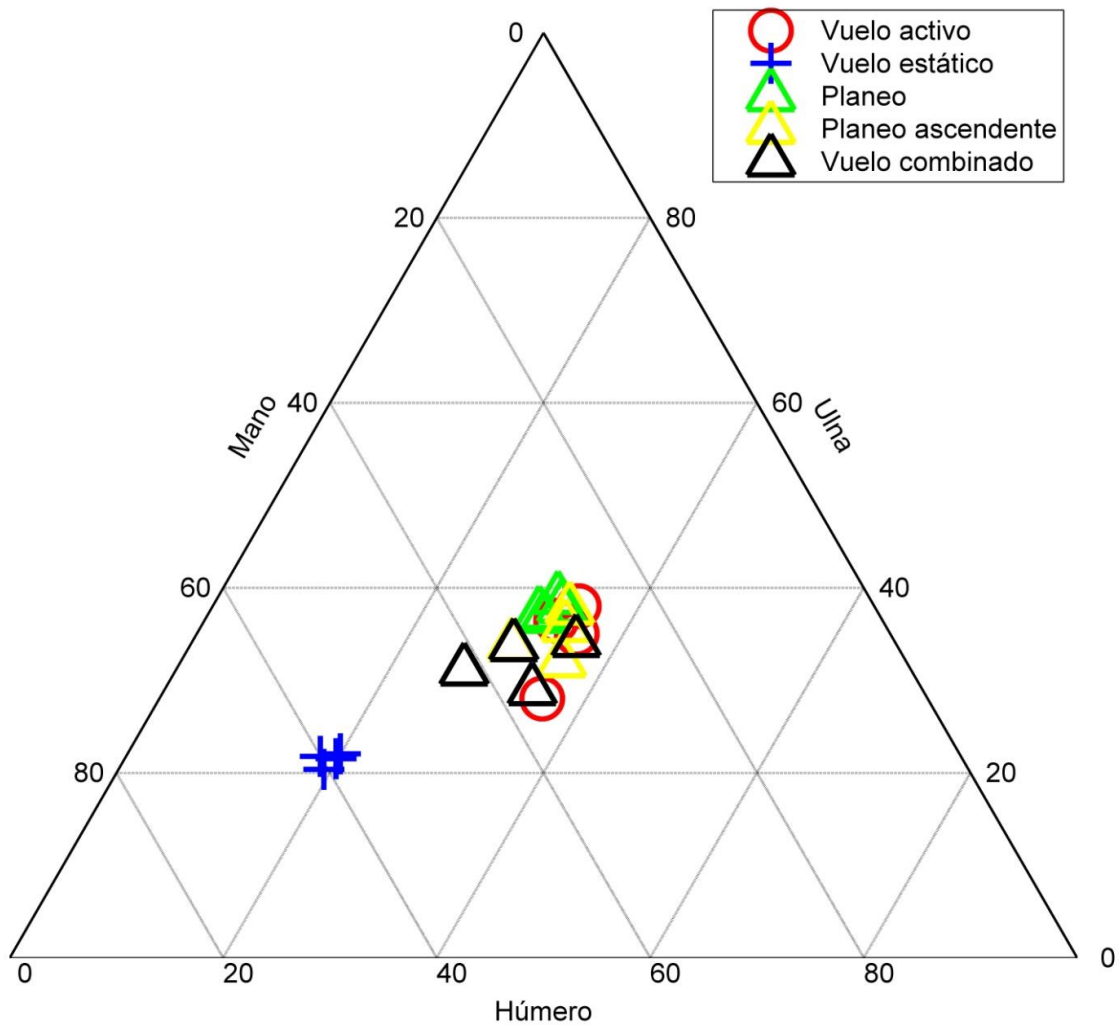


Figura B.9: Representación gráfica de la transformación de un espacio euclídeo tridimensional a un simplex para tres componentes (modificado de Cornell, 2011). Los casos en estudio se encuentran contenidos en un espacio definido por las variaciones entre tres variables cuya suma resulta en una constante. (a) En un plano de regresión, los casos se ajustan directamente sobre éste, de forma que la reducción espacial permite el análisis en un diagrama ternario (b).

De igual forma a como se realizó en el escenario anterior, el análisis de agrupamiento se ha dividido en tres secciones: la determinación del número mínimo de clústeres mediante el método de validación cruzada *v-fold*, la identificación de clústeres en el diagrama ternario y la anidación de clústeres. Para el primer paso, se realizaron 100 réplicas del algoritmo de validación (como el que se muestra en la Figura B.11), para elegir el número mínimo de clústeres a emplear (Figura B.12)

Posterior a la determinación del número mínimo de clústeres a utilizar, se clasifican los casos en estudio y se representan gráficamente en el diagrama ternario. Este paso se observa en la Figura B.13, en donde además se detallan los centroides y su localización en cada uno de los grupos conformados. De acuerdo a la distancia euclídea entre cada uno de estos centroides se determinaron las anidaciones entre los clústeres, las cuales se describen en el dendrograma de la Figura B.14. Según lo que se observa, el resultado de este análisis es similar al del escenario anterior, en donde se tiene una correspondencia parcial con los grupos funcionales previamente definidos, cumpliéndose sólo para el grupo de aves con vuelo estacionario



**Figura B.10:** Simplex bidimensional de relaciones longitudinales de la mano versus el brazo (húmero) y el antebrazo (mano) en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. Los vértices muestran la composición total para cada sección del ala, mientras que los ejes y el cuerpo del diagrama las relaciones entre cada una de las variables.

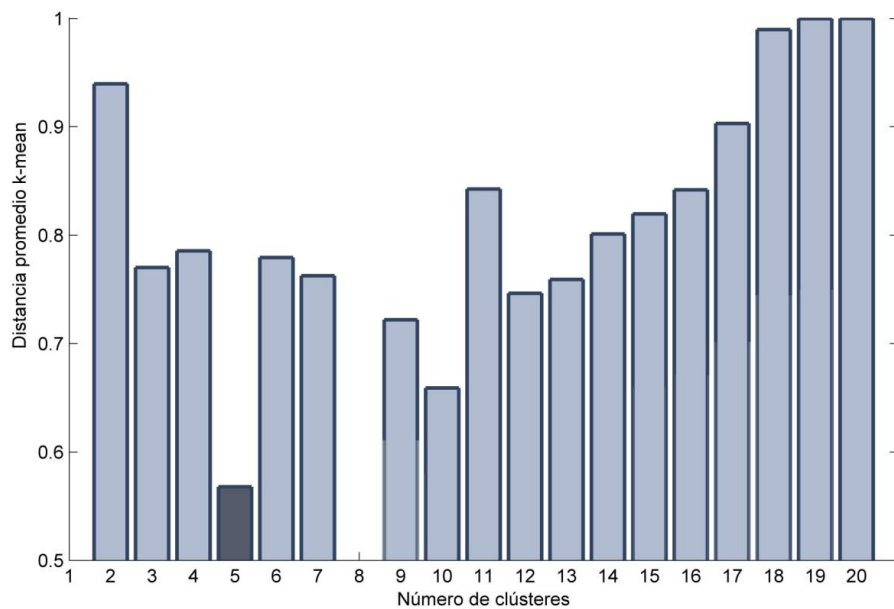


Figura B.11: Distancia recorrida acumulada entre centroides dada para  $n$  clústeres ( $2 \leq n \leq 20$ ), según el método de validación cruzada  $v$ -fold ( $k$ -means) dado para una evaluación en un diagrama ternario.

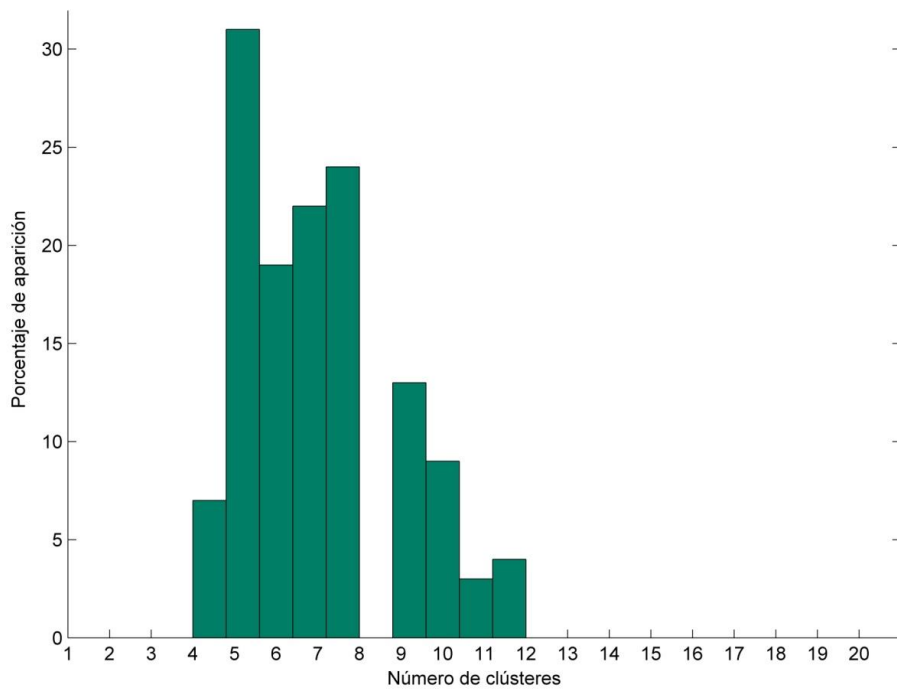


Figura B.12: Frecuencia (en porcentaje) de selección de clústeres para 100 réplicas del algoritmo de validación cruzada  $v$ -fold ( $k$ -means). El número de clústeres de mayor ocurrencia (32%) corresponde a 5.

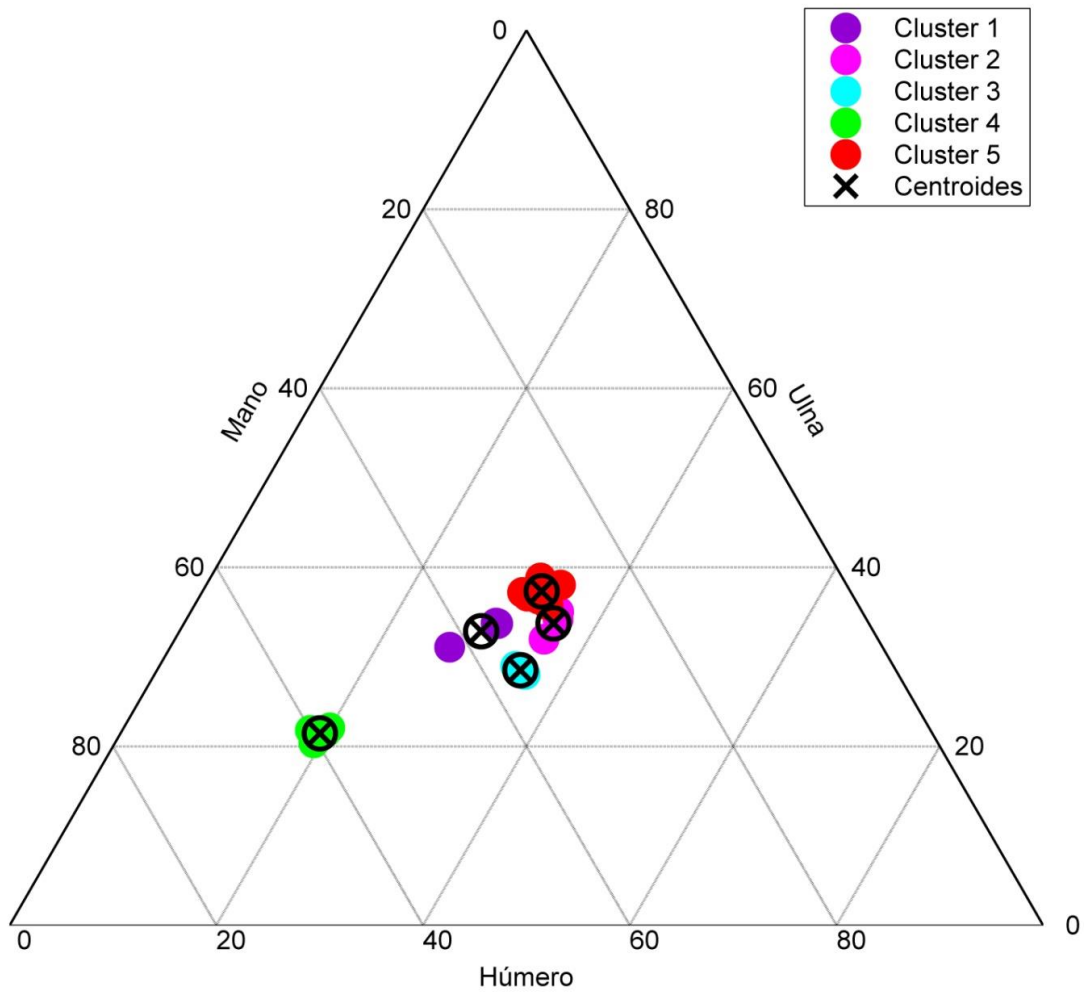


Figura B.13: Análisis de clúster con algoritmo *k-means* sobre una matriz de distancias euclídeas al cuadrado, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo. El número de clústeres se obtuvo mediante validación cruzada *v-fold*.

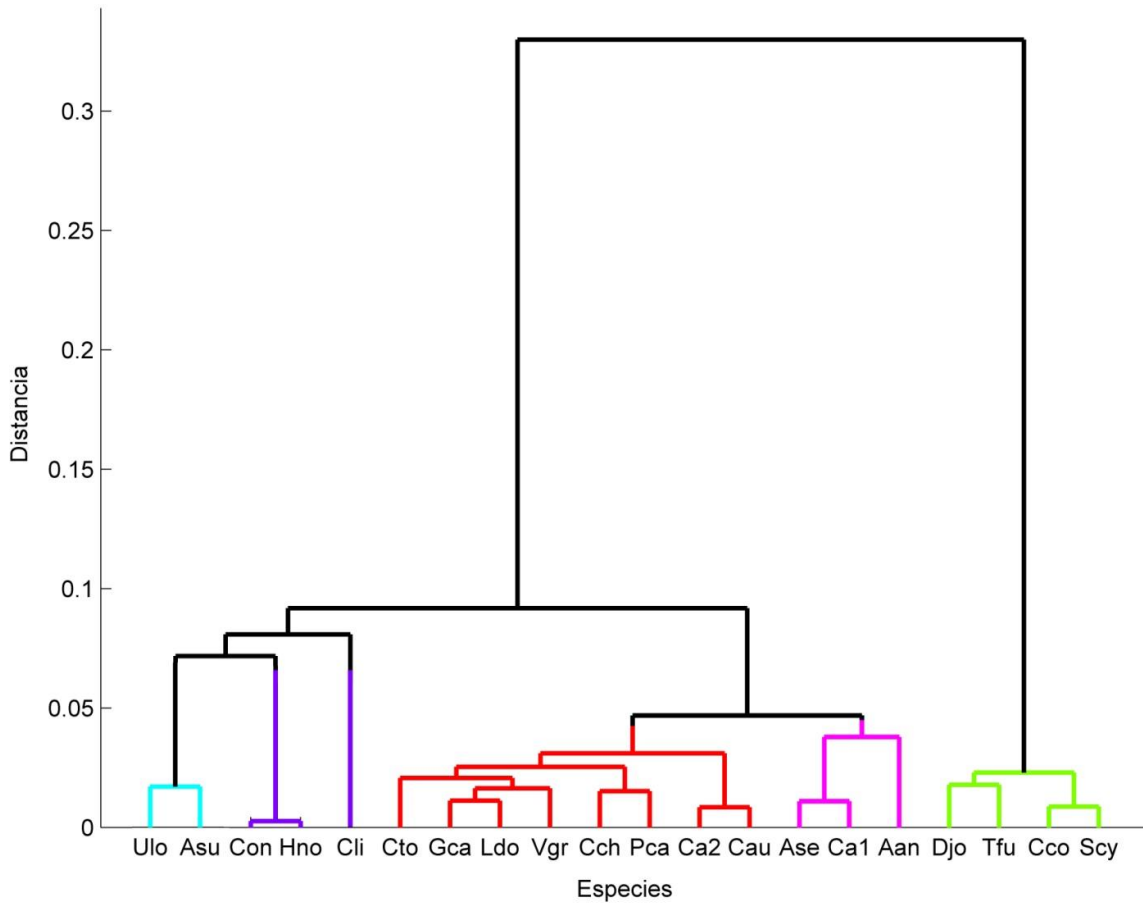


Figura B.14: Dendrograma basado en la matriz de distancias euclídeas, realizado sobre un simplex unidimensional para la identificación de morfotipos en 20 ejemplares de aves con diferentes estrategias de vuelo, para un Coeficiente de Correlación Cofenético (CCF) superior a 0.85. Se detallan los cinco grupos o clústeres definidos en la Figura B.13. Los acrónimos de las especies se detallan en la Tabla B.1.

Fuera del contexto dado para diferenciar morfotipos funcionales, los diagramas ternarios (así como el resto de los simplex) tienen un importante alcance en el manejo de bases de datos de gran volumen, en donde se permite organizar, analizar e interpretar el conjunto de casos para describir un sistema dado. No obstante, este tipo de transformaciones espaciales no sólo tienen alcances dentro de la estadística inductiva. Los casos de estudio se pueden considerar como parte integrante de una muestra poblacional, proyectando espacios de distribución mediante diversos métodos de estadística inferencial.



## B.2. Simplex en estadística inductiva

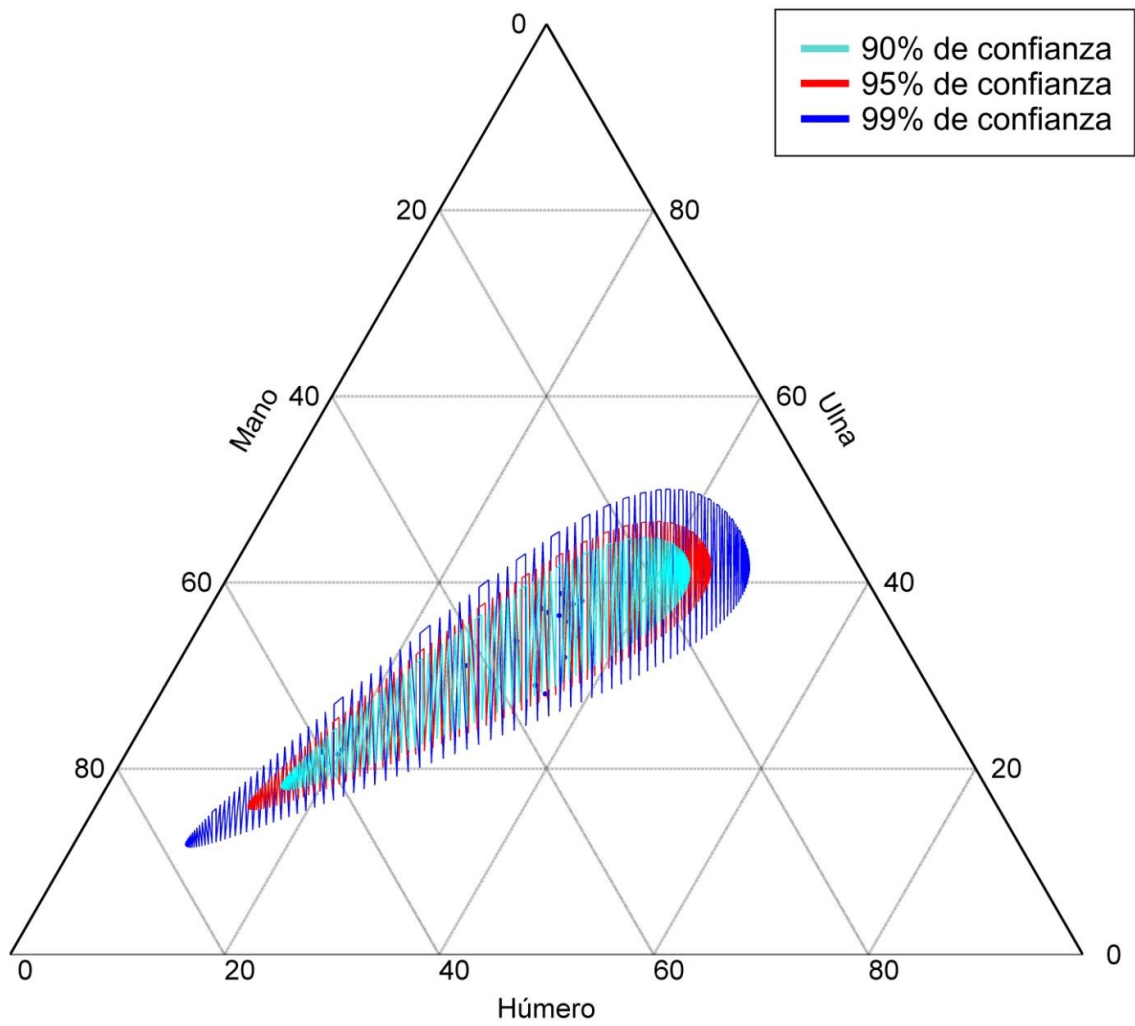
Los modelos enmarcados en la estadística inductiva o inferencial permiten evaluar las condiciones de un sistema afectado por variaciones aleatorias, como el muestreo, la experimentación y el error (Kaltenbach, 2012). Como en cualquier otro espacio de distribución, la estadística inferencial puede ser aplicada para estudios en simplex. Su alcance es notable, al considerar el conjunto de casos analizados como miembros componentes de una población con una distribución dada, proyectando informaciones sobre su composición y características.

No obstante, los métodos inductivos presentan limitaciones en simplex, dada la condición definida por (B.2), en donde el espacio en el cual se restringe está en  $[0, 1]$ , mientras que diversas pruebas estadísticas contemplan rangos diversos a éste. Algunos autores como Aitchison (1986) y Cornell (2011) recopilan diversos métodos que pueden determinar la distribución de la variabilidad de la data composicional, siendo ésta tratada como una selección muestral. Para fines del estudio se desarrolló el método de la distribución de  $T^2$  de Hotelling, la cual fue empleada en el diagrama ternario usado en este trabajo para determinar los intervalos de confianza en la distribución de morfotipos.

### B.2.1. La distribución $T^2$ de Hotelling en simplex bidimensionales

La distribución de Hotelling es una generalización de la distribución  $t$  de Student para estadística multivariada, la cual mide la distancia que tienen los casos en estudio hacia su centroide, determinando la variabilidad en la distribución y proyectando espacios de confianza (Sen, 2000). Este modelo está contenido en la teoría de la multinormalidad, la cual explica los métodos de aproximaciones estables bajo transformaciones lineales (Härdle y Simar, 2011).

En los simplex, este estadístico se emplea en la determinación distribuciones de conjuntos de datos multivariados, fundamentándose en los intervalos de confianza, proveyendo de niveles significativos en los cuales se puede determinar si un caso pertenece o no a una distribución en particular. Härdle y Simar (2011) amplían el fundamento matemático del método, el cual se ha empleado para efectuar el código de análisis detallado en el apéndice F, representado en la Figura B.15.



**Figura B.15:** Diagrama ternario basado en la Figura B.10, en donde se representan los intervalos de confianza para la distribución de todos los morfotipos de aves según el método de  $T^2$  de Hotelling para el tamaño muestral evaluado. Se especifican tres áreas de confianza principales: 90%, 95% y 99% de confianza.

C

---

**Mediciones diversas en  
ejemplares de Neognathae  
(Aves, Neornithes)**

**Apéndice C: Mediciones diversas en ejemplares de Neognathae (Aves, Neornithes). Especies: 697. Ejemplares: 2693. (\*\*)**

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
ANSERIFORMES										
Anatidae										
<i>Anser fabalis</i>	1701	I	29,7632	1,62	0,268	0,467*	0,87*			
<i>Anser fabalis</i>	2164	I	30,4987	1,62	0,268	0,467	0,87			
<i>Anser albifrons</i>	1533	H	25,4973	1,35	0,229					
<i>Anser albifrons</i>	1534	H	21,5746	1,34	0,232					
<i>Anser albifrons</i>	1535	M	27,4586	1,31	0,216					
<i>Anser albifrons</i>	1536	H	21,5746	1,40	0,246					
<i>Anser albifrons</i>	1537	H	22,5553	1,42	0,232					
<i>Anser albifrons</i>	1538	M	23,5360	1,37	0,251					
<i>Anser albifrons</i>	1539	H	20,5940	1,29	0,219					
<i>Anser albifrons</i>	1540	M	23,8302	1,39	0,246					
<i>Anser albifrons</i>	1541	M	28,4393	1,45	0,252					
<i>Anser albifrons</i>	1542	H	21,8688	1,37	0,245					
<i>Anser albifrons</i>	1543	M	25,4973	1,45	0,242					
<i>Anser albifrons</i>	1544	M	25,4973	1,44	0,263					
<i>Anser albifrons</i>	1702	I	25,3208	1,41	0,184					
<i>Anser albifrons</i>	2162	I	16,8184	1,41	0,184	0,407	0,72			
<i>Anser anser</i>	392	I	22,5553	1,41	0,255					
<i>Anser anser</i>	393	H	36,8730	1,54	0,310					
<i>Anser anser</i>	394	H	34,0291	1,56	0,319					
<i>Anser anser</i>	395	M	43,9338	1,66	0,348					
<i>Anser anser</i>	396	M	32,8523	1,65	0,346					
<i>Anser anser</i>	1484	I	31,2832	1,60	0,343					
<i>Anser anser</i>	1566	I	36,9711	1,60	0,331					
<i>Anser anser</i>	1703	I	32,6169	1,55	0,308					
<i>Anser anser</i>	2163	I	30,0574	1,63	0,270	0,465	0,85			
<i>Anser indicus</i>	1522	M	23,3398	1,56	0,285					
<i>Anser indicus</i>	1523	M	26,7722	1,59	0,293					
<i>Anser indicus</i>	1524	H	21,5746	1,53	0,271					
<i>Anser indicus</i>	1525	H	21,8688	1,47	0,266					
<i>Anser indicus</i>	1526	H	20,5940	1,46	0,266					
<i>Anser indicus</i>	1527	H	23,5360	1,55	0,303					
<i>Anser indicus</i>	1528	M	29,4200	1,54	0,287					
<i>Anser indicus</i>	1529	M	24,5166	1,61	0,298					
<i>Anser indicus</i>	1530	H	23,5360	1,53	0,314					
<i>Anser indicus</i>	1531	H	24,5166	1,47	0,237					
<i>Anser indicus</i>	1532	H	22,5553	1,44	0,240					
<i>Branta bernicla</i>	1545	M	16,6713	1,18	0,165					
<i>Branta bernicla</i>	1546	M	17,1616	1,15	0,152					
<i>Branta bernicla</i>	1547	H	12,7486	1,09	0,139					
<i>Branta bernicla</i>	1548	H	11,2776	1,11	0,144					
<i>Branta bernicla</i>	1549	M	14,2196	1,12	0,144					
<i>Branta bernicla</i>	1550	M	13,7293	1,07	0,137					
<i>Branta bernicla</i>	1551	M	10,2970	1,04	0,131					
<i>Branta bernicla</i>	1552	M	12,2583	1,04	0,133					
<i>Branta bernicla</i>	1688	M	20,8882	1,17	0,160					
<i>Branta bernicla</i>	1689	H	20,8882	1,17	0,154					
<i>Branta bernicla</i>	1690	M	20,9862	1,15	0,152					
<i>Branta bernicla</i>	1691	M	17,3578	1,12	0,144					
<i>Branta bernicla</i>	1692	M	20,3978	1,20	0,172					
<i>Branta bernicla</i>	1693	M	20,2998	1,11	0,139					
<i>Branta bernicla</i>	1694	M	20,2017	1,13	0,150					
<i>Branta bernicla</i>	1695	M	20,1036	1,08	0,134					
<i>Branta bernicla</i>	1696	M	20,9862	1,19	0,159					
<i>Branta bernicla</i>	1697	M	20,3978	1,16	0,154					
<i>Branta bernicla</i>	1706	I	12,8075	1,01	0,113					
<i>Branta bernicla</i>	2171	I	12,4839	1,19	0,139	0,336	0,6			
<i>Branta bernicla hrota</i>	2672	H	10,0420	1,12*	0,126					
<i>Branta leucopsis</i>	1495	M	16,8674	1,27	0,192					
<i>Branta leucopsis</i>	1496	H	13,6312	1,22	0,177					
<i>Branta leucopsis</i>	1497	M	15,0042	1,28	0,185					
<i>Branta leucopsis</i>	1498	H	18,2404	1,33	0,205					
<i>Branta leucopsis</i>	1499	M	17,4558	1,36	0,227					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Anatidae										
<i>Branta leucopsis</i>	1500	H	13,4351	1,280	0,189					
<i>Branta leucopsis</i>	1501	M	19,0249	1,380	0,209					
<i>Branta leucopsis</i>	1502	M	15,5926	1,330	0,207					
<i>Branta leucopsis</i>	1503	H	14,0235	1,250	0,184					
<i>Branta leucopsis</i>	1504	H	15,4945	1,310	0,197					
<i>Branta leucopsis</i>	1505	M	15,9848	1,360	0,188					
<i>Branta leucopsis</i>	1506	H	15,9848	1,330	0,209					
<i>Branta leucopsis</i>	1507	H	14,7100	1,330	0,207					
<i>Branta leucopsis</i>	1508	H	15,4945	1,310	0,203					
<i>Branta leucopsis</i>	1509	M	17,0636	1,350	0,223					
<i>Branta leucopsis</i>	1510	H	15,2003	1,330	0,199					
<i>Branta leucopsis</i>	1511	H	17,7500	1,390	0,222					
<i>Branta leucopsis</i>	1512	M	18,6326	1,350	0,231					
<i>Branta leucopsis</i>	1513	M	17,2597	1,350	0,224					
<i>Branta leucopsis</i>	1514	M	17,3578	1,350	0,238					
<i>Branta leucopsis</i>	1515	M	15,6906	1,380	0,224					
<i>Branta leucopsis</i>	1516	H	15,2984	1,340	0,232					
<i>Branta leucopsis</i>	1517	M	18,7307	1,400	0,236					
<i>Branta leucopsis</i>	1518	M	17,9462	1,380	0,238					
<i>Branta leucopsis</i>	1519	H	18,1423	1,360	0,229					
<i>Branta leucopsis</i>	1520	M	19,7114	1,400	0,246					
<i>Branta leucopsis</i>	1521	M	19,8094	1,350	0,233					
<i>Branta leucopsis</i>	1705	I	16,7203	1,080	0,115					
<i>Branta leucopsis</i>	2173	I	11,2777	1,080	0,115	0,356	0,670			
<i>Branta canadensis</i>	397	H	57,2708	1,720	0,381					
<i>Branta canadensis</i>	398	H	52,2694	1,680	0,357					
<i>Branta canadensis</i>	399	M	44,7183	1,650	0,373					
<i>Branta canadensis</i>	400	M	55,0153	1,710	0,376					
<i>Branta canadensis</i>	1580	I	55,5253	1,660*	0,282					
<i>Branta canadensis</i>	1704	I	35,5785	1,690	0,372					
<i>Branta canadensis</i>	2172	I	55,5253	1,500	0,282	0,464	0,860			
<i>Branta canadensis</i>	2691	I	55,5253	1,660*	0,282					
<i>Cygnus olor</i>	432	M	110,8151	2,360	0,681					
<i>Cygnus olor</i>	433	M	76,4919	2,440	0,675					
<i>Cygnus olor</i>	434	H	77,4725	2,240	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	435	H	74,1383	2,200	0,625					
<i>Cygnus olor</i>	436	H	68,6466	2,200	0,575					
<i>Cygnus olor</i>	437	H	75,5112	2,200	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	438	H	68,6466	2,120	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	439	H	84,3372	2,280	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	440	H	81,3952	2,240	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	441	H	73,5499	2,200	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	442	H	79,3358	2,120	0,625					
<i>Cygnus olor</i>	443	M	88,2599	2,400	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	444	M	108,8538	2,300	0,728					
<i>Cygnus olor</i>	445	M	91,2018	2,380	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	446	M	101,9892	2,400	0,755					
<i>Cygnus olor</i>	447	M	94,1438	2,440	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	448	M	75,5112	2,100	0,572					
<i>Cygnus olor</i>	449	M	104,9312	2,400	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	450	M	96,1052	2,440	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	451	M	102,9698	2,440	0,659*					
<i>Cygnus olor</i>	452	M	69,6272	2,320	0,618					
<i>Cygnus olor</i>	1575	I	113,7768	2,300*	0,681					
<i>Cygnus olor</i>	1698	I	103,9211	2,300	0,650					
<i>Cygnus olor</i>	1929	I	88,3579	2,310	0,682					
<i>Cygnus olor</i>	2179	I	113,7768	2,400	0,681	0,553	1,500			
<i>Cygnus olor</i>	2693	H	113,7768	2,300*	0,681					
<i>Cygnus columbianus</i>	411	M	93,1632	2,200	0,599					
<i>Cygnus columbianus</i>	412	M	88,2599	2,050	0,557					
<i>Cygnus columbianus</i>	413	M	71,5885	2,100	0,542					
<i>Cygnus columbianus</i>	1699	I	65,0867	1,980	0,461					
<i>Cygnus columbianus</i>	2177	I	58,2809	2,040	0,416	0,550	1,200			
<i>Cygnus columbianus</i>	2692	I	58,2809	2,000*	0,416					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	403	I	66,3579*	2,000	0,433					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	404	H	66,3579*	1,960	0,430					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	405	H	66,3579*	1,840	0,334					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	406	H	49,1313	1,930	0,438					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	407	H	66,3579*	1,960	0,404					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	408	H	47,0719	1,920	0,402					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	409	M	66,3579*	2,000	0,451					
<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	410	M	66,3579*	2,030	0,479					
<i>Cygnus cygnus</i>	414	I	50,0139	2,260	0,617					
<i>Cygnus cygnus</i>	415	I	82,5158*	2,440	0,668					
<i>Cygnus cygnus</i>	416	I	86,2985	2,440	0,711					
<i>Cygnus cygnus</i>	417	I	61,7819	2,260	0,552					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Anatidae										
<i>Cygnus cygnus</i>	418	H	82,5158*	2,260	0,612*					
<i>Cygnus cygnus</i>	419	H	88,2599	2,250	0,640					
<i>Cygnus cygnus</i>	420	H	72,5692	2,180	0,549					
<i>Cygnus cygnus</i>	421	H	82,5158*	2,070	0,525					
<i>Cygnus cygnus</i>	422	H	77,4725	2,200	0,560					
<i>Cygnus cygnus</i>	423	H	60,8012	2,180	0,561					
<i>Cygnus cygnus</i>	424	H	42,1686	2,110	0,495					
<i>Cygnus cygnus</i>	425	M	82,5158*	2,320	0,618					
<i>Cygnus cygnus</i>	426	M	123,5638	2,520	0,797					
<i>Cygnus cygnus</i>	427	M	105,9118	2,300	0,625					
<i>Cygnus cygnus</i>	428	M	101,0085	2,340	0,686					
<i>Cygnus cygnus</i>	429	M	101,9892	2,280	0,630					
<i>Cygnus cygnus</i>	430	M	82,5158*	2,340	0,633					
<i>Cygnus cygnus</i>	431	M	82,5158*	2,460	0,676					
<i>Cygnus cygnus</i>	1555	I	122,5831	2,560	0,756					
<i>Cygnus cygnus</i>	1700	I	85,2100	2,290	0,605					
<i>Cygnus cygnus</i>	2178	I	58,1044	2,300	0,338	0,561	1,500			
<i>Coscoroba coscoroba</i>	402	M	39,7169	1,760	0,384					
<i>Neochen jubata</i>	454	I	18,4365	1,250	0,228					
<i>Tadorna tadorna</i>	1707	I	11,6993							
<i>Aix sponsa</i>	2120	I	5,7859	0,370	0,044	0,257				
<i>Aix sponsa</i>	2151	I	5,7761	0,710	0,066		0,340			
<i>Aix sponsa</i>	2657	I	5,7761	0,540*	0,066					0,242*
<i>Anas strepera</i>	2662	I	7,0902	0,810*	0,072		0,510*			
<i>Anas strepera</i>	2161	I	8,0709	0,810	0,079	0,245	0,510			
<i>Anas penelope</i>	367	H	7,6002	0,810	0,084					
<i>Anas penelope</i>	368	H	7,3550	0,820	0,084					
<i>Anas penelope</i>	369	H	6,1292	0,780	0,074					
<i>Anas penelope</i>	370	H	6,6195	0,760	0,068					
<i>Anas penelope</i>	371	M	8,5808	0,850	0,090					
<i>Anas penelope</i>	372	M	6,6195	0,820	0,080					
<i>Anas penelope</i>	373	M	7,1098	0,820	0,082					
<i>Anas penelope</i>	374	M	8,8260	0,870	0,093					
<i>Anas penelope</i>	375	M	7,8453	0,850	0,087					
<i>Anas penelope</i>	376	M	8,8260	0,840	0,086					
<i>Anas penelope</i>	1565	I	7,5511	0,820	0,083					
<i>Anas penelope</i>	1708	I	7,6786	0,820	0,081					
<i>Anas penelope</i>	1930	I	7,5511	0,820	0,083					
<i>Anas penelope</i>	2157	I	8,1395	0,860	0,066	0,254	0,460			
<i>Anas rubripes</i>	1657	I	10,0616	1,590*	0,091	0,271				
<i>Anas rubripes</i>	2160	I	11,1992	0,900	0,101		0,410			
<i>Anas rubripes tristis</i>	2675	H	11,1992	0,810*	0,101	0,267*				
<i>Anas platyrhynchos</i>	377	H	9,5615	0,860	0,095					
<i>Anas platyrhynchos</i>	378	H	10,1008	0,850	0,097					
<i>Anas platyrhynchos</i>	379	H	11,0815	0,910	0,108					
<i>Anas platyrhynchos</i>	380	H	11,0815	0,880	0,103					
<i>Anas platyrhynchos</i>	381	H	10,7873	0,900	0,117					
<i>Anas platyrhynchos</i>	382	H	4,2659	0,820	0,084					
<i>Anas platyrhynchos</i>	383	M	13,2390	0,910	0,105					
<i>Anas platyrhynchos</i>	384	M	12,2583	0,910	0,110					
<i>Anas platyrhynchos</i>	385	M	12,5525	0,920	0,124					
<i>Anas platyrhynchos</i>	386	M	11,2776	0,890	0,108					
<i>Anas platyrhynchos</i>	387	M	10,2970	0,870	0,101					
<i>Anas platyrhynchos</i>	388	M	12,2583	0,890	0,105					
<i>Anas platyrhynchos</i>	389	M	11,2776	0,860	0,101					
<i>Anas platyrhynchos</i>	390	M	9,8067	0,870	0,105					
<i>Anas platyrhynchos</i>	391	M	11,0815	0,940	0,119					
<i>Anas platyrhynchos</i>	1614	I	10,8363	0,900	0,090					
<i>Anas platyrhynchos</i>	1710	I	10,6108	0,880	0,106					
<i>Anas platyrhynchos</i>	2158	I	10,8363	0,900	0,093	0,259	0,580			
<i>Anas p. platyrhynchos</i>	2677	H	12,0965	0,890*	0,095					
<i>Anas p. platyrhynchos</i>	2682	M	13,8078	0,890*	0,103					
<i>Anas discors</i>	365	M	3,6775	0,640	0,049					
<i>Anas discors</i>	2156	I	3,2558	0,640	0,037	0,184	0,380			
<i>Anas discors</i>	2642	I	3,2558	0,640*	0,037					
<i>Anas clypeata</i>	2154	I	6,2076	0,800	0,061		0,232			0,510
<i>Anas clypeata</i>	2656	I	5,5898	0,800*	0,057	0,232*	0,510*			
<i>Anas acuta</i>	1711	I	10,0420	0,900	0,088					
<i>Anas acuta</i>	2085	I	6,6195	1,010	0,076					
<i>Anas acuta</i>	2152	I	9,5125	0,890	0,076	0,256	0,560			
<i>Anas acuta iztzihoa</i>	2671	I	9,5125	0,930*	0,076					
<i>Anas georgica</i>	366	I	4,2855	0,680	0,065					
<i>Anas querquedula</i>	2159	I	3,2068	0,650	0,040	0,193	0,380			
<i>Anas crecca</i>	361	H	2,3046	0,580	0,046					
<i>Anas crecca</i>	362	H	2,2065	0,580	0,042					
<i>Anas crecca</i>	363	M	2,2163	0,600	0,043					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Anatidae</b>										
<i>Anas crecca</i>	364	M	2,3144	0,624	0,049					
<i>Anas crecca</i>	1709	I	3,4127	0,590	0,043					
<i>Anas crecca</i>	2155	I	2,8734	0,578	0,035	0,179	0,350			
<i>Anas crecca carolinensis</i>	2641	H	3,1479	0,595*	0,037					
<i>Anas crecca carolinensis</i>	2153	I	3,1479	0,610	0,037	0,175	0,270			
<i>Aythya ferina</i>	1712	I	8,0709	0,770	0,062	0,217*	0,460*			
<i>Aythya ferina</i>	2167	I	8,2572	0,774	0,062	0,217	0,460			
<i>Aythya collaris</i>	2166	I	7,4266	0,710	0,046	0,197	0,310			
<i>Aythya collaris</i>	2663	I	7,4267	0,710*	0,046	0,197*	0,310*			
<i>Aythya nyroca</i>	2170	I	5,0210	0,680	0,051	0,184	0,400			
<i>Aythya fuligula</i>	1713	I	6,8058	0,710	0,047	0,208*	0,430*			
<i>Aythya fuligula</i>	2168	I	7,2667	0,706	0,047	0,208	0,430			
<i>Aythya marila</i>	1714	I	9,1300	0,820	0,062	0,219*	0,480*			
<i>Aythya marila</i>	2169	I	6,6195	0,814	0,062	0,219	0,480			
<i>Aythya affinis</i>	2165	I	7,4825	0,740	0,047	0,200	0,310			
<i>Aythya affinis</i>	2664	H	7,4825	0,740*	0,047	0,200*	0,310*			
<i>Polysticta stelleri</i>	1717	I	7,8944							
<i>Somateria spectabilis</i>	1716	I	15,6024	0,930	0,108					
<i>Somateria mollissima</i>	455	H	15,2003	0,970	0,128					
<i>Somateria mollissima</i>	456	H	11,9641	0,986	0,134					
<i>Somateria mollissima</i>	1715	I	19,7604	0,980	0,131					
<i>Somateria mollissima</i>	1931	I	13,6312	0,978	0,131					
<i>Melanitta fusca</i>	1720	I	17,0930	0,970	0,101	0,256*	0,560*			
<i>Melanitta fusca</i>	2180	I	15,4749	0,967	0,101	0,256	0,560			
<i>Melanitta nigra</i>	1719	I	9,7086	0,850	0,068	0,229*	0,480*			
<i>Melanitta nigra</i>	2181	I	8,5318	0,850	0,068	0,229	0,480			
<i>Clangula hyemalis</i>	401	H	2,7380	0,690	0,058					
<i>Clangula hyemalis</i>	1718	I	8,5710	0,710	0,067					
<i>Clangula hyemalis</i>	2176	I	10,1793	0,760	0,055	0,221	0,530			
<i>Clangula hyemalis</i>	2673	M	10,1793	0,720*	0,055					
<i>Bucephala albeola</i>	2174	I	3,6971	0,590	0,041	0,164	0,350			
<i>Bucephala albeola</i>	2647	M	3,6971	0,590*	0,041	0,164*	0,350*			
<i>Bucephala clangula</i>	1721	I	8,8358	0,700	0,060	0,196*	0,460*			
<i>Bucephala clangula</i>	2175	I	6,0997	0,700	0,052	0,196	0,460			
<i>Mergellus albellus</i>	2182	I	4,8543	0,625	0,043	0,174	0,400			
<i>Mergus merganser</i>	1723	I	14,6021	0,930	0,077	0,262*	0,660*			
<i>Mergus merganser</i>	2183	I	14,4158	0,955	0,085	0,262	0,660			
<i>Mergus serrator</i>	453	H	4,5111	0,860	0,077	0,256*	0,630*			
<i>Mergus serrator</i>	1722	I	9,8459	0,870	0,068	0,256*	0,630*			
<i>Mergus serrator</i>	2184	I	8,0218	0,886	0,059	0,244	0,580			
<i>Oxyura jamaicensis</i>	2185	I	6,2272	0,580	0,039	0,147	0,390			
<i>Oxyura jamaicensis rubida</i>	2660	I	6,2272	0,580*	0,039	0,147*	0,390*			
<b>GALLIFORMES</b>										
<b>Odontophoridae</b>										
<i>Colinus virginianus</i>	2095	I	1,4710	0,352	0,018					
<i>Colinus virginianus</i>	901	I	1,7162	0,360	0,026					
<i>Colinus virginianus</i>	1666	I	1,9564	0,345	0,024					
<i>Colinus virginianus</i>	2119	I	1,4710	0,171	0,016	0,145				
<i>Colinus virginianus</i>	2235	I	1,6191	0,331	0,021	0,104	0,270			
<i>Colinus v. virginianus</i>	2632	I	1,9480	0,312*	0,022					
<b>Phasianidae</b>										
<i>Alectoris graeca</i>	2233	I	5,9477	0,550	0,047	0,161	0,330			
<i>Alectoris chukar</i>	1667	I	4,8200	0,510	0,048	0,166*	0,340*			
<i>Alectoris rufa</i>	2234	I	4,8053	0,544	0,052	0,166	0,340			
<i>Perdix perdix</i>	902	I	3,5598	0,504	0,046					
<i>Perdix perdix</i>	903	H	3,2558	0,496	0,046					
<i>Perdix perdix</i>	2239	I	3,7952	0,525	0,043	0,153	0,300			
<i>Coturnix japonica</i>	2237	I	1,37395	0,316	0,019	0,102	0,180			
<i>Coturnix coturnix</i>	2236	I	0,81598	0,358	0,017	0,105	0,180			
<i>Gallus gallus</i>	2238	I	25,5954	0,653	0,127	0,230	0,720			
<i>Phasianus colchicus</i>	1615	I	16,2790	0,850	0,156					
<i>Phasianus colchicus</i>	1668	I	9,2516	0,681	0,100					
<i>Phasianus colchicus</i>	2240	I	12,7879	0,800	0,092	0,234	0,850			
<i>Phasianus colchicus torquatus</i>	2678	I	12,7879	0,777*	0,092					
<i>Tetrao urogallus</i>	1584	I	32,9602	1,117*	0,141	0,348*	0,740*			
<i>Tetrao urogallus</i>	2231	H	18,5346	0,915	0,122	0,336	0,610			
<i>Tetrao urogallus</i>	2232	M	32,9602	1,318	0,141	0,360	0,860			
<i>Tetrao tetrix</i>	2229	H	9,2183	0,764	0,085	0,216	0,410			
<i>Tetrao tetrix</i>	2230	M	10,1009	0,838	0,097	0,232	0,530			
<i>Bonasa bonasia</i>	2228	I	2,7263	0,529	0,039	0,163	0,360			
<i>Bonasa umbellus</i>	2224	I	5,0651	0,053	0,053	0,184	0,360			
<i>Bonasa u. umbellus</i>	2654	I	5,0651	0,053	0,053	0,184*	0,360*			
<i>Centrocerus urophasianus</i>	904	M	11,7680	0,810	0,126					
<i>Centrocerus urophasianus</i>	905	H	12,4544	0,926	0,128					
<i>Centrocerus urophasianus</i>	906	H	12,7486	0,900	0,132					
<i>Centrocerus urophasianus</i>	907	H	14,7100	0,916	0,131					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Phasianidae</b>										
<i>Centrocercus urophasianus</i>	908	H	12,2583	0,892	0,113					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	909	H	13,1409	0,886	0,120					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	910	H	14,1216	0,898	0,126					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	911	H	13,6312	0,888	0,132					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	912	H	13,2390	0,898	0,123					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	913	M	21,8688	1,110	0,192					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	914	M	25,7915	1,060	0,177					
<i>Centrocercus urophasianus</i>	915	M	24,7128	1,050	0,185					
<i>Lagopus lagopus</i>	2225	I	6,0801	0,682	0,063	0,213	0,390			
<i>Lagopus lagopus scotica</i>	2227	I	6,1194	0,709	0,059	0,214	0,390			
<i>Lagopus muta</i>	2226	I	4,5356	0,603	0,049	0,186	0,335			
<i>Meleagris gallopavo</i>	1583	I	38,2165		0,375					
<i>Meleagris gallopavo</i>	1669	I	68,5808	1,352	0,437					
<i>Meleagris gallopavo</i>	2048	I	34,8793	1,028	0,253					
<i>Meleagris gallopavo</i>	2241	I	38,2165		0,375	0,414	0,860			
<i>Meleagris gallopavo silvestris</i>	2689	H	38,2165		0,375					
<b>GAVIIFORMES</b>										
<b>Gaviidae</b>										
<i>Gavia stellata</i>	1486	M	22,6534	1,150	0,128					
<i>Gavia stellata</i>	1762	I	14,7590	1,040	0,089					
<i>Gavia stellata</i>	2125	I	9,3850	1,040	0,089	0,266	0,560			
<i>Gavia arctica</i>	1763	I	24,9383	1,200	0,120					
<i>Gavia arctica</i>	2123	I	14,6609	1,200	0,120	0,309	0,640			
<i>Gavia immer</i>	916	I	41,1879	1,410	0,211					
<i>Gavia immer</i>	917	I	45,6009	1,330	0,192					
<i>Gavia immer</i>	918	I	41,1879	1,300	0,179					
<i>Gavia immer</i>	919	I	38,9324	1,360	0,184					
<i>Gavia immer</i>	920	I	43,6396	1,390	0,200					
<i>Gavia immer</i>	921	I	43,0512	1,380	0,201					
<i>Gavia immer</i>	922	I	40,5995	1,370	0,207					
<i>Gavia immer</i>	923	I	37,2653	1,420	0,175*					
<i>Gavia immer</i>	924	I	13,7293	1,250	0,147					
<i>Gavia immer</i>	925	I	23,5360	1,265	0,148					
<i>Gavia immer</i>	926	I	39,2266	1,440	0,175*					
<i>Gavia immer</i>	927	I	12,2583	1,300	0,149					
<i>Gavia immer</i>	928	I	27,8509	1,300	0,184					
<i>Gavia immer</i>	929	I	26,0857	1,260	0,175*					
<i>Gavia immer</i>	930	I	40,8937	1,390	0,195					
<i>Gavia immer</i>	931	I	41,3841	1,440	0,209					
<i>Gavia immer</i>	932	I	14,7100	1,300	0,170					
<i>Gavia immer</i>	933	I	42,8551	1,320	0,175*					
<i>Gavia immer</i>	934	I	47,0719	1,410	0,210					
<i>Gavia immer</i>	935	I	53,9366	1,270	0,158					
<i>Gavia immer</i>	936	H	35,3039	1,390	0,183					
<i>Gavia immer</i>	937	H	13,7293	1,310	0,163					
<i>Gavia immer</i>	938	M	36,7749	1,480	0,196					
<i>Gavia immer</i>	939	M	47,5623	1,470	0,201					
<i>Gavia immer</i>	2124	I	23,7811	1,470	0,136	0,360	0,750			
<i>Gavia i. immer</i>	2688	H	23,7811	1,361*	0,136					
<i>Gavia adamsii</i>	1764	I	53,9366	1,323*	0,168*					
<b>PODICIPEDIFORMES</b>										
<b>Podicipedidae</b>										
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2130	I	1,7652	0,440	0,024	0,102	0,260			
<i>Podilymbus podiceps</i>	2129	I	3,3686	0,600	0,029	0,124	0,230			
<i>Podilymbus p. podiceps</i>	2644	I	3,3686	0,600*	0,029	0,124*	0,230*			
<i>Podiceps auritus</i>	2126	I	3,6236	0,590	0,035	0,145	0,330			
<i>Podiceps auritus</i>	2645	I	3,6236	0,590*	0,035	0,145*	0,330*			
<i>Podiceps grisegena</i>	2128	I	4,7072	0,720	0,054	0,164	0,430			
<i>Podiceps cristatus</i>	2127	I	7,7472	0,786	0,056	0,176	0,480			
<i>Aechmophorus occidentalis</i>	1318	I		0,794	0,076		0,260			
<b>PHOENICOPTERIFORMES</b>										
<b>Phoenicopteridae</b>										
<i>Phoenicopus minor</i>	1476	M	14,1216	1,370	0,203					
<i>Phoenicopus minor</i>	1477	M	16,8674	1,320	0,213					
<i>Phoenicopus minor</i>	1478	I	13,9254	1,310	0,197					
<i>Phoenicopus minor</i>	1479	M	18,4365	1,300	0,202					
<i>Phoenicopus minor</i>	1480	H	11,1796	1,280	0,185					
<i>Phoenicopus minor</i>	1481	H	11,1796	1,260	0,187					
<i>Phoenicopus minor</i>	1724	I	29,9397	1,530	0,272					
<b>SPHENISCIFORMES</b>										
<b>Spheniscidae</b>										
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	1939	I	117,6798		0,041					
<i>Aptenodytes forsteri</i>	1938	I	244,1856		0,047					
<i>Pygoscelis adeliae</i>	1941	I	37,2653		0,014					
<i>Pygoscelis papua</i>	1940	I	50,9946		0,020					

Continúa



Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Spheniscidae										
<i>Pygoscelis antarcticus</i>	1942	I	37,2653		0,016					
<i>Eudyptula minor</i>	1944	I	10,7873		0,007					
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	1464	I	47,0719	0,510	0,024					
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	1943	I	31,3813	0,510*	0,017					
PROCELLARIIFORMES										
Diomedeidae										
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	1319	I	35,3039	2,200	0,352					
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	1320	I	36,7749	2,160	0,316					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1329	I	28,4393	2,240	0,355					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1330	I	37,2653	2,160	0,356					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1331	H	28,4393	2,140	0,330					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1332	H	29,4200	2,250	0,371					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1333	H	27,4586	2,090	0,337					
<i>Thalassarche melanophris</i>	1334	M	29,9103	2,150	0,341					
<i>Thalassarche melanophris</i>	2055	I	30,2045	2,190	0,354					
<i>Phoebastria palpebrata</i>	1335	I	25,1050	2,180	0,338					
<i>Diomedea exulans</i>	1321	I	77,4725	2,990	0,622					
<i>Diomedea exulans</i>	1322	I	91,2018	3,040	0,577					
<i>Diomedea exulans</i>	1323	I	101,0085	2,910	0,519					
<i>Diomedea exulans</i>	1324	I	76,0015	3,030	0,567					
<i>Diomedea exulans</i>	1325	I	44,1299	3,010	0,617					
<i>Diomedea exulans</i>	1326	H	70,6079	3,020	0,558					
<i>Diomedea exulans</i>	1327	H	70,3137	3,020	0,632					
<i>Diomedea exulans</i>	1328	M	93,8496	3,060	0,644					
<i>Diomedea exulans</i>	1577	I	83,3761	3,048*	0,621					
<i>Diomedea exulans</i>	1864	I	85,5708	3,030	0,613					
<i>Diomedea exulans</i>	2056	I	83,8469	3,010	0,583					
<i>Diomedea exulans</i>	2131	I	83,3761	3,408	0,621	0,674	1,300			
Procellariidae										
<i>Macronectes giganteus</i>	1405	I	25,4973	1,970	0,305					
<i>Macronectes giganteus</i>	1406	I	32,8523	2,000	0,339					
<i>Macronectes giganteus</i>	1407	H	30,2045	1,870	0,305					
<i>Macronectes giganteus</i>	1408	M	38,7363	2,060	0,355					
<i>Macronectes giganteus</i>	2054	I	31,7736	1,980	0,326					
<i>Macronectes halli</i>	1409	H	37,2653	1,930	0,313					
<i>Macronectes halli</i>	1410	M	43,6396	2,090	0,349					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1397	I	7,4531	1,120	0,109					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1398	I	8,9437	1,140	0,131					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1399	I	7,7963	1,130	0,118					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1400	I	7,7110*	1,140	0,120					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1401	I	7,7110*	1,100	0,109					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1402	I	7,7110*	1,150	0,123					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1403	I	8,1395	1,110	0,122					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1660	I	7,0608	1,090	0,102					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1863	I	7,1975	1,090	0,114					
<i>Fulmarus glacialis</i>	1887	I	7,9924	1,130	0,124					
<i>Fulmarus glacialis</i>	2132	I	7,1049	1,090	0,102	0,325	0,470			
<i>Daption capense</i>	1395	I	3,9913	0,870	0,077					
<i>Daption capense</i>	1396	I	4,2071	0,880	0,078					
<i>Daption capense</i>	2053	I	4,0992	0,875	0,077					
<i>Pagodroma nivea</i>	1452	I		0,840	0,073					
<i>Halobaena caerulea</i>	1404	I		0,690	0,052					
<i>Pachyptila desolata</i>	1411	I	1,6181	0,620	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1412	I	1,5691	0,633	0,044					
<i>Pachyptila desolata</i>	1413	I	1,3239	0,640	0,044					
<i>Pachyptila desolata</i>	1414	I	1,4220	0,623	0,043					
<i>Pachyptila desolata</i>	1415	I	1,3729	0,613	0,046					
<i>Pachyptila desolata</i>	1416	I	1,5200	0,635	0,046					
<i>Pachyptila desolata</i>	1417	I	1,5691	0,631	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1418	I	1,4220	0,645	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1419	I	1,4710	0,634	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1420	I	1,3729	0,620	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1421	I	1,6181	0,632	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1422	I	1,5495	0,620	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1423	I	1,4220	0,623	0,044					
<i>Pachyptila desolata</i>	1424	I	1,5200	0,640	0,046					
<i>Pachyptila desolata</i>	1425	I	2,3046	0,640	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1426	I	1,5200	0,640	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1427	I	1,6181	0,650	0,049					
<i>Pachyptila desolata</i>	1428	I	1,3729	0,630	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1429	I	1,5691	0,622	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1430	I	1,7162	0,648	0,051					
<i>Pachyptila desolata</i>	1431	I	1,7162	0,666	0,049					
<i>Pachyptila desolata</i>	1432	I	1,5200	0,650	0,049					
<i>Pachyptila desolata</i>	1433	I	1,3729	0,646	0,048					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Procellariidae										
<i>Pachyptila desolata</i>	1434	I	1,4514	0,628	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1435	I	1,4710	0,642	0,050					
<i>Pachyptila desolata</i>	1436	I	1,5200	0,645	0,050					
<i>Pachyptila desolata</i>	1437	I	1,4024	0,635	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1438	I	1,3729	0,622	0,043					
<i>Pachyptila desolata</i>	1439	I	1,6181	0,645	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1440	I	1,6181	0,647	0,050					
<i>Pachyptila desolata</i>	1441	I	1,3239	0,639	0,049					
<i>Pachyptila desolata</i>	1442	I	1,7652	0,643	0,049					
<i>Pachyptila desolata</i>	1443	I	1,4220	0,623	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1444	I	1,4220	0,650	0,051					
<i>Pachyptila desolata</i>	1445	I	1,3239	0,615	0,044					
<i>Pachyptila desolata</i>	1446	I	1,4220	0,640	0,046					
<i>Pachyptila desolata</i>	1447	I	1,2749	0,646	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1448	I	1,3239	0,618	0,045					
<i>Pachyptila desolata</i>	1449	I	1,6671	0,640	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	1450	I	1,6377	0,615	0,046					
<i>Pachyptila desolata</i>	1451	I	1,7652	0,651	0,048					
<i>Pachyptila desolata</i>	1568	I	1,5200	0,637	0,047					
<i>Pachyptila desolata</i>	2051	I	1,5200	0,635	0,047					
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1453	I	9,8067	1,410	0,162					
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1454	I	9,9047	1,380	0,175					
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1455	I	12,0622	1,420	0,163					
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1456	I	10,5912*	1,440	0,166					
<i>Puffinus pacificus</i>	1908	I	3,7265	1,010	0,100					
<i>Puffinus nativitatis</i>	1909	I	3,3343	0,820	0,070					
<i>Puffinus puffinus</i>	1463	I	3,8246	0,820	0,060	0,238*	0,350*			
<i>Puffinus puffinus</i>	2134	I	3,3539	0,811	0,056	0,238	0,350			
<i>Puffinus lherminieri</i>	1457	I	1,5887	0,700	0,049					
<i>Puffinus lherminieri</i>	1458	I	2,1575	0,690	0,048					
<i>Puffinus lherminieri</i>	1459	I	0,8041	0,625	0,040					
<i>Puffinus lherminieri</i>	1460	I	1,8142	0,660	0,046					
<i>Puffinus lherminieri</i>	1461	I	0,9807	0,700	0,045					
<i>Puffinus lherminieri</i>	1462	I	2,5497	0,650	0,048					
<i>Puffinus lherminieri</i>	2133	I	5,6094	1,211	0,128	0,349	0,485			
Hydrobatidae										
<i>Oceanites oceanicus</i>	1366	I	0,3236	0,403	0,021					
<i>Oceanites oceanicus</i>	1367	I	0,3334	0,375	0,019					
<i>Oceanites oceanicus</i>	1368	I	0,4021	0,440	0,027					
<i>Oceanites oceanicus</i>	1369	I	0,2942	0,365	0,020					
<i>Oceanites oceanicus</i>	2049	I	0,3432	0,396	0,022					
<i>Garrodia nereis</i>	1337	I	0,3138	0,350	0,017					
<i>Garrodia nereis</i>	1338	I	0,2452	0,345	0,018					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1339	I	0,2324	0,351	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1340	I	0,2618	0,362	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1341	I	0,2599	0,360	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1342	I	0,2697	0,359	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1343	I	0,2697	0,363	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1344	I	0,2354	0,341	0,015					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1345	I	0,2511	0,357	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1346	I	0,2520	0,357	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1347	I	0,2599	0,361	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1348	I	0,2697	0,356	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1349	I	0,2471	0,354	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1350	I	0,2569	0,364	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1351	I	0,2501	0,343	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1352	I	0,2334	0,353	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1353	I	0,2412	0,352	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1354	I	0,2354	0,352	0,015					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1355	I	0,2403	0,357	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1356	I	0,2471	0,358	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1357	I	0,2530	0,353	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1358	I	0,2864	0,358	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1359	I	0,2393	0,351	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1360	I	0,2442	0,357	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1361	I	0,2540	0,365	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1362	I	0,2520	0,347	0,015					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1363	I	0,2550	0,352	0,017					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1364	I	0,2795	0,354	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1365	I	0,2550	0,359	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	1567	I	0,2530	0,355	0,016					
<i>Hydrobates pelagicus</i>	2135	I	0,1706	0,332	0,010	0,124	0,150			
<i>Fregatta tropica</i>	1336	I	0,6374	0,460	0,029					
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	1370	I	0,3334	0,470	0,029	0,186*				
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	2118	I	0,2648	0,317	0,025	0,212				

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Hydrobatidae										
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	2136	I	0,2599	0,480	0,025	0,159	0,200			
<i>Oceanodroma l. leucorhoa</i>	2586	I	0,2599	0,422*	0,025	0,186*				
Pelecanoididae										
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1386	I	1,2749	0,400	0,022					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1387	I	1,1768	0,404	0,022					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1388	I	1,3435	0,375	0,021					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1389	I	1,2749	0,407	0,021					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1390	I	1,3080*	0,410	0,023					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1391	I	1,4220	0,412	0,023					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1392	I	1,2258	0,401	0,023					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1393	I	1,3239	0,415	0,022					
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	1394	I	1,4220	0,416	0,023					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1371	I	1,2749	0,383	0,019					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1372	I	1,2062	0,360	0,018					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1373	I	1,0983	0,386	0,022					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1374	I	1,1278	0,382	0,019					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1375	I	1,0787	0,377	0,019					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1376	I	1,0591	0,396	0,020					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1377	I	1,2258	0,390	0,019					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1378	I	1,1768	0,393	0,021					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1379	I	1,3239	0,402	0,020					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1380	I	1,1964*	0,405	0,021					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1381	I	1,3239	0,403	0,021					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1382	I	1,2749	0,399	0,020					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1383	I	1,1768	0,393	0,020					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1384	I	1,2258	0,384	0,019					
<i>Pelecanoides georgicus</i>	1385	I	1,1768	0,386	0,019					
PHAETHONTIFORMES										
Phaethontidae										
<i>Phaethon lepturus</i>	1265	I	3,9913	0,920	0,077					
<i>Phaethon lepturus</i>	1266	I	3,1872	0,895	0,089					
<i>Phaethon lepturus</i>	1267	I	3,8442	0,950	0,087					
<i>Phaethon lepturus</i>	1268	I	3,8442	0,910	0,095					
<i>Phaethon lepturus</i>	1269	I	3,2460	0,910	0,082					
<i>Phaethon lepturus</i>	1270	I	3,6481	0,930	0,085*					
<i>Phaethon lepturus</i>	1271	I	3,8442	0,925	0,079					
<i>Phaethon lepturus</i>	1272	I	3,3245	0,925	0,089					
<i>Phaethon lepturus</i>	1273	I	3,3637	0,910	0,079					
<i>Phaethon lepturus</i>	1274	I	3,2852	0,925	0,086					
<i>Phaethon lepturus</i>	1275	I	4,1188	0,940	0,081					
<i>Phaethon lepturus</i>	1276	I	3,5108	0,853	0,085*					
<i>Phaethon lepturus</i>	1277	H	3,9717	0,910	0,078					
<i>Phaethon lepturus</i>	1278	H	3,5500	0,950	0,094					
<i>Phaethon lepturus</i>	1888	I	3,6285	0,923	0,085					
<i>Phaethon aethereus</i>	1263	I	6,3743	1,090	0,110					
<i>Phaethon aethereus</i>	1264	I	6,3743*	1,070	0,109					
<i>Phaethon rubricauda</i>	1913	I	6,3743	1,110	0,110					
CICONIIFORMES										
Ciconiidae										
<i>Ciconia nigra</i>	1773	I	29,4200	1,500	0,284					0,735*
<i>Ciconia abdimii</i>	672	I	10,1008	1,490	0,317					0,735*
<i>Ciconia ciconia</i>	353	I	33,3426	2,180	0,540					0,460
<i>Ciconia ciconia</i>	664	I	33,5714*	1,970	0,522					0,735*
<i>Ciconia ciconia</i>	1774	I	33,6564	1,910	0,533					0,735*
<i>Ciconia ciconia</i>	2148	I	33,7153	1,978	0,495	0,559	1,010			
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	357	I	69,5291	2,620	0,940					0,590
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	665	I	69,5291	2,620	0,935					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	666	I	47,0719	2,370	0,746					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	667	M	82,3759	2,640	1,010					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	668	M	52,9559	2,460	0,824					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	669	M	91,2018	2,870	1,120					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	670	M	73,5499	2,790	0,972					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	1579	I	68,9407	2,648*	0,823					
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	2149	I	68,9408	2,817	0,823	0,786	1,400			
<i>Mycteria americana</i>	671	I	26,5172*	1,780	0,439					
<i>Mycteria americana</i>	2083	I	26,5172	2,178	0,416					
SULIFORMES										
Fregatidae										
<i>Fregata aquila</i>	2139	I	15,8868	2,019	0,324	0,610	0,900			
<i>Fregata magnificens</i>	1238	H	9,3359	2,200	0,347					
<i>Fregata magnificens</i>	1239	H	9,8067	2,080	0,396					
<i>Fregata magnificens</i>	1240	M	11,9641	2,080	0,334					
<i>Fregata magnificens</i>	1569	I	16,3771	2,140	0,372					
<i>Fregata magnificens</i>	1572	I	14,7100	2,860	0,324					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long- alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Fregatidae										
<i>Fregata magnificens</i>	1894	I	14,4158	2,290	0,408					
<i>Fregata magnificens</i>	2072	H	14,5138	2,260	0,341	1,083		0,458		0,083
<i>Fregata magnificens</i>	2073	M	11,1796	2,130	0,231	1,036		0,446		0,080
<i>Fregata magnificens</i>	2076	I	16,3477	2,621	0,392					
Sulidae										
<i>Sula dactylatra</i>	1911	I	18,6326	1,640	0,220					
<i>Sula leucogaster</i>	1309	I	11,2776	1,510	0,191					
<i>Sula leucogaster</i>	1310	H	10,2512*	1,510	0,191					
<i>Sula leucogaster</i>	1311	H	7,1196	1,510	0,191					
<i>Sula leucogaster</i>	1910	I	12,3564	1,520	0,190					
<i>Sula sula</i>	1312	I	10,2970	1,470	0,206					
<i>Sula sula</i>	1912	I	10,7873	1,500	0,200					
<i>Morus bassanus</i>	1305	I	17,6520	1,850	0,240					
<i>Morus bassanus</i>	1306	I	24,3205*	1,840	0,283					
<i>Morus bassanus</i>	1307	I	24,3205*	1,860	0,258*					
<i>Morus bassanus</i>	1308	I	23,7321	1,850	0,262					
<i>Morus bassanus</i>	1889	I	29,5180	1,850	0,262					
<i>Morus bassanus</i>	2137	I	26,3799	1,836	0,245	0,487	0,91			
Phalacrocoracidae										
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1285	I	7,7473	1,210	0,172					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1286	I	10,2970	1,310	0,212					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1287	I	11,5718	1,150	0,158					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1288	I	9,7086	1,220	0,164					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1289	I	13,8274	1,160	0,176					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1290	I	14,6119	1,150	0,162					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1291	I	14,7100	1,310	0,210					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1292	I	7,7473	1,140	0,182*					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1293	I	12,4544	1,140	0,171					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1294	I	13,4351	1,170	0,181					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1295	H	14,9061	1,180	0,192					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1296	M	15,6906	1,190	0,202					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1297	M	13,9254	1,160	0,188					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1601	I	7,7473	1,210	0,182*					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	1891	I	13,8274	1,160	0,179					
<i>Phalacrocorax auritus</i>	2075	I	17,7304	1,417	0,175					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1298	I	22,1630	1,310	0,204					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1299	I	25,5954	1,410	0,231					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1300	I	24,8108	1,280	0,232					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1301	I	26,7722	1,400	0,252					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1302	H	23,1437	1,360	0,217					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1303	H	27,6548	1,330	0,205					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1304	M	25,3012	1,390	0,229					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1564	I	25,1050	1,350	0,224					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1765	I	21,8394	1,400	0,224					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	1932	I	25,1050	1,350	0,224					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	2138	I	20,7411	1,710	0,197	0,424	0,900			
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	1284	I	21,8688	1,130	0,183					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1279	I	15,8868	1,010	0,147					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1280	I	17,8481	1,050	0,158					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1281	I	17,4558	1,050	0,161					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1282	I	17,3578	1,040	0,163					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1283	I	11,9641	1,070	0,161					
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1892	I	17,7500	1,040	0,158					
Anhingidae										
<i>Anhinga anhinga</i>	1236	I	10,0028	1,140	0,176					
<i>Anhinga anhinga</i>	1237	H	8,8260	1,170	0,173					
<i>Anhinga anhinga</i>	1890	I	12,1602	1,170	0,173					
PELECANIFORMES										
Pelecanidae										
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	359	I	83,3565	2,910	0,990		0,620			
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	1259	I	65,7046	2,690	0,850					
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	1260	M	60,8012	2,890	0,959					
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	1261	M	88,2599	3,000	0,993					
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	1766	I	83,3958	2,910	0,955					
<i>Pelecanus rufescens</i>	1262	M	47,0719	2,220	0,645					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1241	I	60,0167	2,570	0,708					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1242	I	38,2459	2,340	0,639					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1243	I	40,0111	2,370	0,589					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1244	I	49,8941*	2,650	0,821					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1245	I	53,3482	2,340	0,652					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1246	I	42,2667	2,380	0,598					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1247	I	48,9352	2,570	0,744					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1248	I	61,3896	2,450	0,691					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1249	H	49,8941*	2,440	0,594					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long- alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Pelecanidae										
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1250	H	45,6009	2,420	0,621					
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	1251	M	59,2322	2,620	0,733					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1252	I	25,9876	2,370	0,504					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1253	I	28,9296	2,370	0,522					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1254	I	22,5553	2,290	0,478					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1255	I	26,4780	1,930	0,399					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1256	I	28,4393	2,170	0,476					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1257	M	20,1036	2,130	0,382					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1258	M	32,3619	2,390	0,507					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	1893	I	33,2445	2,260	0,450					
<i>Pelecanus occidentalis</i>	2074	I	36,3042	2,618	0,441					
Ardeidae										
<i>Botaurus lentiginosus</i>	2142	I	6,1292	1,140	0,126	0,292	0,660			
<i>Botaurus lentiginosus</i>	2659	H	6,1292	1,140*	0,126	0,292*	0,660*			
<i>Botaurus stellaris</i>	1767	I	11,1109	1,260	0,273	0,351*	0,760*			
<i>Botaurus stellaris</i>	2143	I	11,7484	1,329	0,270	0,351	0,760			
<i>Ardea herodias</i>	623	I	16,6713	1,780	0,461*					
<i>Ardea herodias</i>	624	I	17,6520	1,760	0,452					
<i>Ardea herodias</i>	625	I	13,7293	1,830	0,450					
<i>Ardea herodias</i>	626	I	15,6906	1,800	0,461*					
<i>Ardea herodias</i>	627	I	14,7100	1,800	0,452					
<i>Ardea herodias</i>	628	I	19,8585	1,720	0,390					
<i>Ardea herodias</i>	629	H	10,7873	1,710	0,405					
<i>Ardea herodias</i>	630	M	17,9462	1,800	0,424					
<i>Ardea herodias</i>	631	M	18,8288	1,820	0,424					
<i>Ardea herodias</i>	1898	I	18,8288	1,760	0,419					
<i>Ardea herodias</i>	2077	I	25,2619	2,363	0,531					
<i>Ardea herodias</i>	2141	I	18,6817	1,780	0,444	0,481	0,965			
<i>Ardea h. herodias</i>	2686	I	18,6817	1,854*	0,444					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	632	I	25,4973	1,840	0,461*					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	633	I	25,4973	1,840	0,461*					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	634	I	24,7618	1,880	0,504					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	635	I	24,7618	1,820	0,480					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	636	I	22,5553	1,860	0,487					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	637	I	19,6133	1,860	0,493					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	638	I	18,1423	1,900	0,464					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	639	I	17,6520	1,840	0,461*					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	640	I	31,1361	1,920	0,542					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	641	I	18,6326	1,850	0,470					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	642	I	24,7618	2,040	0,520					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	643	I	24,5166	1,970	0,474					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	644	I	22,7514	1,700	0,391					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	645	M	24,5166	1,910	0,461*					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	1586	I	19,6133	1,860	0,461*					
<i>Ardea herodias occidentalis</i>	1897	I	24,5166	1,910	0,493					
<i>Ardea cinerea</i>	622	I	11,8660	1,600	0,358					
<i>Ardea cinerea</i>	1771	I	14,1118	1,730	0,372					
<i>Ardea cinerea</i>	1928	I	11,8660	1,600	0,358					
<i>Ardea cinerea</i>	2140	I	13,8078	1,726	0,359	0,437	0,910			
<i>Ardea purpurea</i>	1772	I	8,8848	1,350	0,249					
<i>Ardea alba</i>	1899	I	8,5710	1,340	0,222					
<i>Ardea alba</i>	2081	I	9,1692	1,656	0,264					
<i>Ardea alba</i>	657	I	7,3550	1,420	0,246*					
<i>Ardea alba</i>	658	I	8,8946	1,380	0,237					
<i>Ardea alba</i>	659	I	8,3847	1,520	0,246*					
<i>Ardea alba</i>	660	I	7,4040	1,350	0,222					
<i>Ardea alba</i>	1770	I	8,7083	1,440	0,244					
<i>Ardea alba</i>	2145	I	17,4362	1,447	0,283	0,433	0,890			
<i>Ardea alba egretta</i>	2670	I	8,8162	1,444*	0,253					
<i>Egretta caerulea</i>	661	I	3,8736	0,980	0,134					
<i>Egretta caerulea</i>	1900	I	3,3343	0,980	0,134					
<i>Egretta caerulea</i>	2079	I	3,6775	1,072	0,111					
<i>Egretta caerulea</i>	2146	I	4,4032	1,041	0,125	0,260	0,560			
<i>Egretta caerulea</i>	2651	I	4,4032	1,018*	0,125					
<i>Egretta tricolor</i>	662	I	3,3343	0,890	0,118					
<i>Egretta tricolor</i>	1600	I	3,3343	0,890	0,118*					
<i>Bubulcus ibis</i>	646	I	3,4127	0,900	0,123					
<i>Bubulcus ibis</i>	647	I	2,6968	0,870	0,102					
<i>Bubulcus ibis</i>	648	I	2,4517	0,882	0,114					
<i>Bubulcus ibis</i>	649	I	2,7066*	0,905	0,114					
<i>Bubulcus ibis</i>	650	H	2,1967	0,890	0,112					
<i>Bubulcus ibis</i>	651	H	2,6478	0,900	0,120					
<i>Bubulcus ibis</i>	1599	I	2,6478	0,900	0,111*					
<i>Bubulcus ibis</i>	2080	I	2,8930	0,984	0,090					
<i>Ardeola ralloides</i>	1769	I	2,8145	0,860	0,111					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Ardeidae</b>										
<i>Butorides virescens</i>	2078	I	2,0692	0,750	0,060					
<i>Butorides virescens</i>	2144	I	2,2555	0,635	0,066	0,181	0,355			
<i>Butorides v. virescens</i>	2634	I	2,2555	0,693*	0,066					
<i>Butorides striata</i>	652	I	1,6671	0,650	0,068					
<i>Butorides striata</i>	653	I	1,7593*	0,700	0,075					
<i>Butorides striata</i>	654	I	2,0104	0,680	0,067					
<i>Butorides striata</i>	655	I	1,7848	0,670	0,072*					
<i>Butorides striata</i>	656	I	1,6671	0,700	0,079					
<i>Butorides striata</i>	1589	I	1,6671	0,700	0,072*					
<i>Nycticorax nycticorax</i>	1768	I	7,4825	1,060	0,159					
<i>Nycticorax nycticorax</i>	2082	I	7,1098	1,324	0,176					
<i>Nycticorax nycticorax</i>	2147	I	7,8846	1,120	0,177	0,304	0,610			
<i>Nycticorax nycticorax hoactii</i>	2665	I	7,8846	1,168*	0,177					
<i>Nyctanassa violacea</i>	663	I	4,9524	1,010						
<b>Threskiornithidae</b>										
<i>Eudocimus albus</i>	675	I	5,2956	0,980	0,154					
<i>Eudocimus albus</i>	676	I	4,9033	0,980	0,135					
<i>Eudocimus albus</i>	677	H	8,1395	0,960	0,143					
<i>Eudocimus albus</i>	678	H	7,5217	0,920						
<i>Eudocimus albus</i>	679	H	8,0709	0,895						
<i>Eudocimus albus</i>	680	H	6,3547	0,905						
<i>Eudocimus albus</i>	681	M	9,5125	0,990	0,163					
<i>Eudocimus albus</i>	682	M	8,9339	0,960						
<i>Eudocimus albus</i>	683	M	10,4931	1,020						
<i>Eudocimus albus</i>	684	M	9,6301	0,980						
<i>Eudocimus albus</i>	685	M	9,3654	0,960						
<i>Eudocimus albus</i>	1598	I	5,2956	0,980						
<i>Eudocimus albus</i>	1896	I	8,8260	0,951	0,160					
<i>Eudocimus albus</i>	2084	I	8,9044	1,182	0,150					
<i>Plegadis falcinellus</i>	1775	I	5,5506	0,890	0,096					
<i>Plegadis chihi</i>	686	H	2,9812	0,870	0,115					
<i>Plegadis chihi</i>	687	H	3,3735	0,880	0,116					
<i>Plegadis chihi</i>	688	H	4,0600	0,910	0,111					
<i>Plegadis chihi</i>	689	H	4,0109	0,894	0,125					
<i>Plegadis chihi</i>	690	M	4,4032	0,920	0,125					
<i>Plegadis chihi</i>	691	M	4,8249	0,970	0,140					
<i>Plegadis chihi</i>	692	M	4,7758	0,950	0,133					
<i>Plegadis chihi</i>	693	M	4,3542	0,988	0,140					
<i>Platalea leucorodia</i>	1776	I	18,2109	1,300	0,242	0,372*	0,860*			
<i>Platalea leucorodia</i>	2150	I	15,3474	1,370	0,249	0,372	0,860			
<i>Platalea ajaja</i>	673	I	11,0325	1,300	0,226					
<i>Platalea ajaja</i>	674	I	12,7486	1,250	0,226					
<i>Platalea ajaja</i>	1895	I	12,7486	1,250	0,226					
<b>ACCIPITRIFORMES</b>										
<b>Cathartidae</b>										
<i>Coragyps atratus</i>	1659	I	22,4572	1,440	0,364					
<i>Coragyps atratus</i>	1861	I	17,4940	1,370	0,336					
<i>Coragyps atratus</i>	1902	I	20,3978	1,380	0,327					
<i>Coragyps atratus</i>	2086	I	20,2507	1,700	0,328					
<i>Coragyps atratus</i>	2187	I	19,5934	1,429	0,333	0,509	0,560			
<i>Cathartes aura</i>	856	I	16,0829	1,730	0,401					
<i>Cathartes aura</i>	857	I	21,7708	1,800	0,487					
<i>Cathartes aura</i>	858	I	15,2003	1,750	0,442					
<i>Cathartes aura</i>	859	I	20,0056	1,820	0,516					
<i>Cathartes aura</i>	860	M	13,2390	1,820	0,462					
<i>Cathartes aura</i>	1901	I	15,2003	1,750	0,442					
<i>Cathartes aura</i>	2087	I	13,9843	2,120	0,424					
<i>Cathartes aura</i>	2186	I	23,6242	1,829	0,436	0,536	0,635			
<i>Cathartes aura septentrionalis</i>	2687	I	23,6242	1,827*	0,436					
<i>Gymnogyps californianus</i>	360	I	93,1632	2,740	1,320					0,650
<i>Gymnogyps californianus</i>	1573	I	100,0278	2,822	1,392					
<i>Gymnogyps californianus</i>	1574	I	93,1632	2,740	1,316					
<i>Vultur gryphus</i>	861	H		2,420	0,766					
<i>Vultur gryphus</i>	862	M		2,640	1,100					
<b>Sagittaridae</b>										
<i>Sagittarius serpentarius</i>	2021	I	36,0600	2,120	0,558	0,639				
<b>Pandionidae</b>										
<i>Pandion haliaetus</i>	900	M	19,6133	1,700	0,320					
<i>Pandion haliaetus</i>	1590	I	19,6133	1,700	0,314*					
<i>Pandion haliaetus</i>	1834	I	15,4749	1,600	0,320					
<i>Pandion haliaetus</i>	1905	I	14,6119	1,590	0,300					
<i>Pandion haliaetus</i>	2092	I	15,0042	1,992	0,331					
<i>Pandion haliaetus</i>	2216	I	10,8364	1,572	0,292	0,496	0,590			
<i>Pandion haliaetus carolinensis</i>	2685	I	17,6275	1,692*	0,321					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Accipitridae										
<i>Elanus caeruleus</i>	2005	M	2,3029	0,844	0,088	0,266				
<i>Elanus caeruleus</i>	2006	H	2,5262	0,844	0,093	0,266				
<i>Polyboroides typus</i>	2009	I	7,6982		0,290	0,453				
<i>Gypaetus barbatus</i>	2018	I	55,9960	2,577	0,712	0,786				
<i>Gypaetus barbatus</i>	2019	I	49,1967	2,577	0,767	0,758				
<i>Gypaetus barbatus</i>	2209	I	52,8088	2,524	0,743	0,717	1,100			
<i>Neophron percnopterus</i>	351	I	18,6326	1,680	0,320	0,380				
<i>Neophron percnopterus</i>	1821	I	20,2213	1,650	0,356	0,380*				
<i>Pernis apivorus</i>	1817	I	7,6296	1,260	0,247	0,451*	0,560*			
<i>Pernis apivorus</i>	2214	I	6,0311	1,199	0,189	0,451	0,560			
<i>Elanoides forficatus</i>	2088	I	4,3640	1,277	0,121					
<i>Aviceda cuculoides</i>	2032	I	2,1575	0,907	0,130	0,305				
<i>Trigonoceps occipitalis</i>	354	I	36,2846	2,230	0,670	0,631*	0,470			
<i>Trigonoceps occipitalis</i>	855	I	36,2846	2,230	0,667	0,631*				
<i>Trigonoceps occipitalis</i>	2045	I	38,9324	2,163	0,601	0,640				
<i>Trigonoceps occipitalis</i>	2046	I	37,1672*	2,163	0,653	0,622				
<i>Aegyptius monachus</i>	1485	I	97,0858	3,040	1,400					
<i>Torgos tracheliotus</i>	854	I	64,7239	2,640	1,030					
<i>Necrosyrtes monachus</i>	849	I	19,6133	1,710	0,436					
<i>Gyps africanus</i>	356	I	52,7598	2,180	0,690	0,671*	0,540			
<i>Gyps africanus</i>	846	I	53,9366	2,220	0,716	0,671*	0,768*			
<i>Gyps africanus</i>	1862	I	52,7820	2,180	0,689	0,671*	0,768*			
<i>Gyps africanus</i>	2047	I	56,8786	2,193*	0,753	0,570	0,768*			
<i>Gyps rueppellii</i>	358	I	74,2363	2,410	0,830	0,671*	0,600			
<i>Gyps rueppellii</i>	847	I	71,5885	2,500	0,892	0,671*	0,600*			
<i>Gyps fulvus</i>	1578	I	71,2845	2,557*	1,054	0,698*	1,050*			
<i>Gyps fulvus</i>	2210	I	71,2845	2,557	1,054	0,698	1,050			
<i>Gyps coprotheres</i>	2020	I	91,0930	2,573	0,854	0,716	0,768*			
<i>Terathopus ecaudatus</i>	2002	I	23,4546	1,862	0,353	0,490	0,840*			
<i>Terathopus ecaudatus</i>	2215	I	20,5449	1,536	0,358	0,512	0,840			
<i>Circaetus gallicus</i>	2200	I	16,2300	1,810	0,412	0,533	0,660			
<i>Circaetus pectoralis</i>	2001	I	14,2952	1,776	0,369	0,525				
<i>Circaetus cinereus</i>	2000	I	20,1036	1,641	0,405	0,532				
<i>Circaetus fasciolatus</i>	2036	I	10,8854	1,591*	0,233	0,360				
<i>Circaetus fasciolatus</i>	2037	I	9,3163	1,591*	0,234	0,362				
<i>Circaetus cinerascens</i>	2035	I	11,0423	1,135	0,268	0,390				
<i>Macheiramphus alcinus</i>	2038	I	5,8840		0,150	0,364				
<i>Macheiramphus alcinus</i>	2039	I	6,0801		0,143	0,355				
<i>Stephanoaetus coronatus</i>	2043	I	41,1879	1,520	0,639	0,470*				
<i>Stephanoaetus coronatus</i>	2044	I	25,0070	1,520	0,444	0,470				
<i>Polemaetus bellicosus</i>	1995	I	38,5575	2,119	0,640	0,623				
<i>Lophaeetus occipitalis</i>	2042	I	9,6105		0,271	0,405				
<i>Clanga pomarina</i>	1830	I	13,6411	1,470	0,515	0,475*				
<i>Clanga pomarina</i>	2034	I	13,8078	1,501	0,309	0,475				
<i>Hieraetus wahlbergi</i>	1991	I	11,8602	1,407	0,266	0,431				
<i>Hieraetus pennatus</i>	1833	I	8,1199	1,110	0,200	0,387*				
<i>Hieraetus pennatus</i>	2040	I	5,7075	1,223	0,161	0,345				
<i>Hieraetus pennatus</i>	2041	I	7,9434	1,223	0,202	0,387*				
<i>Hieraetus ayresii</i>	1992	I	9,6919	1,233	0,228	0,386				
<i>Hieraetus ayresii</i>	1993	I	9,6919	1,240	0,228	0,386				
<i>Aquila rapax</i>	352	I	19,6133	2,000	0,450		0,390			
<i>Aquila rapax</i>	751	I	19,6133	1,780	0,447					
<i>Aquila rapax</i>	1989	I	24,5068	1,823	0,396	0,524				
<i>Aquila nipalensis</i>	1831	I	28,4393	2,030	0,485	0,561*				
<i>Aquila nipalensis</i>	1987	I	29,6651	2,279	0,417	0,561				
<i>Aquila nipalensis</i>	1988	I	29,6651	1,921	0,417	0,561				
<i>Aquila chrysaetos</i>	355	I	45,1106	2,000	0,650		0,510			
<i>Aquila chrysaetos</i>	740	I	40,0111	1,960	0,609*					
<i>Aquila chrysaetos</i>	741	I	42,2667	1,980	0,605					
<i>Aquila chrysaetos</i>	742	I	45,8951	2,000	0,563					
<i>Aquila chrysaetos</i>	743	I	41,4821	2,000	0,581					
<i>Aquila chrysaetos</i>	744	I	42,9531	1,960	0,590					
<i>Aquila chrysaetos</i>	745	I	33,1465	2,020	0,599					
<i>Aquila chrysaetos</i>	746	H	42,4695*	2,215	0,735					
<i>Aquila chrysaetos</i>	747	H	58,8399	2,020	0,609*					
<i>Aquila chrysaetos</i>	748	H	51,7791	1,980	0,613					
<i>Aquila chrysaetos</i>	749	M	35,8923	2,000	0,616					
<i>Aquila chrysaetos</i>	750	M	37,9517	2,020	0,603					
<i>Aquila chrysaetos</i>	1581	I	45,7382	2,022*	0,652					
<i>Aquila chrysaetos</i>	1582	I	36,4023	2,022*	0,538					
<i>Aquila chrysaetos</i>	1832	I	39,9033	2,030	0,597					
<i>Aquila chrysaetos</i>	2194	I	36,4023	2,121	0,538	0,682	0,850			
<i>Aquila chrysaetos canadensis</i>	2690	H	45,7382	2,022*	0,652					
<i>Aquila verreauxii</i>	1990	I	32,5159	1,994	0,514	0,602				
<i>Aquila fasciata</i>	2211	I	20,2017	1,552	0,317	0,560	0,750			

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Accipitridae										
<i>Aquila spilogaster</i>	1994	I	14,5129	1,417	0,275	0,433				
<i>Kaupifalco monogrammicus</i>	2013	I	2,9724	0,785	0,075	0,226				
<i>Melierax metabates</i>	2016	I	6,2311	1,012	0,015	0,315				
<i>Melierax canorus</i>	2014	M	6,3463	1,108	0,156	0,342				
<i>Melierax canorus</i>	2015	H	7,9306	1,108	0,185	0,397				
<i>Micronisus gabar</i>	2017	I	1,7162	0,598	0,054	0,199				
<i>Circus aeruginosus</i>	1822	I	6,4037	1,160	0,204	0,413*	0,530*			
<i>Circus aeruginosus</i>	2201	I	6,6685	1,345	0,226	0,413	0,530			
<i>Circus ranivorus</i>	2004	I	4,6091	1,112*	0,169	0,371	0,468*			
<i>Circus cyaneus</i>	1823	I	4,2463	1,100	0,157	0,355*	0,463*			
<i>Circus cyaneus</i>	2202	H	4,6238	1,167	0,176	0,374	0,500			
<i>Circus cyaneus</i>	2203	M	3,2460	1,044	0,141	0,339	0,450			
<i>Circus cyaneus hudsonius</i>	2204	H	6,0311	1,100	0,170	0,368	0,480			
<i>Circus cyaneus hudsonius</i>	2205	M	4,0600	1,067	0,138	0,340	0,420			
<i>Circus cyaneus hudsonius</i>	2648	M	4,0600	1,096*	0,138	0,355*	0,463*			
<i>Circus cyaneus hudsonius</i>	2658	H	6,0311	1,096*	0,170	0,355*	0,463*			
<i>Circus macrourus</i>	1824	I	4,1188	1,090	0,148	0,357*	0,440*			
<i>Circus macrourus</i>	2206	I	3,7854	1,107	0,141	0,357	0,440			
<i>Circus pygargus</i>	845	I	2,4517	1,040	0,129	0,355*	0,468*			
<i>Circus pygargus</i>	1825	I	2,8537	1,090	0,135	0,355*	0,468*			
<i>Circus pygargus</i>	2033	I	3,1872	1,100	0,156	0,350	0,468*			
<i>Circus pygargus</i>	2207	I	2,3193	1,101	0,130	0,359	0,450			
<i>Accipiter tachiro</i>	2012	I	3,2019	0,698	0,102	0,227				
<i>Accipiter badius</i>	2010	I	1,2494	0,578	0,051	0,191				
<i>Accipiter brevipes</i>	1827	I	1,9123	0,700	0,074					
<i>Accipiter minullus</i>	2028	I	0,6669	0,385	0,027	0,143				
<i>Accipiter minullus</i>	2029	I	0,6669*	0,385	0,043	0,152				
<i>Accipiter ovampensis</i>	2030	I	1,7162	0,667	0,066	0,225				
<i>Accipiter nisus</i>	728	H	2,5007	0,682	0,077					
<i>Accipiter nisus</i>	1826	I	2,7164	0,670	0,070					
<i>Accipiter nisus</i>	1926	I	1,9221	0,611	0,064					
<i>Accipiter nisus</i>	2191	H	2,1673	0,750	0,082	0,236	0,370			
<i>Accipiter nisus</i>	2192	M	1,3337	0,622	0,053	0,190	0,290			
<i>Accipiter rufiventris</i>	2031	I	1,7652	0,720	0,078	0,235				
<i>Accipiter striatus</i>	729	H	1,7750	0,635	0,070					
<i>Accipiter striatus</i>	730	H	1,4122	0,640	0,074					
<i>Accipiter striatus</i>	731	H	1,6867	0,650	0,068					
<i>Accipiter striatus</i>	732	H	1,7358	0,623	0,084					
<i>Accipiter striatus</i>	733	H	1,8338	0,650	0,097*					
<i>Accipiter striatus</i>	734	H	1,7064	0,620	0,070					
<i>Accipiter striatus</i>	735	M	0,9120	0,643	0,073					
<i>Accipiter striatus</i>	736	M	1,0689	0,525	0,065					
<i>Accipiter striatus</i>	737	M	1,0885	0,550	0,052					
<i>Accipiter striatus</i>	738	M	3,7106*	0,535	0,052					
<i>Accipiter striatus</i>	739	M	1,0199	0,540	0,051					
<i>Accipiter striatus</i>	2089	I	1,6769	0,722	0,060					
<i>Accipiter striatus</i>	2193	I	1,3170	0,533	0,052	0,185	0,267			
<i>Accipiter striatus velox</i>	2616	M	0,9562	1,234*	0,044					
<i>Accipiter striatus velox</i>	2628	H	1,6769	0,605*	0,061					
<i>Accipiter cooperii</i>	712	H	4,8053	0,890	0,123					
<i>Accipiter cooperii</i>	713	H	5,9428	0,795	0,111					
<i>Accipiter cooperii</i>	714	H	5,0014	0,786	0,111					
<i>Accipiter cooperii</i>	715	H	4,6385	0,893	0,128					
<i>Accipiter cooperii</i>	716	H	5,1387	0,837	0,128					
<i>Accipiter cooperii</i>	717	H	5,1779	0,850	0,125					
<i>Accipiter cooperii</i>	2188	I	4,2022	0,711	0,090	0,231	0,394			
<i>Accipiter cooperii</i>	2649	I	4,2022	0,823*	0,090					
<i>Accipiter melanoleucus</i>	2011	I	7,3158	1,017	0,154	0,308				
<i>Accipiter gentilis</i>	718	I	7,6296	1,030	0,183					
<i>Accipiter gentilis</i>	719	H	8,4533	1,080	0,201					
<i>Accipiter gentilis</i>	720	H	7,2569	1,070	0,185					
<i>Accipiter gentilis</i>	721	H	8,4337	1,160	0,213					
<i>Accipiter gentilis</i>	722	M	6,4724	0,994	0,154					
<i>Accipiter gentilis</i>	723	M	7,0608	1,040	0,165					
<i>Accipiter gentilis</i>	724	M	6,2664	1,010	0,168					
<i>Accipiter gentilis</i>	725	M	6,6195	1,020	0,160					
<i>Accipiter gentilis</i>	726	M	8,7671	1,040	0,177					
<i>Accipiter gentilis</i>	727	M	6,9921	1,050	0,161					
<i>Accipiter gentilis</i>	2189	H	13,4351	1,500	0,200	0,334	0,580			
<i>Accipiter gentilis</i>	2190	M	7,6296	1,050	0,140	0,314	0,483			
<i>Accipiter gentilis atricapillus</i>	2667	M	8,3219	1,087*	0,148					
<i>Accipiter gentilis atricapillus</i>	2680	H	13,4351	1,087*	0,200					
<i>Milvus milvus</i>	848	H	8,3455	1,500	0,304	0,459*	0,450*			
<i>Milvus milvus</i>	1819	I	9,9243	1,660	0,325	0,459*	0,450*			
<i>Milvus milvus</i>	1927	I	8,3455	1,500	0,304	0,459*	0,450*			

Continúa



Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Accipitridae										
<i>Milvus milvus</i>	2213	I	9,0908	1,628	0,290	0,507	0,610			
<i>Milvus migrans</i>	2007	I	6,1851	1,309	0,215	0,425	0,410*			
<i>Milvus migrans</i>	350	I	6,1782	1,370	0,240	0,458*	0,260			
<i>Milvus migrans</i>	1818	I	7,9924	1,520	0,281	0,458*	0,410*			
<i>Milvus migrans</i>	2212	I	8,7230	1,408	0,264	0,491	0,560			
<i>Milvus migrans parasitus</i>	2008	I	6,4332	1,295	0,214	0,414	0,450*			
<i>Haliaeetus vocifer</i>	2003	I	26,3141	1,900	0,546	0,550				
<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	1903	I	45,8951	2,240	0,756					
<i>Haliaeetus albicilla</i>	1820	I	48,7096	2,180	0,882					
<i>Parabuteo unicinctus</i>	850	I	7,6296	1,040	0,170					
<i>Parabuteo unicinctus</i>	851	M	6,1586	1,060	0,199					
<i>Parabuteo unicinctus</i>	852	M	6,4626	1,100	0,205					
<i>Parabuteo unicinctus</i>	853	M	5,9232	1,080	0,199					
<i>Parabuteo unicinctus</i>	1961	M	6,8843	1,020	0,189					
<i>Geranoetus melanoleucus</i>	2208	I	20,8195	1,453	0,355	0,515	0,660			
<i>Buteo lineatus</i>	786	I	5,6388	1,030	0,177					
<i>Buteo lineatus</i>	787	I	3,0597	0,860	0,117					
<i>Buteo lineatus</i>	788	I	6,7077	1,040	0,186					
<i>Buteo lineatus</i>	789	I	4,3934	0,965	0,153					
<i>Buteo lineatus</i>	790	H	3,8246	0,975	0,150					
<i>Buteo lineatus</i>	1587	I	3,8246	0,975	0,159*					
<i>Buteo lineatus</i>	1588	I	5,6388	1,030	0,159*					
<i>Buteo lineatus</i>	2090	I	4,6582	1,156	0,149					
<i>Buteo lineatus</i>	2122	I	5,3937	0,707	0,167	0,394				
<i>Buteo lineatus</i>	2198	I	7,8846	1,016	0,166	0,321	0,406			
<i>Buteo l. lineatus</i>	2666	I	7,8846	0,975*	0,166					
<i>Buteo platypterus</i>	791	I	3,9619	0,840	0,090					
<i>Buteo platypterus</i>	792	I	2,5007	0,960	0,133					
<i>Buteo platypterus</i>	793	I	1,8633	0,880	0,110					
<i>Buteo platypterus</i>	794	I	4,1188	0,900	0,112					
<i>Buteo platypterus</i>	795	I	2,3536	0,900	0,130					
<i>Buteo platypterus</i>	796	M	2,3536	0,900	0,107					
<i>Buteo platypterus</i>	2091	I	3,5304	0,940	0,097					
<i>Buteo platypterus</i>	2199	I	3,6873	0,838	0,101	0,263	0,330			
<i>Buteo p. platypterus</i>	2646	I	3,6873	0,895*	0,101					
<i>Buteo swainsoni</i>	797	I	10,9834	1,350	0,257					
<i>Buteo swainsoni</i>	798	H	10,5912	1,292*	0,235					
<i>Buteo swainsoni</i>	799	H	11,2776	1,330	0,250					
<i>Buteo swainsoni</i>	800	H	12,6506	1,300	0,235					
<i>Buteo swainsoni</i>	801	H	9,9047	1,310	0,237					
<i>Buteo swainsoni</i>	802	H	9,6105	1,320	0,235					
<i>Buteo swainsoni</i>	803	H	9,8067	1,300	0,236					
<i>Buteo swainsoni</i>	804	H	9,3163	1,350	0,242					
<i>Buteo swainsoni</i>	805	H	11,8660	1,390	0,255					
<i>Buteo swainsoni</i>	806	H	10,1989	1,270	0,230					
<i>Buteo swainsoni</i>	807	H	9,8067	1,300	0,241					
<i>Buteo swainsoni</i>	808	H	8,7279	1,250	0,211					
<i>Buteo swainsoni</i>	809	H	10,6892	1,370	0,245					
<i>Buteo swainsoni</i>	810	H	10,6892	1,420	0,253					
<i>Buteo swainsoni</i>	811	H	10,0028	1,360	0,249					
<i>Buteo swainsoni</i>	812	H	10,5912	1,320	0,234					
<i>Buteo swainsoni</i>	813	H	10,5912	1,310	0,237					
<i>Buteo swainsoni</i>	814	H	11,0815	1,370	0,249					
<i>Buteo swainsoni</i>	815	H	9,8067	1,340	0,246					
<i>Buteo swainsoni</i>	816	H	9,8067	1,300	0,235					
<i>Buteo swainsoni</i>	817	H	10,2970	1,330	0,238					
<i>Buteo swainsoni</i>	818	H	11,7680	1,380	0,253					
<i>Buteo swainsoni</i>	819	H	9,6105	1,300	0,230					
<i>Buteo swainsoni</i>	820	H	10,1989	1,340	0,224					
<i>Buteo swainsoni</i>	821	H	12,0622	1,330	0,249					
<i>Buteo swainsoni</i>	822	H	9,3654	1,330	0,246					
<i>Buteo swainsoni</i>	823	M	8,8260	1,250	0,201					
<i>Buteo swainsoni</i>	824	M	8,1101	1,240	0,216					
<i>Buteo swainsoni</i>	825	M	6,6195	1,190	0,194					
<i>Buteo swainsoni</i>	826	M	8,4828	1,240	0,216					
<i>Buteo swainsoni</i>	827	M	7,0118	1,190	0,194					
<i>Buteo swainsoni</i>	828	M	7,7963	1,320	0,234					
<i>Buteo swainsoni</i>	829	M	7,8453	1,270	0,209					
<i>Buteo swainsoni</i>	830	M	7,4531	1,280	0,211					
<i>Buteo swainsoni</i>	831	M	8,7279	1,280	0,227					
<i>Buteo swainsoni</i>	832	M	7,5511	1,250	0,213					
<i>Buteo swainsoni</i>	833	M	7,2079	1,220	0,197					
<i>Buteo swainsoni</i>	834	M	6,4234	1,210	0,208					
<i>Buteo swainsoni</i>	835	M	7,8453	1,270	0,215					
<i>Buteo swainsoni</i>	836	M	7,8453	1,220	0,207					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long- alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Accipitridae										
<i>Buteo swainsoni</i>	837	0	8,0415	1,260	0,221					
<i>Buteo swainsoni</i>	838	0	7,2079	1,250	0,211					
<i>Buteo swainsoni</i>	839	0	7,6492	1,300	0,226					
<i>Buteo swainsoni</i>	840	0	8,1886	1,270	0,201					
<i>Buteo swainsoni</i>	841	0	7,4040	1,240	0,206					
<i>Buteo swainsoni</i>	842	0	6,7176	1,250	0,215					
<i>Buteo swainsoni</i>	843	0	7,3550	1,240	0,208					
<i>Buteo swainsoni</i>	844	0	6,8156	1,210	0,197					
<i>Buteo swainsoni</i>	1561	2	7,6002	1,250	0,210					
<i>Buteo swainsoni</i>	1562	2	10,3950	1,330	0,240					
<i>Buteo jamaicensis</i>	753	2	9,8067	1,250	0,243					
<i>Buteo jamaicensis</i>	754	2	10,1008	1,220	0,252					
<i>Buteo jamaicensis</i>	755	2	12,7486	1,280	0,239					
<i>Buteo jamaicensis</i>	756	2	13,2390	1,340	0,289					
<i>Buteo jamaicensis</i>	757	2	8,1984	1,124	0,203					
<i>Buteo jamaicensis</i>	758	2	7,6394	1,126	0,197					
<i>Buteo jamaicensis</i>	759	2	9,4732	1,140	0,206					
<i>Buteo jamaicensis</i>	760	2	8,2082	1,160	0,218					
<i>Buteo jamaicensis</i>	761	2	12,3564	1,270	0,275					
<i>Buteo jamaicensis</i>	762	2	10,5912	1,276	0,231*					
<i>Buteo jamaicensis</i>	763	2	12,2583	1,300	0,231*					
<i>Buteo jamaicensis</i>	764	2	13,4351	1,285	0,282					
<i>Buteo jamaicensis</i>	765	2	9,5517	1,200	0,231*					
<i>Buteo jamaicensis</i>	766	2	15,1022	1,275	0,274					
<i>Buteo jamaicensis</i>	767	2	11,0815	1,200	0,241					
<i>Buteo jamaicensis</i>	768	2	13,1899	1,230	0,243					
<i>Buteo jamaicensis</i>	769	2	9,1496	1,000	0,193					
<i>Buteo jamaicensis</i>	770	2	10,7383	1,140	0,196					
<i>Buteo jamaicensis</i>	771	2	8,5024	1,170	0,215					
<i>Buteo jamaicensis</i>	772	2	11,6699	1,300	0,265					
<i>Buteo jamaicensis</i>	773	2	12,2583	1,220	0,253					
<i>Buteo jamaicensis</i>	774	2	8,9731	1,230	0,219					
<i>Buteo jamaicensis</i>	775	2	8,1787	1,160	0,216					
<i>Buteo jamaicensis</i>	776	2	8,7377	1,190	0,218					
<i>Buteo jamaicensis</i>	777	2	10,2381	1,250	0,230					
<i>Buteo jamaicensis</i>	778	2	5,3937	1,140	0,205					
<i>Buteo jamaicensis</i>	779	2	9,5870	1,172	0,211					
<i>Buteo jamaicensis</i>	780	2	13,2390	1,230	0,253					
<i>Buteo jamaicensis</i>	781	2	10,4147	1,220	0,248					
<i>Buteo jamaicensis</i>	782	2	7,3256	1,140	0,213					
<i>Buteo jamaicensis</i>	783	2	8,0120	1,180	0,212					
<i>Buteo jamaicensis</i>	784	1	12,1602	1,280	0,254					
<i>Buteo jamaicensis</i>	785	0	9,8067	1,250	0,245					
<i>Buteo jamaicensis</i>	2196	2	10,6991	1,220	0,209	0,379	0,457			
<i>Buteo jamaicensis borealis</i>	2669	0	8,5808	1,211*	0,188					
<i>Buteo jamaicensis borealis</i>	2679	1	12,8173	1,211*	0,229					
<i>Buteo lagopus</i>	1829	2	9,2477	1,350	0,332					
<i>Buteo lagopus</i>	2197	2	10,8854	1,410	0,259	0,407	0,590			
<i>Buteo lagopus sanctijohannis</i>	2674	2	10,8854	1,380*	0,259					
<i>Buteo buteo</i>	752	1	9,4536	1,290	0,254					
<i>Buteo buteo</i>	1828	2	8,6789	1,240	0,269					
<i>Buteo buteo</i>	1925	2	9,4536	1,290	0,254					
<i>Buteo buteo</i>	1997	2	7,1687	1,188	0,187	0,368				
<i>Buteo buteo</i>	2195	2	10,0714	1,322	0,269	0,404	0,530			
<i>Buteo oreophilus trizonatus</i>	1999	2	5,9105	1,206*	0,163					
<i>Buteo augur</i>	1996	2	9,5438	1,316	0,242	0,414				
<i>Buteo rufoscus</i>	1998	2	10,3892	1,319	0,276	0,412				
OTIDIFORMES										
Otidae										
<i>Otis tarda</i>	1576	2	87,7695	2,080*	0,573	0,519*	1,020*			
<i>Otis tarda</i>	2252	2	87,7695	2,080	0,573	0,519	1,020			
<i>Ardeotis kori</i>	941	0	116,6991	2,470	1,060					
<i>Tetrax tetrax</i>	2253	2	8,1395	0,865	0,104	0,226	0,430			
GRUIFORMES										
Rallidae										
<i>Crex crex</i>	2243	2	1,5200	0,478	0,032	0,140	0,270			
<i>Rallus longirostris</i>	945	2	2,1575	0,525	0,054	0,131*	0,278*			
<i>Rallus elegans</i>	2250	2	2,2261	0,610	0,054					
<i>Rallus e. elegans</i>	2633	2	2,2261	0,610*	0,054	0,163*	0,356*			
<i>Rallus limicola</i>	2251	2	0,6374	0,356	0,022					
<i>Rallus limicola</i>	2605	2	0,6374	0,356*	0,022	0,106*	0,200*			
<i>Rallus aquaticus</i>	2249	2	1,2553	0,413	0,026	0,116	0,280			
<i>Porzana porzana</i>	1777	2	0,7649	0,380	0,024	0,115*	0,230*			
<i>Porzana porzana</i>	2248	2	0,6767	0,394	0,023	0,115	0,230			
<i>Porzana carolina</i>	944	2	0,5296	0,360	0,022	0,112*	0,223*			

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Rallidae</b>										
<i>Porzana carolina</i>	1593	I	0,5296	0,360	0,019*	0,112*	0,223*			
<i>Porzana carolina</i>	2247	I	0,7355	0,375	0,018	0,107	0,210			
<i>Porzana carolina</i>	2608	I	0,7355	0,365*	0,018	0,112*	0,223*			
<i>Gallinula chloropus</i>	943	I	2,0790	0,530	0,049	0,128*	0,330*			
<i>Gallinula chloropus</i>	2246	I	2,5988	0,559	0,037	0,128	0,330			
<i>Gallinula galeata cachinnans</i>	2643	I	3,2558	0,545*	0,048	0,128*	0,330*			
<i>Fulica atra</i>	2245	I	5,6682	0,725	0,062	0,200	0,380			
<i>Fulica americana</i>	942	I	2,1575	0,620	0,056					
<i>Fulica americana</i>	2096	I	5,5113	0,682	0,056					
<i>Fulica americana</i>	2244	I	4,2659	0,650	0,060	0,190	0,340			
<i>Fulica americana</i>	2650	I	4,2659	0,651*	0,060					
<b>Aramidae</b>										
<i>Aramus guarana</i>	940	I	6,0311	1,020	0,181					
<i>Aramus guarana</i>	1591	I	6,0311	1,020	0,181*					
<b>Gruidae</b>										
<i>Grus grus</i>	1778	I	55,0545	2,220	0,586	0,564*	1,140*			
<i>Grus grus</i>	2242	I	40,9428	2,110	0,555	0,564	1,140			
<b>CHARADRIIFORMES</b>										
<b>Burhinidae</b>										
<i>Burhinus oedicnemus</i>	2283	I	5,1191	0,837	0,076	0,234	0,405			
<b>Chionidae</b>										
<i>Chionis albus</i>	501	I	5,5898	0,810	0,102					
<i>Chionis albus</i>	502	I	6,3743	0,835	0,108					
<b>Charadriidae</b>										
<i>Vanellus vanellus</i>	1734	I	2,1477	0,750	0,074	0,226*	0,305*			
<i>Vanellus vanellus</i>	2264	I	2,0692	0,750	0,067	0,226	0,305			
<i>Pluvialis squatarola</i>	1733	I	2,1477	0,620	0,042	0,204*	0,280*			
<i>Pluvialis squatarola</i>	2263	I	2,1182	0,654	0,041	0,204	0,280			
<i>Pluvialis apricaria</i>	2262	I	1,7456	0,585	0,036	0,174	0,280			
<i>Pluvialis dominica</i>	1732	I	1,4220	0,620*	0,040*	0,194*	0,280*			
<i>Charadrius hiaticula</i>	497	I	0,5198	0,398	0,018					
<i>Charadrius hiaticula</i>	1731	I	0,6276	0,410	0,018					
<i>Charadrius hiaticula</i>	2259	I	0,6100	0,408	0,019	0,131	0,190			
<i>Charadrius vociferus</i>	498	I	0,8630	0,530	0,036					
<i>Charadrius vociferus</i>	499	I	0,6806	0,487	0,036					
<i>Charadrius vociferus</i>	500	I	0,6806	0,487	0,036					
<i>Charadrius vociferus</i>	2097	I	0,7943	0,569	0,027					
<i>Charadrius vociferus</i>	2260	I	0,8336	0,518*	0,028	0,160	0,220			
<i>Charadrius v. vociferus</i>	2612	I	0,8336	0,518*	0,028					
<i>Charadrius morinellus</i>	2261	I	0,8826	0,466	0,025	0,148	0,220			
<b>Haematopodidae</b>										
<i>Haematopus ostralegus</i>	503	I	4,3296*	0,865	0,084					
<i>Haematopus ostralegus</i>	504	I	4,5111	0,845	0,087					
<i>Haematopus ostralegus</i>	505	I	3,3833	0,845	0,091					
<i>Haematopus ostralegus</i>	1730	I	5,1289	0,820	0,081					
<i>Haematopus ostralegus</i>	2254	I	4,2953	0,805	0,062	0,258	0,430			
<b>Recurvirostridae</b>										
<i>Recurvirostra avosetta</i>	2282	I	2,8930	0,772	0,068	0,220	0,430			
<b>Scolopacidae</b>										
<i>Actitis hypoleucos</i>	2265	I	0,4756	0,357	0,015	0,113	0,195			
<i>Actitis macularius</i>	2098	I	0,2844	0,331	0,011	0,107*	0,178*			
<i>Actitis macularius</i>	2266	I	0,4658	0,344*	0,015	0,101	0,160			
<i>Actitis macularius</i>	2601	I	0,4658	0,344*	0,015	0,107*	0,178*			
<i>Tringa ochropus</i>	2279	I	0,7129	0,472	0,025	0,146	0,230			
<i>Tringa solitaria</i>	2280	I	0,4609	0,550*	0,019	0,127	0,180			
<i>Tringa s. solitaria</i>	2600	I	0,4609	0,550*	0,019	0,127*	0,180*			
<i>Tringa erythropus</i>	2276	I	1,3043	0,541	0,033	0,163	0,305			
<i>Tringa melanoleuca</i>	2277	I	1,6671	0,550*	0,041	0,188	0,280			
<i>Tringa melanoleuca</i>	2627	M	1,6671	0,550*	0,041	0,188*	0,280*			
<i>Tringa nebularia</i>	1742	I	1,7064	0,610	0,041	0,188*	0,305*			
<i>Tringa nebularia</i>	2278	I	1,5298	0,608	0,041	0,188	0,305			
<i>Tringa semipalmata</i>	595	I	2,0594	0,700	0,063	0,163*	0,261*			
<i>Tringa glareola</i>	1743	I	0,6472	0,400	0,020	0,163*	0,261*			
<i>Tringa totanus</i>	2281	I	1,3043	0,516	0,037	0,148	0,280			
<i>Numenius phaeopus</i>	1740	I	3,7559	1,070	0,137	0,302*	0,570*			
<i>Numenius arquata</i>	1741	I	7,7865	0,970	0,118	0,302*	0,570*			
<i>Numenius arquata</i>	2272	I	7,5315	1,044	0,118	0,302	0,570			
<i>Limosa limosa</i>	2270	I	2,2359	0,690	0,056	0,208	0,405			
<i>Limosa lapponica</i>	1571	I	3,5990	0,748	0,057	0,215*	0,393*			
<i>Limosa lapponica</i>	1739	I	3,1185	0,730	0,052	0,215*	0,393*			
<i>Limosa lapponica</i>	2269	I	1,9319	0,733	0,052	0,221	0,380			
<i>Arenaria interpres</i>	494	I	0,9434	0,475	0,028					
<i>Arenaria interpres</i>	495	I	0,6472	0,455	0,028					
<i>Arenaria interpres</i>	496	I	0,8041	0,480	0,025					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long-alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Scolopacidae										
<i>Arenaria interpres</i>	1744	I	1,0885	0,470	0,025					
<i>Arenaria interpres</i>	2255	I	1,0572	0,476	0,021	0,148	0,230			
<i>Calidris tenuirostris</i>	1560	I	2,2849	0,587	0,040	0,129*	0,202*			
<i>Calidris canutus</i>	594	M	1,2454	0,538	0,033	0,129*	0,202*			
<i>Calidris canutus</i>	1735	I	1,2553	0,500	0,026	0,129*	0,202*			
<i>Calidris canutus</i>	2258	I	0,8630	0,503	0,027	0,156	0,250			
<i>Calidris alba</i>	1553	I	0,6698	0,360	0,017	0,115*	0,200*			
<i>Calidris alba</i>	2256	I	0,4109	0,354	0,016	0,115	0,200			
<i>Calidris melanotos</i>	2267	I	0,9905	0,429*	0,020	0,140	0,190			
<i>Calidris melanotos</i>	2618	I	0,9905	0,429*	0,020	0,140*	0,190*			
<i>Calidris alpina</i>	592	I	0,4119	0,354	0,016	0,129*	0,202*			
<i>Calidris alpina</i>	593	H	0,4413	0,376	0,017	0,129*	0,202*			
<i>Calidris alpina</i>	1736	I	0,5296	0,360	0,016	0,129*	0,202*			
<i>Calidris alpina</i>	2257	I	0,4315	0,360	0,013	0,109	0,180			
<i>Philomachus pugnax</i>	1737	I	1,1180	0,550	0,037	0,192*	0,290*			
<i>Philomachus pugnax</i>	2273	I	1,7652	0,632	0,046	0,192	0,290			
<i>Philomachus pugnax</i>	597	I	0,5982	0,480	0,028					
<i>Limnodromus griseus</i>	1595	I	0,5982	0,480	0,028*					
<i>Limnodromus griseus</i>	2271	I	0,5590	0,393	0,018	0,108	0,190			
<i>Lymnocyptes minimus</i>	2621	I	1,0984	0,470*	0,025					
<i>Gallinago gallinago</i>	596	I	1,1964	0,460	0,031					
<i>Gallinago gallinago</i>	1738	I	1,2945	0,520	0,048					
<i>Gallinago gallinago</i>	2099	I	0,9709	0,451	0,019					
<i>Gallinago gallinago</i>	2268	I	1,0179	0,448	0,025	0,128	0,260			
<i>Scolopax rusticola</i>	598	H	3,6285	0,625	0,070	0,206*	0,340*			
<i>Scolopax rusticola</i>	2275	I	3,1577	0,665	0,060	0,206	0,340			
<i>Scolopax minor</i>	2631	I	1,9466	0,517*	0,036	0,148*	0,297*			
<i>Scolopax minor</i>	2121	I	1,9613	0,261	0,036	0,171	0,297*			
<i>Scolopax minor</i>	2274	I	1,9466	0,517*	0,036	0,124	0,210			
<i>Phalaropus lobatus</i>	1745	I	0,3236	0,340	0,015					
<i>Phalaropus fulicarius</i>	1746	I	0,5296	0,420	0,020					
Laridae										
<i>Rissa tridactyla</i>	574	I	3,7601*	0,955	0,094					
<i>Rissa tridactyla</i>	575	I	3,8148	0,970	0,102					
<i>Rissa tridactyla</i>	576	I	4,3051	0,990	0,108					
<i>Rissa tridactyla</i>	577	I	3,4617	0,935	0,093					
<i>Rissa tridactyla</i>	578	I	2,1575	0,885	0,078					
<i>Rissa tridactyla</i>	1758	I	4,0011	0,960	0,095					
<i>Rissa tridactyla</i>	1881	I	3,7952	0,965	0,101					
<i>Rissa tridactyla</i>	2288	I	4,7857	1,050	0,097	0,323	0,410			
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	549	I	2,6968	0,968	0,096					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	550	I	2,5007	0,980	0,105					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	551	I	2,5497	0,910	0,092					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	552	I	2,4517	0,928	0,093					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	553	I	3,0401	0,978	0,104					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	554	I	3,0401	1,040	0,110					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	555	I	2,9420	0,964	0,100					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	556	I	2,8439	0,940	0,095					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	557	I	2,2065	0,990	0,105					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	558	I	2,6968	0,920	0,091					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	559	I	3,5304	0,980	0,105					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	560	I	2,3536	0,980	0,100					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	561	I	3,0401	1,000	0,101					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	562	I	2,2555	0,990	0,096					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	563	I	3,1872	0,960	0,101					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	564	I	2,3046	0,876	0,078					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	565	I	2,7459	0,936	0,091					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	566	I	2,8047	0,980	0,100					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	567	I	2,4026	0,948	0,093					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	568	I	2,7459	0,970	0,098					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	569	I	2,7459	0,944	0,089					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	570	I	2,0594	0,960	0,103					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	571	I	3,3833	0,990	0,109					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	572	I	3,2852	0,984	0,109					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	573	H	1,6573	0,950	0,095					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	1563	I	2,7949	0,967	0,099					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	1751	I	2,7753	0,970	0,098					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	1934	I	2,7459	0,963	0,099					
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	2287	I	2,5595	0,971	0,085	0,307	0,380			
<i>Hydrocoloeus minutus</i>	1750	I	1,1572							
<i>Leucophaeus atricilla</i>	519	I	3,2754	1,030	0,106					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	520	I	2,9910	1,090	0,114					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	521	I	2,1084	1,000	0,103					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	522	M	3,4519	1,090	0,110*					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	1653	I	3,4323	1,028*	0,121	0,033				

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Laridae										
<i>Leucophaeus atricilla</i>	1663	I	3,1577	0,930	0,110*					
<i>Leucophaeus atricilla</i>	1884	I	3,1872	1,030	0,106					
<i>Larus canus</i>	523	H	1,8437	1,090	0,129*					
<i>Larus canus</i>	524	M	3,5696	1,110	0,138					
<i>Larus canus</i>	1752	I	4,0305	1,110	0,125					
<i>Larus canus</i>	1935	I	3,5696	1,100	0,138					
<i>Larus canus</i>	2285	I	3,5990	1,080	0,115	0,344	0,410			
<i>Larus delawarensis</i>	1655	I	4,1874	1,391*	0,120	0,037				
<i>Larus argentatus</i>	510	I	6,7666	1,430	0,218					
<i>Larus argentatus</i>	511	I	6,0017	1,330	0,196					
<i>Larus argentatus</i>	512	I	8,4337	1,320	0,186					
<i>Larus argentatus</i>	513	I	5,8252	1,310	0,182					
<i>Larus argentatus</i>	514	I	8,9339	1,450	0,230					
<i>Larus argentatus</i>	515	I	5,2073	1,310	0,181					
<i>Larus argentatus</i>	516	I	9,7086	1,380	0,208					
<i>Larus argentatus</i>	517	I	5,7369	1,310	0,203					
<i>Larus argentatus</i>	518	H	5,6388	1,350	0,197					
<i>Larus argentatus</i>	1754	I	11,1992	1,340	0,197					
<i>Larus argentatus</i>	1883	I	9,3163	1,360	0,203					
<i>Larus argentatus</i>	1936	I	9,0712	1,350	0,200					
<i>Larus argentatus</i>	2100	I	8,8946	1,644	0,191					
<i>Larus argentatus</i>	2284	I	11,6601	1,430	0,211	0,466	0,560			
<i>Larus argentatus smithsonianus</i>	2668	I	8,3357	0,602*	0,201					
<i>Larus glaucooides</i>	1755	I	8,0316	1,391*	0,211*					
<i>Larus fuscus</i>	527	I	8,2376	1,310	0,177					
<i>Larus fuscus</i>	528	I	7,0608	1,290	0,177					
<i>Larus fuscus</i>	529	I	7,1589	1,330	0,196					
<i>Larus fuscus</i>	530	I	7,6982	1,340	0,181					
<i>Larus fuscus</i>	531	I	7,1098	1,360	0,197					
<i>Larus fuscus</i>	532	I	8,2376	1,310	0,174					
<i>Larus fuscus</i>	533	I	8,2866	1,320	0,187					
<i>Larus fuscus</i>	534	I	9,6105	1,380	0,201					
<i>Larus fuscus</i>	535	I	7,1589	1,320	0,186					
<i>Larus fuscus</i>	536	I	7,1589	1,290	0,184					
<i>Larus fuscus</i>	537	I	8,1395	1,340	0,190					
<i>Larus fuscus</i>	538	I	8,1395	1,350	0,185					
<i>Larus fuscus</i>	539	M	7,5609	1,430	0,229					
<i>Larus fuscus</i>	1753	I	7,0510	1,340	0,193					
<i>Larus hyperboreus</i>	1756	I	14,1706	1,391*	0,211*					
<i>Larus marinus</i>	540	I	14,6119	1,690	0,316					
<i>Larus marinus</i>	541	I	8,6691	1,610	0,283					
<i>Larus marinus</i>	542	H	10,9834	1,620	0,275					
<i>Larus marinus</i>	543	H	12,7486	1,600	0,271					
<i>Larus marinus</i>	544	H	13,7293	1,600	0,268					
<i>Larus marinus</i>	545	M	15,2984	1,720	0,296					
<i>Larus marinus</i>	546	M	16,9655	1,680	0,299					
<i>Larus marinus</i>	547	M	17,4558	1,720	0,304					
<i>Larus marinus</i>	548	M	17,0636	1,690	0,297					
<i>Larus marinus</i>	1656	I	7,8453	0,172	0,114	0,047				
<i>Larus marinus</i>	1757	I	16,3673	1,670	0,288					
<i>Larus marinus</i>	1882	I	15,2003	1,650	0,285					
<i>Larus marinus</i>	1937	I	14,8080	1,660	0,290					
<i>Larus marinus</i>	2286	I	18,7797	1,726	0,272	0,509	0,685			
<i>Larus dominicanus</i>	525	I	8,7279*	1,350	0,218					
<i>Larus dominicanus</i>	526	I	8,7279	1,480	0,239					
<i>Anous stolidus</i>	506	I	1,5593	0,800	0,072					
<i>Anous stolidus</i>	507	I	1,6377	0,815	0,073					
<i>Anous stolidus</i>	508	I	1,7750	0,827	0,082					
<i>Anous stolidus</i>	509	I	1,7260	0,820	0,074					
<i>Anous stolidus</i>	1915	I	1,8633	0,850	0,080					
<i>Gygis alba</i>	1916	I	1,0787	0,700	0,040					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	581	I	1,6377	0,845	0,068					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	582	I	2,0594	0,870	0,071					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	583	I	1,9123	0,875	0,074					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	584	I	2,0594	0,851	0,071					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	585	I	1,9270*	0,857	0,071					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	586	I	1,8927	0,870	0,073					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	587	I	1,8044	0,873	0,077					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	588	I	2,0888	0,902	0,074					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	1914	I	1,9613	0,900	0,070					
<i>Onychoprion fuscatus</i>	1650	I	1,8338	0,084	0,072	0,030				
<i>Onychoprion anaethetus</i>	580	I	0,8826	0,810	0,062					
<i>Sternula albifrons</i>	579	I		0,460	0,019					
<i>Hydroprogne caspia</i>	1759	I	6,4234							
<i>Chlidonias niger</i>	2070	I	0,5394	0,580	0,041					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Laridae										
<i>Chlidonias leucopterus</i>	1761	I	0,5296	0,650	0,055					
<i>Sterna hirundo</i>	589	I	1,0297	0,780	0,050					
<i>Sterna hirundo</i>	1611	I	1,1572	0,828	0,056					
<i>Sterna hirundo</i>	2101	I	1,1278	0,872	0,042					
<i>Sterna hirundo</i>	2289	I	1,1572	0,829	0,056	0,284	0,355			
<i>Sterna paradisaea</i>	1760	I	1,0787	0,800	0,057					
<i>Thalasseus maximus</i>	590	I	2,5105	1,150	0,108					
<i>Thalasseus maximus</i>	1885	I	4,6091	1,150	0,108					
<i>Thalasseus maximus</i>	2102	I	4,6582	1,355	0,098					
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	2103	I	3,2362	1,206	0,098					
<i>Rynchops niger</i>	591	I	2,9420*	0,990	0,089					
<i>Rynchops niger</i>	1886	I	2,9420	0,990	0,089					
Stercorariidae										
<i>Stercorarius skua</i>	599	I	16,1810	1,380	0,231					
<i>Stercorarius skua</i>	600	I	8,1003	1,370	0,209					
<i>Stercorarius skua</i>	601	I	13,8650*	1,500	0,251					
<i>Stercorarius skua</i>	602	I	16,6713	1,410	0,221					
<i>Stercorarius skua</i>	603	I	16,6713	1,410	0,242					
<i>Stercorarius skua</i>	604	I	11,6699	1,390	0,220					
<i>Stercorarius skua</i>	605	I	13,2390	1,400	0,215					
<i>Stercorarius skua</i>	606	I	13,6312	1,400	0,219					
<i>Stercorarius skua</i>	607	H	10,3950	1,400	0,208					
<i>Stercorarius skua</i>	608	H	19,6133	1,490	0,269					
<i>Stercorarius skua</i>	609	M	13,7293	1,390	0,230					
<i>Stercorarius skua</i>	1879	I	13,2390	1,370	0,214					
<i>Stercorarius skua</i>	2052	I	13,2390	1,370	0,214					
<i>Stercorarius pomarinus</i>	1747	I	6,7470	1,180	0,164*					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	610	I	3,6285	1,050	0,112					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	611	I	4,4130	1,050	0,110					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	612	I	4,3934	1,105	0,109					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	613	I	4,2169	1,040	0,118					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	614	I	4,4130	1,050	0,110					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	615	I	4,7660	1,070	0,122					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	616	I	2,6772	0,925	0,096					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	617	I	3,3343	0,975	0,111					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	618	H	3,8246	1,110	0,130					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	619	H	4,5013	1,050	0,118					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	620	M	3,0401	1,080	0,109					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	621	M	3,9227	1,050	0,115					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	1748	I	4,2953	1,060	0,118					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	1880	I	3,8246	1,050	0,117					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	2050	I	3,8246	1,050	0,117					
<i>Stercorarius longicaudus</i>	1749	I	2,9126	1,000	0,089					
Alcidae										
<i>Alle alle</i>	2292	I	0,8944	0,387	0,017	0,126	0,200			
<i>Alle alle</i>	2615	I	0,9414	0,387*	0,015	0,126*	0,200*			
<i>Uria aalge</i>	489	I	9,7086	0,704	0,052					
<i>Uria aalge</i>	490	I	6,9333	0,715	0,055					
<i>Uria aalge</i>	491	I	8,6299	0,700	0,052					
<i>Uria aalge</i>	492	I	10,1989	0,718	0,059					
<i>Uria aalge</i>	493	M	5,2564	0,700	0,050					
<i>Uria aalge</i>	1877	I	9,3163	0,707	0,054					
<i>Uria aalge</i>	2293	I	9,9047	0,702	0,042	0,201	0,420			
<i>Alca torda</i>	464	I	6,2959	0,655	0,042					
<i>Alca torda</i>	465	I	6,1782	0,652	0,046					
<i>Alca torda</i>	466	I	7,0118	0,675	0,051					
<i>Alca torda</i>	1878	I	6,0801	0,661	0,046					
<i>Alca torda</i>	2290	I	7,6492	0,681	0,038	0,193	0,410			
<i>Cephus grylle</i>	467	I	4,3640	0,525	0,034					
<i>Fratercula arctica</i>	468	I	4,3640	0,571	0,042					
<i>Fratercula arctica</i>	469	I	3,8246	0,550	0,038					
<i>Fratercula arctica</i>	470	I	4,2169	0,553	0,038					
<i>Fratercula arctica</i>	471	I	3,8148	0,545	0,034					
<i>Fratercula arctica</i>	472	I	4,0207	0,540	0,036					
<i>Fratercula arctica</i>	473	I	4,0403	0,546	0,036					
<i>Fratercula arctica</i>	474	I	4,2953	0,553	0,035					
<i>Fratercula arctica</i>	475	I	3,9030*	0,551	0,034					
<i>Fratercula arctica</i>	476	I	3,5598	0,520	0,033					
<i>Fratercula arctica</i>	477	I	4,0403	0,550	0,039					
<i>Fratercula arctica</i>	478	I	4,1678	0,555	0,039					
<i>Fratercula arctica</i>	479	I	4,1678	0,553	0,039					
<i>Fratercula arctica</i>	480	I	3,8148	0,542	0,036					
<i>Fratercula arctica</i>	481	I	4,0109	0,565	0,037					
<i>Fratercula arctica</i>	482	I	4,3345	0,558	0,038					
<i>Fratercula arctica</i>	483	I	3,9030	0,540	0,035					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Alcidae										
<i>Fratercula arctica</i>	484	I	4,0403	0,545	0,037					
<i>Fratercula arctica</i>	485	I	3,4617	0,545	0,037					
<i>Fratercula arctica</i>	486	I	3,7854	0,540	0,035					
<i>Fratercula arctica</i>	487	I	3,8050	0,560	0,037					
<i>Fratercula arctica</i>	488	I	3,6285	0,555	0,039					
<i>Fratercula arctica</i>	1876	I	3,9030	0,549	0,037					
<i>Fratercula arctica</i>	2291	I	2,6674	0,564	0,035	0,162	0,300			
COLUMBIFORMES										
Columbidae										
<i>Columba livia</i>	1602	I	3,9227	0,650	0,060*					
<i>Columba livia</i>	1613	I	3,2656	0,632	0,063					
<i>Columba livia</i>	1651	I	2,4909	0,067	0,046	0,022				
<i>Columba livia</i>	1654	I	3,7658	0,067	0,070	0,022				
<i>Columba livia</i>	1661	I	3,7265	0,545	0,054					
<i>Columba livia</i>	1963	M	3,3829*	0,670	0,075					
<i>Columba livia</i>	2104	I	3,0106	0,720	0,057					
<i>Columba livia</i>	2294	I	3,8020	0,650	0,061	0,210	0,330			
<i>Columba livia livia</i>	2640	I	3,0793	0,500*	0,057					
<i>Columba oenas</i>	1725	I	2,8930	0,750	0,053	0,209*	0,330*			
<i>Columba oenas</i>	2295	I	3,0008	0,653	0,053	0,209	0,330			
<i>Columba palumbus</i>	1726	I	4,8053	0,750	0,084					
<i>Columba palumbus</i>	1933	I	4,8543	0,751	0,080					
<i>Columba palumbus</i>	2296	I	4,8543	0,751	0,080	0,245	0,410			
<i>Patagioenas speciosa</i>	2467	I	2,5399	0,285	0,041					
<i>Patagioenas leucocephala</i>	694	I	1,6966	0,610	0,062					
<i>Patagioenas leucocephala</i>	695	I	1,3729	0,590	0,061					
<i>Patagioenas leucocephala</i>	696	I	1,5347*	0,580	0,061					
<i>Patagioenas nigrirostris</i>	2468	I	1,4122	0,237	0,031					
<i>Streptopelia turtur</i>	2297	I	1,7456	0,529	0,038	0,175	0,280			
<i>Streptopelia roseogrisea</i>	697	I	1,6671	0,525	0,051					
<i>Streptopelia roseogrisea</i>	698	I	1,2749	0,520	0,044					
<i>Zenaidura macroura</i>	699	I	1,0297	0,430	0,030					
<i>Zenaidura macroura</i>	700	I	0,7649	0,420	0,031					
<i>Zenaidura macroura</i>	701	I	0,9022	0,435	0,031					
<i>Zenaidura macroura</i>	702	I	1,0003	0,425	0,032					
<i>Zenaidura macroura</i>	703	I	1,0983	0,443	0,035					
<i>Zenaidura macroura</i>	704	I	0,8238	0,430	0,029					
<i>Zenaidura macroura</i>	705	I	1,1278	0,440	0,033					
<i>Zenaidura macroura</i>	1592	I	0,9022	0,435	0,032*					
<i>Zenaidura macroura</i>	2298	I	1,2749	0,432*	0,036	0,147	0,250			
<i>Zenaidura macroura carolinensis</i>	2623	I	1,2749	0,432*	0,036					
<i>Claravis pretiosa</i> <sup>(1)</sup>	281	H	0,5884	0,349	0,023	0,106	0,188	0,074	0,027	0,002
CUCULIFORMES										
Cuculidae										
<i>Cuculus canorus</i>	2300	I	1,0199	0,583	0,042	0,198	0,330			
<i>Coccyzus americanus</i>	709	I	0,3138	0,400	0,025					
<i>Coccyzus americanus</i>	710	I	0,6178	0,405	0,027					
<i>Coccyzus americanus</i>	711	I	0,5786	0,400	0,025					
<i>Coccyzus americanus</i>	2299	I	0,5982	0,402*	0,027	0,144	0,275			
<i>Coccyzus americanus</i>	2604	I	0,5982	0,402*	0,027					
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	2106	I	0,7159	0,427	0,027					
STRIGIFORMES										
Tytonidae										
<i>Tyto capensis</i>	1976	I	4,0590	0,997	0,152	0,330				
<i>Tyto capensis</i>	1977	I	4,0590	1,080	0,152	0,330				
<i>Tyto alba</i>	1475	M	3,7265	1,045	0,151	0,306*				
<i>Tyto alba</i>	1975	I	3,4215	0,909	0,114	0,285				
<i>Tyto alba</i>	2107	I	4,3051	1,222	0,139	0,306*				
<i>Tyto alba</i>	2313	I	2,7361	0,973	0,116	0,281				
<i>Tyto alba pratincola</i>	2652	I	4,9524	1,037*	0,168	0,306*				
Strigidae										
<i>Otus senegalensis</i>	1985	I	0,7855	0,468	0,034	0,138				
<i>Otus scops</i>	2310	I	0,4884	0,523	0,041	0,151	0,190			
<i>Megascops asio</i>	1469	I	1,0493	0,550	0,050					
<i>Megascops asio</i>	1470	I	1,0199	0,520	0,049					
<i>Megascops asio</i>	1471	I	0,9218	0,540	0,051					
<i>Megascops asio</i>	1472	I	0,9611	0,530	0,044					
<i>Megascops asio</i>	1473	I	0,8630	0,520	0,047					
<i>Megascops asio</i>	1474	I	0,9218	0,475	0,044					
<i>Megascops asio</i>	2309	I	2,1182	0,560	0,050	0,163	0,200			
<i>Megascops asio naevius</i>	2630	M	1,7456	0,528*	0,052					
<i>Megascops asio naevius</i>	2636	H	2,4909	0,528*	0,048					
<i>Ptilopsis leucotis</i>	1984	I	2,2134	0,667	0,068	0,196				
<i>Bubo virginianus</i>	1467	I	11,7680	1,140	0,228	0,237*				

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m²)	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m²)
<b>Strigidae</b>										
<i>Bubo virginianus</i>	1468	M	14,7100	1,390	0,285	0,391*				
<i>Bubo virginianus</i>	2307	I	14,3471	1,400	0,248	0,351	0,510			
<i>Bubo virginianus pacificus</i>	2684	I	14,5138	1,310*	0,243	0,391*				
<i>Bubo v. virginianus</i>	2683	H	14,1853	1,310*	0,253	0,391*				
<i>Bubo bubo</i>	2306	I	16,8674	1,641	0,372	0,431	0,700			
<i>Bubo capensis</i>	1981	I	10,4362	1,249	0,236	0,363				
<i>Bubo africanus</i>	1980	I	7,2726	1,133	0,206	0,339				
<i>Bubo lacteus</i>	2027	I	19,4172	1,635	0,423	0,435				
<i>Bubo scandiacus</i>	2308	I	13,7685	1,400	0,258	0,408	0,510			
<i>Bubo scandiacus</i>	2681	M	13,7685	1,400*	0,258	0,408*	0,510*			
<i>Glaucidium perlatum</i>	1983	I	0,8669	0,386	0,025	0,107				
<i>Glaucidium capense</i>	1982	I	0,9150	0,404	0,030	0,133				
<i>Athene cunicularia</i>	1466	I	1,2749	0,600	0,056	0,196*	0,210*			
<i>Athene noctua</i>	2305	I	1,5838	0,589	0,046	0,196	0,210			
<i>Strix aluco</i>	2311	I	4,0992	0,950	0,130	0,224	0,380			
<i>Strix varia</i>	2108	I	7,0412	1,144	0,179	0,269*				
<i>Strix varia</i>	2312	I	5,0014	1,118	0,183	0,333	0,432			
<i>Strix v. varia</i>	2653	I	5,0014	1,131*	0,183	0,269*				
<i>Strix woodfordii</i>	1986	I	3,3813	0,788	0,120	0,250				
<i>Asio otus</i>	1465	I	2,7459	0,936	0,130	0,292*				
<i>Asio otus</i>	2303	I	2,4222	0,941	0,108	0,315	0,350			
<i>Asio otus wilsonianus</i>	2304	I	2,5399	0,990	0,119	0,293	0,330			
<i>Asio otus wilsonianus</i>	2635	M	2,2555	0,984*	0,118	0,300*				
<i>Asio otus wilsonianus</i>	2638	H	2,8243	0,962*	0,120	0,300*				
<i>Asio flammeus</i>	2302	I	3,8246	1,075	0,140	0,329	0,330			
<i>Asio capensis</i>	1978	I	3,4647	0,861	0,124	0,280				
<i>Asio capensis</i>	1979	I	3,4647	0,970	0,124	0,280				
<i>Aegolius acadicus</i>	2301	I	1,0591	0,430	0,042	0,136	0,178			
<i>Aegolius acadicus</i>	2620	I	1,0591	0,430*	0,042	0,136*	0,178*			
<b>CAPRIMULGIFORMES</b>										
<b>Caprimulgidae</b>										
<i>Chordeiles minor</i>	458	I	0,6276	0,560	0,035					
<i>Chordeiles minor</i>	459	I	0,7061	0,550	0,035					
<i>Chordeiles minor</i>	460	I	0,8630	0,620	0,045					
<i>Chordeiles minor</i>	461	I	0,6002	0,545	0,035					
<i>Chordeiles minor</i>	462	I	0,6977*	0,560	0,036					
<i>Chordeiles minor</i>	463	I	0,5933	0,565	0,036					
<i>Chordeiles minor</i>	2062	I	0,7777	0,600	0,040					
<i>Chordeiles minor</i>	2071	I	0,8140	0,564	0,038					
<i>Chordeiles minor</i>	2109	I	0,5884	0,662	0,034					
<i>Chordeiles minor</i>	2116	I	0,6276	0,372	0,034	0,260				
<i>Chordeiles minor</i>	2315	I	0,7384	0,584	0,035	0,198	0,229			
<i>Chordeiles m. minor</i>	2609	I	0,7380	0,562*	0,035					
<i>Antrostomus carolinensis</i>	457	I	1,0787	0,655	0,057	0,194*	0,270*			
<i>Antrostomus carolinensis</i>	2110	I	1,0787	0,760	0,056	0,194*	0,270*			
<i>Caprimulgus europaeus</i>	2314	I	0,9022	0,569	0,040	0,194	0,270			
<i>Caprimulgus europaeus</i>	2538	I	0,9022	0,569	0,047	0,194*	0,270*			
<b>Steatornithidae</b>										
<i>Steatornis caripensis</i>	2471	I	4,0698	0,677	0,143					
<b>APODIFORMES</b>										
<b>Apodidae</b>										
<i>Cypseloides niger</i>	2068	I	0,4511	0,359	0,014					
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	205	I	0,8140	0,450	0,021	0,180	0,182	0,055	0,028	0,002
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	206	I	0,8630	0,487	0,024	0,192	0,185	0,066	0,030	0,004
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	207	I	0,9414	0,490	0,025	0,193	0,215	0,069	0,029	0,003
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	209	I	0,9218	0,511	0,024	0,191	0,148	0,062	0,030	0,003
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	210	I	0,7747	0,489	0,025	0,198	0,198	0,062	0,029	0,002
<i>Streptoprocne zonaris</i> <sup>(†)</sup>	349	I	0,8532	0,490	0,026	0,198	0,181	0,074	0,025	0,002
<i>Chaetura pelagica</i> <sup>(4)</sup>	2117	I	0,1667	0,198	0,010	0,141	0,113*	0,041*	0,020*	0,001*
<i>Chaetura pelagica</i> <sup>(†)</sup>	2317	I	0,1697	0,320	0,010	0,129	0,127	0,041*	0,020*	0,001*
<i>Chaetura pelagica</i> <sup>(†)</sup>	2571	I	0,1697	0,259*	0,010	0,135*	0,113*	0,041*	0,020*	0,001*
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	3	I	0,1667	0,270	0,010	0,109	0,112	0,038	0,024	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	74	I	0,1442	0,243	0,007	0,112	0,109	0,037	0,022	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	76	I	0,1471	0,242	0,007	0,109	0,107	0,041	0,022	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	144	I	0,1471	0,249	0,007	0,108	0,111	0,047	0,017	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	198	I	0,1569	0,268	0,008	0,108	0,109	0,039	0,018	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	221	I	0,1667	0,263	0,008	0,111	0,112	0,040	0,023	0,002
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	222	I	0,1667	0,265	0,007	0,111	0,102	0,039	0,018	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	224	I	0,1667	0,271	0,008	0,110	0,114	0,040	0,021	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	225	I	0,1667	0,269	0,007	0,114	0,116	0,041	0,022	0,002
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	304	M	0,1716	0,272	0,008	0,116	0,121	0,041	0,018	0,001
<i>Chaetura vauxi</i> <sup>(†)</sup>	2069	I	0,1667	0,254	0,008	0,111*	0,111*	0,040*	0,021*	0,001*
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	89	I	0,1373	0,251	0,008	0,104	0,105	0,042	0,020	0,002
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	90	I	0,1373	0,232	0,006	0,101	0,108	0,039	0,023	0,002

Continúa



Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Apodidae										
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	91	I	0,1324	0,238	0,007	0,102	0,120	0,045	0,021	0,002
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	92	I	0,1422	0,245	0,007	0,104	0,115	0,046	0,021	0,001
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	145	I	0,1520	0,236	0,007	0,102	0,118	0,041	0,018	0,001
<i>Chaetura cinereiventris</i> <sup>(†)</sup>	223	I	0,1422	0,241	0,007	0,102	0,112	0,041	0,017	0,001
<i>Apus melba</i>	1729	I	0,7649	0,570	0,030					
<i>Apus apus</i>	1646	I	0,3972	0,042	0,019	0,017				
<i>Apus apus</i>	1727	I	0,3727	0,400	0,017					
<i>Apus apus</i>	1917	I	0,3825	0,380	0,015	0,179				
<i>Apus apus</i>	1918	I	0,4119	0,380	0,014					
<i>Apus apus</i>	1959	H	0,4119	0,380	0,014					
<i>Apus apus</i>	1960	H	0,4119	0,392	0,016					
<i>Apus apus</i>	2316	I	0,3550	0,420	0,017	0,175	0,165			
<i>Apus apus</i>	2533	I	0,4217	0,410	0,016					
<i>Apus pallidus</i>	1728	I	0,4119	0,440	0,026					
<i>Aeronautes saxatalis</i> <sup>(†)</sup>	2067	I	0,3727	0,334	0,012	0,110*	0,114*	0,042*	0,021*	0,001*
<i>Aeronautes montivagus</i> <sup>(†)</sup>	303	M	0,1765	0,246	0,007	0,110	0,114	0,042	0,021	0,001
Trochilidae										
<i>Glaucis hirsutus</i> <sup>(†)</sup>	318	I	0,0785	0,161	0,004	0,065	0,118	0,041	0,018	0,001
<i>Threnetes niger</i>	1958	I	0,0496							
<i>Phaethornis hispidus</i> <sup>(†)</sup>	98	I	0,0451	0,136	0,002	0,056	0,141	0,063	0,018	0,001
<i>Phaethornis hispidus</i> <sup>(†)</sup>	1953	I	0,0578	0,136*	0,002*	0,056*	0,141*	0,063*	0,018*	0,001*
<i>Phaethornis malaris</i> <sup>(†)</sup>	1954	I	0,0579	0,135*	0,002*	0,058*	0,145*	0,064*	0,019*	0,001*
<i>Phaethornis augusti</i> <sup>(†)</sup>	45	I	0,0461	0,140	0,002	0,056	0,158	0,078	0,020	0,002
<i>Phaethornis augusti</i> <sup>(†)</sup>	288	M	0,0481	0,129	0,002	0,062	0,139	0,051	0,019	0,001
<i>Doryfera ludovicae</i>	1950	I	0,0510							
<i>Schistes geoffroyi</i> <sup>(†)</sup>	1945	I	0,0391	0,126*	0,0020*	0,049*	0,089*	0,035*	0,018*	0,001*
<i>Schistes g. geoffroyi</i> <sup>(†)</sup>	124	M	0,0373	0,126	0,0020	0,049	0,089	0,035	0,018	0,001
<i>Eulampis jugularis</i>	1620	I	0,0814							
<i>Helangelus amethysticollis</i>	1951	I	0,0593							
<i>Lophornis stictolophus</i> <sup>(†)</sup>	191	M	0,0255	0,099	0,001	0,041	0,067	0,025	0,009	0,0003
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	7	M	0,0490	0,154	0,002	0,063	0,157	0,080	0,017	0,001
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	58	H	0,0431	0,133	0,002	0,055	0,099	0,044	0,009	0,0004
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	109	H	0,0392	0,130	0,002	0,054	0,100	0,044	0,008	0,0005
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	127	M	0,0490	0,145	0,002	0,062	0,151	0,101	0,010	0,001
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	150	H	0,0471	0,136	0,002	0,055	0,101	0,046	0,015	0,0009
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	154	H	0,0422	0,135	0,002	0,054	0,098	0,040	0,011	0,0007
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	160	H	0,0353	0,125	0,002	0,054	0,097	0,043	0,011	0,0008
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	247	H	0,0373	0,127	0,002	0,049	0,094	0,045	0,013	0,0008
<i>Agelaiocercus k. kingi</i> <sup>(†)</sup>	251	M	0,0451	0,147	0,003	0,062	0,146	0,089	0,011	0,001
<i>Coeligena c. coeligena</i> <sup>(†)</sup>	82	I	0,0686	0,157	0,003	0,072	0,127	0,045	0,020	0,001
<i>Coeligena c. coeligena</i> <sup>(†)</sup>	141	I	0,0735	0,173	0,004	0,075	0,132	0,049	0,027	0,002
<i>Oreatus underwoodii discifer</i> <sup>(†)</sup>	39	H	0,0235	0,106	0,001	0,042	0,083	0,037	0,009	0,0003
<i>Oreatus underwoodii discifer</i> <sup>(†)</sup>	75	H	0,0275	0,104	0,001	0,042	0,080	0,032	0,009	0,0004
<i>Oreatus underwoodii discifer</i> <sup>(†)</sup>	183	M	0,0255	0,101	0,001	0,041	0,081	0,035	0,009	0,0004
<i>Oreatus underwoodii discifer</i> <sup>(†)</sup>	292	M	0,0196	0,106	0,001	0,046	0,054	0,013	0,008	0,0001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	6	M	0,0735	0,167	0,003	0,071	0,138	0,050	0,026	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	10	M	0,0657	0,160	0,003	0,068	0,118	0,049	0,017	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	18	M	0,0745	0,167	0,003	0,068	0,128	0,053	0,018	0,0001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	21	H	0,0647	0,150	0,003	0,062	0,110	0,040	0,018	0,0005
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	60	H	0,6669	0,153	0,003	0,074	0,112	0,038	0,010	0,0005
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	67	M	0,0647	0,156	0,003	0,070	0,126	0,049	0,015	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	68	M	0,0539	0,166	0,003	0,073	0,122	0,049	0,015	0,0009
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	71	H	0,0706	0,161	0,003	0,065	0,118	0,045	0,017	0,0009
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	103	M	0,0686	0,148	0,003	0,060	0,109	0,022	0,016	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	134	H	0,6767	0,152	0,003	0,062	0,115	0,041	0,016	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	143	I	0,0686	0,156	0,003	0,068	0,112	0,048	0,011	0,0007
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	162	I	0,0657	0,157	0,003	0,064	0,111	0,038	0,012	0,0005
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	179	I	0,0628	0,171	0,003	0,069	0,126	0,051	0,015	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	180	I	0,0667	0,155	0,003	0,063	0,119	0,039	0,012	0,0008
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	186	H	0,0628	0,152	0,003	0,065	0,115	0,042	0,012	0,0005
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	194	H	0,0677	0,152	0,003	0,062	0,117	0,034	0,011	0,0006
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	196	H	0,0696	0,180	0,004	0,064	0,137	0,040	0,012	0,002
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	208	I	0,6669	0,159	0,003	0,061	0,120	0,035	0,011	0,0007
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	219	I	0,0628	0,153	0,003	0,064	0,112	0,046	0,013	0,0007
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	241	M	0,0579	0,154	0,003	0,064	0,11	0,040	0,013	0,0006
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	242	M	0,0637	0,149	0,003	0,062	0,109	0,038	0,012	0,0008
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	246	H	0,0677	0,170	0,003	0,077	0,122	0,048	0,012	0,0008
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	252	I	0,0598	0,151	0,003	0,061	0,111	0,064	0,012	0,0008
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	254	M	0,0706	0,169	0,003	0,072	0,118	0,048	0,017	0,001
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	261	M	0,0735	0,165	0,003	0,068	0,104	0,038	0,017	0,0007
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	276	H	0,0667	0,153	0,003	0,063	0,107	0,044	0,015	0,0006
<i>Heliodoxa leadbeateri</i> <sup>(†)</sup>	294	M	0,0716	0,166	0,003	0,069	0,118	0,046	0,015	0,0008
<i>Patagona gigas</i>	1608	I	0,1961	0,260						
<i>Stemocolyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	5	M	0,0824	0,156	0,003	0,064	0,113	0,037	0,014	0,0006
<i>Stemocolyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	16	M	0,0824	0,174	0,003	0,071	0,122	0,040	0,017	0,001

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Trochilidae										
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	17	H	0,0804	0,153	0,003	0,063	0,122	0,039	0,018	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	22	H	0,0647	0,154	0,003	0,063	0,130	0,040	0,017	0,001
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	24	M	0,0785	0,156	0,003	0,070	0,124	0,040	0,016	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	35	M	0,0853	0,157	0,003	0,062	0,118	0,036	0,018	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	40	H	0,0853*	0,147	0,003	0,066*	0,117	0,039*	0,017	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	56	M	0,0824	0,158	0,003	0,064	0,126	0,043	0,015	0,0007
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	69	H	0,0853	0,155	0,003	0,069	0,120	0,033	0,014	0,0004
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	85	M	0,0873	0,159	0,003	0,073	0,128	0,041	0,015	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	87	M	0,0804	0,164	0,003	0,069	0,125	0,041	0,016	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	88	M	0,1030	0,161	0,003	0,067	0,126	0,041	0,013	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	96	M	0,0932	0,166	0,003	0,068	0,130	0,028	0,013	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	100	M	0,0941	0,156	0,003	0,067	0,122	0,038	0,013	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	106	H	0,0873	0,152	0,003	0,065	0,122	0,035	0,013	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	108	I	0,0951	0,162	0,003	0,071	0,123	0,047	0,017	0,0007
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	119	H	0,0814	0,154	0,003	0,063	0,124	0,039	0,012	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	149	H	0,0873	0,144	0,003	0,060	0,121	0,037	0,014	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	174	M	0,0765	0,165	0,003	0,068	0,130	0,043	0,011	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	211	M	0,0814	0,171	0,003	0,065	0,127	0,037	0,016	0,001
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	227	M	0,0912	0,159	0,003	0,064	0,124	0,039	0,016	0,001
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	231	H	0,0863	0,150	0,003	0,064	0,121	0,038	0,011	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	232	M	0,0834	0,162	0,003	0,069	0,120	0,041	0,014	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	258	M	0,0922	0,160	0,003	0,065	0,123	0,042	0,015	0,0007
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	277	M	0,0912	0,161	0,003	0,067	0,125	0,040	0,013	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	280	M	0,0902	0,168	0,003	0,069	0,126	0,040	0,012	0,0005
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	310	M	0,0804	0,157	0,003	0,067	0,119	0,039	0,014	0,0004
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	311	M	0,0932	0,166	0,003	0,068	0,123	0,042	0,015	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	330	M	0,0785	0,156	0,003	0,062	0,116	0,040	0,015	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	331	H	0,0873	0,153	0,003	0,062	0,120	0,038	0,013	0,0006
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	336	M	0,0873	0,161	0,004	0,064	0,124	0,040	0,011	0,0008
<i>Stemodyta cyanopectus</i> <sup>(†)</sup>	342	M	0,0745	0,157	0,003	0,063	0,121	0,040	0,012	0,0005
<i>Eugenes fulgens</i>	1672	I	0,0726	0,157	0,003	0,079				
<i>Lampornis clemenciae</i>	1671	I	0,0824	0,170	0,004	0,085				
<i>Archilochus colubris</i>	1836	I	0,0314	0,092	0,001	0,045*				
<i>Archilochus colubris</i>	1865	M	0,0351	0,082	0,001	0,041				
<i>Archilochus colubris</i>	1866	M	0,0360	0,082	0,001	0,041				
<i>Archilochus colubris</i>	1867	M	0,0393	0,080	0,001	0,040				
<i>Archilochus colubris</i>	1868	M	0,0408	0,086	0,001	0,043				
<i>Archilochus colubris</i>	1869	H	0,0428	0,098	0,001	0,049				
<i>Archilochus colubris</i>	1870	H	0,0428	0,096	0,001	0,048				
<i>Archilochus colubris</i>	1871	H	0,0410	0,098	0,001	0,049				
<i>Archilochus colubris</i>	1872	H	0,0392	0,097	0,001	0,048				
<i>Archilochus colubris</i>	1873	H	0,0382	0,090	0,001	0,045				
<i>Archilochus colubris</i>	1874	M	0,0353	0,083	0,001	0,042				
<i>Archilochus colubris</i>	1875	I	0,0314	0,093	0,001	0,046				
<i>Archilochus colubris</i>	2111	I	0,0333	0,095	0,001	0,045*				
<i>Archilochus colubris</i>	2546	M	0,0292	0,090*	0,001	0,045*				
<i>Archilochus alexandri</i>	1673	I	0,0294	0,094	0,001	0,047				
<i>Archilochus alexandri</i>	2545	M	0,0250	0,094*	0,001	0,047*				
<i>Calypte costae</i>	1616	I	0,0294							
<i>Selasphorus rufus</i>	1674	I	0,0324	0,084	0,001	0,042				
<i>Selasphorus flammula</i>	1955	I	0,0241	0,084*	0,001*	0,042*				
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1949	I	0,0234							
<i>Chlorestes notata</i> <sup>(†)</sup>	259	M	0,0343	0,119	0,002	0,052	0,079	0,029	0,009	0,0004
<i>Chlorestes notata</i> <sup>(†)</sup>	264	H	0,0304	0,114	0,002	0,045	0,081	0,027	0,011	0,0004
<i>Chlorestes notata</i> <sup>(†)</sup>	347	H	0,0304	0,113	0,002	0,048	0,081	0,027	0,015	0,0004
<i>Campylopterus largipennis</i> <sup>(†)</sup>	1946	I	0,0912	0,158*	0,003*	0,066*	0,119*	0,043*	0,019*	0,001*
<i>Campylopterus largipennis</i> <sup>(†)</sup>	1947	I	0,0925	0,158*	0,003*	0,066*	0,119*	0,043*	0,019*	0,001*
<i>Campylopterus largipennis</i> <sup>(†)</sup>	1948	I	0,0740	0,158*	0,003*	0,066*	0,119*	0,043*	0,019*	0,001*
<i>Campylopterus falcatus</i> <sup>(†)</sup>	81	H	0,0765	0,147	0,003	0,065	0,116	0,043	0,015	0,0007
<i>Campylopterus falcatus</i> <sup>(†)</sup>	135	M	0,0755	0,169	0,004	0,067	0,121	0,044	0,023	0,001
<i>Campylopterus falcatus</i> <sup>(†)</sup>	327	M	0,0696	0,158	0,003	0,067	0,120	0,043	0,019	0,001
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	15	H	0,0490	0,142	0,003	0,065	0,107	0,040	0,016	0,001
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	23	M	0,0628	0,160	0,003	0,068	0,112	0,042	0,018	0,0008
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	42	I	0,0628	0,153	0,003	0,067	0,113	0,046	0,018	0,0009
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	99	M	0,0608	0,157	0,003	0,068	0,116	0,041	0,013	0,001
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	114	M	0,0579	0,158	0,003	0,066	0,114	0,044	0,014	0,001
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	250	I	0,0481	0,148	0,003	0,066	0,103	0,037	0,015	0,0009
<i>Chalybura buffonii</i> <sup>(†)</sup>	255	H	0,0530	0,144	0,003	0,063	0,109	0,037	0,015	0,0006
<i>Thalurania furcata</i>	1956	I	0,0403							
<i>Thalurania furcata</i>	1957	I	0,0442							
<i>Amazilia fimbriata</i>	1607	I	0,0500	0,118	0,002*	0,053*				
<i>Amazilia fimbriata</i>	1618	I	0,0559	0,119*	0,002*	0,053*				
<i>Amazilia fimbriata</i>	1670	I	0,0500	0,119*	0,002	0,059				
<i>Amazilia saucerrottei</i> <sup>(†)</sup>	297	M	0,0422	0,120	0,002	0,048	0,083	0,029	0,009	0,0003
<i>Chrysoronia oenone</i> <sup>(†)</sup>	14	H	0,0628	0,120	0,001	0,050	0,090	0,074	0,008	0,0002

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Trochilidae										
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	20	M	0,0451	0,130	0,002	0,056	0,094	0,032	0,017	0,0009
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	26	M	0,0510	0,127	0,002	0,054	0,092	0,029	0,016	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	37	H	0,0363	0,119	0,002	0,048	0,087	0,028	0,016	0,0003
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	55	H	0,0451	0,120	0,002	0,050	0,095	0,030	0,013	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	61	I	0,0402	0,117	0,002	0,052	0,091	0,028	0,015	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	64	M	0,0520	0,129	0,002	0,052	0,096	0,033	0,017	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	65	M	0,0490	0,122	0,002	0,052	0,092	0,025	0,015	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	78	M	0,0510	0,125	0,002	0,055	0,095	0,031	0,017	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	79	H	0,0490	0,121	0,002	0,052	0,093	0,028	0,016	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	80	H	0,0431	0,119	0,002	0,052	0,078	0,029	0,012	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	86	M	0,0441	0,124	0,002	0,052	0,094	0,031	0,016	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	111	M	0,0471	0,131	0,002	0,055	0,092	0,031	0,009	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	116	H	0,0431	0,104	0,001	0,051	0,082	0,029	0,018	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	121	M	0,0461	0,124	0,002	0,053	0,093	0,031	0,014	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	123	H	0,0382	0,122	0,002	0,051	0,091	0,028	0,018	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	130	M	0,0490	0,125	0,002	0,032	0,097	0,052	0,011	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	136	H	0,0402	0,112	0,002	0,045	0,080	0,017	0,015	0,0002
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	137	H	0,0431	0,114	0,002	0,046	0,090	0,028	0,014	0,0003
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	138	I	0,0481	0,118	0,002	0,051	0,092	0,031	0,015	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	139	M	0,0451	0,118	0,002	0,050	0,089	0,030	0,017	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	140	I	0,0412	0,121	0,002	0,048	0,087	0,031	0,012	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	142	I	0,0706	0,165	0,003	0,051	0,118	0,004	0,022	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	147	H	0,0422	0,117	0,002	0,050	0,087	0,030	0,018	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	148	M	0,0490	0,127	0,002	0,057	0,093	0,032	0,016	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	192	H	0,0461	0,118	0,002	0,048	0,092	0,026	0,010	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	193	H	0,0382	0,117	0,002	0,049	0,090	0,026	0,017	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	200	M	0,0530	0,122	0,002	0,054	0,096	0,031	0,015	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	201	H	0,0422	0,122	0,002	0,053	0,095	0,030	0,012	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	203	M	0,0520	0,123	0,002	0,053	0,093	0,032	0,010	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	216	H	0,0412	0,119	0,002	0,048	0,086	0,028	0,013	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	226	M	0,0471	0,127	0,002	0,052	0,092	0,030	0,013	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	240	M	0,0490	0,129	0,002	0,055	0,096	0,032	0,014	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	244	H	0,0422	0,118	0,002	0,049	0,089	0,026	0,012	0,0006
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	278	H	0,0392	0,118	0,002	0,051	0,087	0,026	0,011	0,0003
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	285	M	0,0461	0,128	0,002	0,052	0,093	0,031	0,011	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	290	M	0,0451	0,129	0,002	0,054	0,095	0,031	0,019	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	293	M	0,0441	0,119	0,002	0,049	0,090	0,027	0,017	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	295	M	0,0530	0,124	0,002	0,054	0,093	0,032	0,014	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	300	M	0,0481	0,127	0,002	0,054	0,092	0,030	0,011	0,0007
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	301	H	0,0422	0,120	0,002	0,051	0,090	0,028	0,016	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	329	M	0,0481	0,127	0,002	0,052	0,095	0,034	0,013	0,0008
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	333	H	0,0441	0,120	0,002	0,049	0,088	0,028	0,012	0,0005
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	343	H	0,0481	0,119	0,002	0,050	0,095	0,027	0,013	0,0004
<i>Chrysuronia oenone</i> <sup>(1)</sup>	346	M	0,0520	0,125	0,002	0,051	0,097	0,030	0,012	0,0006
<i>Hylocharis eliciae</i>	1952	I	0,0395							
TROGONIFORMES										
Trogonidae										
<i>Pharomachus mocino</i>	2472	I	2,0202	0,305	0,049					
<i>Trogon massena</i>	2473	I	1,3827	0,288	0,042					
<i>Trogon curucui</i>	2474	I	0,4903	0,193	0,018					
CORACIIFORMES										
Momotidae										
<i>Momotus momota</i>	2475	I	1,3043	0,258	0,039					
Alcedinidae										
<i>Alcedo atthis</i>	2318	I	0,3570	0,288	0,011	0,083	0,160			
<i>Megaceryle torquata</i>	2112	I	3,1087	0,763	0,062					
<i>Megaceryle alcyon</i>	706	H	1,1278	0,550	0,046					
<i>Megaceryle alcyon</i>	707	H	1,0199	0,550	0,045					
<i>Megaceryle alcyon</i>	708	M	1,1278	0,520	0,045					
<i>Megaceryle alcyon</i>	1596	I	1,0199	0,550	0,042*					
<i>Megaceryle alcyon</i>	2319	I	1,5200	0,543*	0,038	0,156	0,305			
<i>Megaceryle alcyon</i>	2626	M	1,5200	0,543*	0,038					
<i>Chirocoryle americana</i>	2113	I	0,3629	0,328	0,012					
Meropidae										
<i>Merops apiaster</i>	1835	I	0,5590	0,470	0,027					
Coraciidae										
<i>Coracias garrulus</i>	2320	I	1,2553	0,615	0,048	0,197	0,300			
Upupidae										
<i>Upupa epops</i>	2321	I	0,8924	0,477	0,037	0,157	0,280			
PICIFORMES										
Capitonidae										
<i>Eubucco bourcierii</i>	2476	I	0,3236	0,127	0,010					
Rhamphastidae										
<i>Aulacohynchus sulcatus</i> <sup>(1)</sup>	2477	I	1,5200	0,223	0,029	0,123*	0,360*	0,128*	0,027*	0,004*

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Rhamphastidae</b>										
<i>Aulacorhynchus s. sulcatus</i> <sup>(1)</sup>	62	I	1,4710	0,428	0,037	0,121	0,36	0,111	0,024	0,005
<i>Aulacorhynchus s. sulcatus</i> <sup>(1)</sup>	157	I	2,0594	0,406	0,036	0,121	0,338	0,121	0,023	0,004
<i>Aulacorhynchus s. sulcatus</i> <sup>(1)</sup>	299	M	1,6671	0,461	0,039	0,126	0,383	0,151	0,035	0,005
<i>Pteroglossus torquatus</i>	2478	I	2,2163	0,272	0,044					
<i>Ramphastos ambiguus swainsonii</i>	2479	I	4,7072	0,370	0,086					
<b>Picidae</b>										
<i>Jynx torquilla</i>	1316	I	0,2913	0,292	0,015	0,087*	0,160*			
<i>Jynx torquilla</i>	2327	I	0,3658	0,294	0,012	0,087	0,160			
<i>Melanerpes formicivorus</i>	2114	I	0,7747	0,491	0,029	0,134*	0,212*			
<i>Melanerpes formicivorus</i>	2328	I	0,7306		0,031	0,141	0,203			
<i>Melanerpes f. formicivorus</i>	2607	I	0,7306		0,031	0,134*	0,212*			
<i>Melanerpes pucherani</i>	2481	I	0,5296	0,196	0,019	0,134*	0,212*			
<i>Melanerpes carolinus</i>	2322	I	0,8532		0,026	0,131	0,216			
<i>Melanerpes carolinus</i>	2613	I	0,8532		0,026	0,131*	0,216*			
<i>Sphyrapicus varius</i>	1317	H	0,4217	0,390	0,024					
<i>Dendrocopos minor</i>	2325	I	0,1520	0,269	0,010	0,085	0,145			
<i>Dendrocopos major</i>	2324	I	0,7159	0,422	0,024	0,130	0,230			
<i>Picoides pubescens</i>	2326	I	0,2432		0,014	0,094	0,146			
<i>Picoides pubescens medianus</i>	2584	I	0,2432		0,014	0,094*	0,146*			
<i>Colaptes auratus</i>	1313	M	0,9218	0,480	0,044					
<i>Colaptes auratus</i>	1314	M	1,2749	0,520	0,049					
<i>Colaptes auratus</i>	1315	M	1,0297	0,490	0,047					
<i>Colaptes auratus</i>	1906	I	1,2945	0,510	0,048					
<i>Colaptes auratus</i>	2323	I	0,9807	0,500*	0,032	0,156	0,267			
<i>Colaptes auratus luteus</i>	2617	M	0,9807	0,500*	0,032					
<i>Campephilus guatemalensis</i>	2480	I	2,3536	0,316	0,059					
<i>Picus viridis</i>	2329	I	1,5298	0,517	0,046	0,162	0,320			
<b>FALCONIFORMES</b>										
<b>Falconidae</b>										
<i>Caracara plancus</i>	2223	I	11,8562	1,354	0,232	0,416	0,500			
<i>Polihierax semitorquatus</i>	1974	I	0,5835	0,372	0,021	0,119				
<i>Falco naumanni</i>	1779	I	1,4808	0,650	0,061	0,234*				
<i>Falco naumanni</i>	1968	I	1,1866	0,722	0,056	0,234				
<i>Falco tinnunculus</i>	899	H	2,0202	0,752	0,078					
<i>Falco tinnunculus</i>	1612	I	2,4026	0,738	0,071					
<i>Falco tinnunculus</i>	1780	I	1,9907	0,730	0,071					
<i>Falco tinnunculus</i>	1971	I	1,7799	0,714	0,063	0,245				
<i>Falco tinnunculus</i>	2222	I	2,0447	0,745	0,071	0,244	0,340			
<i>Falco rupicoloides</i>	1969	M	2,4296	0,836	0,081	0,278				
<i>Falco rupicoloides</i>	1970	H	2,5796	0,836	0,086	0,288				
<i>Falco sparverius</i>	892	H	0,7061	0,590	0,047					
<i>Falco sparverius</i>	893	H	1,2651	0,526	0,041					
<i>Falco sparverius</i>	894	H	1,0199	0,523	0,036					
<i>Falco sparverius</i>	895	M	0,9905	0,588	0,043					
<i>Falco sparverius</i>	896	M	0,7845	0,585	0,045					
<i>Falco sparverius</i>	897	M	0,5688	0,540	0,039					
<i>Falco sparverius</i>	1597	I	0,7845	0,585	0,039*					
<i>Falco sparverius</i>	1904	I	0,8826	0,502	0,034					
<i>Falco sparverius</i>	2094	I	0,8434	0,561	0,030					
<i>Falco sparverius</i>	2220	I	1,3435	0,550	0,037	0,195	0,210			
<i>Falco s. sparverius</i>	2624	H	1,3435	0,555*	0,037					
<i>Falco dickinsoni</i>	1967	I	1,8535	0,669	0,052	0,222				
<i>Falco chicquera</i>	1966	I	2,1202	0,687	0,059	0,234				
<i>Falco vespertinus</i>	1781	I	1,6181	0,720	0,073	0,233*				
<i>Falco vespertinus</i>	1972	I	1,1034	0,681	0,054	0,233				
<i>Falco vespertinus</i>	1973	I	1,1033	0,713	0,054	0,233				
<i>Falco amurensis</i>	2023	I	1,2260	0,895*	0,057	0,214				
<i>Falco amurensis</i>	2024	I	1,3043	0,895*	0,058	0,244				
<i>Falco eleonora</i>	1783	I	3,7952	0,950	0,104					
<i>Falco concolor</i>	2022	I	1,2258	0,710	0,058	0,266				
<i>Falco columbarius</i>	865	M	1,5396	0,588	0,049					
<i>Falco columbarius</i>	2217	I	1,5593	0,620	0,042	0,247	0,320			
<i>Falco columbarius</i>	2629	M	1,6966	0,604*	0,041					
<i>Falco subbuteo</i>	898	M	1,8044	0,750	0,065					
<i>Falco subbuteo</i>	1782	I	2,3340	0,740	0,067					
<i>Falco subbuteo</i>	2221	I	1,6181	0,757	0,056	0,252	0,320			
<i>Falco biarmicus</i>	863	H	6,6685	1,120	0,153	0,323*				
<i>Falco biarmicus</i>	864	M	5,0014	0,992	0,129	0,323*				
<i>Falco biarmicus</i>	1964	M	5,1021	1,029	0,105	0,306				
<i>Falco biarmicus</i>	1965	H	5,8342	1,029	0,126	0,341				
<i>Falco jugger</i>	866	H	6,3939	1,080	0,157					
<i>Falco jugger</i>	1658	I	5,5898	0,789	0,112					
<i>Falco jugger</i>	1860	I	5,5981	1,010	0,132					
<i>Falco jugger</i>	2218	I	5,6035	1,010	0,112	0,338	0,380			
<i>Falco rusticolus</i>	888	H	12,8467	1,340	0,233					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Falconidae</b>										
<i>Falco rusticolus</i>	889	H	13,0428	1,290	0,212					
<i>Falco rusticolus</i>	890	M	9,7380	1,170	0,172					
<i>Falco rusticolus</i>	891	M	10,2970	1,180	0,170					
<i>Falco rusticolus</i>	2057	H	12,3564	1,290	0,203					
<i>Falco rusticolus</i>	2058	H	9,8067	1,200	0,183					
<i>Falco rusticolus</i>	2059	H	11,3757	1,230	0,191					
<i>Falco rusticolus</i>	2060	H	10,6892	1,250	0,187					
<i>Falco peregrinus</i>	871	I	5,0308	0,910	0,104					
<i>Falco peregrinus</i>	872	H	9,8067	1,150	0,153					
<i>Falco peregrinus</i>	873	H	10,0028	1,090	0,142					
<i>Falco peregrinus</i>	874	H	9,1692	1,110	0,144					
<i>Falco peregrinus</i>	875	H	9,8067	0,950	0,132					
<i>Falco peregrinus</i>	876	H	10,5912	1,120	0,144					
<i>Falco peregrinus</i>	877	H	8,5612	1,120	0,152					
<i>Falco peregrinus</i>	878	H	10,5912	1,170	0,167					
<i>Falco peregrinus</i>	879	M	6,0311	0,958	0,108					
<i>Falco peregrinus</i>	880	M	4,6582	0,960	0,112					
<i>Falco peregrinus</i>	881	M	5,7859	0,956	0,111					
<i>Falco peregrinus</i>	882	M	6,0311	0,984	0,113					
<i>Falco peregrinus</i>	883	M	6,3743	0,978	0,110					
<i>Falco peregrinus</i>	884	M	6,4724	0,990	0,115					
<i>Falco peregrinus</i>	885	M	5,7369	1,020	0,113					
<i>Falco peregrinus</i>	886	M	4,8641	0,840	0,089					
<i>Falco peregrinus</i>	887	M	4,3836	0,990	0,117					
<i>Falco peregrinus</i>	1784	I	7,7374	1,020	0,126					
<i>Falco peregrinus</i>	2025	I	4,6778	1,032	0,103	0,283				
<i>Falco peregrinus</i>	2026	I	7,4945*	1,032	0,100	0,317				
<i>Falco peregrinus</i>	2061	H	8,5220	1,110	0,160					
<i>Falco peregrinus</i>	2093	I	8,0905	1,306	0,139					
<i>Falco peregrinus</i>	2219	I	7,9728	1,064	0,129	0,345	0,460			
<i>Falco peregrinus anatum</i>	2661	M	6,9823	1,037*	0,115					
<i>Falco peregrinus anatum</i>	2676	H	11,9886	1,037*	0,134					
<i>Falco pelegrinoides</i>	870	M	4,0305	0,770	0,072					
<i>Falco mexicanus</i>	867	H	8,3357	1,060	0,155					
<i>Falco mexicanus</i>	868	H	9,6105	1,090	0,151					
<i>Falco mexicanus</i>	869	M	6,6685	0,920	0,105					
<b>PSITTACIFORMES</b>										
<b>Psittacidae</b>										
<i>Melospittacus undulatus</i>	1645	I	0,3432	0,260*	0,009	0,010				
<i>Melospittacus undulatus</i>	1662	I	0,3432	0,235	0,009*					
<i>Melospittacus undulatus</i>	2105	I	0,3236	0,285	0,008					
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	265	I	0,5296	0,334	0,018	0,112	0,170	0,048	0,023	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	266	I	0,5492	0,364	0,018	0,113	0,156	0,046	0,029	0,002
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	267	I	0,5639	0,333	0,017	0,115	0,163	0,049	0,023	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	268	I	0,5148	0,324	0,016	0,116	0,158	0,049	0,023	0,002
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	269	H	0,5590	0,334	0,016	0,113	0,155	0,047	0,029	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	270	H	0,5786	0,316	0,015	0,111	0,165	0,046	0,025	0,0009
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	271	H	0,5884	0,318	0,017	0,118	0,176	0,048	0,024	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	272	H	0,5492	0,337	0,018	0,111	0,165	0,045	0,027	0,002
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	273	H	0,5590	0,321	0,016	0,113	0,159	0,043	0,023	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	274	H	0,5296	0,366	0,019	0,115	0,185	0,045	0,027	0,001
<i>Touit batavicus</i> <sup>(1)</sup>	275	H	0,5296	0,356	0,017	0,115	0,159	0,047	0,026	0,0009
<i>Pionus senilis</i>	2470	I	2,0888	0,319	0,046					
<i>Amazona autumnalis</i>	2469	I	4,0796	0,372	0,069					
<b>PASSERIFORMES</b>										
<b>Thamnophilidae</b>										
<i>Dysithamnus mentalis viridis</i> <sup>(1)</sup>	28	I	0,1324	0,177	0,007	0,058	0,130	0,043	0,016	0,0007
<b>Formicariidae</b>										
<i>Formicarius analis saturatus</i> <sup>(1)</sup>	177	I	0,5786	0,288	0,017	0,087	0,164	0,047	0,017	0,0008
<i>Formicarius analis saturatus</i> <sup>(1)</sup>	185	I	0,6374	0,293	0,018	0,088	0,155	0,054	0,020	0,001
<b>Furnariidae</b>										
<i>Sclerurus albigularis</i> <sup>(1)</sup>	187	I	0,3628	0,295	0,018	0,089	0,165	0,082	0,018	0,003
<i>Sittasomus griseicapillus</i> <sup>(1)</sup>	49	I	0,1128	0,198	0,008		0,147	0,070	0,012	0,002
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	41	M	0,3932	0,309	0,020	0,115	0,220	0,086	0,028	0,004
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	47	M	0,3923	0,340	0,021	0,109	0,195	0,075	0,024	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	48	M	0,3825	0,353	0,023	0,110	0,210	0,078*	0,025	0,003*
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	50	I	0,3628	0,273	0,017	0,101	0,200	0,074	0,025	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	84	I	0,3628	0,303*	0,019*	0,098	0,200	0,079	0,022	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	153	H	0,3334	0,277	0,016	0,093	0,175	0,070	0,018	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	214	H	0,3530	0,298	0,019	0,103	0,192	0,082	0,018	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	249	I	0,4021	0,316	0,021	0,103	0,223	0,085	0,022	0,003
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	262	I	0,3432	0,335	0,021	0,108	0,190	0,092	0,028	0,004
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	283	I	0,3187	0,298	0,018	0,093	0,194	0,071	0,017	0,002
<i>Dendrocincia fuliginosa</i> <sup>(1)</sup>	287	M	0,3285	0,305	0,018	0,100	0,184	0,077	0,027	0,002

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Furnariidae</b>										
<i>Dendrocincla fuliginosa</i> <sup>(†)</sup>	306	H	0,3481	0,296	0,018	0,095	0,184	0,074	0,022	0,002
<i>Dendrocincla fuliginosa</i> <sup>(†)</sup>	339	I	0,3089	0,267	0,016	0,097	0,197	0,075	0,020	0,002
<i>Dendrocincla fuliginosa</i> <sup>(†)</sup>	340	I	0,3677	0,298	0,019	0,098	0,192	0,075	0,022	0,003
<i>Dendrocincla fuliginosa</i> <sup>(†)</sup>	341	I	0,2991	0,276	0,017	0,095	0,175	0,071	0,017	0,002
<i>Dendrocolaptes picumnus</i> <sup>(†)</sup>	308	I	0,6374	0,397	0,030	0,133	0,263	0,114	0,029	0,006
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i> <sup>(†)</sup>	168	I	0,3677	0,297	0,019	0,089	0,227	0,081	0,021	0,004
<i>Phylidiorulium colombianum</i> <sup>(†)</sup>	220	I	0,2893	0,278	0,018	0,089	0,212	0,084	0,016	0,003
<i>Anabacerthia striaticollis</i> <sup>(†)</sup>	72	I	0,2206	0,240	0,011	0,085	0,154	0,072	0,015	0,002
<i>Anabacerthia striaticollis</i> <sup>(†)</sup>	204	I	0,1961	0,252	0,012	0,076	0,158	0,018	0,018	0,002
<i>Anabacerthia striaticollis</i> <sup>(†)</sup>	218	I	0,2354	0,284	0,016	0,092	0,179	0,086	0,019	0,002
<i>Syndactyla guttulata</i> <sup>(†)</sup>	229	I	0,3530	0,300	0,017	0,092	0,191	0,081	0,011	0,002
<i>Syndactyla guttulata</i> <sup>(†)</sup>	344	I	0,3285	0,284	0,015	0,084	0,174	0,077	0,011*	0,002
<b>Tyrannidae</b>										
<i>Elaenia flavogaster</i>	2495	I	0,2354	0,135	0,011					
<i>Elaenia frantzii</i>	2496	I	0,1961	0,141	0,011					
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	110	I	0,1422	0,210	0,008	0,067	0,132	0,059	0,009	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	9	M	0,1373	0,210	0,010	0,065	0,138	0,053	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	27	M	0,1275	0,197	0,007	0,065	0,120	0,053	0,018	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	29	M	0,1128	0,194	0,008	0,068	0,125	0,051	0,012	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	31	M	0,1079	0,222	0,010	0,063	0,142	0,052	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	32	M	0,1373	0,221	0,010	0,068	0,137	0,055	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	51	M	0,1373	0,211	0,010	0,070	0,143	0,054	0,018	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	52	H	0,1079	0,206	0,008	0,063	0,133	0,048	0,015	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	53	M	0,1275	0,208	0,008	0,065	0,130	0,050	0,017	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	54	M	0,1275	0,228	0,010	0,070	0,142	0,054	0,018	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	57	M	0,1422	0,208	0,009	0,068	0,148	0,054	0,014	0,003
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	66	M	0,1520	0,211	0,009	0,066	0,145	0,054	0,018	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	77	M	0,1324	0,104	0,008	0,065	0,129	0,049	0,013	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	97	M	0,1471	0,207	0,008	0,066	0,125	0,054	0,013	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	105	H	0,1128	0,192	0,008	0,060	0,120	0,048	0,012	0,0007
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	115	M	0,1373	0,224	0,010	0,065	0,124	0,054	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	118	M	0,1471	0,223	0,009	0,069	0,134	0,054	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	120	M	0,1422	0,227	0,010	0,067	0,136	0,051	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	126	M	0,1422	0,105	0,008	0,067	0,122	0,051	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	129	M	0,1422	0,208	0,009	0,067	0,114	0,051	0,014	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	132	H	0,1324	0,206	0,009	0,063	0,107	0,052	0,016	0,0008
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	152	M	0,1471	0,230	0,010	0,068	0,135	0,053	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	161	M	0,1422	0,228	0,010	0,066	0,131	0,051	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	164	H	0,1226	0,204	0,009	0,064	0,116	0,050	0,012	0,0006
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	171	M	0,1275	0,212	0,009	0,066	0,124	0,049	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	230	M	0,1324	0,215	0,009	0,065	0,122	0,048	0,013	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	233	I	0,1294	0,234	0,010	0,069	0,127	0,054	0,013	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	236	M	0,1422	0,222	0,009	0,071	0,126	0,056	0,016	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	245	M	0,1327*	0,205	0,008	0,066	0,134	0,051	0,018	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	248	M	0,1471	0,238	0,010	0,068	0,125	0,054	0,013	0,0008
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	284	I	0,1030	0,209	0,009	0,063	0,114	0,053	0,016	0,0009
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	309	M	0,1422	0,209	0,009	0,070	0,130	0,054	0,013	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	313	I	0,1373	0,214	0,009	0,065	0,122	0,051	0,016	0,002
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	316	M	0,1373	0,212	0,006	0,067	0,130	0,055	0,015	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	324	H	0,1128	0,212	0,007	0,060	0,130	0,049	0,013	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	326	H	0,1177	0,218	0,008	0,062	0,129	0,047	0,014	0,0008
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	335	M	0,1422	0,217	0,009	0,067	0,120	0,052	0,012	0,001
<i>Mionectes olivaceus</i> <sup>(†)</sup>	2498	I	0,1079	0,099	0,007	0,066*	0,129*	0,052*	0,015*	0,001*
<i>Leptopogon superciliosus</i> <sup>(†)</sup>	282	I	0,0785	0,207	0,008	0,062	0,120	0,056	0,012	0,001
<i>Zimmerius vilissimus</i>	2497	I	0,0883	0,098	0,006					
<i>Inezia caudata</i> <sup>(†)</sup>	260	I	0,1000	0,171	0,007	0,053	0,137	0,072	0,011	0,001
<i>Platyrinchus mystaceus insularis</i> <sup>(†)</sup>	122	I	0,0804	0,155	0,005		0,088	0,030	0,008	0,0004
<i>Sayornis phoebe</i>	2330	I	0,1961		0,014		0,083			
<i>Sayornis phoebe</i>	2576	H	0,1961		0,014	0,083*	0,140*			
<i>Megarynchus pitangua</i>	2493	I	0,6963	0,197	0,023					
<i>Myiozetetes granadensis</i>	2494	I	0,2844	0,162	0,015					
<i>Myiodynastes maculatus</i>	2492	I	0,4511	0,190	0,020					
<i>Legatus leucophaius</i>	2491	I	0,2550	0,154	0,012					
<i>Tyrannus melancholicus</i>	2490	I	0,3923	0,190	0,019					
<b>Cotingidae</b>										
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	112	H	0,3628	0,280	0,015	0,090	0,172	0,062	0,019	0,002
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	163	H	0,3923	0,279	0,014	0,086	0,152	0,059	0,022	0,002
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	169	M	0,4413	0,271	0,014	0,090	0,155	0,064	0,026	0,002
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	170	M	0,3923	0,270	0,014	0,092	0,167	0,064	0,024	0,002
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	212	I	0,4070	0,275	0,015	0,092	0,179	0,066	0,026	0,002
<i>Pipreola f. formosa</i> <sup>(†)</sup>	213	I	0,4364	0,272	0,015	0,087	0,168	0,067	0,026	0,002
<i>Querula purpurata</i>	2488	I	1,0101	0,342	0,069					
<i>Cotinga ridgwayi</i>	2486	I	0,5590	0,187	0,018					
<i>Lipaugus unirufus</i>	2487	I	0,7845	0,229	0,028					
<b>Pipridae</b>										
<i>Corapipo altera</i>	2484	I	0,1177	0,103	0,007					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Pipridae										
<i>Manacus vitellinus</i>	2485	I	0,1765	0,093	0,005					
<i>Chiroxiphia lanceolata</i> <sup>(†)</sup>	125	H	0,1716	0,242	0,011	0,066	0,133	0,046	0,017	0,001
<i>Chiroxiphia lanceolata</i> <sup>(†)</sup>	2483	I	0,1961	0,133	0,011	0,066*	0,133*	0,046*	0,017*	0,001*
<i>Pipra e. erythrocephala</i> <sup>(†)</sup>	12	H	0,1373	0,212	0,008	0,062	0,082	0,024	0,022	0,0006
<i>Pipra e. erythrocephala</i> <sup>(†)</sup>	33	H	0,1275	0,186	0,007	0,068	0,110	0,023	0,015	0,0004
<i>Pipra e. erythrocephala</i> <sup>(†)</sup>	253	M	0,1344	0,210	0,008	0,060	0,109	0,022	0,013	0,0004
<i>Pipra e. erythrocephala</i> <sup>(†)</sup>	345	I	0,1324	0,205	0,008	0,060	0,099	0,023	0,018	0,0006
<i>Pipra mentalis</i> <sup>(†)</sup>	2482	I	0,1471	0,105	0,007	0,063*	0,100*	0,023*	0,017*	0,0004*
Tityridae										
<i>Tityra semifasciata</i>	2489	I	0,7747	0,202	0,024					
Laniidae										
<i>Lanius collurio</i>	2338	I	0,3040	0,286	0,018	0,088	0,170			
<i>Lanius excubitor</i>	2339	I	0,4952	0,355	0,021	0,111	0,240			
<i>Lanius senator</i>	2340	I	0,2560	0,314	0,014	0,110	0,170			
Vireonidae										
<i>Vireo solitarius</i>	2413	I	0,1648	0,206*	0,009	0,075	0,121			
<i>Vireo s. solitarius</i>	2568	I	0,1643	0,206*	0,009	0,075*	0,121*			
<i>Vireo olivaceus</i>	1234	I	0,1667	0,245	0,014					
<i>Vireo olivaceus</i>	1235	I	0,1863	0,240	0,010					
<i>Vireo olivaceus</i>	2505	I	0,1667	0,134	0,009					
Oriolidae										
<i>Oriolus oriolus</i>	2341	I	0,7061	0,470	0,027	0,154	0,240			
Corvidae										
<i>Cyanocorax yncas</i>	2351	I	0,6992	0,373	0,032	0,141	0,248			
<i>Gymnorhinus cyanocephalus</i>	2619	I	1,0591		0,039					
<i>Cyanocitta cristata</i>	2350	I	0,8728		0,024	0,132	0,254			
<i>Cyanocitta c. cristata</i>	2614	I	0,8728		0,024	0,132*	0,254*			
<i>Garrulus glandarius</i>	962	H	1,4710	0,548	0,066					
<i>Garrulus glandarius</i>	1803	I	1,5887	0,540	0,064					
<i>Garrulus glandarius</i>	2352	I	1,5691	0,543	0,055	0,190	0,340			
<i>Pica pica</i>	2354	I	2,0986	0,592	0,064	0,191	0,460			
<i>Nucifraga caryocatactes</i>	1804	I	1,6966	0,580	0,058	0,185*	0,320*			
<i>Nucifraga caryocatactes</i>	2353	I	1,5789	0,598	0,052	0,185	0,320			
<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	2356	I	3,8246	0,672	0,095	0,263	0,390			
<i>Pyrrhocorax graculus</i>	2355	I	2,1869	0,782	0,100	0,279	0,380			
<i>Corvus monedula</i>	961	H	1,7750	0,600	0,062	0,293*				
<i>Corvus monedula</i>	1805	I	2,4026	0,650	0,068	0,293*				
<i>Corvus monedula</i>	1962	M	1,7652	0,600	0,059	0,293*				
<i>Corvus monedula</i>	2348	I	2,4811	0,708	0,067	0,234	0,330			
<i>Corvus frugilegus</i>	1806	I	4,7856	0,930	0,138	0,319*	0,460*			
<i>Corvus frugilegus</i>	2347	I	4,6091	0,972	0,139	0,319	0,460			
<i>Corvus brachyrhynchos</i>	2343	I	5,4182	0,858*	0,134	0,321	0,432			
<i>Corvus b. brachyrhynchos</i>	2655	I	5,4182	0,858*	0,134	0,321*	0,432*			
<i>Corvus ossifragus</i>	1652	I	2,6968	0,858*	0,092	0,293*				
<i>Corvus ossifragus</i>	1664	I	2,6968	0,600	0,097*	0,293*				
<i>Corvus ossifragus</i>	2349	I	2,8586	0,696	0,099	0,273	0,381			
<i>Corvus ossifragus</i>	2637	H	2,6821	0,858*	0,091	0,293*				
<i>Corvus ossifragus</i>	2639	M	3,0303	0,858*	0,107	0,293*				
<i>Corvus corone</i>	959	I	5,1485	0,940	0,152	0,293*				
<i>Corvus corone</i>	960	I	5,6879	0,910	0,142	0,293*				
<i>Corvus corone</i>	1807	I	5,5506	0,910	0,138	0,293*				
<i>Corvus corone</i>	1922	I	5,4231	0,925	0,147	0,293*				
<i>Corvus corone</i>	2346	I	4,6091	0,894	0,106	0,295	0,470			
<i>Corvus cornix</i>	2345	I	6,2076	0,979	0,132	0,318	0,470			
<i>Corvus corax</i>	1808	I	11,2678	1,210	0,247	0,395*	0,635*			
<i>Corvus corax</i>	2344	I	12,2583	1,200	0,281	0,395	0,635			
Alaudidae										
<i>Alauda arvensis</i>	950	I	0,2677	0,365	0,023					
<i>Alauda arvensis</i>	951	M	0,3432	0,360	0,023					
<i>Alauda arvensis</i>	1786	I	0,3825	0,350	0,021					
<i>Alauda arvensis</i>	2331	I	0,2775	0,317	0,016	0,095	0,180			
<i>Lullula arborea</i>	1785	I	0,2648	0,290	0,016					
Hirundinidae										
<i>Stelgidopteryx s. serripennis</i>	2567	I	0,1545		0,011	0,111*	0,121*			
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	2337	I	0,1550		0,011	0,111	0,121			
<i>Progne subis</i>	1647	I	0,4952		0,022	0,015				
<i>Progne subis</i>	2335	I	0,4217		0,019	0,146	0,178			
<i>Progne s. subis</i>	2598	I	0,4217		0,019	0,080*				
<i>Tachycineta bicolor</i>	1010	I	0,1177	0,320	0,013					
<i>Tachycineta bicolor</i>	1011	M	0,1177	0,317	0,014					
<i>Tachycineta bicolor</i>	1907	I	0,1971	0,320	0,013					
<i>Tachycineta bicolor</i>	2063	I	0,1765	0,276	0,012					
<i>Tachycineta bicolor</i>	2334	I	0,1971	0,308*	0,013	0,117	0,127			
<i>Tachycineta bicolor</i>	2577	M	0,1971	0,308*	0,013					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long- alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Hirundinidae										
<i>Tachycineta thalassina</i>	2064	I	0,1471	0,271	0,010					
<i>Riparia riparia</i>	1787	I	0,1471	0,270	0,010	0,112*	0,120*			
<i>Riparia riparia</i>	2336	I	0,1520	0,314	0,012	0,112	0,120			
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	1788	I	0,1863	0,320	0,012					
<i>Hirundo rustica</i> <sup>(1)</sup>	325	I	0,1422	0,290	0,011	0,112	0,136	0,067	0,017	0,001
<i>Hirundo rustica</i>	1007	I	0,1245	0,325	0,015					
<i>Hirundo rustica</i>	1008	M	0,1863	0,318	0,013					
<i>Hirundo rustica</i>	1009	M	0,1814	0,328	0,014					
<i>Hirundo rustica</i>	1627	I	0,1667	0,033	0,013	0,012				
<i>Hirundo rustica</i>	1630	I	0,1853	0,033	0,015	0,012				
<i>Hirundo rustica</i>	1635	I	0,1961	0,033	0,015	0,012				
<i>Hirundo rustica</i>	1678	I	0,1785	0,328	0,015					
<i>Hirundo rustica</i>	1789	I	0,1569	0,320	0,014					
<i>Hirundo rustica</i>	2065	I	0,1863	0,297	0,013					
<i>Hirundo rustica</i>	2333	I	0,1736	0,330	0,013	0,119	0,170			
<i>Hirundo rustica</i>	2535	I	0,1863	0,330	0,015					
<i>Hirundo rustica erythrogaster</i>	2569	I	0,1667	0,247*	0,012					
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	2066	I	0,2256	0,282	0,013					
<i>Delichon urbicum</i>	1628	I	0,1746	0,029	0,011	0,011				
<i>Delichon urbicum</i>	1633	I	0,1961	0,029	0,013	0,011				
<i>Delichon urbicum</i>	1634	I	0,1961	0,029	0,013	0,011				
<i>Delichon urbicum</i>	1790	I	0,1471	0,290	0,010	0,033*				
<i>Delichon urbicum</i>	1920	M	0,1667	0,300	0,012*	0,033*				
<i>Delichon urbicum</i>	2332	I	0,1373	0,292	0,009	0,100	0,130			
<i>Delichon urbicum</i>	2534	I	0,1961	0,326	0,014	0,033*				
Paridae										
<i>Poecile palustris</i>	2401	I	0,1118	0,205	0,007	0,065	0,110			
<i>Poecile montanus</i>	2542	I	0,1069	0,185	0,007	0,066*	0,113*			
<i>Poecile atricapillus</i>	2396	I	0,1226	0,195*	0,008	0,066	0,114			
<i>Poecile a. atricapillus</i>	2561	I	0,1226	0,195*	0,008	0,066*	0,114*			
<i>Periparus ater</i>	1801	I	0,0883	0,180	0,007					
<i>Periparus ater</i>	2541	I	0,0892	0,180	0,006					
<i>Lophophanes cristatus</i>	2399	I	0,1000	0,202	0,007	0,063	0,115			
<i>Lophophanes cristatus</i>	2543	I	0,1128	0,186	0,007	0,063*	0,115*			
<i>Parus major</i>	1044	H	0,1648	0,230	0,011					
<i>Parus major</i>	1045	H	0,1471	0,232	0,011					
<i>Parus major</i>	1046	H	0,1530	0,233	0,012					
<i>Parus major</i>	1047	H	0,1383	0,218	0,011					
<i>Parus major</i>	1048	M	0,1569	0,233	0,012					
<i>Parus major</i>	1049	M	0,1834	0,243	0,012					
<i>Parus major</i>	1050	M	0,1608	0,237	0,012					
<i>Parus major</i>	1051	M	0,1589	0,231	0,011					
<i>Parus major</i>	1802	I	0,1863	0,230	0,011					
<i>Parus major</i>	2400	I	0,2108	0,233	0,010	0,075	0,140			
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1025	H	0,0971	0,195	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1026	H	0,0981	0,192	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1027	H	0,0981	0,191	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1028	H	0,0941	0,188	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1029	H	0,1030	0,200	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1030	H	0,1000	0,195	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1031	H	0,0961	0,195	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1032	H	0,1040	0,200	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1033	M	0,1059	0,203	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1034	M	0,1000	0,200	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1035	M	0,1098	0,202	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1036	M	0,1020	0,190	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1037	M	0,0981	0,198	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1038	M	0,0981	0,194	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1039	M	0,1000	0,208	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1040	M	0,0873	0,200	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1041	M	0,1059	0,207	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1042	M	0,1069	0,200	0,008					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	1043	M	0,1020	0,201	0,009					
<i>Cyanistes caeruleus</i>	2398	I	0,1079	0,214	0,007	0,067	0,115			
<i>Baeolophus bicolor</i>	2397	I	0,0245		0,012	0,080	0,140			
<i>Baeolophus bicolor</i>	2580	I	0,2207		0,012	0,080*	0,140*			
Aegithalidae										
<i>Aegithalos caudatus</i>	946	I	0,0677	0,178	0,007					
<i>Aegithalos caudatus</i>	947	I	0,0706	0,185	0,008					
<i>Aegithalos caudatus</i>	948	I	0,0686	0,181	0,008					
<i>Aegithalos caudatus</i>	949	I	0,0726	0,181	0,007					
<i>Aegithalos caudatus</i>	2395	I	0,0785	0,186	0,006	0,060	0,140			
<i>Psaltriparus minimus</i>	2402	I	0,0922		0,004	0,048	0,090			
Sittidae										
<i>Sitta europaea</i>	2403	I	0,2070	0,274	0,013	0,086	0,140			

Continúa



Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Tichodromidae										
<i>Tichodroma muraria</i>	2406	I	0,1471	0,301	0,017	0,099	0,165			
Certhiidae										
<i>Certhia familiaris</i>	952	I	0,0922	0,198	0,008					
<i>Certhia familiaris</i>	953	I	0,0843	0,202	0,009					
<i>Certhia familiaris</i>	954	I	0,0735	0,185	0,007					
<i>Certhia familiaris</i>	955	H	0,0765	0,190	0,008					
<i>Certhia familiaris</i>	956	M	0,0834	0,194	0,008					
<i>Certhia familiaris</i>	957	M	0,0785	0,196	0,009					
<i>Certhia familiaris</i>	958	M	0,0834	0,193	0,008					
<i>Certhia familiaris</i>	2405	I	0,0785	0,193*	0,007	0,066	0,130			
<i>Certhia familiaris</i>	2540	I	0,0892	0,189	0,007					
<i>Certhia americana</i>	2550	I	0,0785	0,194*	0,007					
<i>Certhia brachydactyla</i>	2404	I	0,0834	0,200	0,007	0,061	0,130			
Troglodytidae										
<i>Troglodytes aedon</i>	2392	I	0,1079	0,159*	0,005	0,051	0,083			
<i>Troglodytes a. aedon</i>	2557	I	0,1079	0,159*	0,005	0,051*	0,083*			
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1144	I	0,0883	0,155	0,006					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1145	I	0,0785	0,143	0,005					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1146	I	0,0843	0,155	0,005					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1147	I	0,0843	0,154	0,005					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1148	I	0,0853	0,159	0,006					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1609	I	0,0981	0,170	0,004					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	1493	H	0,0961	0,155	0,006					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	2393	I	0,0991	0,169	0,004	0,048	0,095			
<i>Troglodytes troglodytes</i>	2544	I	0,0981	0,169	0,005					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	2554	I	0,0922	0,159*	0,004					
<i>Henicorhina leucophrys</i> <sup>(1)</sup>	305	M	0,1520	0,164	0,006	0,050	0,108	0,026	0,018	0,0002
Regulidae										
<i>Regulus satrapa</i>	2367	I	0,0569	0,147*	0,005	0,058	0,089			
<i>Regulus satrapa</i>	2547	I	0,0564	0,147*	0,005	0,058*	0,089*			
<i>Regulus calendula</i>	2365	I	0,0657	0,147*	0,006	0,059	0,095			
<i>Regulus c. calendula</i>	2548	I	0,0660	0,147*	0,006	0,059*	0,095*			
<i>Regulus regulus</i>	1126	I	0,0637	0,159	0,006					
<i>Regulus regulus</i>	1127	I	0,0431	0,151	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1128	I	0,0520	0,155	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1129	H	0,0510	0,152	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1130	H	0,0559	0,152	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1131	H	0,0559	0,150	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1132	H	0,0510	0,153	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1133	H	0,0569	0,155	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1134	H	0,0490	0,149	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1135	M	0,0520	0,160	0,006					
<i>Regulus regulus</i>	1136	M	0,0471	0,160	0,006					
<i>Regulus regulus</i>	1137	M	0,0559	0,157	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1138	M	0,0510	0,158	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1139	M	0,0559	0,158	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1140	M	0,0579	0,160	0,006					
<i>Regulus regulus</i>	1141	M	0,0520	0,160	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1570	I	0,0532	0,156	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	1617	I	0,0549	0,014	0,003	0,005				
<i>Regulus regulus</i>	1687	I	0,0530	0,146	0,005					
<i>Regulus regulus</i>	2366	I	0,0373	0,143	0,003	0,050	0,090			
<i>Regulus regulus</i>	2539	I	0,0569	0,145	0,004					
Phylloscopidae										
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1123	I	0,0863	0,195	0,008					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1124	M	0,0775	0,200	0,008					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1125	M	0,0785	0,191	0,007					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1487	I	0,0816*	0,211	0,009					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1488	I	0,0883	0,201	0,008					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1489	I	0,0735	0,187	0,008					
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1686	I	0,0853	0,194	0,008					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1117	I	0,0608	0,164	0,006					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1118	I	0,0902	0,191	0,007					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1119	I	0,0765	0,190	0,008					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1120	I	0,1030	0,192	0,008					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1121	I	0,0824	0,185	0,007					
<i>Phylloscopus collybita</i>	1122	H	0,0775	0,189	0,008					
<i>Phylloscopus collybita</i>	2364	I	0,0520	0,174	0,005	0,054	0,110			
<i>Phylloscopus bonelli</i>	2363	I	0,0755	0,191	0,006	0,057	0,110			
Acrocephalidae										
<i>Hippolais icterina</i>	2362	I	0,1049	0,205	0,008	0,066	0,130			
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	2361	I	0,1020	0,192	0,005	0,061	0,125			
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1683	I	0,1206	0,200	0,008	0,068*	0,125*			
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	2360	I	0,1255	0,203	0,007	0,068	0,125			
<i>Acrocephalus palustris</i>	1116	I	0,1236	0,198	0,007	0,075*	0,140*			

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long-alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Sylviidae										
<i>Sylvia atricapilla</i>	1142	H	0,2305	0,228	0,010	0,075*	0,140*			
<i>Sylvia atricapilla</i>	1143	M	0,1814	0,223	0,010	0,075*	0,140*			
<i>Sylvia atricapilla</i>	2369	I	0,1598	0,238	0,009	0,076	0,140			
<i>Sylvia borin</i>	2371	I	0,1550	0,236	0,008	0,075	0,140			
<i>Sylvia borin</i>	1557	I	0,2157	0,240	0,011	0,075*	0,140*			
<i>Sylvia communis</i>	2370	I	0,1834	0,225	0,009	0,072	0,140			
Muscicapidae										
<i>Muscicapa striata</i>	1681	I	0,1500	0,262	0,012					
<i>Muscicapa striata</i>	2359	I	0,1412	0,267	0,012	0,090	0,140			
<i>Muscicapa striata</i>	2536	I	0,1412	0,267	0,014					
<i>Erithacus rubecula</i>	1149	H	0,1471	0,217	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1150	H	0,1628	0,219	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1151	H	0,1648	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1152	H	0,1814	0,225	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1153	H	0,1549	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1154	H	0,1697	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1155	H	0,1579	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1156	H	0,1549	0,221	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1157	H	0,1402	0,221	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1158	H	0,1540	0,218	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1159	H	0,1608	0,224	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1160	H	0,1412	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1161	H	0,1687	0,225	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1162	H	0,1638	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1163	H	0,1393	0,216	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1164	M	0,1402	0,220	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1165	M	0,1667	0,224	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1166	M	0,1608	0,222	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1167	M	0,1824	0,227	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1168	M	0,1628	0,228	0,011					
<i>Erithacus rubecula</i>	1169	M	0,1648	0,225	0,011					
<i>Erithacus rubecula</i>	1170	M	0,1601*	0,225	0,011					
<i>Erithacus rubecula</i>	1171	M	0,1667	0,226	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1172	M	0,1422	0,223	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1173	M	0,1510	0,227	0,011					
<i>Erithacus rubecula</i>	1174	M	0,1442	0,218	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1625	I	0,1569	0,023	0,008	0,007				
<i>Erithacus rubecula</i>	1626	I	0,1598	0,023	0,008	0,007				
<i>Erithacus rubecula</i>	1629	I	0,1824	0,023	0,007	0,007				
<i>Erithacus rubecula</i>	1679	I	0,1785	0,224	0,010					
<i>Erithacus rubecula</i>	1921	M	0,1667	0,220	0,010*					
<i>Erithacus rubecula</i>	2372	I	0,1746	0,227	0,009	0,068	0,140			
<i>Luscinia luscinia</i>	1559	I	0,2648	0,263	0,013					
<i>Luscinia luscinia</i>	1919	M	0,2942	0,260	0,013*					
<i>Luscinia megarhynchos</i>	1677	I	0,1932	0,221	0,011					
<i>Luscinia megarhynchos</i>	2376	I	0,1677	0,255	0,010	0,082	0,165			
<i>Luscinia svecica</i>	2377	I	0,1402	0,214	0,008	0,063	0,140			
<i>Ficedula hypoleuca</i>	1610	I	0,1177	0,230	0,009					
<i>Ficedula hypoleuca</i>	1684	I	0,1177	0,200	0,009					
<i>Ficedula hypoleuca</i>	2358	I	0,1226	0,244	0,0091	0,079	0,130			
<i>Ficedula hypoleuca</i>	2537	I	0,1177	0,230	0,011					
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1177	H	0,1412	0,228	0,010					
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1178	M	0,1510	0,237	0,011					
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1682	I	0,1471	0,200	0,010					
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	2381	I	0,1272	0,256	0,0091	0,080	0,140			
<i>Phoenicurus ochruros</i>	2380	I	0,1667	0,270	0,012	0,087	0,140			
<i>Monticola saxatilis</i>	2378	I	0,4658	0,355	0,016	0,112	0,190			
<i>Monticola solitarius</i>	2379	I	0,6159	0,386	0,024	0,123	0,200			
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1175	I	0,2059	0,302	0,016					
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1176	M	0,2795	0,312	0,016					
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1641	I	0,3040	0,290*	0,013	0,011				
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1644	I	0,3383	0,290*	0,013	0,011				
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1675	I	0,2275	0,264	0,014					
<i>Oenanthe oenanthe</i>	1796	I	0,2256	0,280	0,014					
Turdidae										
<i>Sialia sialis</i>	2382	I	0,3207		0,015	0,100	0,140			
<i>Sialia s. sialis</i>	2591	I	0,3207		0,015	0,100*	0,140*			
<i>Myadestes melanops</i> <sup>(†)</sup>	2502	I	0,3138	0,151	0,013	0,085*	0,173*	0,076*	0,026*	0,003*
<i>Myadestes ralloides</i> <sup>(†)</sup>	70	I	0,2697	0,270	0,015	0,087	0,171	0,080	0,028	0,003
<i>Myadestes ralloides</i> <sup>(†)</sup>	104	I	0,2648	0,262	0,013	0,085	0,174	0,074	0,028	0,004
<i>Myadestes ralloides</i> <sup>(†)</sup>	155	I	0,2599	0,266	0,013	0,086	0,170	0,076	0,020	0,002
<i>Myadestes ralloides</i> <sup>(†)</sup>	238	M	0,2795	0,282	0,016	0,083	0,177	0,075	0,029	0,002
<i>Catharus fuscescens</i>	1605	I	0,2480	0,299	0,015	0,071*	0,164*			
<i>Catharus fuscescens</i>	1643	I	0,3168	0,294*	0,015	0,101	0,164*			
<i>Catharus fuscescens</i>	2373	I	0,3168	0,294*	0,015	0,102	0,152			

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Turridae										
<i>Catharus f. fuscescens</i> <sup>(1)</sup>	173	I	0,2991	0,272	0,014	0,095	0,169	0,071	0,022	0,002
<i>Catharus f. fuscescens</i> <sup>(1)</sup>	315	I	0,2452	0,299	0,016	0,099	0,163	0,076	0,023	0,003
<i>Catharus f. fuscescens</i> <sup>(1)</sup>	348	I	0,3334	0,307	0,016	0,016	0,047	0,174	0,025	0,003
<i>Catharus f. fuscescens</i>	2590	I	0,3168	0,294*	0,015	0,071*	0,164*			
<i>Catharus minimus</i>	1603	I	0,0500	0,305	0,005	0,070*	0,161*			
<i>Catharus minimus</i>	2375	I	0,3334	0,278*	0,015	0,104	0,160			
<i>Catharus minimus aliciae</i>	2592	I	0,3334	0,278*	0,015	0,070*	0,161*			
<i>Catharus ustulatus</i>	1604	I	0,2712	0,297	0,014	0,070*	0,161*			
<i>Catharus ustulatus</i>	1642	I	0,3138	0,229*	0,013	0,010	0,161*			
<i>Catharus ustulatus</i>	2503	I	0,3236	0,162	0,014	0,070*	0,161*			
<i>Catharus guttatus</i>	2374	I	0,2893	0,278*	0,012	0,094	0,152			
<i>Catharus guttatus faxoni</i>	2589	I	0,2893	0,278*	0,012	0,094*	0,152*			
<i>Hylocichla mustelina</i>	1606	I	0,3940	0,327	0,018					
<i>Turdus torquatus</i>	1233	M	1,0297	0,439	0,033	0,133*	0,240*			
<i>Turdus torquatus</i>	2389	I	0,9463	0,427	0,022	0,133	0,240			
<i>Turdus merula</i>	1210	H	1,0101	0,410	0,031					
<i>Turdus merula</i>	1211	H	0,9493	0,383	0,028					
<i>Turdus merula</i>	1212	M	0,9660	0,388	0,029					
<i>Turdus merula</i>	1213	M	0,9071	0,392	0,031					
<i>Turdus merula</i>	1483	M	0,8110	0,412	0,034					
<i>Turdus merula</i>	2384	I	0,8973	0,406	0,026	0,126	0,250			
<i>Turdus naumanni</i>	2386	I	0,7473	0,377	0,023	0,119	0,230			
<i>Turdus pilaris</i>	1230	H	0,7159	0,410	0,031					
<i>Turdus pilaris</i>	1231	H	0,9169	0,448	0,034					
<i>Turdus pilaris</i>	1232	M	1,1082	0,440	0,035					
<i>Turdus pilaris</i>	1797	I	1,0297	0,420	0,030					
<i>Turdus pilaris</i>	2388	I	0,9611	0,429	0,023	0,138	0,250			
<i>Turdus iliacus</i>	1179	I	0,6953	0,360	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1180	I	0,6247	0,360	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1181	I	0,6266	0,370	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1182	I	0,6619	0,380	0,026					
<i>Turdus iliacus</i>	1183	I	0,6718	0,365	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1184	I	0,6227	0,366	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1185	I	0,5982	0,356	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1186	I	0,6767	0,366	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1187	I	0,5884	0,355	0,020					
<i>Turdus iliacus</i>	1188	I	0,6669	0,370	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1189	I	0,5786	0,351	0,020					
<i>Turdus iliacus</i>	1190	I	0,5492	0,355	0,021					
<i>Turdus iliacus</i>	1191	I	0,5296	0,348	0,021					
<i>Turdus iliacus</i>	1192	H	0,5943	0,365	0,025					
<i>Turdus iliacus</i>	1193	H	0,7649	0,360	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1194	H	0,5796	0,355	0,020					
<i>Turdus iliacus</i>	1195	H	0,6718	0,375	0,025					
<i>Turdus iliacus</i>	1196	H	0,6982	0,365	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1197	H	0,6286	0,365	0,025					
<i>Turdus iliacus</i>	1198	H	0,6345	0,365	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1199	H	0,5786	0,344	0,025					
<i>Turdus iliacus</i>	1200	H	0,6090	0,365	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1201	H	0,6021	0,356	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1202	H	0,6139	0,360	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1203	H	0,5894	0,361	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1204	H	0,5688	0,355	0,021					
<i>Turdus iliacus</i>	1205	M	0,6070	0,365	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1206	M	0,6149	0,365	0,025					
<i>Turdus iliacus</i>	1207	M	0,6021	0,365	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	1208	M	0,6286	0,363	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1209	M	0,6551	0,370	0,023					
<i>Turdus iliacus</i>	1799	I	0,5982	0,360	0,022					
<i>Turdus iliacus</i>	2383	I	0,5492	0,371	0,018	0,115	0,210			
<i>Turdus philomelos</i>	1215	I	0,6973	0,370	0,024					
<i>Turdus philomelos</i>	1216	I	0,7404	0,355	0,022					
<i>Turdus philomelos</i>	1217	I	0,6914	0,365	0,023					
<i>Turdus philomelos</i>	1218	I	0,7090	0,368	0,023					
<i>Turdus philomelos</i>	1219	I	0,6374	0,362	0,022					
<i>Turdus philomelos</i>	1220	I	0,6619	0,363	0,022					
<i>Turdus philomelos</i>	1221	I	0,7551	0,355	0,022					
<i>Turdus philomelos</i>	1222	I	0,6914	0,360	0,025					
<i>Turdus philomelos</i>	1223	I	0,6963	0,368	0,023					
<i>Turdus philomelos</i>	1224	I	0,8336	0,369	0,023					
<i>Turdus philomelos</i>	1225	I	0,6767	0,343	0,021					
<i>Turdus philomelos</i>	1226	I	0,7257	0,350	0,021					
<i>Turdus philomelos</i>	1227	I	0,6512	0,368	0,024					
<i>Turdus philomelos</i>	1228	I	0,6865	0,352	0,021					
<i>Turdus philomelos</i>	1229	H	0,7178	0,364	0,023					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long- alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Turdidae</b>										
<i>Turdus philomelos</i>	1558	I	0,7022	0,361	0,023					
<i>Turdus philomelos</i>	1798	I	0,6669	0,360	0,022					
<i>Turdus philomelos</i>	2387	I	0,6894	0,367	0,019	0,111	0,230			
<i>Turdus viscivorus</i>	1800	I	1,1180	0,440	0,033	0,142*	0,270*			
<i>Turdus viscivorus</i>	2390	I	1,0395	0,440	0,031	0,142	0,270			
<i>Turdus plebejus</i>	2501	I	0,8532	0,235	0,029					
<i>Turdus flavipes venezuelensis</i> <sup>(†)</sup>	95	M	0,5099	0,295	0,016	0,106	0,205	0,084	0,025	0,005
<i>Turdus flavipes venezuelensis</i> <sup>(†)</sup>	117	I	0,5001	0,302	0,019	0,102	0,228	0,082	0,037	0,005
<i>Turdus flavipes venezuelensis</i> <sup>(†)</sup>	167	H	0,5001	0,310	0,018	0,105	0,197	0,095	0,023	0,005
<i>Turdus leucometas albiventer</i> <sup>(†)</sup>	338	I	0,6178	0,354	0,025	0,120	0,231	0,102	0,027	0,004
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	101	I	0,6374	0,324	0,021	0,112	0,196	0,085	0,026	0,004
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	102	I	0,6767	0,323	0,021	0,114	0,204	0,093	0,018	0,002
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	190	I	0,5394	0,322	0,020	0,102	0,206	0,082	0,026	0,004
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	239	H	0,6767	0,360	0,025	0,110	0,207	0,085	0,029	0,003
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	263	M	0,7551	0,351	0,025	0,073	0,208	0,088	0,030	0,006
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	296	M	0,7649	0,347	0,023	0,112	0,232	0,09	0,034	0,004
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	314	H	0,6963	0,330	0,024	0,117	0,218	0,093	0,032	0,004
<i>Turdus o. olivater</i> <sup>(†)</sup>	317	M	0,6865	0,348	0,025	0,119	0,210	0,098	0,031	0,002
<i>Turdus seranus cumananensis</i> <sup>(†)</sup>	319	H	0,7551	0,362	0,024	0,110	0,241	0,095	0,033	0,003
<i>Turdus seranus cumananensis</i> <sup>(†)</sup>	334	H	0,7159	0,369	0,024	0,109	0,226	0,093	0,029	0,003
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	19	I	0,4413	0,304	0,019	0,103	0,201	0,084	0,024	0,003
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	25	I	0,4511	0,308	0,020	0,104	0,220	0,079	0,035	0,003
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	188	I	0,4119	0,303	0,020	0,103	0,197	0,076	0,027	0,003
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	217	I	0,4805	0,303	0,017	0,102	0,201	0,082	0,026	0,002
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	328	I	0,4707	0,348	0,023	0,101	0,188	0,082	0,025	0,002
<i>Turdus albicollis</i> <sup>(†)</sup>	332	I	0,4805	0,346	0,021	0,101	0,199	0,079	0,021	0,002
<i>Turdus migratorius</i>	1214	M	0,6669	0,390	0,028					
<i>Turdus migratorius</i>	2385	I	0,8042	0,363*	0,024	0,134	0,250			
<i>Turdus m. migratorius</i>	2610	I	0,8042	0,363*	0,024					
<b>Mimidae</b>										
<i>Dumetella carolinensis</i>	1013	I	0,2550	0,275	0,015					
<i>Dumetella carolinensis</i>	1014	I	0,3825	0,295	0,017					
<i>Dumetella carolinensis</i>	1015	I	0,2550	0,290	0,016					
<i>Dumetella carolinensis</i>	2391	I	0,3825	0,256*	0,015	0,091	0,197			
<i>Dumetella carolinensis</i>	2499	I	0,3825	0,163	0,016					
<i>Dumetella carolinensis</i>	2594	I	0,3825	0,256*	0,015					
<i>Mimus polyglottos</i>	1016	I	0,4021	0,360	0,029					
<i>Mimus polyglottos</i>	1017	I	0,4021	0,351	0,025					
<i>Mimus polyglottos</i>	2500	I	0,5001	0,190	0,022					
<i>Toxostoma rufum</i>	1018	I	0,6374	0,326	0,022					
<b>Sturnidae</b>										
<i>Sturnus vulgaris</i>	1104	I	0,9709	0,381	0,024					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1105	I	0,8336	0,386	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1106	I	0,9709	0,380	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1107	H	0,6521	0,391	0,024*					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1108	H	0,7669	0,379	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1109	H	0,7218	0,367	0,026					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1110	H	0,8610	0,388	0,026					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1111	H	0,8767	0,389	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1112	M	0,7845	0,392	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1113	M	0,8081	0,385	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1114	M	0,8679	0,385	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1115	M	0,8875	0,382	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1554	I	0,8032	0,384	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1649	I	0,7139	0,038	0,017	0,013				
<i>Sturnus vulgaris</i>	1809	I	0,8140	0,380	0,024					
<i>Sturnus vulgaris</i>	1923	I	0,8669	0,384	0,025					
<i>Sturnus vulgaris</i>	2115	I	0,8336	0,244	0,020	0,164				
<i>Sturnus vulgaris</i>	2342	I	0,7796	0,391	0,019	0,125	0,215			
<i>Sturnus v. vulgaris</i>	2611	I	0,8238	0,357*	0,019					
<b>Prunellidae</b>										
<i>Prunella modularis</i>	1094	I	0,1952	0,214	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1095	I	0,1549	0,205	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1096	I	0,1471	0,209	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1097	I	0,1589	0,215	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1098	I	0,1451	0,203	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1099	I	0,1598	0,216	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1100	I	0,1834	0,211	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1101	I	0,1677	0,213	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1102	I	0,1618	0,202	0,008					
<i>Prunella modularis</i>	1103	I	0,1991	0,220	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	1795	I	0,1961	0,210	0,009					
<i>Prunella modularis</i>	2394	I	0,1765	0,220	0,008	0,066	0,145			
<b>Motacillidae</b>										
<i>Motacilla flava</i>	1680	I	0,1726	0,248	0,011					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long-alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Motacillidae</b>										
<i>Motacilla flava</i>	1793	I	0,1765	0,260	0,010					
<i>Motacilla flava</i>	2412	I	0,1618	0,250	0,010	0,076	0,165			
<i>Motacilla alba</i>	1023	H	0,2305	0,255	0,013					
<i>Motacilla alba</i>	1024	M	0,1569	0,277	0,013					
<i>Motacilla alba</i>	1490	I	0,1863	0,250	0,012					
<i>Motacilla alba</i>	1794	I	0,2059	0,260	0,012					
<i>Motacilla alba</i>	2410	I	0,2157	0,283	0,013	0,090	0,180			
<i>Motacilla cinerea</i>	2411	I	0,1569	0,252	0,009	0,081	0,180			
<i>Anthus pratensis</i>	1019	I	0,2030	0,269	0,014					
<i>Anthus pratensis</i>	1020	I	0,1863	0,276	0,014					
<i>Anthus pratensis</i>	1676	I	0,1952	0,273	0,014					
<i>Anthus pratensis</i>	1792	I	0,1765	0,260	0,012					
<i>Anthus pratensis</i>	2407	I	0,1765	0,259	0,010	0,079	0,145			
<i>Anthus trivialis</i>	1791	I	0,2157	0,270	0,013	0,091*	0,150*			
<i>Anthus trivialis</i>	2409	I	0,2030	0,286	0,013	0,091	0,150			
<i>Anthus cervinus</i>	1491	I	0,1961	0,273	0,013					
<i>Anthus spinoletta</i>	1021	I	0,2648	0,283	0,016					
<i>Anthus spinoletta</i>	1022	I	0,2354	0,268	0,014					
<i>Anthus spinoletta</i>	2408	I	0,1863	0,276*	0,011	0,082	0,1650			
<i>Anthus rubescens</i>	2575	H	0,1863	0,265*	0,011					
<b>Bombycillidae</b>										
<i>Bombycilla cedrorum</i>	2357	I	0,2452		0,013	0,094	0,160			
<i>Bombycilla cedrorum</i>	2504	I	0,3236	0,155	0,011					
<i>Bombycilla cedrorum</i>	2585	I	0,2452		0,013					
<b>Calcaridae</b>										
<i>Calcarius lapponicus</i>	963	M	0,2157	0,286	0,014					
<i>Calcarius lapponicus</i>	964	M	0,2157	0,286	0,014					
<i>Plectrophenax nivalis</i>	973	M	0,2707	0,330	0,018					
<b>Parulidae</b>										
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1067	I	0,1569	0,25	0,012					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1068	I	0,1765	0,235	0,010					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1069	I	0,2157	0,25	0,013					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1070	I	0,2059	0,24	0,010					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1071	I	0,1863	0,245	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1072	I	0,1667	0,24	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1073	I	0,1961	0,255	0,012					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1074	I	0,1863	0,23	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1075	I	0,2059	0,255	0,012					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1076	I	0,2157	0,235	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1077	I	0,1569	0,235	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1078	I	0,1863	0,235	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1079	I	0,1569	0,24	0,010					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1080	I	0,1569	0,245	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1081	I	0,1961	0,240	0,011					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1082	M	0,2059	0,245	0,013					
<i>Seiurus aurocapilla</i>	1632	I	0,1912	0,242*	0,010	0,008				
<i>Parkesia motacilla</i> <sup>(1)</sup>	1083	I	0,2256	0,265	0,013	0,075*	0,130*	0,051*	0,017*	0,0009*
<i>Parkesia motacilla</i> <sup>(1)</sup>	1585	I	0,2256	0,265	0,013*	0,075*	0,130*	0,051*	0,017*	0,0009*
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	1	I	0,1373	0,238	0,012	0,074	0,135	0,054	0,024	0,001
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	175	I	0,1373	0,237	0,011	0,081	0,134	0,053	0,016	0,0008
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	176	I	0,1422	0,230	0,011	0,076	0,133	0,052	0,016	0,0009
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	178	I	0,1373	0,205	0,009	0,072	0,124	0,049	0,016	0,0009
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	181	I	0,1324	0,216	0,009	0,074	0,127	0,050	0,014	0,001
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	184	I	0,1324	0,218	0,010	0,072	0,122	0,049	0,016	0,001
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	199	I	0,1373	0,232	0,010	0,071	0,138	0,049	0,014	0,0007
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	243	I	0,1618	0,227	0,010	0,075	0,134	0,053	0,017*	0,0008
<i>Parkesia noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	2421	I	0,1422	0,225*	0,009	0,077	0,127	0,051*	0,017*	0,0009*
<i>Parkesia n. noveboracensis</i> <sup>(1)</sup>	2565	I	0,1422	0,225*	0,009	0,075*	0,130*	0,051*	0,017*	0,0009*
<i>Mniotilta varia</i>	1064	I	0,1079	0,205	0,008					
<i>Mniotilta varia</i>	1065	H	0,1079	0,220	0,010					
<i>Mniotilta varia</i>	2420	I	0,1030	0,213*	0,007	0,069	0,114			
<i>Mniotilta varia</i>	2556	I	0,1030	0,213*	0,007					
<i>Oreothlypis peregrina</i>	1621	I	0,1079	0,104*	0,008	0,006				
<i>Oreothlypis peregrina</i>	2506	I	0,0883	0,107	0,006	0,006*				
<i>Geothlypis trichas</i>	1058	H	0,1079	0,182	0,007					
<i>Geothlypis trichas</i>	1059	H	0,1177	0,170	0,006					
<i>Geothlypis trichas</i>	1060	H	0,0883	0,173	0,006					
<i>Geothlypis trichas</i>	1061	M	0,0981	0,180	0,007					
<i>Geothlypis trichas</i>	1062	M	0,0785	0,180	0,007					
<i>Geothlypis trichas</i>	1063	M	0,0981	0,180	0,007					
<i>Geothlypis trichas</i>	1622	I	0,1098	0,178*	0,006	0,006				
<i>Geothlypis trichas</i>	2419	I	0,0932	0,178*	0,006	0,055	0,108			
<i>Geothlypis trichas brachidactyla</i>	2555	I	0,0932	0,178*	0,006					
<i>Setophaga citrina</i>	1089	I	0,1079	0,195	0,008					
<i>Setophaga citrina</i>	1090	I	0,1079	0,216	0,010					

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long-alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Parulidae										
<i>Setophaga ruticilla</i> <sup>(†)</sup>	4	I	0,0824	0,208	0,007	0,063	0,120	0,069	0,019	0,002
<i>Setophaga ruticilla</i> <sup>(†)</sup>	73	H	0,0932	0,187	0,007	0,061	0,087	0,054	0,013	0,0002
<i>Setophaga ruticilla</i>	1084	H	0,0883	0,195	0,008					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1085	H	0,0686	0,185	0,008					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1086	H	0,0686	0,195	0,008					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1087	H	0,0785	0,200	0,007					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1088	M	0,0735	0,200	0,008					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1594	I	0,0686	0,195	0,007*					
<i>Setophaga ruticilla</i>	1619	I	0,0804	0,196*	0,007	0,006				
<i>Setophaga ruticilla</i>	2368	I	0,0785	0,196*	0,006	0,064	0,115			
<i>Setophaga ruticilla</i>	2549	I	0,0785	0,196*	0,006					
<i>Setophaga tigrina</i>	1057	M	0,0981	0,208	0,008					
<i>Setophaga americana</i>	1066	I	0,0873	0,180	0,007					
<i>Setophaga americana</i>	2559	I	0,1162	0,197*	0,006					
<i>Setophaga magnolia</i>	2416	I	0,0902	0,197*	0,007	0,060	0,108			
<i>Setophaga pensylvanica</i>	2417	I	0,1089	0,197*	0,006	0,063	0,108			
<i>Setophaga pensylvanica</i>	2507	I	0,0981	0,117	0,007					
<i>Setophaga pensylvanica</i>	2558	I	0,1089	0,197*	0,006					
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	34	H	0,0932	0,208	0,008	0,073	0,121	0,052	0,018	0,0009
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	38	I	0,0863	0,200	0,007	0,074	0,130	0,005	0,015	0,0006
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	257	M	0,1177	0,212	0,009	0,077	0,128	0,054	0,015	0,001
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	298	M	0,0981	0,204	0,008	0,072	0,130	0,050	0,017	0,001
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	1056	M	0,0883	0,230	0,009	0,061*	0,127*	0,040*	0,016*	0,0009*
<i>Setophaga striata</i> <sup>(†)</sup>	1631	I	0,1863	0,211*	0,013	0,007	0,127*	0,040*	0,016*	0,0009*
<i>Setophaga caerulescens</i>	1052	H	0,0883	0,185	0,008					
<i>Setophaga caerulescens</i>	1053	M	0,1079	0,210	0,009					
<i>Setophaga caerulescens</i>	1054	M	0,0981	0,190	0,008					
<i>Setophaga caerulescens</i>	2414	I	0,0912	0,195*	0,007	0,065	0,115			
<i>Setophaga caerulescens</i>	2551	I	0,0902	0,195*	0,007					
<i>Setophaga c. caerulescens</i>	2553	I	0,0907	0,195*	0,007					
<i>Setophaga coronata</i>	1624	I	0,1265	0,197*	0,009	0,007				
<i>Setophaga coronata</i>	2415	I	0,1520	0,197*	0,009	0,074	0,121			
<i>Setophaga coronata</i>	2566	I	0,1520	0,197*	0,009	0,041*				
<i>Setophaga dominica</i>	1055	I	0,0981	0,206	0,009					
<i>Setophaga virens</i>	2418	I	0,0902	0,197*	0,006	0,064	0,108			
<i>Setophaga virens virens</i>	2552	I	0,0902	0,197*	0,006	0,064*	0,108*			
<i>Basileuterus culicivorus cabanis</i> <sup>(†)</sup>	11	I	0,0912	0,165	0,006	0,055	0,107	0,052	0,016	0,001
<i>Basileuterus tristriatus bessenerti</i> <sup>(†)</sup>	59	I	0,0912*	0,166	0,007	0,055*	0,110	0,053	0,009	0,001
<i>Myiothlypis bivittata</i> <sup>(†)</sup>	182	I	0,1079	0,185	0,007	0,061	0,122	0,055	0,014	0,0007
<i>Cardellina pusilla</i>	2422	I	0,1167	0,006	0,061		0,108			
<i>Myioborus miniatus</i> <sup>(†)</sup>	46	I		0,186	0,008		0,098		0,014	0,0006
Thraupidae										
<i>Tachyphonus luctuosus</i>	2523	I	0,1471	0,112	0,008					
<i>Tachyphonus rufus</i>	2524	I	0,3432	0,150	0,014					
<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	2525	I	0,2942	0,139	0,012					
<i>Ramphocelus passerinii</i>	2526	I	0,3138	0,131	0,011					
<i>Thraupis episcopus</i> <sup>(†)</sup>	2519	I	0,3138	0,152	0,013	0,087*	0,163*	0,062*	0,017*	0,002*
<i>Thraupis episcopus cana</i> <sup>(†)</sup>	107	I	0,3138	0,281	0,014	0,084	0,162	0,063	0,015	0,001
<i>Thraupis episcopus cana</i> <sup>(†)</sup>	323	I	0,2991	0,281	0,014	0,089	0,164	0,060	0,019	0,002
<i>Thraupis palmarum</i> <sup>(†)</sup>	2520	I	0,3825	0,155	0,015	0,087*	0,166*	0,062*	0,017*	0,002*
<i>Anisognathus somptuosus</i> <sup>(†)</sup>	44	I	0,3825	0,277	0,013	0,090	0,187	0,069	0,019	0,002
<i>Pipraeidea melanonota venezuelensis</i> <sup>(†)</sup>	2	M	0,2108	0,251	0,011	0,076	0,140	0,050	0,016	0,001
<i>Tangara larvata</i> <sup>(†)</sup>	2517	I	0,1863	0,124	0,009	0,071*	0,133*	0,051*	0,016*	0,001*
<i>Tangara guttata</i> <sup>(†)</sup>	2518	I	0,1961	0,114	0,009	0,068*	0,136*	0,053*	0,017*	0,0009*
<i>Tangara guttata chrysophrys</i> <sup>(†)</sup>	36	I	0,1667	0,204	0,009	0,072	0,138	0,056	0,018	0,0008
<i>Tangara guttata chrysophrys</i> <sup>(†)</sup>	256	I	0,1716	0,218	0,010	0,067	0,134	0,052	0,017	0,0009
<i>Tangara guttata chrysophrys</i> <sup>(†)</sup>	289	M	0,1569	0,219	0,009	0,066	0,135	0,050	0,017	0,001
<i>Tangara nigroviridis</i> <sup>(†)</sup>	302	H	0,1716	0,223	0,010	0,073	0,126	0,052	0,015	0,001
<i>Tangara gyrola toddi</i> <sup>(†)</sup>	93	I	0,2157	0,206	0,009	0,073	0,130	0,048	0,015	0,0009
<i>Tangara gyrola toddi</i> <sup>(†)</sup>	279	M	0,1961	0,247	0,010	0,072	0,147	0,050	0,013	0,001
<i>Tangara gyrola toddi</i> <sup>(†)</sup>	320	I	0,1961	0,236	0,010	0,071	0,129	0,047	0,017	0,0006
<i>Tangara rufigenis</i> <sup>(†)</sup>	8	I	0,1569	0,210	0,009	0,069	0,145	0,049	0,022	0,0008
<i>Tangara rufigenis</i> <sup>(†)</sup>	43	I	0,1569*	0,205	0,008	0,068*	0,145	0,048*	0,014	0,0007
<i>Tangara rufigenis</i> <sup>(†)</sup>	321	I	0,1569	0,221	0,009	0,066	0,135	0,047	0,012	0,0008
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	94	I	0,1961	0,223	0,010	0,076	0,131	0,053	0,017	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	133	I	0,1912	0,209	0,010	0,072	0,117	0,052	0,017	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	151	I	0,1961	0,229	0,010	0,078	0,138	0,053	0,018	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	172	I	0,1814	0,225	0,010	0,076	0,141	0,054	0,017	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	197	I	0,1863	0,222	0,010	0,074	0,131	0,047	0,017	0,0009
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	228	I	0,1863	0,221	0,010	0,054	0,127	0,051	0,015	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	235	I	0,2010	0,230	0,005	0,078	0,126	0,055	0,017	0,001
<i>Tangara a. arthus</i> <sup>(†)</sup>	322	I	0,1814	0,224	0,009	0,073	0,123	0,054	0,017	0,0009
<i>Dacnis venusta</i>	2513	I	0,1569	0,117	0,008					
<i>Cyanerpes lucidus</i> <sup>(†)</sup>	2512	I	0,1275	0,103	0,006	0,057*	0,101*	0,030*	0,013*	0,0004*
<i>Cyanerpes c. caeruleus</i> <sup>(†)</sup>	63	M	0,1226	0,179	0,003	0,057	0,098	0,031	0,013	0,0005

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
<b>Thraupidae</b>										
<i>Cyanerpes c. caeruleus</i> <sup>(†)</sup>	113	M	0,1177*	0,183	0,006	0,056	0,102	0,031	0,015	0,0004
<i>Cyanerpes c. caeruleus</i> <sup>(†)</sup>	237	M	0,1177	0,172	0,006	0,057	0,101	0,029	0,011	0,0002
<i>Cyanerpes c. caeruleus</i> <sup>(†)</sup>	307	M	0,1128	0,176	0,006	0,056	0,102	0,029	0,012	0,0005
<i>Chlorophanes spiza</i> <sup>(†)</sup>	13	M	0,1667	0,219	0,010	0,071	0,149	0,050	0,018	0,001
<i>Chlorophanes spiza</i> <sup>(†)</sup>	156	M	0,1716	0,226	0,010	0,073	0,126	0,054	0,014	0,001
<i>Chlorophanes spiza</i> <sup>(†)</sup>	2511	I	0,1765	0,115	0,008	0,072*	0,138*	0,052*	0,016*	0,001*
<i>Volatinia jacarina</i> <sup>(†)</sup>	195	H	0,0902	0,156	0,005	0,044	0,105	0,040	0,012	0,0009
<i>Volatinia jacarina</i> <sup>(†)</sup>	202	M	0,0765	0,168	0,006	0,064	0,116	0,043	0,015	0,0006
<i>Coereba flaveola luteola</i> <sup>(†)</sup>	131	I	0,0834	0,161	0,006	0,052	0,087	0,029	0,010	0,0004
<i>Coereba flaveola luteola</i> <sup>(†)</sup>	337	I	0,0892	0,173	0,006	0,050	0,090	0,032	0,012	0,0004
<i>Tiaris fuliginosus</i> <sup>(†)</sup>	159	M	0,1275	0,191	0,008	0,058	0,107	0,049	0,012	0,0004
<i>Saltator maximus</i>	2530	I	0,4707	0,166	0,019					
<b>Emberizidae</b>										
<i>Arremonops tocuyensis</i> <sup>(†)</sup>	234	M	0,2059	0,217	0,011	0,069	0,128	0,049	0,014	0,001
<i>Arremonops conirostris</i> <sup>(†)</sup>	2532	I	0,3923	0,133	0,012	0,069*	0,128*	0,049*	0,014*	0,001*
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	2450	I	0,4089		0,015	0,089	0,184			
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	2597	I	0,4089		0,015	0,089*	0,184*			
<i>Spizella arborea</i>	2454	I	0,1765		0,009	0,076	0,133			
<i>Spizella a. arborea</i>	2573	I	0,1765		0,009	0,076*	0,133*			
<i>Spizella passerina</i>	2455	I	0,1324		0,009	0,069	0,121			
<i>Spizella p. passerina</i>	2563	I	0,1324		0,009	0,069*	0,121*			
<i>Spizella pusilla</i>	2456	I	0,1187		0,006	0,065	0,127			
<i>Spizella p. pusilla</i>	2560	I	0,1187		0,006	0,065*	0,127*			
<i>Poocetes gramineus</i>	2466	I	0,2648		0,011	0,081	0,140			
<i>Poocetes g. gramineus</i>	2588	I	0,2648		0,011	0,081*	0,140*			
<i>Ammodramus savannarum</i>	2430	I	0,1814		0,009	0,061	0,114			
<i>Ammodramus savannarum australis</i>	2574	I	0,1814		0,009	0,061*	0,114*			
<i>Passerella iliaca</i>	2445	I	0,3972		0,012	0,089	0,159			
<i>Passerella i. iliaca</i>	2596	I	0,3972		0,012	0,089*	0,159*			
<i>Melospiza melodia</i>	1636	I	0,2148		0,008	0,007	0,127*			
<i>Melospiza melodia</i>	2444	I	0,2157		0,009	0,067	0,140			
<i>Melospiza m. melodia</i>	2579	I	0,2157		0,009	0,037*	0,127*			
<i>Melospiza lincolnii</i>	2443	I	0,1746		0,007	0,063	0,121			
<i>Melospiza l. lincolnii</i>	2572	I	0,1746		0,007	0,063*	0,121*			
<i>Melospiza georgiana</i>	2442	I	0,1667		0,007	0,063	0,127			
<i>Melospiza georgiana</i>	2570	I	0,1667		0,007	0,063*	0,127*			
<i>Zonotrichia albicollis</i>	1639	I	0,2599		0,011	0,008				
<i>Zonotrichia albicollis</i>	2457	I	0,2599		0,011	0,075	0,146			
<i>Zonotrichia albicollis</i>	2587	I	0,2599		0,011	0,041*				
<i>Junco hyemalis</i>	1003	I	0,1961	0,250	0,011					
<i>Junco hyemalis</i>	2440	I	0,2108		0,010	0,079	0,133			
<i>Junco h. hyemalis</i>	2578	I	0,2109		0,010					
<i>Chlorospingus ophthalmicus</i> <sup>(†)</sup>	2529	I	0,1961	0,113	0,008	0,062*	0,135*	0,0568*	0,015*	0,001*
<i>Chlorospingus ophthalmicus jacqueti</i> <sup>(†)</sup>	83	I	0,1667	0,202	0,009	0,065	0,135	0,058	0,017	0,002
<i>Chlorospingus ophthalmicus jacqueti</i> <sup>(†)</sup>	128	I	0,1618*	0,188	0,008	0,061	0,129	0,058	0,012	0,002
<i>Chlorospingus ophthalmicus jacqueti</i> <sup>(†)</sup>	189	I	0,1520	0,207	0,008	0,061	0,133	0,055	0,013	0,001
<i>Chlorospingus ophthalmicus jacqueti</i> <sup>(†)</sup>	286	M	0,1324	0,206	0,009	0,060	0,136	0,056	0,017	0,0008
<i>Chlorospingus ophthalmicus jacqueti</i> <sup>(†)</sup>	291	M	0,1618	0,206	0,008	0,064	0,140	0,057	0,016	0,002
<i>Emberiza citrinella</i>	965	H	0,2932	0,260	0,014					
<i>Emberiza citrinella</i>	966	H	0,2824	0,269	0,015					
<i>Emberiza citrinella</i>	967	H	0,2765	0,270	0,014					
<i>Emberiza citrinella</i>	968	H	0,2922	0,268	0,014					
<i>Emberiza citrinella</i>	2463	I	0,2452	0,281	0,013	0,091	0,165			
<i>Emberiza citrulus</i>	2462	I	0,2265	0,248	0,010	0,074	0,165			
<i>Emberiza cia</i>	2461	I	0,2099	0,258	0,011	0,078	0,160			
<i>Emberiza hortulana</i>	2464	I	0,3236	0,273	0,012	0,087	0,165			
<i>Emberiza pusilla</i>	1492	I	0,1373	0,212	0,010					
<i>Emberiza schoeniclus</i>	969	H	0,1608	0,237	0,012					
<i>Emberiza schoeniclus</i>	970	H	0,1775	0,232	0,011					
<i>Emberiza schoeniclus</i>	971	M	0,1873	0,246	0,013					
<i>Emberiza schoeniclus</i>	972	M	0,1824	0,251	0,013					
<i>Emberiza schoeniclus</i>	2465	I	0,1961	0,255	0,011	0,076	0,150			
<b>Cardinalidae</b>										
<i>Piranga flava</i>	2429	I	0,3511	0,171*	0,015	0,103	0,171			
<i>Piranga flava hepatica</i>	2593	I	0,3511	0,171*	0,015	0,103*	0,171*			
<i>Piranga rubra</i>	2521	I	0,2942	0,161	0,014	0,103*	0,171*			
<i>Piranga olivacea</i>	2522	I	0,3040	0,181	0,016	0,103*	0,171*			
<i>Habia rubica</i>	2527	I	0,3530	0,147	0,014					
<i>Habia fuscicauda</i>	2528	I	0,3825	0,168	0,018					
<i>Cardinalis cardinalis</i>	974	M	0,3236	0,290	0,018					
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	2447	I	0,3923		0,017	0,101	0,184			
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	2595	M	0,3923		0,017	0,101*	0,184*			
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	2448	I	0,4384		0,020	0,100	0,184			
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	2599	I	0,4384		0,020	0,100*	0,184*			
<i>Passerina cyanea</i>	2446	I	0,1275		0,008	0,068	0,114			

Continúa

Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Cardinalidae										
<i>Passerina cyanea</i>	2531	I	0,3138	0,124	0,010					
<i>Passerina cyanea</i>	2562	I	0,1275		0,008					
Icteridae										
<i>Agelaius phoeniceus</i>	1012	H	0,1961	0,300	0,017					
<i>Agelaius phoeniceus</i>	2423	I	0,6865		0,025	0,121	0,184			
<i>Agelaius p. phoeniceus</i>	2606	I	0,6865		0,025					
<i>Sturnella magna</i>	2428	I	1,4220		0,027	0,122	0,216			
<i>Sturnella m. magna</i>	2625	I	1,4220		0,027	0,122*	0,216*			
<i>Euphagus cyanocephalus</i>	2424	I	1,0591		0,039	0,154	0,203			
<i>Quiscalus quiscula</i>	2427	I	1,1994		0,032	0,144	0,280			
<i>Quiscalus q. quiscula</i>	2622	I	1,1994		0,032	0,144*	0,280*			
<i>Molothrus ater</i>	2426	I	0,4952		0,018	0,111	0,165			
<i>Molothrus a. ater</i>	2603	I	0,4952		0,018	0,111*	0,165*			
<i>Icterus spurius</i>	2425	I	0,2256		0,010	0,078	0,152			
<i>Icterus spurius</i>	2581	I	0,2256		0,010	0,078*	0,152*			
<i>Icterus galbula</i>	2510	I	0,3334	0,160	0,014	0,078*	0,152*			
<i>Cacicus uropygialis</i>	2509	I	0,5786	0,196	0,023					
<i>Psarocolius wagleri</i>	2508	I	1,5985	0,310	0,048					
Fringillidae										
<i>Fringilla coelebs</i>	985	H	0,2069	0,246	0,012					
<i>Fringilla coelebs</i>	986	H	0,2275	0,253	0,012					
<i>Fringilla coelebs</i>	987	H	0,1824	0,253	0,012					
<i>Fringilla coelebs</i>	988	H	0,2206	0,251	0,012					
<i>Fringilla coelebs</i>	989	M	0,2461	0,271	0,014					
<i>Fringilla coelebs</i>	990	M	0,2491	0,272	0,014					
<i>Fringilla coelebs</i>	991	M	0,2256	0,264	0,013					
<i>Fringilla coelebs</i>	992	M	0,2040	0,266	0,014					
<i>Fringilla coelebs</i>	993	M	0,2511	0,279	0,014					
<i>Fringilla coelebs</i>	1637	I	0,2157	0,209	0,011	0,008				
<i>Fringilla coelebs</i>	1810	I	0,2157	0,260	0,013					
<i>Fringilla coelebs</i>	1924	I	0,2236	0,262	0,013					
<i>Fringilla coelebs</i>	2438	I	0,2079	0,285	0,010	0,089	0,150			
<i>Fringilla montifringilla</i>	994	H	0,1863	0,252	0,011					
<i>Fringilla montifringilla</i>	995	H	0,2265	0,256	0,012					
<i>Fringilla montifringilla</i>	996	H	0,2050	0,256	0,012					
<i>Fringilla montifringilla</i>	997	H	0,2324	0,267	0,012					
<i>Fringilla montifringilla</i>	998	H	0,2461	0,265	0,012					
<i>Fringilla montifringilla</i>	999	M	0,2334	0,277	0,013					
<i>Fringilla montifringilla</i>	1000	M	0,2236	0,266	0,013					
<i>Fringilla montifringilla</i>	1001	M	0,2403	0,277	0,014					
<i>Fringilla montifringilla</i>	1002	M	0,2550	0,278	0,014					
<i>Fringilla montifringilla</i>	1638	I	0,2285	0,028	0,012	0,009				
<i>Fringilla montifringilla</i>	1811	I	0,2354	0,270	0,013					
<i>Fringilla montifringilla</i>	2439	I	0,2462	0,281	0,012	0,09	0,145			
<i>Euphonia luteicapilla</i> <sup>(1)</sup>	2515	I	0,1177	0,093	0,005	0,068*	0,106*	0,043*	0,014*	0,0005*
<i>Euphonia imitans</i> <sup>(1)</sup>	2516	I	0,1275	0,105	0,007	0,068*	0,106*	0,043*	0,014*	0,0005*
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	30	M	0,1520	0,192	0,007	0,064	0,105	0,044	0,016	0,0004
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	146	H	0,1324	0,200	0,007	0,059	0,099	0,032	0,014	0,0005
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	158	M	0,1520	0,194	0,008	0,066	0,100	0,040	0,012	0,0006
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	165	H	0,1520	0,195	0,007	0,063	0,101	0,035	0,014	0,0004
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	166	H	0,1520	0,220	0,009	0,064	0,112	0,038	0,014	0,0006
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	215	I	0,3530	0,211	0,009	0,103	0,118	0,082	0,011	0,0005
<i>Euphonia xanthogaster exsul</i> <sup>(1)</sup>	312	I	0,1324	0,182	0,007	0,060	0,105	0,032	0,015	0,0004
<i>Chlorophonia callophrys</i>	2514	I	0,2452	0,123	0,008					
<i>Pinicola enucleator</i>	2449	I	0,4903		0,019	0,114	0,200			
<i>Pinicola enucleator leucura</i>	2602	I	0,4903		0,019	0,114*	0,200*			
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1004	H	0,2550	0,270	0,014					
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1005	H	0,2324	0,268	0,014					
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1006	M	0,2697	0,284	0,015					
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1640	I	0,2893	0,026	0,013	0,008				
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	1816	I	0,2157	0,270	0,014					
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	2451	I	0,2099	0,255	0,010	0,081	0,145			
<i>Haemorhous purpureus</i>	2436	I	0,2403		0,010	0,083	0,140			
<i>Haemorhous p. purpureus</i>	2583	I	0,2403		0,010	0,083*	0,140*			
<i>Chloris chloris</i>	1482	I	0,2452	0,270	0,014					
<i>Chloris chloris</i>	1812	I	0,2746	0,250	0,012					
<i>Chloris chloris</i>	2433	I	0,2324	0,270	0,010	0,086	0,145			
<i>Loxia curvirostra</i>	2441	I	0,4668	0,319	0,017	0,102	0,165			
<i>Spinus spinus</i>	979	H	0,0971	0,210	0,008					
<i>Spinus spinus</i>	980	H	0,0981	0,211	0,008					
<i>Spinus spinus</i>	981	H	0,0922	0,206	0,007					
<i>Spinus spinus</i>	982	M	0,0961	0,213	0,008					
<i>Spinus spinus</i>	983	M	0,1069	0,218	0,009					
<i>Spinus spinus</i>	984	M	0,1687	0,215	0,008					
<i>Spinus spinus</i>	1556	I	0,1098	0,212	0,008					

Continúa



Apéndice C – Continuación

Especie	Cod.	Sexo	W (N)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Long. alar (m)	Long. Absoluta (m)	Long. Cola (m)	Ancho Cola (m)	Área de Cola (m <sup>2</sup> )
Fringillidae										
<i>Spinus spinus</i>	1623	I	0,1226	0,021	0,007	0,007				
<i>Spinus spinus</i>	1814	I	0,1373	0,210	0,008					
<i>Spinus spinus</i>	2434	I	0,1157	0,214	0,007	0,068	0,120			
<i>Spinus tristis</i>	2435	I	0,1373	0,193*	0,008	0,073	0,108			
<i>Spinus t. tristis</i>	2564	I	0,1373	0,193*	0,008	0,073*	0,108*			
<i>Carduelis carduelis</i>	975	M	0,1765	0,244	0,010					
<i>Carduelis carduelis</i>	1494	H	0,1569	0,233	0,010					
<i>Carduelis carduelis</i>	1813	I	0,1569	0,240	0,009					
<i>Carduelis carduelis</i>	2432	I	0,1638	0,248	0,009	0,079	0,120			
<i>Carduelis flavirostris</i>	976	I	0,1687	0,227	0,010					
<i>Carduelis flavirostris</i>	977	I	0,1638	0,232	0,010					
<i>Carduelis flavirostris</i>	978	I	0,1638	0,232	0,010					
<i>Carduelis cannabina</i>	1815	I	0,1471	0,240	0,010	0,080*	0,130*			
<i>Carduelis cannabina</i>	2431	I	0,1550	0,248	0,010	0,080	0,130			
<i>Serinus citrinella</i>	2453	I	0,1177	0,245	0,007	0,073	0,120			
<i>Serinus serinus</i>	1685	I	0,1118	0,214	0,008	0,071*	0,125*			
<i>Serinus canaria</i>	2452	I	0,0824	0,221	0,007	0,071	0,125			
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1091	H	0,4403	0,325	0,018					
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1648	I	0,5815	0,323*	0,016*					
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	2437	I	0,4119	0,320	0,015	0,097	0,180			
Passeridae										
<i>Passer domesticus</i>	1093	M	0,2883	0,240	0,012					
<i>Passer domesticus</i>	1838	M	0,3285	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1839	H	0,3207	0,131	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1840	M	0,3393	0,133	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1841	H	0,3217	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1842	M	0,3177	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1843	H	0,3128	0,131	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1844	M	0,2883	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1845	H	0,2765	0,129	0,009					
<i>Passer domesticus</i>	1846	M	0,3069	0,133	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1847	H	0,3011	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1848	M	0,2942	0,133	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1849	H	0,2726	0,125	0,009					
<i>Passer domesticus</i>	1850	M	0,2864	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1851	H	0,2775	0,131	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1852	M	0,2785	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1853	H	0,2775	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1854	M	0,2609	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1855	H	0,2667	0,131	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1856	M	0,2756	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1857	H	0,2658	0,130	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1858	M	0,2716	0,132	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	1859	H	0,2599	0,131	0,010					
<i>Passer domesticus</i>	2458	I	0,2942	0,252	0,010	0,075	0,145			
<i>Passer d. domesticus</i>	2582	I	0,2403	0,141*	0,009					
<i>Passer montanus</i>	2459	I	0,1491	0,218	0,008	0,072	0,140			
<i>Petronia petronia</i>	2460	I	0,2452	0,284	0,010	0,091	0,140			
Ploceidae										
<i>Dinemella dinemelli</i>	1092	I		0,434	0,034					
Estrilididae										
<i>Taeniopygia guttata</i>	1665	I	0,1304	0,016	0,006	0,007	0,102*			
<i>Taeniopygia guttata</i>	1837	I	0,1294	0,169	0,006	0,072	0,102			

(†) Datos de captura

(\*) Datos imputados

(\*\*) Con información proveniente de Poole (1938), Greenewalt (1962), Withers (1981), Tucker (1987), Mendelsohn *et al.* (1989), Spear y Ainley (1997), Tobalske y Dial (2007) y Pennycuik (2008).

*D*

---

**Longitudes (en proporción  
a la extensión ósea alar)  
para los segmentos del ala  
en Neognathae (Aves,  
Neornithes) (I)**



**Apéndice D: Longitudes (en proporción a la extensión ósea alar) para los segmentos del ala en Neognathae (Aves, Neornithes). Especies: 589. Ejemplares: 1048.**

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>CMC</b>	<b>Referencias</b>
<b>ANSERIFORMES</b>					
<b>Anhimidae</b>					
<i>Anhima cornuta</i>	Ac1	0,382405745	0,427289048	0,190305206	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anhima cornuta</i>	Ac1	0,403083700	0,398678414	0,198237885	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chauna torquata</i>	Cto	0,383402218	0,425090191	0,191507590	NHM-S-1966-52-19
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,379609544	0,416485900	0,203904555	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,379282580	0,419554746	0,201162674	NHM-1954-3-3
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,379864841	0,432584355	0,187550804	NHM-1863-12-28-9
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,398787868	0,416210197	0,185001935	NHM-1891-7-20-95
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,392459148	0,417034158	0,190506695	NHM-1954-5-3
<b>Anatidae</b>					
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,411954766	0,398492192	0,189553043	Nudds et al, 2013
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,415444506	0,395687168	0,188868326	NHM-1891-7-20-110
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,413474776	0,403397973	0,183127251	NHM-1852-7-22-1
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,411214878	0,402076275	0,186708847	NHM-1862-7-6-6
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,408829294	0,402753116	0,188417590	NHM-S-1952-1-117
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Dau	0,388185654	0,392405063	0,219409283	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Dau	0,390534979	0,393415638	0,216049383	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Dendrocygna bicolor</i>	Dbi	0,400843882	0,392405063	0,206751055	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Anser fabalis</i>	Af1	0,407202216	0,362880886	0,229916898	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anser fabalis</i>	Af1	0,405223479	0,371297792	0,223478729	Nudds et al, 2013
<i>Anser erythropus</i>	Aer	0,40311804	0,365256125	0,231625835	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Chen caerulescens</i>	Cc2	0,403508772	0,377192982	0,219298246	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Branta leucopsis</i>	Bl1	0,406876791	0,363896848	0,229226361	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Branta leucopsis</i>	Bl1	0,401108518	0,365519253	0,233372229	Nudds et al, 2013
<i>Branta canadensis</i>	Bc1	0,408388521	0,362030905	0,229580574	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Branta canadensis</i>	Bc1	0,406698565	0,366028708	0,227272727	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Branta canadensis</i>	Bc1	0,409420290	0,365262681	0,225317029	Nudds et al, 2013
<i>Cereopsis novaehollandiae</i>	Cn2	0,404819277	0,378313253	0,216867470	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cygnus atratus</i>	Ca1	0,400491400	0,366093366	0,233415233	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cygnus columbianus</i>	Cc3	0,424657534	0,376712329	0,198630137	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cygnus cygnus</i>	Cc4	0,406959153	0,393343419	0,199697428	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cygnus cygnus</i>	Cc4	0,414965986	0,385487528	0,199546485	Nudds et al, 2013
<i>Chloephaga picta</i>	Cpi	0,407035176	0,369346734	0,223618090	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Alopochen aegyptiaca</i>	Aae	0,397694524	0,363112392	0,239193084	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Tadorna tadorna</i>	Tta	0,399293286	0,356890459	0,243816254	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Plectropterus gambensis</i>	Pg1	0,413472706	0,367015099	0,219512195	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Tachyeres patachonicus</i>	Tpa	0,431652174	0,334608696	0,233739130	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres patachonicus</i>	Tpa	0,431918009	0,335651537	0,232430454	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Lophonetta specularioides</i>	Lsp	0,411255411	0,337662338	0,251082251	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cairina moschata</i>	Cm1	0,413533835	0,330827068	0,255639098	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Callonetta leucophrys</i>	Cl1	0,405405405	0,337837838	0,256756757	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Aix sponsa</i>	Asp	0,416149068	0,316770186	0,267080745	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
Anhimidae					
<i>Aix galericulata</i>	Aga	0,403569372	0,333909039	0,262521589	Nudds et al, 2013
<i>Anas strepera</i>	Ast	0,417721519	0,334469328	0,247809153	Nudds et al, 2013
<i>Anas penelope</i>	Ape	0,408847837	0,334953816	0,256198347	Nudds et al, 2013
<i>Anas rubripes</i>	Ar1	0,413953488	0,325581395	0,260465116	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anas rubripes</i>	Ar1	0,413729977	0,330892449	0,255377574	Nudds et al, 2013
<i>Anas platyrhynchos</i>	Apl	0,419811321	0,316037736	0,264150943	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anas platyrhynchos</i>	Apl	0,422857143	0,320000000	0,257142857	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anas platyrhynchos</i>	Apl	0,417533432	0,323922734	0,258543834	Nudds et al, 2013
<i>Anas clypeata</i>	Acl	0,415954416	0,330484330	0,253561254	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anas clypeata</i>	Acl	0,413333333	0,335000000	0,251666667	Nudds et al, 2013
<i>Anas crecca</i>	Acr	0,404360056	0,346694796	0,248945148	Nudds et al, 2013
<i>Netta peposaca</i>	Np1	0,423423423	0,337837838	0,238738739	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Aythya ferina</i>	Afe	0,421936759	0,355237154	0,222826087	Nudds et al, 2013
<i>Aythya marila</i>	Am1	0,424731183	0,344086022	0,231182796	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aythya marila</i>	Am1	0,422880490	0,357507661	0,219611849	Nudds et al, 2013
<i>Somateria mollissima</i>	Smo	0,413533835	0,334586466	0,251879699	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Somateria mollissima</i>	Smo	0,401422764	0,354674797	0,243902439	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Somateria mollissima</i>	Smo	0,394265233	0,359498208	0,246236559	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Somateria mollissima</i>	Smo	0,402013664	0,349154980	0,248831356	Nudds et al, 2013
<i>Histrionicus histrionicus</i>	Hh1	0,413173653	0,329341317	0,257485030	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Melanitta fusca</i>	Mfu	0,405063291	0,350210970	0,244725738	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Melanitta fusca</i>	Mfu	0,405971307	0,36138038	0,232648313	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Melanitta fusca</i>	Mfu	0,402703810	0,362556329	0,234739861	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Melanitta fusca</i>	Mfu	0,406938776	0,356734694	0,236326531	Nudds et al, 2013
<i>Clangula hyemalis</i>	Ch1	0,406976744	0,337209302	0,255813953	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Clangula hyemalis</i>	Ch1	0,404708520	0,348654709	0,246636771	Nudds et al, 2013
<i>Bucephala albeola</i>	Bal	0,418300654	0,339869281	0,241830065	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Bucephala clangula</i>	Bcl	0,410861865	0,344746163	0,244391972	Nudds et al, 2013
<i>Mergellus albellus</i>	Ma1	0,425802544	0,335554210	0,238643247	Nudds et al, 2013
<i>Lophodytes cucullatus</i>	Lc1	0,413162706	0,338208410	0,248628885	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Lophodytes cucullatus</i>	Lc1	0,412849873	0,337786260	0,249363868	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus australis</i>	Mau	0,422873900	0,338416422	0,238709677	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus australis</i>	Mau	0,422126082	0,338689740	0,239184178	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,449260042	0,319767442	0,230972516	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,421030928	0,324123711	0,254845361	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,407610994	0,344186047	0,248202960	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,409280742	0,344315545	0,246403712	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,447916667	0,322916667	0,229166667	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus merganser</i>	Mm1	0,432687766	0,325932924	0,241379310	Nudds et al, 2013
<i>Mergus serrator</i>	Ms1	0,424528302	0,330188679	0,245283019	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus serrator</i>	Ms1	0,415254237	0,342749529	0,241996234	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus serrator</i>	Ms1	0,412955466	0,344635628	0,242408907	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mergus serrator</i>	Ms1	0,425106990	0,331431289	0,243461721	Nudds et al, 2013
<i>Oxyura australis</i>	Oau	0,443181818	0,352272727	0,204545455	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Biziura lobata</i>	Bl2	0,412698413	0,349206349	0,238095238	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Tachyeres pteneres</i>	Tpt	0,446464646	0,321548822	0,231986532	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres pteneres</i>	Tpt	0,446945338	0,322257949	0,230796713	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres brachypterus</i>	Tbr	0,436781609	0,325670498	0,237547893	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres brachypterus</i>	Tbr	0,440383251	0,325408091	0,234208659	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres brachypterus</i>	Tbr	0,439507095	0,327483196	0,233009709	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres leucocephalus</i>	Tle	0,432556497	0,333333333	0,234110169	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tachyeres leucocephalus</i>	Tle	0,431445604	0,336065574	0,232488823	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>GALLIFORMES</b>					
<b>Megapodiidae</b>					
<i>Macrocephalon maleo</i>	Mma	0,392066421	0,396678967	0,211254613	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Cracidae</b>					
<i>Ortalis vetula</i>	Ove	0,436363636	0,363636364	0,200000000	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Penelope purpurascens</i>	Pp1	0,408888889	0,386666667	0,204444444	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Penelopina nigra</i>	Pn1	0,414035088	0,396491228	0,189473684	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Mitu mitu</i>	Mm2	0,404411765	0,393382353	0,202205882	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Pauxi pauxi</i>	Pp2	0,397111913	0,400722022	0,202166065	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Crax alberti</i>	Cal	0,408239700	0,393258427	0,198501873	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Numididae</b>					
<i>Numida meleagris</i>	Nm1	0,431693989	0,360655738	0,207650273	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Guttera pucherani</i>	Gpu	0,420454545	0,363636364	0,215909091	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Odontophoridae</b>					
<i>Callipepla squamata</i>	Csq	0,421118012	0,362732919	0,216149068	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Callipepla gambelii</i>	Cg1	0,427096774	0,347096774	0,225806452	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Colinus virginianus</i>	Cv1	0,434146341	0,347560976	0,218292683	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Colinus virginianus</i>	Cv1	0,429250892	0,346016647	0,224732461	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Colinus virginianus</i>	Cv1	0,427884615	0,352163462	0,219951923	Nudds et al, 2013
<i>Colinus nigrogularis</i>	Cn3	0,425392670	0,348167539	0,226439791	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Odontophorus guttatus</i>	Ogu	0,412818096	0,370405278	0,216776626	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Odontophorus guttatus</i>	Ogu	0,417895772	0,376597837	0,205506391	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	Dth	0,416945373	0,372352285	0,210702341	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Phasianidae</b>					
<i>Alectoris graeca</i>	Agr	0,409127954	0,364303178	0,226568867	Nudds et al, 2013
<i>Alectoris rufa</i>	Aru	0,404032258	0,370967742	0,225000000	Nudds et al, 2013
<i>Coturnix coturnix</i>	Cc5	0,424778761	0,337547408	0,237673831	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coturnix coturnix</i>	Cc5	0,424623116	0,340452261	0,234924623	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coturnix coturnix</i>	Cc5	0,419782871	0,343787696	0,236429433	Nudds et al, 2013
<i>Coturnix delegorguei</i>	Cde	0,425474255	0,342818428	0,231707317	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Coturnix chinensis</i>	Cc6	0,431666667	0,338333333	0,230000000	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Pardipula asiatica</i>	Pa1	0,422580645	0,361290323	0,216129032	Nudds et al, 2013
<i>Gallus gallus</i>	Gga	0,419831224	0,364978903	0,215189873	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pavo cristatus</i>	Pc1	0,433774834	0,357615894	0,208609272	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pavo cristatus</i>	Pc1	0,434482759	0,355172414	0,210344828	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pavo cristatus</i>	Pc1	0,430298959	0,362781323	0,206919718	Nudds et al, 2013
<i>Tetrao urogallus</i>	Tur	0,410884919	0,373909431	0,215205650	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tetrao urogallus</i>	Tur	0,411746231	0,375942211	0,212311558	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tetrao urogallus</i>	Tur	0,410884919	0,373909431	0,215205650	Nudds et al, 2013
<i>Tetrao tetrix</i>	Tt2	0,412006157	0,380708055	0,207285788	Nudds et al, 2013
<i>Bonasa bonasia</i>	Bbo	0,413494810	0,366782007	0,219723183	Nudds et al, 2013
<i>Bonasa umbellus</i>	Bum	0,412258606	0,351805206	0,235936188	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bonasa umbellus</i>	Bum	0,423327896	0,353181077	0,223491028	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bonasa umbellus</i>	Bum	0,416666667	0,356060606	0,227272727	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bonasa umbellus</i>	Bum	0,420529801	0,350165563	0,229304636	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Centrocercus urophasianus</i>	Cur	0,434048380	0,366499315	0,199452305	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Centrocercus urophasianus</i>	Cur	0,399908801	0,387596899	0,212494300	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Lagopus muta</i>	Lmu	0,419867550	0,358278146	0,221854305	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Lagopus muta</i>	Lmu	0,414668547	0,368124118	0,217207334	Nudds et al, 2013
<i>Tympanuchus cupido</i>	Tcu	0,420782553	0,355355997	0,223861450	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Meleagris gallopavo</i>	Mga	0,416184971	0,372832370	0,210982659	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Meleagris gallopavo</i>	Mga	0,412140575	0,380191693	0,207667732	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acónimo	H	R	CMC	Referencias
Phasianidae					
<i>Meleagris gallopavo</i>	Mga	0,419354839	0,370967742	0,209677419	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Meleagris gallopavo</i>	Mga	0,415009042	0,378239904	0,206751055	Nudds et al, 2013
<i>Meleagris ocellata</i>	Moc	0,420141116	0,374278384	0,205580500	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Meleagris ocellata</i>	Moc	0,413194444	0,375000000	0,211805556	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Meleagris ocellata</i>	Moc	0,413907285	0,374172185	0,211920530	Middleton y Gatesy, 2000
GAVIIFORMES					
Gaviidae					
<i>Gavia sp.</i>	Gsp	0,438554217	0,342168675	0,219277108	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia sp.</i>	Gsp	0,434567901	0,340740741	0,224691358	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia stellata</i>	Gs1	0,427571516	0,339013999	0,233414486	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia stellata</i>	Gs1	0,433270677	0,337719298	0,229010025	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia stellata</i>	Gs1	0,437540038	0,347853940	0,214606022	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia stellata</i>	Gs1	0,423114916	0,344089562	0,232795522	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia stellata</i>	Gs1	0,429832860	0,343424787	0,226742353	Nudds et al, 2013
<i>Gavia arctica</i>	Gar	0,412405700	0,326627550	0,260966750	Nudds et al, 2013
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,434115326	0,346415260	0,219469415	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,429184549	0,343347639	0,227467811	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,425720621	0,350332594	0,223946785	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,430133657	0,349939247	0,219927096	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,448036952	0,348729792	0,203233256	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,432194046	0,341786108	0,226019846	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,438062789	0,338281820	0,223655391	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431870670	0,346420323	0,221709007	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,427028385	0,346646571	0,226325044	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,429501085	0,344902386	0,225596529	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,423913043	0,341304348	0,234782609	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,425051335	0,342915811	0,232032854	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,433316035	0,342501297	0,224182667	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,436499232	0,342180303	0,221320465	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,436622856	0,340833148	0,222543996	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,427616927	0,345211581	0,227171492	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,428363988	0,341239109	0,230396902	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,435559526	0,341746705	0,222693768	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,425580860	0,351966874	0,222452266	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,429737860	0,343790288	0,226471852	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,432518116	0,341938406	0,225543478	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431015330	0,342146190	0,226838480	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,430448573	0,342093339	0,227458088	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,432203390	0,345338983	0,222457627	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431574240	0,346601073	0,221824687	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,430313172	0,346641167	0,223045661	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,427553444	0,344418052	0,228028504	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,417050691	0,354838710	0,228110599	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431206935	0,348966437	0,219826628	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431492843	0,341513292	0,226993865	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,436939065	0,342465753	0,220595182	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,434063663	0,341050021	0,224886317	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,428865979	0,344329897	0,226804124	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,436401241	0,339193382	0,224405377	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,438878185	0,338257332	0,222864483	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,430007011	0,345875204	0,224117785	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,430976431	0,343434343	0,225589226	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Gaviidae</b>					
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,433070866	0,342027559	0,224901575	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,432391902	0,340914771	0,226693327	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,426229508	0,350409836	0,223360656	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431271091	0,344431946	0,224296963	Nudds et al, 2013
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,427980703	0,346427751	0,225591546	Simons, THESIS
<b>PODICIPEDIFORMES</b>					
<b>Podicipedidae</b>					
<i>Rollandia rolland</i>	Rro	0,425278810	0,379182156	0,195539033	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Rollandia rolland</i>	Rro	0,425515661	0,381207028	0,193277311	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,423384944	0,383342232	0,193272824	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,424623116	0,382537688	0,192839196	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,423771002	0,380211574	0,196017424	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,420543807	0,378851964	0,200604230	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,421814135	0,389538119	0,188647746	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,422012949	0,390818128	0,187168923	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus podiceps</i>	Pp3	0,423076923	0,385198135	0,191724942	Nudds et al, 2013
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,431263858	0,378603104	0,190133038	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,435087719	0,375438596	0,189473684	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,435260116	0,381502890	0,183236994	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,429604897	0,374513077	0,195882026	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,432447097	0,381443299	0,186109604	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,432869081	0,378272981	0,188857939	Nudds et al, 2013
<i>Podiceps auritus</i>	Pa2	0,423848238	0,384281843	0,191869919	Simons, THESIS
<i>Podiceps grisegena</i>	Pg2	0,439445069	0,385826772	0,174728159	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Podiceps cristatus</i>	Pc2	0,423416507	0,393090211	0,183493282	Nudds et al, 2013
<i>Podiceps nigricollis</i>	Pn2	0,422073984	0,384475440	0,193450576	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps nigricollis</i>	Pn2	0,432229856	0,381636477	0,186133666	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps nigricollis</i>	Pn2	0,426551936	0,381069453	0,192378611	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps occipitalis</i>	Po2	0,423273657	0,388746803	0,187979540	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps occipitalis</i>	Po2	0,421864952	0,392926045	0,185209003	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aechmophorus occidentalis</i>	Aoc	0,431731503	0,374904653	0,193363844	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Rollandia microptera</i>	Rmi	0,461340206	0,351804124	0,186855670	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Rollandia microptera</i>	Rmi	0,458503401	0,353741497	0,187755102	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus gigas</i>	Pg7	0,430506774	0,384345208	0,185148018	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podilymbus gigas</i>	Pg7	0,430345572	0,387688985	0,181965443	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps taczanowskii</i>	Pta	0,430204573	0,385679904	0,184115523	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podiceps taczanowskii</i>	Pta	0,426844784	0,388040712	0,185114504	Middleton y Gatesy, 2000
<b>PHOENICOPTERIFORMES</b>					
<b>Phoenicopteridae</b>					
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,395393474	0,418426104	0,186180422	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,396303901	0,414784394	0,188911704	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,397463002	0,416490486	0,186046512	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,394052045	0,410780669	0,195167286	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,395652174	0,415217391	0,189130435	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,395348837	0,416666667	0,187984496	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,393013100	0,417030568	0,189956332	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,396265560	0,410788382	0,192946058	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,393574297	0,417670683	0,188755020	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoenicopus ruber</i>	Pr1	0,394693878	0,415510204	0,189795918	Nudds et al, 2013
<i>Phoenicopus roseus</i>	Pr2	0,395833333	0,416666667	0,187500000	Nudds et al, 2013

Continúa



Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>SPHENISCIFORMES</b>					
Spheniscidae					
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Ap1	0,422751729	0,315910838	0,261337433	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Ap1	0,426399703	0,309603263	0,263997034	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Ap1	0,414285714	0,328571429	0,257142857	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Ap1	0,427530954	0,308448653	0,264020393	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Megadyptes antipodes</i>	Man	0,420902342	0,329525985	0,249571673	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptula minor</i>	Em1	0,452081317	0,303000968	0,244917715	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptula minor</i>	Em1	0,447761194	0,298507463	0,253731343	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptula minor</i>	Em1	0,458064516	0,306912442	0,235023041	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus demersus</i>	Sde	0,434023286	0,307891332	0,258085382	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus</i> sp.	Ss1	0,422180214	0,296156270	0,281663516	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus humboldti</i>	Shu	0,445302445	0,299227799	0,255469755	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus humboldti</i>	Shu	0,445283019	0,301257862	0,253459119	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus humboldti</i>	Shu	0,450295858	0,300591716	0,249112426	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Spheniscus mendiculus</i>	Sme	0,444991790	0,304597701	0,250410509	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Ec3	0,427645788	0,318214543	0,254139669	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptes chrysocome</i>	Ec4	0,419195483	0,313338038	0,267466478	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudyptes chrysocome</i>	Ec4	0,416842105	0,324912281	0,258245614	Nudds et al, 2013
<b>PROCELLARIIFORMES</b>					
Diomedidae					
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Tc2	0,419544199	0,417817680	0,162638122	Simons, THESIS
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Tc1	0,418383518	0,416798732	0,164817750	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Tc1	0,421426366	0,410620562	0,167953072	Simons, THESIS
<i>Thalassarche bulleri</i>	Tbu	0,422806194	0,418113562	0,159080244	Simons, THESIS
<i>Thalassarche cauta</i>	Tca	0,419196178	0,422287802	0,158516020	Simons, THESIS
<i>Thalassarche melanophris</i>	Tm2	0,420413314	0,417889257	0,161697429	Simons, THESIS
<i>Phoebastria fusca</i>	Pf1	0,424561404	0,403508772	0,171929825	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phoebastria fusca</i>	Pf1	0,413389121	0,424100418	0,162510460	Simons, THESIS
<i>Phoebastria palpebrata</i>	Pp4	0,415194346	0,422261484	0,162544170	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phoebastria palpebrata</i>	Pp4	0,412724307	0,425774878	0,161500816	Simons, THESIS
<i>Diomedea epomophora</i>	Dep	0,430829631	0,423597479	0,145572890	Simons, THESIS
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,423188406	0,431884058	0,144927536	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,420940171	0,424145299	0,154914530	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,421164021	0,428571429	0,150264550	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,429660210	0,423944109	0,146395681	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,422300082	0,427452597	0,150247321	Nudds et al, 2013
<i>Diomedea exulans</i>	Dex	0,426567074	0,423639851	0,149793076	Simons, THESIS
<i>Phoebastria irrorata</i>	Pir	0,423360601	0,414778061	0,161861338	Simons, THESIS
<i>Phoebastria irrorata</i>	Pir	0,427722198	0,420472669	0,151805133	Nudds et al, 2013
<i>Phoebastria immutabilis</i>	Pi1	0,410299003	0,425249169	0,164451827	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoebastria immutabilis</i>	Pi1	0,420621931	0,412438625	0,166939444	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phoebastria immutabilis</i>	Pi1	0,419260700	0,416990921	0,163748379	Simons, THESIS
<i>Phoebastria nigripes</i>	Pn3	0,420821114	0,420821114	0,158357771	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phoebastria nigripes</i>	Pn3	0,419467992	0,419029524	0,161502485	Simons, THESIS
<i>Phoebastria albatrus</i>	Pa3	0,421660650	0,417328520	0,161010830	Simons, THESIS
Procellariidae					
<i>Macronectes giganteus</i>	Mgi	0,421416235	0,407599309	0,170984456	Nudds et al, 2013
<i>Macronectes giganteus</i>	Mgi	0,417669972	0,408286119	0,174043909	Simons, THESIS
<i>Macronectes halli</i>	Mha	0,420101737	0,404841256	0,175057008	Simons, THESIS
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,413617021	0,384255319	0,202127660	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,417322835	0,385826772	0,196850394	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
Procellariidae					
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,412955466	0,388663968	0,198380567	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,411538462	0,392307692	0,196153846	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,413484022	0,389711613	0,196804365	Nudds et al, 2013
<i>Fulmarus glacialis</i>	Fgl	0,412439837	0,393928175	0,193631988	Simons, THESIS
<i>Fulmarus glacialoides</i>	Fg1	0,405701754	0,398757310	0,195540936	Simons, THESIS
<i>Thalassoica antarctica</i>	Tan	0,407966457	0,392872117	0,199161426	Simons, THESIS
<i>Daption capense</i>	Dca	0,441976428	0,365820490	0,192203083	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Daption capense</i>	Dca	0,414804469	0,388268156	0,196927374	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Daption capense</i>	Dca	0,410156250	0,384765625	0,205078125	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Daption capense</i>	Dca	0,425120773	0,381642512	0,193236715	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Daption capense</i>	Dca	0,413953488	0,381395349	0,204651163	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Daption capense</i>	Dca	0,421495327	0,381775701	0,196728972	Nudds et al, 2013
<i>Daption capense</i>	Dca	0,409155262	0,393581878	0,197262860	Simons, THESIS
<i>Pagodroma nivea</i>	Pn4	0,409535452	0,383863081	0,206601467	Simons, THESIS
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Abr	0,391388486	0,409772617	0,198838897	Simons, THESIS
<i>Pterodroma macroptera</i>	Pm1	0,393816710	0,412587413	0,193595878	Simons, THESIS
<i>Pterodroma neglecta</i>	Pn5	0,393442623	0,413114754	0,193442623	Simons, THESIS
<i>Pterodroma arminjoniana</i>	Pa4	0,394254788	0,409242298	0,196502914	Simons, THESIS
<i>Pterodroma ultima</i>	Pul	0,394427514	0,410970832	0,194601654	Simons, THESIS
<i>Pterodroma solandri</i>	Pso	0,396887160	0,404669261	0,198443580	Simons, THESIS
<i>Pterodroma mollis</i>	Pm2	0,395992366	0,406011450	0,197996183	Simons, THESIS
<i>Pterodroma lessoni</i>	Pl1	0,398210291	0,405667412	0,196122297	Simons, THESIS
<i>Pterodroma inexpectata</i>	Pin	0,403344811	0,398917855	0,197737334	Nudds et al, 2013
<i>Pterodroma inexpectata</i>	Pin	0,399514563	0,400485437	0,200000000	Simons, THESIS
<i>Pterodroma cahow</i>	Pc3	0,399818676	0,406618314	0,193563010	Simons, THESIS
<i>Pterodroma hasitata</i>	Ph1	0,397922493	0,407910507	0,194167000	Simons, THESIS
<i>Pterodroma externa</i>	Pex	0,394675926	0,406250000	0,199074074	Simons, THESIS
<i>Pterodroma externa</i>	Pex	0,389158576	0,413834951	0,197006472	Simons, THESIS
<i>Pterodroma phaeopygia</i>	Pp5	0,395471088	0,408006470	0,196522442	Simons, THESIS
<i>Pterodroma sandwichensis</i>	Ps1	0,397926635	0,403907496	0,198165869	Simons, THESIS
<i>Pterodroma hypoleuca</i>	Phy	0,395592287	0,407162534	0,197245179	Simons, THESIS
<i>Pterodroma nigripennis</i>	Pn6	0,393388430	0,410468320	0,196143251	Simons, THESIS
<i>Pterodroma cookii</i>	Pc4	0,392696629	0,401685393	0,205617978	Simons, THESIS
<i>Pterodroma defilippiana</i>	Pd1	0,393839384	0,404290429	0,201870187	Simons, THESIS
<i>Pterodroma leucoptera</i>	Pl2	0,390877598	0,405889145	0,203233256	Simons, THESIS
<i>Pterodroma longirostris</i>	Pl3	0,394374626	0,403949731	0,201675643	Simons, THESIS
<i>Pterodroma alba</i>	Pal	0,391939770	0,414968999	0,193091231	Simons, THESIS
<i>Halobaena caerulea</i>	Hc1	0,401290323	0,392903226	0,205806452	Nudds et al, 2013
<i>Halobaena caerulea</i>	Hc1	0,399499061	0,391984972	0,208515967	Simons, THESIS
<i>Pachyptila turtur</i>	Ptu	0,399709302	0,391715116	0,208575581	Nudds et al, 2013
<i>Pachyptila turtur</i>	Ptu	0,398385913	0,390315481	0,211298606	Simons, THESIS
<i>Pachyptila vittata</i>	Pv1	0,394230769	0,394230769	0,211538462	Simons, THESIS
<i>Pachyptila salvini</i>	Psa	0,397260274	0,389726027	0,213013699	Simons, THESIS
<i>Pachyptila desolata</i>	Pde	0,398044693	0,391759777	0,210195531	Simons, THESIS
<i>Pachyptila belcheri</i>	Pbe	0,399853265	0,386647102	0,213499633	Nudds et al, 2013
<i>Pachyptila belcheri</i>	Pbe	0,403776325	0,384168482	0,212055192	Simons, THESIS
<i>Pachyptila crassirostris</i>	Pc5	0,398316971	0,389901823	0,211781206	Simons, THESIS
<i>Bulweria bulwerii</i>	Bb1	0,399204244	0,403846154	0,196949602	Simons, THESIS
<i>Bulweria fallax</i>	Bfa	0,397790055	0,405826218	0,196383727	Simons, THESIS
<i>Pseudobulweria rostrata</i>	Pro	0,425646968	0,376207030	0,198146002	Simons, THESIS
<i>Procellaria cinerea</i>	Pci	0,407720145	0,401990350	0,190289505	Simons, THESIS
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pa5	0,405816798	0,403642294	0,190540908	Simons, THESIS

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acronimo	H	R	CMC	Referencias
Procellariidae					
<i>Procellaria parkinsoni</i>	Pp6	0,403875265	0,398425674	0,197699061	Simons, THESIS
<i>Procellaria westlandica</i>	Pwe	0,403021978	0,401648352	0,195329670	Simons, THESIS
<i>Calonectris leucomelas</i>	Cle	0,400069638	0,403203343	0,196727019	Simons, THESIS
<i>Calonectris diomedea</i>	Cdi	0,398420221	0,402527646	0,199052133	Simons, THESIS
<i>Puffinus creatopus</i>	Pc6	0,398813678	0,392882066	0,208304257	Simons, THESIS
<i>Puffinus carneipes</i>	Pc7	0,396050269	0,397845601	0,206104129	Simons, THESIS
<i>Puffinus gravis</i>	Pg3	0,401143241	0,392400807	0,206455952	Simons, THESIS
<i>Puffinus pacificus</i>	Pp7	0,392089094	0,408218126	0,199692780	Simons, THESIS
<i>Puffinus bulleri</i>	Pbu	0,395608782	0,398802395	0,205588822	Simons, THESIS
<i>Puffinus griseus</i>	Pgr	0,406622024	0,388764881	0,204613095	Nudds et al, 2013
<i>Puffinus griseus</i>	Pgr	0,408634164	0,384071455	0,207294380	Simons, THESIS
<i>Puffinus tenuirostris</i>	Pte	0,410357003	0,390741467	0,198901530	Nudds et al, 2013
<i>Puffinus tenuirostris</i>	Pte	0,407883817	0,384647303	0,207468880	Simons, THESIS
<i>Puffinus nativitatis</i>	Pna	0,393199234	0,388888889	0,217911877	Simons, THESIS
<i>Puffinus puffinus</i>	Pp8	0,408904811	0,371033777	0,220061412	Nudds et al, 2013
<i>Puffinus puffinus</i>	Pp8	0,409068747	0,369088250	0,221843003	Simons, THESIS
<i>Puffinus puffinus</i>	Pp8	0,400100150	0,378567852	0,221331998	Simons, THESIS
<i>Puffinus puffinus</i>	Pp8	0,405827263	0,372008325	0,222164412	Simons, THESIS
<i>Puffinus puffinus</i>	Pp8	0,407832898	0,368668407	0,223498695	Simons, THESIS
<i>Puffinus huttoni</i>	Phu	0,408719346	0,369482289	0,221798365	Simons, THESIS
<i>Puffinus auricularis</i>	Pa6	0,398840885	0,379346681	0,221812434	Simons, THESIS
<i>Puffinus opisthomelas</i>	Pop	0,403988868	0,378478664	0,217532468	Simons, THESIS
<i>Puffinus gavia</i>	Pg4	0,414702581	0,363636364	0,221661055	Simons, THESIS
<i>Puffinus assimilis</i>	Pas	0,410358566	0,369189907	0,220451527	Simons, THESIS
<i>Puffinus lherminieri</i>	Plh	0,402704292	0,381540270	0,215755438	Simons, THESIS
Hydrobatidae					
<i>Oceanites oceanicus</i>	Ooc	0,391304348	0,339130435	0,269565217	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Oceanites oceanicus</i>	Ooc	0,396551724	0,336206897	0,267241379	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Oceanites oceanicus</i>	Ooc	0,379073756	0,351629503	0,269296741	Simons, THESIS
<i>Oceanites gracilis</i>	Ogr	0,363238512	0,352297593	0,284463895	Simons, THESIS
<i>Garrodia nereis</i>	Gne	0,384458078	0,343558282	0,271983640	Simons, THESIS
<i>Pelagodroma marina</i>	Pm3	0,388127854	0,348554033	0,263318113	Nudds et al, 2013
<i>Pelagodroma marina</i>	Pm3	0,387096774	0,353302611	0,259600614	Simons, THESIS
<i>Hydrobates pelagicus</i>	Hpe	0,393442623	0,374068554	0,232488823	Nudds et al, 2013
<i>Hydrobates pelagicus</i>	Hpe	0,390390390	0,378378378	0,231231231	Simons, THESIS
<i>Fregatta grallaria</i>	Fgr	0,398437500	0,335937500	0,265625000	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Fregatta grallaria</i>	Fgr	0,398437500	0,335937500	0,265625000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fregatta grallaria</i>	Fgr	0,384502924	0,349415205	0,266081871	Simons, THESIS
<i>Fregatta tropica</i>	Ftr	0,383928571	0,351190476	0,264880952	Simons, THESIS
<i>Fregatta tropica</i>	Ftr	0,384615385	0,355587808	0,259796807	Simons, THESIS
<i>Nesofregatta fuliginosa</i>	Nfu	0,377720871	0,375160051	0,247119078	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma furcata</i>	Of1	0,397394137	0,375678610	0,226927253	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma hornbyi</i>	Oh1	0,392896781	0,385127636	0,221975583	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Ole	0,397849462	0,376344086	0,225806452	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Ole	0,398936170	0,377659574	0,223404255	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Ole	0,396774194	0,379569892	0,223655914	Nudds et al, 2013
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Ole	0,391819160	0,388589882	0,219590958	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma monorhis</i>	Omo	0,388768898	0,389848812	0,221382289	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma homochroa</i>	Oh2	0,392059553	0,384615385	0,223325062	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma castro</i>	Oca	0,392405063	0,389240506	0,218354430	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma tethys</i>	Ote	0,393775372	0,381596752	0,224627876	Nudds et al, 2013
<i>Oceanodroma tethys</i>	Ote	0,387978142	0,382513661	0,229508197	Simons, THESIS

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Hydrobatidae</b>					
<i>Oceanodroma melania</i>	Ome	0,390521327	0,388625592	0,220853081	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma macrodactyla</i>	Oma	0,396809571	0,383848455	0,219341974	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma markhami</i>	Oma	0,389175258	0,388316151	0,222508591	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma tristrami</i>	Otr	0,394614670	0,385329619	0,220055710	Simons, THESIS
<i>Oceanodroma microsoma</i>	Omi	0,388305847	0,386806597	0,224887556	Simons, THESIS
<b>Pelecanoididae</b>					
<i>Pelecanoides garnotii</i>	Pg5	0,421010425	0,345629511	0,233360064	Simons, THESIS
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pu1	0,409647228	0,376529878	0,213822894	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pu1	0,427751196	0,331100478	0,241148325	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pu1	0,415973378	0,358569052	0,225457571	Nudds et al, 2013
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pu1	0,423076923	0,332347140	0,244575937	Simons, THESIS
<i>Pelecanoides georgicus</i>	Pg6	0,429025424	0,332627119	0,238347458	Simons, THESIS
<i>Pelecanoides magellani</i>	Pm4	0,423892100	0,336223507	0,239884393	Simons, THESIS
<b>PHAETHONTIFORMES</b>					
<b>Phaethontidae</b>					
<i>Phaethon lepturus</i>	PI4	0,394406943	0,401639344	0,203953713	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phaethon lepturus</i>	PI4	0,395262425	0,402693915	0,202043660	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phaethon lepturus</i>	PI4	0,396592522	0,402271652	0,201135826	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phaethon lepturus</i>	PI4	0,390706496	0,407776197	0,201517307	Nudds et al, 2013
<i>Phaethon lepturus</i>	PI4	0,382876383	0,415103415	0,202020202	Simons, THESIS
<i>Phaethon aethereus</i>	Pae	0,394812680	0,410868670	0,194318650	Nudds et al, 2013
<i>Phaethon aethereus</i>	Pae	0,389530091	0,408079143	0,202390767	Simons, THESIS
<i>Phaethon rubricauda</i>	Pr3	0,392418773	0,412635379	0,194945848	Nudds et al, 2013
<i>Phaethon rubricauda</i>	Pr3	0,385533184	0,417971663	0,196495153	Simons, THESIS
<b>CICONIIFORMES</b>					
<b>Ciconiidae</b>					
<i>Ciconia nigra</i>	Cn4	0,380776340	0,410351201	0,208872458	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ciconia nigra</i>	Cn4	0,375464684	0,416356877	0,208178439	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ciconia nigra</i>	Cn4	0,373443983	0,425311203	0,201244813	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ciconia maguari</i>	Cma	0,387826087	0,427826087	0,184347826	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ephippiorhynchus asiaticus</i>	Eas	0,380281690	0,431338028	0,188380282	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Jabiru mycteria</i>	Jmy	0,383495146	0,423948220	0,192556634	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Leptoptilos crumenifer</i>	Lc2	0,359516616	0,451661631	0,188821752	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Leptoptilos dubius</i>	Ldu	0,341523342	0,458230958	0,200245700	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Leptoptilos dubius</i>	Ldu	0,358770597	0,448755405	0,192473998	Nudds et al, 2013
<i>Mycteria americana</i>	Mam	0,362222222	0,433333333	0,204444444	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Mycteria sp.</i>	Msp	0,385658915	0,426356589	0,187984496	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mycteria ibis</i>	Mib	0,376190476	0,423809524	0,200000000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mycteria ibis</i>	Mib	0,369747899	0,428571429	0,201680672	Middleton y Gatesy, 2000
<b>SULIFORMES</b>					
<b>Fregatidae</b>					
<i>Fregata aquila</i>	Faq	0,345724907	0,442379182	0,211895911	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fregata aquila</i>	Faq	0,340413094	0,452065472	0,207521434	Simons, THESIS
<i>Fregata sp.</i>	Fs1	0,347222222	0,439814815	0,212962963	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fregata magnificens</i>	Fma	0,342205985	0,446416145	0,211377871	Simons, THESIS
<i>Fregata minor</i>	Fmi	0,342824601	0,451974184	0,205201215	Simons, THESIS
<i>Fregata ariel</i>	Fa1	0,342961110	0,449169889	0,207869002	Simons, THESIS
<b>Sulidae</b>					
<i>Sula dactylatra</i>	Sda	0,401677334	0,425954535	0,172368131	Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acronimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Sulidae</b>					
<i>Sula dactylatra</i>	Sda	0,397137364	0,422986541	0,179876095	Simons, THESIS
<i>Sula nebouxii</i>	Sne	0,394893617	0,428297872	0,176808511	Simons, THESIS
<i>Sula</i> sp.	Ssp	0,397975615	0,418679549	0,183344836	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sula variegata</i>	Sv1	0,402631579	0,410526316	0,186842105	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Sula variegata</i>	Sv1	0,393207547	0,422389937	0,184402516	Simons, THESIS
<i>Sula leucogaster</i>	Sle	0,391618858	0,426290846	0,182090297	Simons, THESIS
<i>Sula sula</i>	Ssu	0,390981051	0,438954186	0,170064764	Nudds et al, 2013
<i>Sula sula</i>	Ssu	0,388330473	0,440303996	0,171365531	Simons, THESIS
<i>Papasula abbotti</i>	Pab	0,424156736	0,432235912	0,143607352	Simons, THESIS
<i>Morus bassanus</i>	Mb1	0,442011354	0,375101379	0,182887267	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Morus bassanus</i>	Mb1	0,440645409	0,380138302	0,179216289	Simons, THESIS
<i>Morus capensis</i>	Mc1	0,438073862	0,383187105	0,178739033	Simons, THESIS
<i>Morus serrator</i>	Mse	0,438989318	0,382908792	0,178101890	Simons, THESIS
<b>Phalacrocoracidae</b>					
<i>Phalacrocorax sulcirostris</i>	Ps2	0,387306167	0,421204472	0,191489362	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax perspicillatus</i>	Pp9	0,393711552	0,431077694	0,175210754	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax perspicillatus</i>	Pp9	0,388698238	0,433081675	0,178220087	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax penicillatus</i>	Pp9	0,399783315	0,424160347	0,176056338	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax penicillatus</i>	Pp9	0,400407095	0,422506543	0,177086362	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax penicillatus</i>	Pp9	0,401606426	0,422260470	0,176133104	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Pbr	0,391749280	0,416373521	0,191877199	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Pa7	0,400056545	0,407972858	0,191970597	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Pa7	0,397631134	0,410885505	0,191483362	Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Pa7	0,393955603	0,417491308	0,188553089	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Pa7	0,394552529	0,417120623	0,188326848	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Pa7	0,392564243	0,416074358	0,191361400	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pc8	0,397910967	0,412832629	0,189256404	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pc8	0,393032385	0,415603533	0,191364082	Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pc8	0,396299903	0,416504382	0,187195716	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pc8	0,394638695	0,417016317	0,188344988	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pc8	0,392038297	0,417737465	0,190224238	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax capensis</i>	Pc9	0,394348509	0,419466248	0,186185243	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax neglectus</i>	Pne	0,400000000	0,421533923	0,178466077	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax urile</i>	Pur	0,397209567	0,415717540	0,187072893	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax urile</i>	Pur	0,392037198	0,422260971	0,185701831	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax urile</i>	Pur	0,392257330	0,420723029	0,187019641	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax urile</i>	Pur	0,392009988	0,418539326	0,189450687	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax pelagicus</i>	Pp0	0,392266916	0,421577799	0,186155285	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Pga	0,395937396	0,430902431	0,173160173	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax magellanicus</i>	Pma	0,393254637	0,418887015	0,187858347	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax magellanicus</i>	Pma	0,394673123	0,414043584	0,191283293	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax magellanicus</i>	Pma	0,395882551	0,414782315	0,189335133	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax bougainvilli</i>	Pb1	0,399635512	0,424368654	0,175995834	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax bougainvilli</i>	Pb1	0,396942675	0,432866242	0,170191083	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax bougainvilli</i>	Pb1	0,396107179	0,43124368	0,172649141	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax bougainvilli</i>	Pb1	0,396047228	0,43275154	0,171201232	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax varius</i>	Pva	0,394825647	0,415635546	0,189538808	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax carunculatus</i>	Pc0	0,396983409	0,425641026	0,177375566	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax georgianus</i>	Pge	0,396499028	0,426229508	0,177271464	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	Pa8	0,396551724	0,424360400	0,179087875	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	Pa8	0,396551724	0,422988506	0,180459770	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	Pa8	0,396984925	0,423785595	0,179229481	Simons, THESIS

Continúa

Apéndice D – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acronimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>CMC</b>	<b>Referencias</b>
<b>Phalacrocoracidae</b>					
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	Pa8	0,395727637	0,428571429	0,175700935	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Pa9	0,391610631	0,427473583	0,180915786	Nudds et al, 2013
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Pa9	0,401620746	0,418152350	0,180226904	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax punctatus</i>	Ppu	0,399460189	0,423751687	0,176788124	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax melanoleucos</i>	Pm5	0,392752562	0,407393851	0,199853587	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax melanoleucos</i>	Pm5	0,392000000	0,408761905	0,199238095	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax melanoleucos</i>	Pm5	0,389580974	0,409966025	0,200453001	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax africanus</i>	Paf	0,394747812	0,411838266	0,193413922	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax coronatus</i>	P1c	0,392665843	0,410383189	0,196950968	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>	P1p	0,395306859	0,411552347	0,193140794	Simons, THESIS
<i>Phalacrocorax harrisi</i>	Ph2	0,449756529	0,366976538	0,183266932	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax harrisi</i>	Ph2	0,443801254	0,365171249	0,191027496	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalacrocorax harrisi</i>	Ph2	0,446273434	0,368541381	0,185185185	Simons, THESIS
<b>Anhingidae</b>					
<i>Anhinga anhinga</i>	Aan	0,397643594	0,379602356	0,222754050	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anhinga anhinga</i>	Aan	0,424390244	0,363577236	0,212032520	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anhinga anhinga</i>	Aan	0,413711584	0,371158392	0,215130024	Nudds et al, 2013
<i>Anhinga anhinga</i>	Aan	0,414164491	0,372062663	0,213772846	Simons, THESIS
<i>Anhinga melanogaster</i>	Ame	0,412556054	0,377279522	0,210164425	Simons, THESIS
<b>PELECANIFORMES</b>					
<b>Pelecanidae</b>					
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	Pon	0,389128352	0,444204981	0,166666667	Nudds et al, 2013
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	Pon	0,384176534	0,438536060	0,177287406	Simons, THESIS
<i>Pelecanus rufescens</i>	Pr4	0,384208268	0,433414390	0,182377342	Simons, THESIS
<i>Pelecanus philippensis</i>	P2p	0,384134561	0,431867258	0,183998182	Simons, THESIS
<i>Pelecanus crispus</i>	Pcr	0,387636438	0,430480465	0,181883097	Simons, THESIS
<i>Pelecanus conspicillatus</i>	Pco	0,394938650	0,428425358	0,176635992	Simons, THESIS
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pe1	0,391304348	0,431055901	0,177639752	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pe1	0,390875462	0,424167694	0,184956843	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pe1	0,385025348	0,431301183	0,183673469	Simons, THESIS
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Po1	0,380617978	0,442415730	0,176966292	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Po1	0,374301676	0,451117318	0,174581006	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Po1	0,376308140	0,448546512	0,175145349	Nudds et al, 2013
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Po1	0,376741541	0,448677850	0,174580608	Simons, THESIS
<b>Balaenicipitidae</b>					
<i>Balaeniceps rex</i>	Bre	0,370894848	0,451792709	0,177312444	Simons, THESIS
<b>Scopidae</b>					
<i>Scopus umbretta</i>	Sum	0,362650602	0,442570281	0,194779116	Simons, THESIS
<b>Ardeidae</b>					
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Ble	0,380000000	0,396666667	0,223333333	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Ble	0,379194631	0,402684564	0,218120805	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Botaurus lentiginosus</i>	Ble	0,368421053	0,392982456	0,238596491	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Botaurus stellaris</i>	Bs1	0,384401114	0,401114206	0,214484680	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Botaurus stellaris</i>	Bs1	0,380209895	0,409595202	0,210194903	Nudds et al, 2013
<i>Tigrisoma lineatum</i>	Tli	0,379938033	0,416731216	0,203330751	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ardea herodias</i>	Ahe	0,376447876	0,426640927	0,196911197	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea herodias</i>	Ahe	0,382293763	0,416498994	0,201207243	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea herodias</i>	Ahe	0,371541502	0,428853755	0,199604743	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea cocoi</i>	Ac2	0,389733840	0,413498099	0,196768061	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ardea goliath</i>	Ago	0,370165746	0,432780847	0,197053407	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Ardeidae</b>					
<i>Ardea goliath</i>	Ago	0,390873016	0,418650794	0,190476190	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea goliath</i>	Ago	0,380988024	0,427769461	0,191242515	Nudds et al, 2013
<i>Ardea alba</i>	Aa1	0,373056995	0,430051813	0,196891192	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea alba</i>	Aa1	0,371702638	0,426858513	0,201438849	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardea alba</i>	Aa1	0,371614845	0,429538616	0,198846540	Nudds et al, 2013
<i>Egretta gularis</i>	Egu	0,377635542	0,409262048	0,213102410	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Egretta thula</i>	Eth	0,373145401	0,424332344	0,202522255	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Egretta thula</i>	Eth	0,367578125	0,423828125	0,208593750	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Egretta thula</i>	Eth	0,366623986	0,428937260	0,204438754	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Egretta caerulea</i>	Ec1	0,369600000	0,419200000	0,211200000	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Bubulcus ibis</i>	Bib	0,371583514	0,433188720	0,195227766	Nudds et al, 2013
<i>Ardeola ralloides</i>	Ara	0,374196738	0,412259021	0,213544241	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Butorides virescens</i>	Bv1	0,375908619	0,406022845	0,218068536	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Butorides striata</i>	Bst	0,392729440	0,401668653	0,205601907	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Butorides striata</i>	Bst	0,381449631	0,404791155	0,213759214	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ptilerodius pileatus</i>	P3p	0,385813149	0,404844291	0,209342561	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Nycticorax sp.</i>	Nsp	0,373894588	0,418818536	0,207286877	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Nny	0,378541076	0,412889518	0,208569405	Nudds et al, 2013
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Cc7	0,379310345	0,421455939	0,199233716	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Cc7	0,384297521	0,417355372	0,198347107	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Cc7	0,371394231	0,427884615	0,200721154	Simons, THESIS
<b>Threskiornithidae</b>					
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,372469636	0,408906883	0,218623482	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,375527426	0,405063291	0,219409283	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,372469636	0,404858300	0,222672065	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,378151261	0,407563025	0,214285714	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,373443983	0,414937759	0,211618257	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,387234043	0,400000000	0,212765957	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Eudocimus ruber</i>	Er1	0,386554622	0,390756303	0,222689076	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Plegadis sp.</i>	Ps3	0,376569038	0,405857741	0,217573222	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Plegadis falcinellus</i>	Pfa	0,381526104	0,397590361	0,220883534	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Plegadis falcinellus</i>	Pfa	0,375510204	0,404081633	0,220408163	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Plegadis falcinellus</i>	Pfa	0,374548374	0,406663990	0,218787635	Nudds et al, 2013
<i>Theristicus melanopsis</i>	Tme	0,380794702	0,403973510	0,215231788	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Theristicus melanopsis</i>	Tme	0,379310345	0,413793103	0,206896552	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Platalea leucorodia</i>	Ple	0,375647668	0,417098446	0,207253886	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Platalea ajaja</i>	Paj	0,373259053	0,420612813	0,206128134	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Platalea ajaja</i>	Paj	0,378299120	0,419354839	0,202346041	Middleton y Gatesy, 2000
<b>ACCIPITRIFORMES</b>					
<b>Cathartidae</b>					
<i>Coragyps atratus</i>	Cat	0,381538462	0,406153846	0,212307692	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coragyps atratus</i>	Cat	0,377464789	0,411267606	0,211267606	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coragyps atratus</i>	Cat	0,367123288	0,425753425	0,207123288	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coragyps atratus</i>	Cat	0,379411765	0,408823529	0,211764706	Nudds et al, 2013
<i>Cathartes aura</i>	Ca2	0,375706215	0,420903955	0,203389831	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cathartes aura</i>	Ca2	0,372856078	0,421327368	0,205816555	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cathartes aura</i>	Ca2	0,361594751	0,433509967	0,204895281	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cathartes aura</i>	Ca2	0,374140666	0,421205711	0,204653622	Nudds et al, 2013
<i>Gymnogyps californianus</i>	Gc1	0,384949349	0,424023155	0,191027496	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gymnogyps californianus</i>	Gc1	0,374742622	0,433081675	0,192175704	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gymnogyps californianus</i>	Gc1	0,376770538	0,436260623	0,186968839	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Cathartidae</b>					
<i>Gymnogyps californianus</i>	Gc1	0,377979237	0,430618511	0,191402252	Nudds et al, 2013
<i>Vultur gryphus</i>	Vgr	0,376811594	0,433333333	0,189855072	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Vultur gryphus</i>	Vgr	0,366496932	0,445227837	0,188275232	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Vultur gryphus</i>	Vgr	0,368372583	0,448098934	0,183528483	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Vultur gryphus</i>	Vgr	0,375586854	0,437290409	0,187122736	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Vultur gryphus</i>	Vgr	0,375360924	0,438608552	0,186030524	Nudds et al, 2013
<i>Sarcoramphus papa</i>	Sp1	0,366445916	0,439293598	0,194260486	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sarcoramphus papa</i>	Sp1	0,371428571	0,432967033	0,195604396	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sarcoramphus papa</i>	Sp1	0,363202430	0,445432849	0,191364721	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sarcoramphus papa</i>	Sp1	0,368942731	0,436123348	0,194933921	Nudds et al, 2013
<b>Sagittariidae</b>					
<i>Sagittarius serpentarius</i>	Sse	0,406666667	0,395555556	0,197777778	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sagittarius serpentarius</i>	Sse	0,406818182	0,397727273	0,195454545	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sagittarius serpentarius</i>	Sse	0,402872928	0,403756906	0,193370166	Nudds et al, 2013
<b>Pandionidae</b>					
<i>Pandion haliaetus</i>	Pha	0,354368932	0,432038835	0,213592233	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pandion haliaetus</i>	Pha	0,350295858	0,435502959	0,214201183	Nudds et al, 2013
<b>Accipitridae</b>					
<i>Elanus caeruleus</i>	Eca	0,368552829	0,421131698	0,210315473	Nudds et al, 2013
<i>Elanus leucurus</i>	Ele	0,373831776	0,420560748	0,205607477	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Gypaetus barbatus</i>	Gba	0,390158172	0,409490334	0,200351494	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Neophron percnopterus</i>	Npe	0,380697051	0,418230563	0,201072386	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Neophron percnopterus</i>	Npe	0,376442812	0,424186779	0,199370409	Nudds et al, 2013
<i>Pernis apivorus</i>	Pap	0,385620915	0,408496732	0,205882353	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pernis apivorus</i>	Pap	0,380126709	0,412137379	0,207735912	Nudds et al, 2013
<i>Gyps fulvus</i>	Gfu	0,369661267	0,435935199	0,194403535	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gyps fulvus</i>	Gfu	0,368208676	0,440265168	0,191526157	Nudds et al, 2013
<i>Harpia harpyja</i>	Hha	0,385593220	0,427966102	0,186440678	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Spizaetus ornatus</i>	Sor	0,378289474	0,424342105	0,197368421	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Aquila chrysaetos</i>	Ach	0,373966942	0,415289256	0,210743802	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aquila chrysaetos</i>	Ach	0,372451103	0,422388681	0,205160216	Nudds et al, 2013
<i>Aquila chrysaetos</i>	Ach	0,377636291	0,417628333	0,204735376	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aquila fasciata</i>	Af2	0,374064838	0,418952618	0,206982544	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Melierax metabates</i>	Mm3	0,395833333	0,395833333	0,208333333	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Circus aeruginosus</i>	Cae	0,360085227	0,423650568	0,216264205	Nudds et al, 2013
<i>Circus cyaneus</i>	Ccy	0,369230769	0,411538462	0,219230769	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Circus cyaneus</i>	Ccy	0,365011637	0,414274631	0,220713732	Nudds et al, 2013
<i>Accipiter nisus</i>	Ani	0,357494722	0,420126671	0,222378607	Nudds et al, 2013
<i>Accipiter cooperii</i>	Ac3	0,394023243	0,385168788	0,220807969	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Accipiter gentilis</i>	Age	0,378486056	0,398406375	0,223107570	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Accipiter gentilis</i>	Age	0,391676867	0,399836801	0,208486332	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Milvus milvus</i>	Mm4	0,363475177	0,421985816	0,214539007	Nudds et al, 2013
<i>Milvus migrans</i>	Mmi	0,377162630	0,415224913	0,207612457	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Milvus migrans</i>	Mmi	0,373193167	0,418856767	0,207950066	Nudds et al, 2013
<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	HI1	0,380180180	0,416216216	0,203603604	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Geranoospiza caerulescens</i>	Gc2	0,390862944	0,406091371	0,203045685	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Rupornis magnirostris</i>	Rma	0,385542169	0,403614458	0,210843373	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Buteo jamaicensis</i>	Bja	0,375796178	0,414012739	0,210191083	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Buteo jamaicensis</i>	Bja	0,370841487	0,420091324	0,209067189	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Buteo jamaicensis</i>	Bja	0,371980676	0,415458937	0,212560386	Nudds et al, 2013
<i>Buteo lagopus</i>	Bla	0,361102001	0,421449656	0,217448344	Nudds et al, 2013

Continúa



Apéndice D – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>CMC</b>	<b>Referencias</b>
<b>Accipitridae</b>					
<i>Buteo buteo</i>	Bbu	0,360428917	0,425458319	0,214112764	Nudds et al, 2013
<i>Buteo rufinus</i>	Bru	0,389078498	0,402730375	0,208191126	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>OTIDIFORMES</b>					
<b>Otididae</b>					
<i>Ardeotis kori</i>	Ako	0,392971246	0,418530351	0,188498403	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ardeotis australis</i>	Aau	0,392857143	0,426785714	0,180357143	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Chlamydotis undulata</i>	Cun	0,386819484	0,412607450	0,200573066	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chlamydotis undulata</i>	Cun	0,390681004	0,401433692	0,207885305	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tetrax tetrax</i>	Tte	0,395769061	0,405464963	0,198765976	Nudds et al, 2013
<b>GRUIFORMES</b>					
<b>Rallidae</b>					
<i>Rallus aquaticus</i>	Raq	0,433184855	0,340757238	0,226057906	Nudds et al, 2013
<i>Porzana porzana</i>	P4p	0,406542056	0,342289720	0,251168224	Nudds et al, 2013
<i>Porphyrio porphyrio</i>	Ppo	0,413698630	0,352876712	0,233424658	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Fulica atra</i>	Fat	0,414271047	0,358829569	0,226899384	Nudds et al, 2013
<i>Gallirallus australis</i>	Gau	0,448825503	0,312919463	0,238255034	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gallirallus australis</i>	Gau	0,448051948	0,316558442	0,235389610	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gallirallus australis</i>	Gau	0,453728661	0,315363881	0,230907457	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gallirallus australis</i>	Gau	0,459525756	0,311529027	0,228945217	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Gallirallus australis</i>	Gau	0,463836478	0,301100629	0,235062893	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Atlantisia rogersi</i>	Aro	0,465116279	0,325581395	0,209302326	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Heliornithidae</b>					
<i>Aramus guarana</i>	Agu	0,385767790	0,397003745	0,217228464	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Aramus guarana</i>	Agu	0,388692580	0,392226148	0,219081272	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Gruidae</b>					
<i>Balearica pavonina</i>	Bpa	0,397233202	0,420948617	0,181818182	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Balearica pavonina</i>	Bpa	0,397590361	0,413654618	0,188755020	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Balearica pavonina</i>	Bpa	0,403433476	0,407725322	0,188841202	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anthropoides virgo</i>	Avi	0,373362445	0,423580786	0,203056769	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anthropoides virgo</i>	Avi	0,392335766	0,417883212	0,189781022	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anthropoides virgo</i>	Avi	0,381156317	0,415417559	0,203426124	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Anthropoides virgo</i>	Avi	0,380281690	0,421106348	0,198611962	Nudds et al, 2013
<i>Anthropoides paradiseus</i>	Apa	0,388384755	0,419237750	0,192377495	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Grus leucogeranus</i>	Gle	0,393491124	0,424556213	0,181952663	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Grus canadensis</i>	Gc3	0,382826476	0,423971377	0,193202147	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Grus canadensis</i>	Gc3	0,384615385	0,417348609	0,198036007	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Grus canadensis</i>	Gc3	0,393939394	0,422348485	0,183712121	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Grus antigone</i>	Gan	0,391242938	0,43220339	0,176553672	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>CHARADRIIFORMES</b>					
<b>Burhinidae</b>					
<i>Burhinus capensis</i>	Bca	0,389069264	0,412337662	0,198593074	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Burhinus capensis</i>	Bca	0,384149184	0,413519814	0,202331002	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Esacus magnirostris</i>	Ema	0,397058824	0,416534181	0,186406995	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Charadriidae</b>					
<i>Vanellus vanellus</i>	Vva	0,357434402	0,420991254	0,221574344	Nudds et al, 2013
<i>Vanellus chilensis</i>	Vch	0,370744681	0,410638298	0,218617021	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Vanellus chilensis</i>	Vch	0,374552887	0,406234032	0,219213081	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chi	0,372747748	0,396396396	0,230855856	Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Dromadidae</b>					
<i>Dromas ardeola</i>	Dar	0,392178771	0,403351955	0,204469274	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Recurvirostridae</b>					
<i>Himantopus himantopus</i>	Hhi	0,376086957	0,393478261	0,230434783	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Himantopus himantopus</i>	Hhi	0,372354497	0,394841270	0,232804233	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Himantopus himantopus</i>	Hhi	0,376337319	0,392070485	0,231592196	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Himantopus leucocephalus</i>	HI2	0,387096774	0,392473118	0,220430108	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Himantopus mexicanus</i>	Hme	0,378523490	0,402684564	0,218791946	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,390230208	0,386299832	0,223469961	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,386600769	0,388248215	0,225151016	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,384660422	0,387002342	0,228337237	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,374866880	0,393503727	0,231629393	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,386861314	0,389107243	0,224031443	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Recurvirostra americana</i>	Ram	0,389250814	0,389793702	0,220955483	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Jacaniidae</b>					
<i>Actophilornis albinucha</i>	Aa2	0,358784285	0,388435878	0,252779837	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Jacana spinosa</i>	Jsp	0,387159533	0,392996109	0,219844358	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Jacana spinosa</i>	Jsp	0,382213813	0,398297067	0,219489120	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Jacana spinosa</i>	Jsp	0,372139303	0,402985075	0,224875622	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Jacana spinosa</i>	Jsp	0,377777778	0,401932367	0,220289855	Nudds et al, 2013
<b>Scolopacidae</b>					
<i>Tringa ochropus</i>	Toc	0,363163371	0,385015609	0,251821020	Nudds et al, 2013
<i>Tringa flavipes</i>	Tfl	0,380231523	0,392698130	0,227070347	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tringa flavipes</i>	Tfl	0,373394495	0,389908257	0,236697248	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tringa flavipes</i>	Tfl	0,375454545	0,390909091	0,233636364	Nudds et al, 2013
<i>Bartramia longicauda</i>	Blo	0,371919343	0,403286034	0,224794623	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bartramia longicauda</i>	Blo	0,369791667	0,398809524	0,231398810	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Numenius arquata</i>	Nar	0,379421222	0,405546624	0,215032154	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Numenius arquata</i>	Nar	0,385173247	0,399274778	0,215551974	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Numenius arquata</i>	Nar	0,380614657	0,409377463	0,210007880	Nudds et al, 2013
<i>Numenius americanus</i>	Nam	0,380862330	0,411119516	0,208018154	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Limosa limosa</i>	Lli	0,368482718	0,403046280	0,228471002	Nudds et al, 2013
<i>Limosa fedoa</i>	Lfe	0,378030678	0,400296883	0,221672439	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phalaropus lobatus</i>	Plo	0,378016086	0,379356568	0,242627346	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalaropus lobatus</i>	Plo	0,376675603	0,380697051	0,242627346	Nudds et al, 2013
<i>Phalaropus fulicarius</i>	Pfu	0,387543253	0,380622837	0,231833910	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Laridae</b>					
<i>Rissa tridactyla</i>	Rtr	0,378995434	0,401826484	0,219178082	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Rissa tridactyla</i>	Rtr	0,374942844	0,406035665	0,219021491	Nudds et al, 2013
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Cri	0,363636364	0,407156673	0,229206963	Nudds et al, 2013
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Lat	0,375511876	0,409500410	0,214987715	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Lpi	0,367981439	0,407424594	0,224593968	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Larus californicus</i>	Lca	0,370932070	0,423064771	0,206003160	Nudds et al, 2013
<i>Larus argentatus</i>	Lar	0,381510772	0,404963185	0,213526043	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Larus argentatus</i>	Lar	0,375504323	0,409798271	0,214697406	Nudds et al, 2013
<i>Larus glaucooides</i>	Lg1	0,380645161	0,403225806	0,216129032	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Larus glaucescens</i>	Lgl	0,379947230	0,408970976	0,211081794	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Larus marinus</i>	Lma	0,376153654	0,411573959	0,212272387	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Larus marinus</i>	Lma	0,376727273	0,416969697	0,206303030	Nudds et al, 2013
<i>Onychoprion fuscatus</i>	Ofu	0,362068966	0,419540230	0,218390805	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sterna striata</i>	Sst	0,362500000	0,418750000	0,218750000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sterna striata</i>	Sst	0,363523573	0,419354839	0,217121588	Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Laridae</b>					
<i>Sterna hirundo</i>	Shi	0,362416107	0,416107383	0,221476510	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Sterna hirundo</i>	Shi	0,360342556	0,422266140	0,217391304	Nudds et al, 2013
<i>Sterna repressa</i>	Sre	0,358529820	0,427184466	0,214285714	Nudds et al, 2013
<i>Thalasseus maximus</i>	Tm3	0,356275304	0,429149798	0,214574899	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Thalasseus maximus</i>	Tm3	0,356275304	0,429149798	0,214574899	Nudds et al, 2013
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Ts1	0,358069538	0,428126622	0,213803840	Nudds et al, 2013
<i>Rynchops niger</i>	Rni	0,353773585	0,429245283	0,216981132	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Rynchops niger</i>	Rni	0,352077214	0,432228284	0,215694503	Nudds et al, 2013
<b>Stercorariidae</b>					
<i>Stercorarius skua</i>	Ssk	0,403392754	0,393904543	0,202702703	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Stercorarius skua</i>	Ssk	0,399773499	0,400622877	0,199603624	Nudds et al, 2013
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Spa	0,395962093	0,400494438	0,203543469	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Spa	0,389233954	0,404968944	0,205797101	Nudds et al, 2013
<b>Alcidae</b>					
<i>Alle alle</i>	Aal	0,436363636	0,333333333	0,230303030	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alle alle</i>	Aal	0,437250996	0,328685259	0,234063745	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alle alle</i>	Aal	0,429423459	0,341948310	0,228628231	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alle alle</i>	Aal	0,432349949	0,346897253	0,220752798	Nudds et al, 2013
<i>Uria aalge</i>	Uaa	0,454022989	0,319226750	0,226750261	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria aalge</i>	Uaa	0,449245185	0,325351379	0,225403436	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria aalge</i>	Uaa	0,445304937	0,334462730	0,220232333	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria aalge</i>	Uaa	0,447488584	0,328767123	0,223744292	Nudds et al, 2013
<i>Uria lomvia</i>	Ulo	0,438719360	0,334167084	0,227113557	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria lomvia</i>	Ulo	0,445121951	0,331808943	0,223069106	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria lomvia</i>	Ulo	0,441091954	0,334291188	0,224616858	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Uria lomvia</i>	Ulo	0,440611138	0,335633317	0,223755545	Nudds et al, 2013
<i>Alca torda</i>	Ato	0,431525992	0,335941867	0,232532141	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alca torda</i>	Ato	0,429515419	0,339757709	0,230726872	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alca torda</i>	Ato	0,434709821	0,339843750	0,225446429	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alca torda</i>	Ato	0,432539683	0,338435374	0,229024943	Nudds et al, 2013
<i>Cepphus grylle</i>	Cgr	0,416608997	0,343944637	0,239446367	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cepphus grylle</i>	Cgr	0,416608023	0,345531316	0,237860662	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cepphus grylle</i>	Cgr	0,413554633	0,348547718	0,237897649	Nudds et al, 2013
<i>Cerorhinca monocerata</i>	Cm2	0,426525529	0,339975093	0,233499377	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cerorhinca monocerata</i>	Cm2	0,428571429	0,338442673	0,232985898	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cerorhinca monocerata</i>	Cm2	0,435800127	0,335863378	0,228336496	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fratercula arctica</i>	Far	0,438393465	0,333560245	0,228046290	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fratercula arctica</i>	Far	0,435166327	0,332654447	0,232179226	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fratercula arctica</i>	Far	0,436619718	0,330615271	0,232765011	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Fratercula arctica</i>	Far	0,436414177	0,334259903	0,229325921	Nudds et al, 2013
<i>Pinguinus impennis</i>	Pim	0,507055961	0,273479319	0,219464720	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pinguinus impennis</i>	Pim	0,511285574	0,271344455	0,217369971	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pinguinus impennis</i>	Pim	0,518968872	0,265564202	0,215466926	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pinguinus impennis</i>	Pim	0,507260891	0,275413120	0,217325989	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pinguinus impennis</i>	Pim	0,513698630	0,274461840	0,211839530	Middleton y Gatesy, 2000
<b>COLUMBIFORMES</b>					
<b>Columbidae</b>					
<i>Columba livia</i>	Cli	0,354786806	0,379726468	0,265486726	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Columba livia</i>	Cli	0,347656250	0,394531250	0,257812500	Nudds et al, 2013
<i>Columba oenas</i>	Coe	0,356488550	0,398473282	0,245038168	Nudds et al, 2013
<i>Columba palumbus</i>	Cpa	0,361885790	0,395086321	0,243027888	Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Columbidae</b>					
<i>Columba arquatrix</i>	Car	0,364028777	0,379856115	0,256115108	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Patagioenas cayennensis</i>	Pca	0,358695652	0,385869565	0,255434783	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Patagioenas speciosa</i>	Psp	0,370883882	0,377816291	0,251299827	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Streptopelia turtur</i>	Stu	0,352757544	0,399583767	0,247658689	Nudds et al, 2013
<i>Ocyphaps lophotes</i>	Olo	0,389637306	0,365803109	0,244559585	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Zenaida macroura</i>	Zma	0,363849765	0,380281690	0,255868545	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ectopistes migratorius</i>	Emi	0,362083689	0,377455167	0,260461144	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Columbina talpacoti</i>	Cta	0,369337979	0,386759582	0,243902439	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Leptotila verreauxi</i>	Lve	0,369729730	0,382702703	0,247567568	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Geotrygon montana</i>	Gmo	0,357142857	0,391304348	0,251552795	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Caloenas nicobarica</i>	Cni	0,364032358	0,392034848	0,243932794	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ducula aenea</i>	Dae	0,372666667	0,385333333	0,242000000	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>CUCULIFORMES</b>					
<b>Opisthocomidae</b>					
<i>Opisthocomus hoazin</i>	Oho	0,400232019	0,366009281	0,233758701	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Opisthocomus hoazin</i>	Oho	0,406928949	0,379330593	0,213740458	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Opisthocomus hoazin</i>	Oho	0,408045977	0,373563218	0,218390805	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Opisthocomus hoazin</i>	Oho	0,401032702	0,379804934	0,219162364	Nudds et al, 2013
<b>Cuculidae</b>					
<i>Coccyzus americanus</i>	Cam	0,411682893	0,3711349096	0,216968011	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Coccyzus americanus</i>	Cam	0,408839779	0,381215470	0,209944751	Nudds et al, 2013
<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	Cer	0,415178571	0,367559524	0,217261905	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Geococcyx californianus</i>	Gca	0,443396226	0,358490566	0,198113208	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Geococcyx californianus</i>	Gca	0,448756219	0,352238806	0,199004975	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Csu	0,439632546	0,339895013	0,220472441	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>STRIGIFORMES</b>					
<b>Tytonidae</b>					
<i>Tyto alba</i>	Tal	0,382488479	0,419354839	0,198156682	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tyto alba</i>	Tal	0,387096774	0,414746544	0,198156682	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tyto alba</i>	Tal	0,381725417	0,418831169	0,199443414	Nudds et al, 2013
<b>Strigidae</b>					
<i>Otus scops</i>	Osc	0,375643225	0,428816467	0,195540309	Nudds et al, 2013
<i>Megascops asio</i>	Mas	0,386524823	0,411347518	0,202127660	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Megascops asio</i>	Mas	0,387205387	0,410774411	0,202020202	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Ppe	0,396363636	0,421818182	0,181818182	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Bubo virginianus</i>	Bvi	0,384615385	0,423076923	0,192307692	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bubo virginianus</i>	Bvi	0,380116959	0,426900585	0,192982456	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bubo virginianus</i>	Bvi	0,383183183	0,426426426	0,190390390	Nudds et al, 2013
<i>Bubo africanus</i>	Baf	0,384905660	0,426415094	0,188679245	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Bubo scandiacus</i>	Bsc	0,381418093	0,413202934	0,205378973	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Surnia ulula</i>	Sul	0,372287145	0,419031720	0,208681135	Nudds et al, 2013
<i>Athene cunicularia</i>	Acu	0,360946746	0,431952663	0,207100592	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ciccaba virgata</i>	Cv2	0,385964912	0,426065163	0,187969925	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Strix varia</i>	Sva	0,393103448	0,413793103	0,193103448	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Strix varia</i>	Sva	0,395161290	0,411290323	0,193548387	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Asio otus</i>	Aot	0,383145517	0,415972562	0,200881921	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Asio otus</i>	Aot	0,378497791	0,420225822	0,201276387	Nudds et al, 2013
<i>Asio flammeus</i>	Afl	0,381907090	0,418092910	0,200000000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Asio flammeus</i>	Afl	0,378649635	0,434762774	0,186587591	Nudds et al, 2013
<i>Aegolius funereus</i>	Afu	0,380035026	0,427320490	0,192644483	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
Strigidae					
<i>Aegolius acadicus</i>	Aac	0,384615385	0,425961538	0,189423077	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
CAPRIMULGIFORMES					
Podargidae					
<i>Podargus ocellatus</i>	Poc	0,389086069	0,430346051	0,180567879	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Podargus ocellatus</i>	Poc	0,389086069	0,430346051	0,180567879	Nudds et al, 2013
Caprimulgidae					
<i>Chordeiles minor</i>	Cmi	0,358333333	0,408333333	0,233333333	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chordeiles minor</i>	Cmi	0,355555556	0,417777778	0,226666667	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chordeiles minor</i>	Cmi	0,360454943	0,411198600	0,228346457	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chordeiles minor</i>	Cmi	0,356211990	0,414422242	0,229365769	Nudds et al, 2013
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Nal	0,358239509	0,415557830	0,226202661	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Antrastomus ridgwayi</i>	Ari	0,357714286	0,411428571	0,230857143	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Antrastomus vociferus</i>	Avo	0,344086022	0,424731183	0,231182796	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Antrastomus vociferus</i>	Avo	0,360000000	0,422857143	0,217142857	Middleton y Gatesy, 2000
Steatornithidae					
<i>Steatornis caripensis</i>	Sc1	0,330192912	0,471063257	0,198743831	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Steatornis caripensis</i>	Sc1	0,326144366	0,477992958	0,195862676	Nudds et al, 2013
APODIFORMES					
Apodidae					
<i>Chaetura pelagica</i>	Cpe	0,244680851	0,321808511	0,433510638	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chaetura pelagica</i>	Cpe	0,246031746	0,328042328	0,425925926	Nudds et al, 2013
<i>Apus apus</i>	Aap	0,241106719	0,349802372	0,409090909	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Apus apus</i>	Aap	0,259036145	0,331325301	0,409638554	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Apus apus</i>	Aap	0,244047619	0,347222222	0,408730159	Nudds et al, 2013
<i>Apus affinis</i>	Aaf	0,239080460	0,344827586	0,416091954	Nudds et al, 2013
Trochilidae					
<i>Glaucis hirsutus</i>	Ghi	0,305555556	0,310185185	0,384259259	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Glaucis hirsutus</i>	Ghi	0,306122449	0,357142857	0,336734694	Nudds et al, 2013
<i>Glaucis hirsutus</i>	Ghi	0,281281465	0,333638444	0,385080092	COP-79321
<i>Phaethornis guy</i>	Pgu	0,295272525	0,335520949	0,369206526	COP-79206
<i>Phaethornis guy</i>	Pgu	0,295898580	0,324070686	0,380030733	COP-79322
<i>Phaethornis bourcierii</i>	Pbo	0,288247356	0,330445097	0,381307547	COP-78662
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,281353775	0,337031955	0,381614270	COP-77735
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,283122595	0,328862012	0,388015393	COP-78596
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,282805578	0,319533859	0,397660563	COP-78658
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,312361843	0,293338718	0,394299439	COP-78659
<i>Colibri coruscans</i>	Cc8	0,302337710	0,331190944	0,366471346	EBRG-11274
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,293802327	0,321805697	0,384391975	EBRG-11264
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,298547838	0,321964982	0,379487179	EBRG-11265
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,296330547	0,317146796	0,386522657	EBRG-11266
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,297751553	0,320597292	0,381651155	EBRG-11268
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,283129043	0,349812734	0,367058223	EBRG-11269
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,301438491	0,315583961	0,382977548	EBRG-11270
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,298550683	0,309699986	0,391749332	EBRG-11271
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,296653500	0,316096376	0,387250124	EBRG-11267
<i>Chrysolampis mosquitus</i>	Cm3	0,297924323	0,325050117	0,377025560	COP-79204
<i>Coeligena coeligena</i>	Cc9	0,293991733	0,325201752	0,380806515	EBRG-414
<i>Heliodoxa xanithogonys</i>	Hxa	0,286576041	0,339082413	0,374341546	COP-78513
<i>Heliodoxa xanithogonys</i>	Hxa	0,282366513	0,355355966	0,362277521	COP-78546
<i>Heliodoxa xanithogonys</i>	Hxa	0,282115374	0,329893410	0,387991216	COP-78545

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acronimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Trochilidae</b>					
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Hxa	0,289611241	0,331803279	0,378585480	COP-78544
<i>Heliodoxa leadbeateri</i>	Hle	0,289410130	0,323154795	0,387435075	EBRG-413
<i>Patagona gigas</i>	Pgi	0,284122563	0,317548747	0,398328691	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Sternoclyta cyanopectus</i>	Scy	0,295877007	0,321745753	0,382377240	EBRG-415
<i>Archilochus colubris</i>	Ac4	0,292307692	0,307692308	0,400000000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Archilochus colubris</i>	Ac4	0,288888889	0,296296296	0,414814815	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Chlorestes notata</i>	Cno	0,303238406	0,318364586	0,378397008	EBRG-752
<i>Campylopterus largipennis</i>	Cla	0,302166689	0,317546192	0,38028712	EBRG-768
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,307810035	0,314294730	0,377895235	COP-80531
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,309496222	0,314032998	0,37647078	COP-78687
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,293795855	0,310899086	0,395305059	COP-78687
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,299765333	0,313566309	0,386668358	EBRG-11282
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,303994418	0,313701967	0,382303615	EBRG-11283
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,308619209	0,301444955	0,389935836	EBRG-11284
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,306640171	0,318330796	0,375029033	EBRG-11285
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,303221082	0,309131323	0,387647595	EBRG-11286
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,307590993	0,308515488	0,383893518	EBRG-11287
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,305567188	0,294387127	0,400045685	EBRG-11288
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,307960420	0,315662368	0,376377213	EBRG-11289
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,305563967	0,307342922	0,387093111	EBRG-11290
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,268373701	0,283119239	0,448507060	EBRG-11291
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,296074019	0,307938096	0,395987886	EBRG-11292
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,300234648	0,308204086	0,391561266	EBRG-11293
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,293738923	0,312624612	0,393636464	EBRG-11294
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,288483194	0,311283634	0,400233171	EBRG-11295
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,286173038	0,347681097	0,366145865	COP-78551
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,300890505	0,311880722	0,387228772	COP-78595
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,283039893	0,343481168	0,373478939	COP-78550
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,307803616	0,335150620	0,357045763	COP-78547
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,302293470	0,317768498	0,379938033	COP-78543
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,301044794	0,320852993	0,378102212	COP-78548
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,299899582	0,321958159	0,378142259	COP-78549
<i>Chalybura buffonii</i>	Cbu	0,292461656	0,320884315	0,386654029	EBRG-744
<i>Thalurania furcata</i>	Tfu	0,298714868	0,316623132	0,384662000	COP-78660
<b>TROGONIFORMES</b>					
<b>Trogonidae</b>					
<i>Trogon massena</i>	Tm4	0,387330317	0,404524887	0,208144796	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>CORACIIFORMES</b>					
<b>Momotidae</b>					
<i>Momotus mexicanus</i>	Mme	0,384301733	0,429153925	0,186544343	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Momotus momota</i>	Mm5	0,375239923	0,444337812	0,180422265	Nudds et al, 2013
<b>Alcedinidae</b>					
<i>Alcedo atthis</i>	Aat	0,370919881	0,437685460	0,191394659	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alcedo atthis</i>	Aat	0,373358349	0,444652908	0,181988743	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Alcedo atthis</i>	Aat	0,372827804	0,442338073	0,184834123	Nudds et al, 2013
<i>Dacelo novaeguineae</i>	Dno	0,369942197	0,442774566	0,187283237	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Dacelo novaeguineae</i>	Dno	0,370761534	0,449138410	0,180100056	Nudds et al, 2013
<i>Todiramphus chloris</i>	Tch	0,369834711	0,445247934	0,184917355	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Todiramphus chloris</i>	Tch	0,368921776	0,453488372	0,177589852	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Todiramphus chloris</i>	Tch	0,366404715	0,454813360	0,178781925	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Alcedinidae</b>					
<i>Todiramphus sanctus</i>	Tsa	0,370145631	0,445388350	0,184466019	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Todiramphus sanctus</i>	Tsa	0,366004963	0,447890819	0,186104218	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Megaceryle alcyon</i>	Ma2	0,366219416	0,435674822	0,198105762	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Megaceryle alcyon</i>	Ma2	0,365138993	0,441021788	0,193839219	Nudds et al, 2013
<b>Coraciidae</b>					
<i>Coracias abyssinicus</i>	Cab	0,367330677	0,433466135	0,199203187	Nudds et al, 2013
<b>Upupidae</b>					
<i>Upupa epops</i>	Uep	0,347918890	0,451440768	0,200640342	Nudds et al, 2013
<b>Bucerotidae</b>					
<i>Buceros rhinoceros</i>	Brh	0,344559585	0,481865285	0,173575130	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Buceros bicornis</i>	Bbi	0,356029106	0,470374220	0,173596674	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>GALBULIFORMES</b>					
<b>Bucconidae</b>					
<i>Monasa morphoeus</i>	Mmo	0,354913295	0,467052023	0,178034682	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>PICIFORMES</b>					
<b>Ramphastidae</b>					
<i>Pteroglossus aracarí</i>	Par	0,378378378	0,437837838	0,183783784	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Ramphastos toco</i>	Rto	0,378378378	0,437837838	0,183783784	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ramphastos toco</i>	Rto	0,378378378	0,437837838	0,183783784	Nudds et al, 2013
<b>Picidae</b>					
<i>Jynx torquilla</i>	Jto	0,388235294	0,421848739	0,189915966	Nudds et al, 2013
<i>Melanerpes erythrocephalus</i>	Mer	0,394467213	0,405737705	0,199795082	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Dendrocopos minor</i>	Dmi	0,378986867	0,431519700	0,189493433	Nudds et al, 2013
<i>Colaptes auratus</i>	Cau	0,393852065	0,399615754	0,206532181	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Dryocopus pileatus</i>	Dpi	0,381920112	0,404344779	0,213735109	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Picus viridis</i>	Pvi	0,384905660	0,412264151	0,202830189	Middleton y Gatesy, 2000
<b>CARIAMIFORMES</b>					
<b>Cariamidae</b>					
<i>Cariama cristata</i>	Ccr	0,421259843	0,381889764	0,196850394	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cariama cristata</i>	Ccr	0,405511811	0,377952756	0,216535433	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cariama cristata</i>	Ccr	0,402486402	0,383838384	0,213675214	Nudds et al, 2013
<b>FALCONIFORMES</b>					
<b>Falconidae</b>					
<i>Phalcoboenus australis</i>	Pau	0,402777778	0,371527778	0,225694444	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Phalcoboenus australis</i>	Pau	0,402777778	0,371527778	0,225694444	Nudds et al, 2013
<i>Caracara plancus</i>	Cpl	0,395437262	0,395437262	0,209125475	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Caracara plancus</i>	Cpl	0,391634981	0,387832700	0,220532319	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Hca	0,391705069	0,405529954	0,202764977	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Falco tinnunculus</i>	Fti	0,357571714	0,410273516	0,232154770	Nudds et al, 2013
<i>Falco sparverius</i>	Fsp	0,384615385	0,393162393	0,222222222	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Falco sparverius</i>	Fsp	0,374581940	0,398829431	0,226588629	Nudds et al, 2013
<i>Falco vespertinus</i>	Fve	0,361187845	0,407458564	0,231353591	Nudds et al, 2013
<i>Falco columbarius</i>	Fco	0,354737666	0,400156617	0,245105717	Nudds et al, 2013
<i>Falco subbuteo</i>	Fsu	0,358940397	0,397350993	0,243708609	Nudds et al, 2013
<i>Falco jugger</i>	Fju	0,360655738	0,397540984	0,241803279	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Falco peregrinus</i>	Fpe	0,350420505	0,407288746	0,242290749	Nudds et al, 2013
<b>PSITTACIFORMES</b>					
<b>Strigopidae</b>					
<i>Nestor meridionalis</i>	Nme	0,355969332	0,374041621	0,269989047	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Strigopidae</b>					
<i>Strigops habroptila</i>	Sha	0,406073083	0,369531652	0,224395265	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Cacatuidae</b>					
<i>Probosciger aterrimus</i>	Pa0	0,358233595	0,411473380	0,230293025	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Probosciger aterrimus</i>	Pa0	0,355720241	0,415006948	0,229272811	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Calyptorhynchus banksii</i>	Cba	0,344104803	0,397379913	0,258515284	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Lophochroa leadbeateri</i>	Lle	0,353813559	0,400953390	0,245233051	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cacatua galerita</i>	Cga	0,368421053	0,408421053	0,223157895	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cacatua galerita</i>	Cga	0,363866610	0,408189109	0,227944280	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Trichoglossus ornatus</i>	Tor	0,360931436	0,368693402	0,270375162	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Trichoglossus ornatus</i>	Tor	0,360610264	0,357836338	0,281553398	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Trichoglossus ornatus</i>	Tor	0,352941176	0,367647059	0,279411765	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Psittacidae</b>					
<i>Psittacus erithacus</i>	Pe2	0,345341615	0,404968944	0,249689441	Nudds et al, 2013
<i>Ara macao</i>	Ama	0,334481439	0,398392652	0,267125909	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ara macao</i>	Ama	0,337919175	0,398538263	0,263542562	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Ara macao</i>	Ama	0,344509640	0,408214585	0,247275775	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pionus senilis</i>	Pse	0,345410628	0,386473430	0,268115942	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Pionus senilis</i>	Pse	0,343954248	0,390522876	0,265522876	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Amazona farinosa</i>	Afa	0,350698174	0,401181525	0,248120301	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Amazona farinosa</i>	Afa	0,348302872	0,403655352	0,248041775	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Amazona farinosa</i>	Afa	0,360400445	0,401001112	0,238598443	Middleton y Gatesy, 2000
<b>PASSERIFORMES</b>					
<b>Acanthisittidae</b>					
<i>Xenicus longipes</i>	Xlo	0,356568365	0,412868633	0,230563003	Nudds et al, 2013
<b>Calyptomenidae</b>					
<i>Calyptomena viridis</i>	Cvi	0,356862745	0,420915033	0,222222222	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Calyptomena viridis</i>	Cvi	0,352417303	0,431297710	0,216284987	Nudds et al, 2013
<b>Eurylaimidae</b>					
<i>Eurylaimus ochromalus</i>	Eoc	0,362162162	0,407207207	0,230630631	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Pittidae</b>					
<i>Pitta erythrogaster</i>	Per	0,375311721	0,408977556	0,215710723	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Thamnophilidae</b>					
<i>Taraba major</i>	Tma	0,403481013	0,398734177	0,197784810	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Thamnophilus punctatus</i>	Tpu	0,384778013	0,420718816	0,194503171	Nudds et al, 2013
<b>Conopophagidae</b>					
<i>Conopophaga castaneiceps</i>	Cc0	0,402569593	0,406852248	0,190578158	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Rhinocryptidae</b>					
<i>Pteroptochos megapodius</i>	Pme	0,409672831	0,375533428	0,214793741	Nudds et al, 2013
<i>Scelorchilus albicollis</i>	Sal	0,412639405	0,371747212	0,215613383	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Furnariidae</b>					
<i>Dendrocolaptes certhia</i>	Dce	0,353246753	0,414285714	0,232467532	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	Xgu	0,362533693	0,421832884	0,215633423	Nudds et al, 2013
<i>Furnarius rufus</i>	Fru	0,386329866	0,386329866	0,227340267	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Tyrannidae</b>					
<i>Campostoma obsoletum</i>	Cob	0,349710983	0,416184971	0,234104046	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Rhynchocyclus olivaceus</i>	Rol	0,371584699	0,435336976	0,193078324	Nudds et al, 2013
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	Pmy	0,365671642	0,420398010	0,213930348	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Myiobius barbatus</i>	Mba	0,353808354	0,434889435	0,211302211	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013

Continúa



Apéndice D – Continuación

Especies	Acónimo	H	R	CMC	Referencias
<b>Tyrannidae</b>					
<i>Empidonax flaviventris</i>	Efl	0,337236534	0,435597190	0,227166276	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Pr5	0,348178138	0,412955466	0,238866397	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	Mf1	0,329394387	0,418020679	0,252584934	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Muscigralla brevicauda</i>	Mbr	0,376842105	0,408421053	0,214736842	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Ps4	0,342434585	0,450511945	0,207053470	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tyrannus verticalis</i>	Tve	0,325436409	0,433915212	0,240648379	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tty	0,325644505	0,436906377	0,237449118	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tty	0,332020997	0,430446194	0,237532808	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Cotingidae</b>					
<i>Phytotoma rara</i>	Pra	0,374242424	0,403030303	0,222727273	Nudds et al, 2013
<i>Rupicola rupicola</i>	Rru	0,343702580	0,436267071	0,220030349	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Menuridae</b>					
<i>Menura novaehollandiae</i>	Mno	0,394255875	0,385117493	0,220626632	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Callaeidae</b>					
<i>Heteralocha acutirostris</i>	Hac	0,390176089	0,387395737	0,222428174	Middleton y Gatesy, 2000
<b>Cracticidae</b>					
<i>Gymnorhina tibicen</i>	Gti	0,362459547	0,396763754	0,240776699	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Strepera graculina</i>	Sgr	0,351245085	0,416120577	0,232634338	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Pityriaseidae</b>					
<i>Pityriasis gymnocephala</i>	Pgy	0,382626680	0,397104447	0,220268873	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Campephagidae</b>					
<i>Coracina caeruleogrisea</i>	C1c	0,376274328	0,405931418	0,217794254	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Laniidae</b>					
<i>Lanius collurio</i>	Lco	0,354545455	0,427272727	0,218181818	Nudds et al, 2013
<i>Lanius excubitor</i>	Lex	0,377358491	0,454281567	0,168359942	Nudds et al, 2013
<b>Vireonidae</b>					
<i>Vireo olivaceus</i>	Vol	0,352459016	0,430327869	0,217213115	Nudds et al, 2013
<b>Oriolidae</b>					
<i>Oriolus oriolus</i>	Oor	0,337430168	0,424581006	0,237988827	Nudds et al, 2013
<b>Dicruridae</b>					
<i>Dicrurus adsimilis</i>	Dad	0,333333333	0,451770452	0,214896215	Nudds et al, 2013
<i>Dicrurus macrocercus</i>	Dma	0,324942792	0,447368421	0,227688787	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Dicrurus paradiseus</i>	Dpa	0,345856354	0,448618785	0,205524862	Nudds et al, 2013
<b>Corvidae</b>					
<i>Garrulus glandarius</i>	Ggl	0,368467671	0,431355182	0,200177148	Nudds et al, 2013
<i>Pica pica</i>	Ppi	0,352426412	0,408910103	0,238663484	Nudds et al, 2013
<i>Corvus monedula</i>	Cmo	0,319919517	0,421193830	0,258886653	Nudds et al, 2013
<i>Corvus frugilegus</i>	Cfr	0,335496755	0,409885172	0,254618073	Nudds et al, 2013
<i>Corvus corone</i>	Cco	0,332318620	0,415525114	0,252156266	Nudds et al, 2013
<b>Corcoracidae</b>					
<i>Corcorax melanorhamphos</i>	Cme	0,384129213	0,391151685	0,224719101	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<b>Alaudidae</b>					
<i>Mirafra javanica</i>	Mja	0,383680556	0,397569444	0,218750000	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Mirafra javanica</i>	Mja	0,373493976	0,409638554	0,216867470	Nudds et al, 2013
<i>Melanocorypha yeltoniensis</i>	Mye	0,370744010	0,392181589	0,237074401	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Galerida cristata</i>	Gcr	0,357836338	0,420249653	0,221914008	Nudds et al, 2013
<i>Alauda arvensis</i>	Aar	0,347411444	0,420980926	0,231607629	Nudds et al, 2013
<i>Eremophila alpestris</i>	Eal	0,363636364	0,407523511	0,228840125	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	CMC	Referencias
Alaudidae					
<i>Eremophila alpestris</i>	Eal	0,365659777	0,410174881	0,224165342	Middleton y Gatesy, 2000
Hirundinidae					
<i>Progne subis</i>	Psu	0,311428571	0,445714286	0,242857143	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Riparia riparia</i>	Rri	0,291469194	0,445497630	0,263033175	Nudds et al, 2013
<i>Hirundo rustica</i>	Hr1	0,297131148	0,440573770	0,262295082	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Hirundo rustica</i>	Hr1	0,295315682	0,439918534	0,264765784	Nudds et al, 2013
<i>Hirundo rustica</i>	Hr1	0,302966102	0,417372881	0,279661017	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Ppy	0,296153846	0,446153846	0,257692308	Nudds et al, 2013
<i>Delichon urbicum</i>	Dur	0,310559006	0,440993789	0,248447205	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Delichon urbicum</i>	Dur	0,295711061	0,440180587	0,264108352	Nudds et al, 2013
Paridae					
<i>Poecile palustris</i>	Ppa	0,364145658	0,428571429	0,207282913	Nudds et al, 2013
<i>Poecile montanus</i>	Pmo	0,349614396	0,419023136	0,231362468	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Poecile atricapillus</i>	P1a	0,362397820	0,427792916	0,209809264	Nudds et al, 2013
<i>Periparus ater</i>	Pat	0,347945205	0,413698630	0,238356164	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Lophophanes cristatus</i>	Lcr	0,353689567	0,414758270	0,231552163	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
Sittidae					
<i>Sitta europaea</i>	Seu	0,353174603	0,420634921	0,226190476	Nudds et al, 2013
<i>Sitta carolinensis</i>	Sca	0,348571429	0,407619048	0,243809524	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
Certhiidae					
<i>Certhia familiaris</i>	Cfa	0,343915344	0,436507937	0,219576720	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Certhia familiaris</i>	Cfa	0,339572193	0,419786096	0,240641711	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Certhia familiaris</i>	Cfa	0,345945946	0,427027027	0,227027027	Nudds et al, 2013
Cinclidae					
<i>Cinclus cinclus</i>	Cci	0,355285962	0,398613518	0,246100520	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Cinclus cinclus</i>	Cci	0,351307190	0,398692810	0,250000000	Nudds et al, 2013
Regulidae					
<i>Regulus regulus</i>	Rre	0,323232323	0,434343434	0,242424242	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Regulus regulus</i>	Rre	0,328621908	0,445229682	0,226148410	Nudds et al, 2013
Acrocephalidae					
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Asc	0,352112676	0,405633803	0,242253521	Nudds et al, 2013
Sylviidae					
<i>Sylvia curruca</i>	Scu	0,347480106	0,419098143	0,233421751	Nudds et al, 2013
Leiostichidae					
<i>Garrulax striatus</i>	Gst	0,387931034	0,387931034	0,224137931	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Garrulax striatus</i>	Gst	0,387931034	0,387931034	0,224137931	Nudds et al, 2013
Muscicapidae					
<i>Muscicapa striata</i>	Mst	0,333333333	0,445205479	0,221461187	Nudds et al, 2013
<i>Muscicapa striata</i>	Mst	0,324435318	0,447638604	0,227926078	Nudds et al, 2013
<i>Erithacus rubecula</i>	Eru	0,360801782	0,438752784	0,200445434	Nudds et al, 2013
<i>Myiophonus caeruleus</i>	Mca	0,365961199	0,410934744	0,223104056	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Pph	0,336842105	0,435789474	0,227368421	Nudds et al, 2013
<i>Saxicola rubetra</i>	Sru	0,336980306	0,439824945	0,223194748	Nudds et al, 2013
<i>Saxicola torquatus</i>	Sto	0,357967667	0,434180139	0,207852194	Nudds et al, 2013
Turdidae					
<i>Turdus iliacus</i>	Til	0,352033661	0,422159888	0,225806452	Nudds et al, 2013
<i>Turdus migratorius</i>	Tmi	0,360742706	0,397877984	0,241379310	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
Mimidae					
<i>Toxostoma rufum</i>	Tru	0,393371758	0,391930836	0,214697406	Middleton y Gatesy, 2000

Continúa

Apéndice D – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>CMC</b>	<b>Referencias</b>
Mimidae					
<i>Toxostoma rufum</i>	Tru	0,386913229	0,401137980	0,211948791	Nudds et al, 2013
Sturnidae					
<i>Gracula religiosa</i>	Gre	0,348013817	0,400690846	0,251295337	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Acridotheres tristis</i>	Atr	0,364300626	0,414405010	0,221294363	Nudds et al, 2013
Motacillidae					
<i>Motacilla flava</i>	Mfl	0,349693252	0,415132924	0,235173824	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Motacilla cinerea</i>	Mci	0,348837209	0,437984496	0,213178295	Nudds et al, 2013
<i>Motacilla alba</i>	Mal	0,348134991	0,420959147	0,230905861	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Motacilla alba</i>	Mal	0,347248577	0,425047438	0,227703985	Nudds et al, 2013
<i>Anthus pratensis</i>	Apr	0,349624060	0,428571429	0,221804511	Nudds et al, 2013
<i>Anthus correndera</i>	Aco	0,380497132	0,405353728	0,214149140	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
Bombycillidae					
<i>Bombycilla garrulus</i>	Bga	0,341013825	0,420890937	0,238095238	Nudds et al, 2013
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Bce	0,351443124	0,417657046	0,230899830	Middleton y Gatesy, 2000
<i>Bombycilla cedrorum</i>	Bce	0,344537815	0,426890756	0,228571429	Nudds et al, 2013
Calcaridae					
<i>Plectrophenax nivalis</i>	Pni	0,346349745	0,412563667	0,241086587	Nudds et al, 2013
Parulidae					
<i>Cardellina pusilla</i>	Cpu	0,348082596	0,436578171	0,215339233	Nudds et al, 2013
Cardinalidae					
<i>Piranga rubra</i>	Pru	0,356164384	0,433219178	0,210616438	Nudds et al, 2013
<i>Habia rubica</i>	Hru	0,381370826	0,407732865	0,210896309	Middleton y Gatesy, 2000; Nudds et al, 2013
<i>Cardinalis cardinalis</i>	C0c	0,379367720	0,424292845	0,196339434	Nudds et al, 2013
Icteridae					
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Aph	0,365291262	0,421116505	0,213592233	Nudds et al, 2013
Fringillidae					
<i>Chloris chloris</i>	Cch	0,356343284	0,427238806	0,216417910	Nudds et al, 2013
<i>Loxia curvirostra</i>	Lcu	0,342592593	0,425925926	0,231481481	Nudds et al, 2013
<i>Carduelis cannabina</i>	Cca	0,356394130	0,417190776	0,226415094	Nudds et al, 2013
Estrildidae					
<i>Amandava amandava</i>	Aam	0,384615385	0,412307692	0,203076923	Nudds et al, 2013
<i>Taeniopygia guttata</i>	Tgu	0,379501385	0,401662050	0,218836565	Nudds et al, 2013

**E**

---

**Longitudes (en proporción  
a la extensión ósea alar)  
para los segmentos del ala  
en Neognathae (Aves,  
Neornithes) (II)**



**Apéndice E: Longitudes (en proporción a la extensión ósea alar) para los segmentos del ala en Neognathae (Aves, Neornithes). Especies: 203. Ejemplares: 245.**

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>Referencias</b>
<b>ANSERIFORMES</b>					
<b>Anhimidae</b>					
<i>Chauna torquata</i>	Cto	0,34293959	0,380227993	0,276832417	NHM-S-1966-52-19
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,329564023	0,364557081	0,305878896	NHM-1954-3-3
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,33399951	0,380353607	0,285646883	NHM-1863-12-28-9
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,351531857	0,366889655	0,281578488	NHM-1891-7-20-95
<i>Chauna chavaria</i>	Cc1	0,349463638	0,371346354	0,279190008	NHM-1954-5-3
<b>Anatidae</b>					
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,346807232	0,330314084	0,322878684	NHM-1891-7-20-110
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,357569932	0,348855588	0,29357448	NHM-1852-7-22-1
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,359353858	0,351367784	0,289278357	NHM-1862-7-6-6
<i>Anseranas semipalmata</i>	Ase	0,355914959	0,350625215	0,293459827	NHM-S-1952-1-117
<i>Anser anser</i>	Aan	0,337831742	0,321611157	0,340557101	Wang et al., 2011
<i>Branta bernicla</i>	Bbe	0,344091112	0,31488082	0,341028069	Wang et al., 2011
<i>Branta leucopsis</i>	Ble	0,375651927	0,341695011	0,282653061	Wang et al., 2011
<i>Branta canadensis</i>	Bca	0,409352355	0,365330616	0,225317029	Wang et al., 2011
<i>Cygnus olor</i>	Col	0,364979316	0,332354592	0,302666092	Wang et al., 2011
<i>Aix galericulata</i>	Aga	0,403569372	0,333909039	0,262521589	Wang et al., 2011
<i>Anas penelope</i>	Ape	0,372279793	0,313082902	0,314637306	Wang et al., 2011
<i>Anas platyrhynchos</i>	Apl	0,393916784	0,325886587	0,280196629	Wang et al., 2011
<i>Anas clypeata</i>	Acl	0,392468619	0,3375	0,270031381	Wang et al., 2011
<i>Anas acuta</i>	Aac	0,342015855	0,297395243	0,360588901	Wang et al., 2011
<i>Anas crecca</i>	Acr	0,376356981	0,302322646	0,321320374	Wang et al., 2011
<i>Aythya ferina</i>	Afe	0,375472272	0,314283233	0,310244496	Wang et al., 2011
<i>Aythya fuligula</i>	Afu	0,374754939	0,338460765	0,286784296	Wang et al., 2011
<i>Somateria mollissima</i>	Smo	0,401926949	0,349187518	0,248885534	Wang et al., 2011
<i>Bucephala clangula</i>	Bcl	0,378155813	0,320078015	0,301766172	Wang et al., 2011
<i>Mergus serrator</i>	Mse	0,411414048	0,333040665	0,255545287	Wang et al., 2011
<b>GALLIFORMES</b>					
<b>Phasianidae</b>					
<i>Alectoris rufa</i>	Aru	0,370065106	0,34492312	0,285011774	Wang et al., 2011
<i>Perdix perdix</i>	Ppe	0,355446019	0,313411378	0,331142603	Wang et al., 2011
<i>Coturnix coturnix</i>	Cc2	0,400313445	0,33516176	0,264524796	Wang et al., 2011
<i>Pavo cristatus</i>	Pc1	0,430284908	0,362753662	0,20696143	Wang et al., 2011
<i>Tetrao urogallus</i>	Tur	0,372632441	0,356496801	0,270870757	Wang et al., 2011
<i>Tetrao tetrix</i>	Tte	0,367270954	0,349541244	0,283187802	Wang et al., 2011
<i>Lagopus lagopus</i>	Ll1	0,364440825	0,325407166	0,310152009	Wang et al., 2011
<i>Lagopus muta</i>	Lmu	0,397685669	0,353687238	0,248627092	Wang et al., 2011
<b>GAVIIFORMES</b>					
<b>Gaviidae</b>					
<i>Gavia stellata</i>	Gst	0,406078232	0,328311764	0,265610004	Wang et al., 2011
<i>Gavia immer</i>	Gim	0,431255203	0,3443427	0,224402097	Wang et al., 2011

Continúa

Apéndice E – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>Referencias</b>
<b>PODICIPEDIFORMES</b>					
Podicipedidae					
<i>Podiceps auritus</i>	Pau	0,432759293	0,37858775	0,188652957	Wang et al., 2011
<i>Podiceps grisegena</i>	Pgr	0,4265467	0,393423043	0,180030257	Wang et al., 2011
<i>Podiceps cristatus</i>	Pcr	0,396470113	0,375004587	0,2285253	Wang et al., 2011
<i>Podiceps nigricollis</i>	Pn1	0,423432183	0,38818668	0,188381138	Wang et al., 2011
<b>CICONIIFORMES</b>					
Ciconiidae					
<i>Ciconia nigra</i>	Cni	0,376684027	0,41704303	0,206272942	Wang et al., 2011
<i>Ciconia ciconia</i>	Cc3	0,33316619	0,384295241	0,282538568	Wang et al., 2011
<b>SULIFORMES</b>					
Phalacrocoracidae					
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Pca	0,365536018	0,394940442	0,239523539	Wang et al., 2011
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Par	0,391610631	0,427473583	0,180915786	Wang et al., 2011
<b>PELECANIFORMES</b>					
Pelecanidae					
<i>Pelecanus onocrotalus</i>	Pon	0,389128352	0,444204981	0,166666667	Wang et al., 2011
Ardeidae					
<i>Botaurus stellaris</i>	Bst	0,373671323	0,39840837	0,227920307	Wang et al., 2011
<i>Ardea cinerea</i>	Aci	0,346814821	0,407837003	0,245348176	Wang et al., 2011
<i>Ardea purpurea</i>	Apu	0,369948685	0,42535279	0,204698525	Wang et al., 2011
<i>Ardea alba</i>	Aa1	0,361857726	0,421526261	0,216616013	Wang et al., 2011
<i>Bubulcus ibis</i>	Bib	0,374457236	0,425765845	0,199776919	Wang et al., 2011
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Nny	0,361118589	0,402072957	0,236808453	Wang et al., 2011
Threskiornithidae					
<i>Plegadis falcinellus</i>	Pfa	0,374548374	0,40666399	0,218787635	Wang et al., 2011
<b>ACCIPITRIFORMES</b>					
Pandionidae					
<i>Pandion haliaetus</i>	Pha	0,320989278	0,405599772	0,27341095	Wang et al., 2011
Accipitridae					
<i>Gypaetus barbatus</i>	Gba	0,359541438	0,424106361	0,216352201	Wang et al., 2011
<i>Neophron percnopterus</i>	Npe	0,376459782	0,424222543	0,199317675	Wang et al., 2011
<i>Gyps fulvus</i>	Gfu	0,344002198	0,422348211	0,233649591	Wang et al., 2011
<i>Aquila chrysaetos</i>	Ach	0,372991653	0,434065601	0,192942746	Wang et al., 2011
<i>Circus aeruginosus</i>	Cae	0,314645793	0,381830271	0,303523936	Wang et al., 2011
<i>Circus cyaneus</i>	Ccy	0,334407707	0,378155217	0,287437077	Wang et al., 2011
<i>Circus pygargus</i>	Cpy	0,292282763	0,394571602	0,313145635	Wang et al., 2011
<i>Accipiter nisus</i>	Ani	0,316056166	0,38028083	0,303663004	Wang et al., 2011
<i>Accipiter gentilis</i>	Age	0,338738674	0,377714656	0,283546671	Wang et al., 2011
<i>Milvus milvus</i>	Mm1	0,327086973	0,374305225	0,298607803	Wang et al., 2011
<i>Milvus migrans</i>	Mmi	0,343288826	0,391924338	0,264786835	Wang et al., 2011
<i>Haliaeetus albicilla</i>	Hal	0,336023679	0,379888012	0,284088308	Wang et al., 2011
<i>Buteo lagopus</i>	Bla	0,33021406	0,38399228	0,28579366	Wang et al., 2011
<i>Buteo buteo</i>	Bb1	0,325476582	0,387203849	0,287319569	Wang et al., 2011
<b>OTIDIFORMES</b>					
Otididae					
<i>Otis tarda</i>	Ota	0,333525737	0,365713704	0,30076056	Wang et al., 2011

Continúa

Apéndice E – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>Referencias</b>
<b>GRUIFORMES</b>					
<b>Rallidae</b>					
<i>Crex crex</i>	Ccr	0,351351351	0,312751581	0,335897067	Wang et al., 2011
<i>Rallus aquaticus</i>	Raq	0,384226105	0,306693402	0,309080493	Wang et al., 2011
<i>Gallinula chloropus</i>	Gch	0,392351165	0,322365874	0,28528296	Wang et al., 2011
<i>Fulica atra</i>	Fat	0,374062787	0,323997485	0,301939728	Wang et al., 2011
<b>Gruidae</b>					
<i>Grus grus</i>	Ggr	0,340508454	0,370937762	0,288553783	Wang et al., 2011
<b>CHARADRIIFORMES</b>					
<b>Burhinidae</b>					
<i>Burhinus oedicnemus</i>	Boe	0,302064317	0,332537565	0,365398118	Wang et al., 2011
<b>Charadriidae</b>					
<i>Vanellus vanellus</i>	Vva	0,321474496	0,340934419	0,337591084	Wang et al., 2011
<i>Pluvialis squatarola</i>	Psq	0,403418149	0,323767617	0,272814234	Wang et al., 2011
<i>Pluvialis apricaria</i>	Pap	0,324748931	0,358655663	0,316595406	Wang et al., 2011
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chi	0,415492958	0,348384424	0,236122618	Wang et al., 2011
<b>Charadriidae</b>					
<i>Haematopus ostralegus</i>	Hos	0,32780083	0,34689689	0,32530228	Wang et al., 2011
<b>Anhimidae</b>					
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Rav	0,298066091	0,319001127	0,382932783	Wang et al., 2011
<b>Scolopacidae</b>					
<i>Tringa totanus</i>	Tt1	0,416925503	0,301667702	0,281406795	Wang et al., 2011
<i>Numenius arquata</i>	Nar	0,358069538	0,428126622	0,21380384	Wang et al., 2011
<i>Limosa limosa</i>	Lli	0,293513843	0,318592909	0,387893248	Wang et al., 2011
<i>Limosa lapponica</i>	Lla	0,349844695	0,386627432	0,263527873	Wang et al., 2011
<i>Arenaria interpres</i>	Ain	0,367783949	0,398391113	0,233824938	Wang et al., 2011
<i>Calidris canutus</i>	Cc4	0,324314307	0,338398814	0,337286879	Wang et al., 2011
<i>Calidris alpina</i>	Cal	0,308697583	0,345175411	0,346127006	Wang et al., 2011
<i>Lymnocyptes minimus</i>	Lmi	0,389314558	0,405052806	0,205632636	Wang et al., 2011
<i>Gallinago gallinago</i>	Gga	0,323273207	0,339947206	0,336779586	Wang et al., 2011
<i>Scolopax rusticola</i>	Sr1	0,305312158	0,338239321	0,356448521	Wang et al., 2011
<b>Laridae</b>					
<i>Rissa tridactyla</i>	Rtr	0,318408745	0,339113984	0,342477272	Wang et al., 2011
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Cri	0,320857179	0,370984586	0,308158236	Wang et al., 2011
<i>Larus canus</i>	Lca	0,320446039	0,353590308	0,325963653	Wang et al., 2011
<i>Larus argentatus</i>	Lar	0,341700942	0,38280483	0,275494228	Wang et al., 2011
<i>Larus marinus</i>	Lma	0,345218253	0,384138925	0,270642822	Wang et al., 2011
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Tsa	0,372095794	0,400274038	0,227630168	Wang et al., 2011
<b>Stercorariidae</b>					
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Spa	0,334323361	0,370180365	0,295496274	Wang et al., 2011
<b>Alcidae</b>					
<i>Alle alle</i>	Aal	0,406078121	0,327864268	0,266057612	Wang et al., 2011
<i>Uria aalge</i>	Uaa	0,299189938	0,312939672	0,38787039	Wang et al., 2011
<i>Alca torda</i>	Ato	0,4162247	0,319298625	0,264476675	Wang et al., 2011
<i>Cepphus grylle</i>	Cgr	0,312358144	0,337481412	0,350160445	Wang et al., 2011
<i>Fratercula arctica</i>	Far	0,326951279	0,368013687	0,305035033	Wang et al., 2011
<b>COLUMBIFORMES</b>					
<b>Columbidae</b>					
<i>Columba livia</i>	Cli	0,312115277	0,359121433	0,32876329	Wang et al., 2011

Continúa



Apéndice E – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	M	Referencias
Columbidae					
<i>Columba oenas</i>	Coe	0,320043767	0,348970799	0,330985434	Wang et al., 2011
<i>Columba palumbus</i>	Cpa	0,391779062	0,421180333	0,187040605	Wang et al., 2011
<i>Streptopelia turtur</i>	Stu	0,31871547	0,355145028	0,326139503	Wang et al., 2011
CUCULIFORMES					
Cuculidae					
<i>Cuculus canorus</i>	Cc5	0,306659464	0,339841037	0,353499498	Wang et al., 2011
STRIGIFORMES					
Tytonidae					
<i>Tyto alba</i>	Tal	0,365650479	0,405042538	0,229306983	Wang et al., 2011
Strigidae					
<i>Otus scops</i>	Osc	0,317521185	0,40908015	0,273398665	Wang et al., 2011
<i>Bubo bubo</i>	Bbu	0,347792546	0,405056316	0,247151138	Wang et al., 2011
<i>Bubo scandiacus</i>	Bsc	0,381418093	0,413202934	0,205378973	Wang et al., 2011
<i>Athene noctua</i>	Ano	0,326097443	0,420887603	0,253014954	Wang et al., 2011
<i>Strix aluco</i>	Sal	0,357732925	0,404658491	0,237608585	Wang et al., 2011
<i>Asio otus</i>	Aot	0,36311083	0,416132237	0,220756933	Wang et al., 2011
<i>Asio flammeus</i>	Afl	0,343485409	0,414015619	0,242498972	Wang et al., 2011
CAPRIMULGIFORMES					
Caprimulgidae					
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Ceu	0,270421324	0,347592433	0,381986242	Wang et al., 2011
APODIFORMES					
Apodidae					
<i>Apus apus</i>	Aap	0,204423708	0,312942803	0,482633489	Wang et al., 2011
Trochilidae					
<i>Glaucis hirsutus</i>	Ghi	0,182218884	0,21613662	0,601644496	COP-79321
<i>Phaethornis guy</i>	Pgu	0,185251527	0,210503053	0,60424542	COP-79206
<i>Phaethornis guy</i>	Pgu	0,190718185	0,208876207	0,600405608	COP-79322
<i>Phaethornis bourcierii</i>	Pbo	0,160392872	0,183873458	0,65573367	COP-78662
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,182018164	0,218038439	0,599943397	COP-77735
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,186753891	0,216924617	0,596321492	COP-78596
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,175351474	0,198124569	0,626523957	COP-78658
<i>Doryfera johannae</i>	Djo	0,205291537	0,192789093	0,60191937	COP-78659
<i>Colibri coruscans</i>	Cc6	0,193119801	0,211549955	0,595330244	EBRG-11274
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,182165803	0,19952869	0,618305507	EBRG-11264
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,186784205	0,201434965	0,61178083	EBRG-11265
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,190518392	0,203901684	0,605579924	EBRG-11266
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,185704169	0,199952791	0,61434304	EBRG-11268
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,174708224	0,215856208	0,609435568	EBRG-11269
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,192602356	0,201640521	0,605757123	EBRG-11270
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,188350479	0,195384382	0,616265138	EBRG-11271
<i>Polytmus milleri</i>	Pmi	0,184286564	0,196364834	0,619348602	EBRG-11267
<i>Chrysolampis mosquitus</i>	Cm1	0,186032259	0,202970362	0,610997379	COP-79204
<i>Coeligena coeligena</i>	Cc7	0,199509116	0,220688907	0,579801977	EBRG-414
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Hxa	0,189443296	0,224153037	0,586403666	COP-78513
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Hxa	0,185276498	0,23316897	0,581554532	COP-78546
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Hxa	0,191186613	0,223565284	0,585248103	COP-78545
<i>Heliodoxa xanthogonys</i>	Hxa	0,191755672	0,219691613	0,588552715	COP-78544
<i>Heliodoxa leadbeateri</i>	Hle	0,19403134	0,216655022	0,589313637	EBRG-413
<i>Sternoclyta cyanopectus</i>	Scy	0,198059242	0,215375709	0,586565049	EBRG-415

Continúa

Apéndice E – Continuación

Especies	Acrónimo	H	R	M	Referencias
Trochilidae					
<i>Chlorestes notata</i>	Cno	0,200045473	0,210024168	0,58993036	EBRG-752
<i>Campylopterus largipennis</i>	Cla	0,203087589	0,213424222	0,583488189	EBRG-768
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,208164833	0,212550283	0,579284884	COP-80531
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,214667331	0,217814049	0,56751862	COP-78687
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,199514871	0,211129564	0,589355565	COP-78687
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,201839721	0,211132274	0,587028006	EBRG-11282
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,206726327	0,213327784	0,57994589	EBRG-11283
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,211218783	0,206308728	0,582472489	EBRG-11284
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,20696923	0,21485991	0,57817086	EBRG-11285
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,200613742	0,20452401	0,594862248	EBRG-11286
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,207101197	0,20772366	0,585175142	EBRG-11287
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,205294569	0,197783272	0,596922159	EBRG-11288
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,197955913	0,202906699	0,599137389	EBRG-11289
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,199320209	0,200480627	0,600199164	EBRG-11290
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,170038442	0,179381043	0,650580515	EBRG-11291
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,194477397	0,202270363	0,60325224	EBRG-11292
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,198655685	0,203928808	0,597415507	EBRG-11293
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,190557886	0,20280964	0,606632474	EBRG-11294
<i>Campylopterus hyperythrus</i>	Chy	0,188033229	0,202894546	0,609072225	EBRG-11295
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,21137618	0,256807919	0,531815901	COP-78551
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,199399474	0,206682667	0,593917859	COP-78595
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,190538108	0,231226245	0,578235647	COP-78550
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,212303288	0,231165506	0,556531207	COP-78547
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,19648877	0,206547437	0,596963793	COP-78543
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,19678747	0,209735727	0,593476802	COP-78548
<i>Campylopterus duidae</i>	Cdu	0,19293882	0,20713009	0,599931089	COP-78549
<i>Chalybura buffonii</i>	Cbu	0,196644651	0,215755409	0,58759994	EBRG-744
<i>Thalaurania furcata</i>	Tfu	0,192411231	0,203946483	0,603642286	COP-78660
CORACIIFORMES					
Alcedinidae					
<i>Alcedo atthis</i>	Aat	0,362797404	0,424657534	0,212545061	Wang et al., 2011
Coraciidae					
<i>Coracias garrulus</i>	Cga	0,287760664	0,364074285	0,34816505	Wang et al., 2011
Upupidae					
<i>Upupa epops</i>	Uep	0,313813814	0,413475976	0,27271021	Wang et al., 2011
PICIFORMES					
Picidae					
<i>Jynx torquilla</i>	Jto	0,353785703	0,411818044	0,234396252	Wang et al., 2011
<i>Dendrocopos minor</i>	Dmi	0,270977387	0,394692581	0,334330032	Wang et al., 2011
<i>Dendrocopos major</i>	Dm1	0,296370968	0,427419355	0,276209677	Wang et al., 2011
<i>Dryocopus martius</i>	Dma	0,329268293	0,365853659	0,304878049	Wang et al., 2011
<i>Picus viridis</i>	Pvi	0,333306594	0,385689074	0,281004332	Wang et al., 2011
FALCONIFORMES					
Falconidae					
<i>Falco tinnunculus</i>	Fti	0,311938829	0,367317384	0,320743787	Wang et al., 2011
<i>Falco columbarius</i>	Fc1	0,312307187	0,353265507	0,334427306	Wang et al., 2011
<i>Falco subbuteo</i>	Fsu	0,309309477	0,352418228	0,338272295	Wang et al., 2011
<i>Falco peregrinus</i>	Fpe	0,309465546	0,362875483	0,327658971	Wang et al., 2011

Continúa

Apéndice E – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>Referencias</b>
<b>PASSERIFORMES</b>					
<b>Laniidae</b>					
<i>Lanius collurio</i>	Lco	0,296737939	0,406524123	0,296737939	Wang et al., 2011
<i>Lanius excubitor</i>	Lex	0,308224327	0,379491806	0,312283867	Wang et al., 2011
<i>Lanius senator</i>	Lse	0,289410964	0,390364317	0,320224719	Wang et al., 2011
<b>Oriolidae</b>					
<i>Oriolus oriolus</i>	Oor	0,312671099	0,397731717	0,289597184	Wang et al., 2011
<b>Corvidae</b>					
<i>Garrulus glandarius</i>	Ggl	0,319243754	0,361512492	0,319243754	Wang et al., 2011
<i>Pica pica</i>	Ppi	0,307628024	0,369097915	0,323274061	Wang et al., 2011
<i>Corvus monedula</i>	Cmo	0,332829047	0,376701967	0,290468986	Wang et al., 2011
<i>Corvus frugilegus</i>	Cfr	0,34622667	0,427373546	0,226399784	Wang et al., 2011
<i>Corvus corone</i>	Cc8	0,290835761	0,357158862	0,352005378	Wang et al., 2011
<b>Alaudidae</b>					
<i>Alauda arvensis</i>	Aar	0,315288221	0,383834586	0,300877193	Wang et al., 2011
<b>Hirundinidae</b>					
<i>Riparia riparia</i>	Rri	0,333044017	0,409423435	0,257532548	Wang et al., 2011
<i>Hirundo rustica</i>	Hru	0,317146	0,374823197	0,308030803	Wang et al., 2011
<i>Delichon urbicum</i>	Dur	0,254113656	0,3971162	0,348770144	Wang et al., 2011
<b>Paridae</b>					
<i>Periparus ater</i>	Pat	0,331972265	0,395300462	0,272727273	Wang et al., 2011
<i>Parus major</i>	Pma	0,347883164	0,395306859	0,256809977	Wang et al., 2011
<i>Parus montanus</i>	Pm1	0,322169059	0,377192982	0,300637959	Wang et al., 2011
<i>Cyanistes caeruleus</i>	Cc9	0,325439577	0,373920114	0,300640309	Wang et al., 2011
<b>Aegithalidae</b>					
<i>Aegithalos caudatus</i>	Aca	0,306834031	0,386331939	0,306834031	Wang et al., 2011
<b>Sittidae</b>					
<i>Sitta europaea</i>	Seu	0,314440862	0,378754454	0,306804684	Wang et al., 2011
<b>Tichodromidae</b>					
<i>Tichodroma muraria</i>	Tmu	0,294559929	0,381836945	0,323603125	Wang et al., 2011
<b>Certhiidae</b>					
<i>Certhia familiaris</i>	Cfa	0,276138971	0,376597837	0,347263192	Wang et al., 2011
<b>Troglodytidae</b>					
<i>Troglodytes aedon</i>	Tae	0,338817481	0,370694087	0,290488432	Wang et al., 2011
<b>Cinclidae</b>					
<i>Cinclus cinclus</i>	Cci	0,329923717	0,405166436	0,264909847	Wang et al., 2011
<b>Regulidae</b>					
<i>Regulus regulus</i>	Rre	0,324943264	0,410150609	0,264906128	Wang et al., 2011
<b>Acrocephalidae</b>					
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	As1	0,315357853	0,376988072	0,307654076	Wang et al., 2011
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Asc	0,272748057	0,385002286	0,342249657	Wang et al., 2011
<b>Sylviidae</b>					
<i>Sylvia atricapilla</i>	Sat	0,30314398	0,357449089	0,339406931	Wang et al., 2011
<i>Sylvia curruca</i>	Scu	0,347480106	0,419098143	0,233421751	Wang et al., 2011
<b>Muscicapidae</b>					
<i>Muscicapa striata</i>	Mst	0,320202808	0,390015601	0,289781591	Wang et al., 2011
<i>Erithacus rubecula</i>	Eru	0,317463106	0,417603654	0,26493324	Wang et al., 2011
<i>Luscinia megarhynchos</i>	Lme	0,306504221	0,391788181	0,301707598	Wang et al., 2011

Continúa

Apéndice E – Continuación

<b>Especies</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>H</b>	<b>R</b>	<b>M</b>	<b>Referencias</b>
<b>Muscicapidae</b>					
<i>Luscinia svecica</i>	Lsv	0,347945205	0,41369863	0,238356164	Wang et al., 2011
<i>Ficedula hypoleuca</i>	Fhy	0,298160697	0,420135528	0,281703775	Wang et al., 2011
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Pph	0,349614396	0,419023136	0,231362468	Wang et al., 2011
<i>Monticola solitarius</i>	Mso	0,307201057	0,374587095	0,318211848	Wang et al., 2011
<i>Saxicola rubetra</i>	Sru	0,308749798	0,36309235	0,328157852	Wang et al., 2011
<i>Saxicola torquatus</i>	Sto	0,326526643	0,367950214	0,305523143	Wang et al., 2011
<b>Turdidae</b>					
<i>Turdus torquatus</i>	Tto	0,281513375	0,373946501	0,344540125	Wang et al., 2011
<i>Turdus merula</i>	Tme	0,315907155	0,377235945	0,306856899	Wang et al., 2011
<i>Turdus pilaris</i>	Tpi	0,311021171	0,358862599	0,330116231	Wang et al., 2011
<i>Turdus iliacus</i>	Til	0,332872928	0,400301356	0,266825716	Wang et al., 2011
<i>Turdus philomelos</i>	Tph	0,306628571	0,353714286	0,339657143	Wang et al., 2011
<i>Turdus viscivorus</i>	Tvi	0,308451817	0,345774092	0,345774092	Wang et al., 2011
<b>Sturnidae</b>					
<i>Sturnus vulgaris</i>	Svu	0,300313615	0,364766951	0,334919433	Wang et al., 2011
<b>Prunellidae</b>					
<i>Prunella modularis</i>	Pm2	0,298029103	0,406336342	0,295634555	Wang et al., 2011
<b>Motacillidae</b>					
<i>Motacilla cinerea</i>	Mci	0,323455127	0,402424651	0,274120222	Wang et al., 2011
<i>Motacilla alba</i>	Mal	0,270859539	0,374947589	0,354192872	Wang et al., 2011
<i>Anthus pratensis</i>	Apr	0,293352866	0,382164439	0,324482695	Wang et al., 2011
<b>Bombycillidae</b>					
<i>Bombycilla garrulus</i>	Bga	0,325224925	0,397367544	0,277407531	Wang et al., 2011
<b>Calcariidae</b>					
<i>Plectrophenax nivalis</i>	Pni	0,341013825	0,420890937	0,238095238	Wang et al., 2011
<b>Emberizidae</b>					
<i>Emberiza citrinella</i>	Ec1	0,300240903	0,383288957	0,316470141	Wang et al., 2011
<i>Emberiza cirlus</i>	Eci	0,309247888	0,378272312	0,312479801	Wang et al., 2011
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Esc	0,269623915	0,410800386	0,319575699	Wang et al., 2011
<b>Fringillidae</b>					
<i>Fringilla coelebs</i>	Fco	0,271133832	0,398393281	0,330472887	Wang et al., 2011
<i>Fringilla montifringilla</i>	Fmo	0,299669967	0,370132013	0,33019802	Wang et al., 2011
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Ppy	0,328706625	0,386908517	0,284384858	Wang et al., 2011
<i>Chloris chloris</i>	Cch	0,316617806	0,370930412	0,312451782	Wang et al., 2011
<i>Loxia curvirostra</i>	Lcu	0,301630435	0,365409207	0,332960358	Wang et al., 2011
<i>Spinus spinus</i>	Ssp	0,313328681	0,359211445	0,327459874	Wang et al., 2011
<i>Carduelis carduelis</i>	Cco	0,312059238	0,346438646	0,341502116	Wang et al., 2011
<i>Carduelis cannabina</i>	Cca	0,327815207	0,404042348	0,268142445	Wang et al., 2011
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Cco	0,321877455	0,383346426	0,294776119	Wang et al., 2011
<b>Passeridae</b>					
<i>Passer domesticus</i>	Pdo	0,328931573	0,359943978	0,31112445	Wang et al., 2011
<i>Passer montanus</i>	Pmo	0,323208191	0,397098976	0,279692833	Wang et al., 2011

**F**



**Códigos completos para  
MATLAB® 2012A**



## Apéndice F: Códigos completos para MATLAB® 2012A

---

En esta sección se especifican los códigos elaborados para MATLAB® 2012A y que fueron empleados en este trabajo. La explicación de cada código y sus comentarios internos son detallados por sección.

### F.1. Código para análisis con simplex unidimensionales con métodos de agrupación.

El siguiente código, empleado en el apéndice D, se encuentra en el material suplementario de este trabajo con el nombre de `simplex1D.rar`, conteniendo el archivo `simplex1D.m` y la matriz de datos `SIMPLEX1d.mat`. Este código se divide en tres partes: (1) análisis preliminar de regresión lineal para la matriz de datos original, (2) conversión de los datos a coordenadas del simplex y (3) análisis de clúster. Una sección (4) adicional incluyen los archivos de salida (con los nombres de `01_1Dregression.jpeg`, `02_1Draw.jpeg`, `03_1Dfold.jpeg`, `04_1DfoldTOTAL.jpeg`, `05_1Dcluster.jpeg` y `06_1Ddendrogram.jpeg`).

```
%% (A) Limpieza del espacio de trabajo

clear all
close all
clc

%% (B) Cargar y convertir la base de datos

load SIMPLEX1D
X1 = data/100;
X2 = 1 - X1(:, 1);
X3 = ((X2*2) * -((sqrt(2))/2));

% Conversión de los datos para un Simplex unidimensional
% (x=0 indica ausencia de mano, x=1 indica ausencia de brazo+antebrazo)
X4 = (X3/-sqrt(2));

% Puntos de control para el diagrama
X5 = [0 0; 1 0];

% Inversión de datos (x=0 para ausencia de brazo+antebrazo, x=1 indica
% ausencia de mano)
X6 = ones(20,1);
```

```

X7 = X6 - X4;
X8 = [X7 zeros(20,1)];

% Borrar variables
clear X1
clear X2
clear X3
clear X4
clear X6

%% (1) Ajuste de regresión lineal

x = data(:,1)';
y = data(:,2)';
XC = [0 100];
YC = [100 0];

XX = [x XC];
YY = [y YC];

% Graficando la regresión
Figure1 = figure;

% Identificando el primer grupo de datos en rojo (vuelo batido)
plot(x(1:4), y(1:4), 'ro', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);
hold on;

% Identificando el segundo grupo de datos en azul (batido estático)
plot(x(5:8), y(5:8), 'b+', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el tercer grupo de datos en verde (planeo)
plot(x(9:12), y(9:12), 'g^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el cuarto grupo de datos en amarillo (planeo ascendente)
plot(x(13:16), y(13:16), 'y^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el quinto grupo de datos en negro (vuelo combinado)
plot(x(17:20), y(17:20), 'k^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Graficando los puntos de control
plot(XC, YC, 'k.', 'markersize', 1);

title('Figura 1: Correlación entre longitud del brazo-antebrazo (x_1^1) y
mano (x_2^1)');
xlabel('H+U (%)');
ylabel('Mano (%)');

% Encontrando los coeficientes del polinomio p(x) que se ajusta a los datos
p = polyfit(XX,YY,1);

% Calculando un nuevo vector r que se ajusta a los datos analizados
r = p(1) .* XX + p(2);

% Graficando la recta de regresión
plot(XX, YY, 'x');
plot(XX, r, 'k-', 'LineWidth', 2);
% Ajustar el sistema a una dimensión
axis([0 100 0 100])

```



```

% Añadir leyenda
legend({'Vuelo activo', 'Vuelo estático', 'Planeo', 'Planeo ascendente',
'Vuelo combinado'}, ...
      'Location', 'northEast');

hold off;

%% (2) Graficando el simplex unidimensional

% Graficar el primer grupo de datos en rojo (vuelo batido)

Figure2 = figure;
plot(X7(1:4), zeros(4,1), 'ro', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);
hold on;

% Graficar el segundo grupo de datos en azul (batido estacionario)
plot(X7(5:8), zeros(4,1), 'b+', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Graficar el tercer grupo de datos en verde (planeo)
plot(X7(9:12), zeros(4,1), 'g^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Graficar el cuarto grupo de datos en amarillo (planeo ascendente)
plot(X7(13:16), zeros(4,1), 'y^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Graficar el quinto grupo de datos en negro (vuelo combinado)
plot(X7(17:20), zeros(4,1), 'k^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Graficar los puntos de control
plot(X5(1:2)', zeros(2,1), 'k.', 'markersize', 1);

% Graficar el eje final
semilogy(X5(1:2)', zeros(2,1), 'k-');

% Ajustar el sistema a una dimensión
axis([0 1 0 0.1])

% Añadir título e identificación de los ejes
title('Figura 2: Simplex para Brazo+Antebrazo vs. Mano');
xlabel('H + U');
ylabel('CMC + F');

% Añadir información complementaria
legend({'Vuelo activo', 'Vuelo estático', 'Planeo', 'Planeo ascendente',
'Vuelo combinado'}, ...
      'Location', 'northEast');
hold off

%% (3) Análisis de Clúster

% Este análisis consta de tres partes: (3.1) Validación cruzada con los
% datos crudos, (3.2) Re-agrupamiento por k-means y (3.3) anidación de
% clústeres.

%% (3.1) Agrupación por K-means basado en distancias euclídeas al cuadrado

```

```

% Validación cruzada por k-means (v-fold) para determinar el número mínimo
de
% clústeres

for i=1:20
    idx_i = kmeans(X8,i,'dist','sqEuclidean','display','iter');
    silh_i = silhouette(X8,idx_i,'sqEuclidean');
    P_i(i) = mean (silh_i);
end

% Gráfico para una sola corrida

Figure3 = figure;
bar (1:20, P_i, 'EdgeColor', [49/255 67/255 98/255], 'linewidth', 2);
colormap ([177/255 188/255 209/255]);

hold on

axis([1 21 0.5 1.1])
set(gca,'XTick',1:1:20)

title('Figura 3: Validación por distancias k-means bajo diferentes números
de clústeres en un simplex unidimensional para Brazo+Antebrazo vs. Mano');
xlabel('Número de clústeres');
ylabel('Distancia promedio k-mean');

hold off

% Validación cruzada por k-means (v-fold) - 100 repeticiones

for j = 1:100
    for i=1:20
        idx_i = kmeans(X8,i,'dist','sqEuclidean','display','iter');
        silh_i = silhouette(X8,idx_i,'sqEuclidean');
        P_i(i,j) = mean (silh_i);
    end
end

% Escogiendo el número de Clúster

[min_val, position] = min(P_i(:,j));
NC_i = position;
NC_unq = unique (NC_i);
NC_count = histc(NC_i,NC_unq);
NC_relFreq = (NC_count/numel(NC_i)).*100;

% Gráfico resumen para 100 repeticiones

Figure4 = figure;
hist (NC_i)
hold on
axis ([1 21 0 max(NC_relFreq)+10])
set(gca,'XTick',1:1:20)
colormap summer;

title('Figura 4: porcentaje de selección de clústeres basado en 100
repeticiones para validación por distancias k-means');
xlabel('Número de clústeres');
ylabel('Porcentaje de aparición');

```

```

hold off

% Selección del número de clústeres basado en 100 réplicas

NC = mode(NC_i);

% Mejor agrupación para 100 Réplicas
opts = statset('Display','final');
[idx, ctrs] = kmeans(X8, NC, ...
    'Distance', 'sqEuclidean', ...
    'Replicates', 100, ...
    'Options', opts);

%% (3.2) Graficando los clústers en un simplex unidimensional

Figure5 = figure;

% Clúster #1
plot(X8(idx==1,1), X8(idx==1,2), 'g.', 'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 3)

hold on

% Clúster #2
plot(X8(idx==2,1), X8(idx==2,2), 'r.', 'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 3)

% Clúster #3
plot(X8(idx==3,1), X8(idx==3,2), 'b.', 'Color', 1/255*[148 0
211], 'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 3)

% Clúster #4
plot(X8(idx==4,1), X8(idx==4,2), 'c.', 'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 3)

% Clúster #5
plot(X8(idx==5,1), X8(idx==5,2), 'm.', 'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 3)

% Centroides
plot(ctrs(:,1), ctrs(:,2), 'kx', ...
    'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 2)
plot(ctrs(:,1), ctrs(:,2), 'ko', ...
    'MarkerSize', 20, 'LineWidth', 2)

% Añadir títulos e identificación de los ejes
title('Figura 5: Clústers en simplex para Brazo+Antebrazo vs. Mano');
xlabel('H + U');
ylabel('CMC + F');

% Añadir información complementaria
legend('Cluster 1', 'Cluster 2', 'Cluster 3', 'Cluster 4', 'Cluster
5', 'Centroides', ...
    'Location', 'northEast')

% Ajustar el sistema a una dimensión
axis([0 1 0 0.1])

hold off

%% (3.3) Agrupando los datos en un dendrograma, usando distancias euclídeas

```

```

ordinario

Figure6 = figure;

% Set links
C1 = linkage(X8,'centroid','euclidean');

% Set cluster
C2 = cluster(C1,'cutoff',NC);

% Set colors
color = C1(end-NC+2,3)-eps;

% Primeras 5 filas del clúster C1
C3 = C1(1:5,:);

% Identificando cada caso
C4 = crosstab (C2,species);

% Verificación de similitud entre el dendrograma y los datos reales, según
% Coeficiente de Correlación Cofenético (CCC)
C5 = pdist(X8);

C6 = cophenet(C1,C5)

if C6>0.85
    disp('El dendrograma preserva por encima del 85% la distancia entre los
casos provenientes de los datos crudos, según el Coeficiente de Correlación
Cofenético (CCC)')
else
    warning('El dendrograma no preserva las distancias entre los casos
provenientes de los datos crudos, según el Coeficiente de Correlación
Cofenético (CCC)')
end

% Graficar dendrograma
[H, T] = dendrogram (C1,0,'colorthreshold',color);

% Manejando los ejes
CAxis = get(H(1),'parent');

% Obteniendo la permutación de los nodos
Cperm = str2num(get(CAxis,'XtickLabel'));

% Identificando los casos
labels =
{'Cto','Cch','Ase','Ulo','Djo','Cco','Scy','Tfu','Ca2','Cau','Gca','Vgr','Pc
a','Aan','Con','Ido','Ca1','Asu','Cli','Hno'};
set(findall(Figure6,'type','text'),'fontSize',4,'fontname','arial')

% Crear los XTickLabels
set(CAxis,'XTickLabel',labels(Cperm))

% Añadiendo información sobre el dendrograma
hold on
set(H,'LineWidth',2)
if C6>0.85
    title('Figura 6: Árbol jerárquico generado con las distancias euclideas,
para un CCC>0.85');
end

```

```

else
    title('Figura 6: Árbol jerárquico generado con las distancias euclideas,
para un CCC<0.85');
end
xlabel('Especies');
ylabel('Distancia');
hold off

%% (4) Archivos de salida

print(Figure1, '-djpeg', '-r1000', '01_1Dregression')
print(Figure2, '-djpeg', '-r1000', '02_1Draw')
print(Figure3, '-djpeg', '-r1000', '03_1Dfold')
print(Figure4, '-djpeg', '-r1000', '04_1DfoldTOTAL')
print(Figure5, '-djpeg', '-r1000', '05_1Dcluster')
print(Figure6, '-djpeg', '-r1000', '06_1Ddendrogram')

```

## F.2. Código para análisis con simplex bidimensionales con métodos de agrupación.

La transformación de los datos a un diagrama ternario, al igual que su análisis descrito en el apéndice D, se encuentran en el material suplementario de este trabajo con el nombre de `simplex2D.rar`, conteniendo un total de 7 archivos: el código básico de análisis `simplex2D.m` y su matriz de datos `SIMPLEX2d.mat`, las funciones de transformación y formato `ternplot.m`, `ternlabel.m`, `terncoords.m`, `ternaxes.m` y `fractions.m`, modificadas de Sandroock (2002). El código base `simplex2D` se compone de las tres partes que se describen en la sección precedente, variando el nombre de los archivos de salida.

### F.2.1. `simplex2D.m`

```

%% (A) Limpieza del espacio de trabajo

clear all
close all
clc

%% (B) Cargar y convertir la base de datos

```

```

load SIMPLEX2D
X1 = (data/100)';

%% (1) Ajuste de regresión lineal

% Definir los tres vectores columna
x = X1 (1, :, :);
y = X1 (2, :, :);
z = X1 (3, :, :);

% Definir un vector columna de valor constante (1)
C = ones(size(x));

% Coeficientes para la ecuación del plano  $z = Xc*x + Yc*y + Cc$ 
COEF = [x y C]\z;

% Coeficiente para X, Y y el término independiente
Xc = COEF(1);
Yc = COEF(2);
Cc = COEF(3);

% Graficar los casos (los vectores x, y y z deben estar transpuestos)
Figure1 = figure;

% Identificando el primer grupo de datos en rojo (batido)
plot3(x(1:4)',y(1:4)',z(1:4)', 'ro', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);
hold on

% Identificando el segundo grupo de datos en azul (batido estático)
plot3(x(5:8)',y(5:8)',z(5:8)', 'b+', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el tercer grupo de datos en verde (planeo)
plot3(x(9:12)',y(9:12)',z(9:12)', 'g^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el cuarto grupo de datos en amarillo (planeo ascendente)
plot3(x(13:16)',y(13:16)',z(13:16)', 'y^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Identificando el quinto grupo de datos en negro (vuelo combinado)
plot3(x(17:20)',y(17:20)',z(17:20)', 'k^', 'markersize', 12, 'LineWidth', 2);

% Establecer rejilla en los ejes
grid on

% Ajustar escala de los ejes
axis([0 1 0 1 -1 1])
view(11,6);

% Generar una malla regular
[Xx, Yy] = meshgrid(0:0.1:1,0:0.1:1);
Zz = Xc * Xx + Yc * Yy + Cc;

% Dar color a la superficie del plano de regresión
plane = surf(Xx,Yy,Zz);
set(plane,'edgecolor','k','facecolor','interp')
colormap(bone)
alpha(.3)

```

```

% Datos de la figura
title(sprintf('Figura 1: Plano de regresión entre las fracciones de la
longitud del brazo (x), antebrazo (y) y mano (z), para
z=(%f)*x+(%f)*y+(%f)',round(Xc), round(Yc), round(Cc)))

xlabel('Húmero', 'horizontalalignment', 'center');
ylabel('Ulna', 'horizontalalignment', 'center');
zlabel('Mano', 'horizontalalignment', 'center');
legend({'Vuelo activo', 'Vuelo estático', 'Planeo', 'Planeo ascendente',
'Vuelo combinado'}, ...
'Location', 'northeast');

hold off;

%% (2) Graficando el simplex bidimensional

Figure2 = figure;
ternplot(X1(1:1,1:4), X1(2:2,1:4), X1(3:3,1:4), 'ro', 'markersize',
15,'LineWidth', 2);
hold on
ternplot(X1(1:1,5:8), X1(2:2,5:8), X1(3:3,5:8), 'b+', 'markersize',
15,'LineWidth', 2);
ternplot(X1(1:1,9:12), X1(2:2,9:12), X1(3:3,9:12), 'g^', 'markersize',
15,'LineWidth', 2);
ternplot(X1(1:1,13:16), X1(2:2,13:16), X1(3:3,13:16), 'y^', 'markersize',
15,'LineWidth', 2);
ternplot(X1(1:1,17:20), X1(2:2,17:20), X1(3:3,17:20), 'k^', 'markersize',
15,'LineWidth', 2);
ternlabel('Húmero', 'Ulna', 'Mano')
title('Figura 2: Diagrama ternario para datos de manos de 20 especies de
aves')
legend({'Vuelo activo', 'Vuelo estático', 'Planeo', 'Planeo ascendente',
'Vuelo combinado'}, ...
'Location', 'northEast')

set(findall(Figure2,'type','text'),'fontSize',10,'fontName','arial')

hold off

%% (3) Análisis de Clúster

% Este análisis consta de tres partes: (3.1) Validación cruzada con los
% datos crudos, (3.2) Re-agrupamiento por k-means y (3.3) anidación de
% clústeres.

%% (3.1) Agrupación por K-means basado en distancias euclídeas al cuadrado

% Validación cruzada por k-means (v-fold) para determinar el número mínimo
de
% clústeres

for i=1:20
    idx_i = kmeans(X1',i,'dist','sqEuclidean', 'display','iter');
    silh_i = silhouette(X1',idx_i,'sqEuclidean');

```

```

    P_i(i) = mean (silh_i);
end

% Gráfico para una sola corrida

Figure3 = figure;
bar (1:20, P_i, 'EdgeColor', [49/255 67/255 98/255], 'linewidth', 2);
colormap ([177/255 188/255 209/255]);

hold on

axis([1 21 0.5 1.1])
set(gca,'XTick',1:1:20)

title('Figura 3: Validación por distancias k-means bajo diferentes números
de clústeres en un diagrama ternario para Brazo vs. Antebrazo vs. Mano');
xlabel('Número de clústeres');
ylabel('Distancia promedio k-mean');

hold off

% Validación cruzada por k-means (v-fold) - 100 repeticiones

for j = 1:100
    for i=1:20
        idx_i = kmeans(X1',i,'dist','sqEuclidean', 'display','iter');
        silh_i = silhouette(X1',idx_i,'sqEuclidean');
        P_i(i,j) = mean (silh_i);
    end
end

% Escogiendo el número de Clúster

[min_val, position] = min(P_i(:,:));
NC_i = position;
NC_unq = unique (NC_i);
NC_count = histc(NC_i,NC_unq);
NC_relFreq = (NC_count/numel(NC_i)).*100;

% Gráfico resumen para 100 repeticiones

Figure4 = figure;
hist (NC_i)
hold on
axis ([1 21 0 max(NC_relFreq)+10])
set(gca,'XTick',1:1:20)
colormap summer;

title('Figura 4: porcentaje de selección de clústeres basado en 100
repeticiones para validación por distancias k-means');
xlabel('Número de clústeres');
ylabel('Porcentaje de aparición');

hold off

% Selección del número de clústeres basado en 100 réplicas

NC = mode (NC_i);

% Mejor agrupación para 100 Réplicas

```



```

opts = statset('Display','final');
[idx,ctrs] = kmeans(X1', NC,...
    'Distance','sqEuclidean',...
    'Replicates',100,...
    'Options',opts);

%% (3.2) Graficando los clústers en un simplex unidimensional

X2 = X1';

Figure5 = figure;

ternplot(X2(idx==1,1), X2(idx==1,2), X2(idx==1,3), '.', 'Color',1/255*[148 0
211], 'markersize', 35,'LineWidth', 2);

hold on
ternplot(X2(idx==2,1), X2(idx==2,2), X2(idx==2,3), 'm.', 'markersize',
35,'LineWidth', 2);
ternplot(X2(idx==3,1), X2(idx==3,2), X2(idx==3,3), 'c.', 'markersize',
35,'LineWidth', 2);
ternplot(X2(idx==4,1), X2(idx==4,2), X2(idx==4,3), 'g.', 'markersize',
35,'LineWidth', 2);
ternplot(X2(idx==5,1), X2(idx==5,2), X2(idx==5,3), 'r.', 'markersize',
35,'LineWidth', 2);

% Centroides
ternplot(ctrs(:,1),ctrs(:,2),ctrs(:,3),'kx',...
    'MarkerSize',12,'LineWidth',2)
ternplot(ctrs(:,1),ctrs(:,2),ctrs(:,3),'ko',...
    'MarkerSize',12,'LineWidth',2)

ternlabel('Húmero', 'Ulna', 'Mano')
title('Figura 5: Clústeres en simplex ternario para Brazo vs. Antebrazo vs.
Mano')
legend({'Cluster 1','Cluster 2','Cluster 3','Cluster 4','Cluster
5','Centroides'}, ...
    'Location', 'northEast')

set(findall(Figure2,'type','text'),'fontSize',10,'fontName','arial')

hold off

%% (3.3) Agrupando los datos en un dendrograma, usando distancias euclídeas
ordinario

Figure6 = figure;

% Set links
C1 = linkage(X2,'centroid','euclidean');

% Set cluster
C2 = cluster(C1,'cutoff',NC);

% Set colors
color = C1(end-NC+2,3)-eps;

```

```

% Primeras 5 filas del clúster C1
C3 = C1(1:5,:);

% Identificando cada caso
C4 = crosstab (C2,species);

% Verificación de similitud entre el dendrograma y los datos reales, según
% Coeficiente de Correlación Cofenético (CCC)
C5 = pdist(X2);

C6 = cophenet(C1,C5)

if C6>0.85
    disp('El dendrograma preserva por encima del 85% la distancia entre los
casos provenientes de los datos crudos, según el Coeficiente de Correlación
Cofenético (CCC)')
else
    warning('El dendrograma no preserva las distancias entre los casos
provenientes de los datos crudos, según el Coeficiente de Correlación
Cofenético (CCC)')
end

% Graficar dendrograma
[H, T] = dendrogram (C1,0,'colorthreshold',color);

% Manejando los ejes
CAxis = get(H(1),'parent');

% Obteniendo la permutación de los nodos
Cperm = str2num(get(CAxis,'XtickLabel'));

% Identificando los casos
labels =
{'Cto','Cch','Ase','Ulo','Djo','Cco','Scy','Tfu','Ca2','Cau','Gca','Vgr','Pc
a','Aan','Con','Ldo','Cal','Asu','Cli','Hno'};
set(findall(Figure6,'type','text'),'fontSize',4,'fontName','arial')

% Crear los XTickLabels
set(CAxis,'XTickLabel',labels(Cperm))

% Añadiendo información sobre el dendrograma
hold on
set(H,'LineWidth',2)
if C6>0.85
    title('Figura 6: Árbol jerárquico generado con las distancias euclideas,
para un CCC>0.85');
else
    title('Figura 6: Árbol jerárquico generado con las distancias euclideas,
para un CCC<0.85');
end
xlabel('Especies');
ylabel('Distancia');
hold off

%% (4) Archivos de salida

print(Figure1,'-djpeg','-r1000','01_2Dregression')
print(Figure2,'-djpeg','-r1000','02_2Draw')

```

```

print(Figure3, '-djpeg', '-r1000', '03_2Dfold')
print(Figure4, '-djpeg', '-r1000', '04_2DfoldTOTAL')
print(Figure5, '-djpeg', '-r1000', '05_2Dcluster')
print(Figure6, '-djpeg', '-r1000', '06_2Ddendrogram')

```

## F.2.2. ternplot.m

```

% Información

% TERNPLOT(A, B) grafica diagramas ternarios consistentes de tres variables:
% A, B y C. C se calcula como 1 - A - B.

% TERNPLOT(A, B, C) grafica diagramas ternarios consistentes de tres
% variables: A, B y C. Si los valores no son fracciones, son normalizados
% dividiéndolos entre el total.

% TERNPLOT(A, B, C, LINETYPE) grafica diagramas ternarios consistentes de
% tres
% variables, pero con características predefinidas por el usuario
% especificadas por LINETYPE (consultar PLOT para opciones).

function handles = ternplot(A, B, C, varargin)

majors = 5;

if nargin < 3
    C = 1 - (A+B);
end;

[fA, fB, fC] = fractions(A, B, C);

[x, y] = terncoords(fA, fB, fC);

% Ordenar en (x) los puntos del conjunto de datos
[x, i] = sort(x);

y = y(i);

% Establecer los ejes del diagrama
[hold_state, cax, next] = ternaxes(majors);

% Graficar los datos
q = plot(x, y, varargin{:});
if nargout > 0
    hpol = q;
end

if ~hold_state
    set(gca, 'dataaspectratio', [1 1 1]), axis off; set(cax, 'NextPlot', next);
end

```

### F.2.3. ternlabel.m

```
% Información:
% TERNLABEL('ALABEL', 'BLABEL', 'CLABEL') identifica los diagramas ternarios
% creados mediante el uso de TERNPLOT
% H = TERNLABEL('ALABEL', 'BLABEL', 'CLABEL') habilita el manejo del texto
% sobre los diagramas ternarios

function h = ternlabel(A, B, C)

r(1) = text(0.5, -0.05, A, 'horizontalalignment', 'center');

r(2) = text(1-0.45*sin(deg2rad(30)), 0.5, B, 'rotation', -60,
'horizontalalignment', 'center');

r(3) = text(0.45*sin(deg2rad(30)), 0.5, C, 'rotation', 60,
'horizontalalignment', 'center');

if nargin > 0
    h = r;
end;
```

### F.2.4. terncoords.m

```
% Información:
% TERNCOORDS calcula las coordenadas rectangular de fracciones de un
% diagrama ternario.
% [X, Y] = TERNCOORDS(FA, FB) devuelve las coordenadas rectagualres X e Y
% para el punto en el cual una fracción se encuentra definida por FA y FB.
% Se asume que FA y FB son fracciones sensibles.
% [X, Y] = TERNCOORDS(FA, FB, FC) devuelve lo mismo. FC se asume como la
% variable composicional de cierre, la cual se calcula como la unidad
% sustraída de FA y FB.

function [x, y] = terncoords(fA, fB, fC)

if nargin < 3
    fC = 1 - (fA + fB);
end

y = fB*sin(deg2rad(60));
x = fA + y*cot(deg2rad(60));
```

## F.2.5. ternaxes.m

```
% Información

% TERNAXES crea los ejes de un diagrama ternario.

% HOLD_STATE = TERNAXES(MAJORS) crea los ejes de un diagrama ternario
% usando las características predefinidas del sistema y con mayor grosor.

function [hold_state, cax, next] = ternaxes(majors)

% Obteniendo una mejor vía de compensación de las etiquetas
xoffset = 0.04;
yoffset = 0.02;

% Manteniendo las condiciones
cax = newplot;
next = lower(get(cax, 'NextPlot'));
hold_state = ishold;

% Igualando los colores entre el texto y la rejilla
tc = get(cax, 'xcolor');
ls = get(cax, 'gridlinestyle');

% Manteniendo las características predefinidas del texto, borrándolas en
% los atributos de los ejes.
fAngle = get(cax, 'DefaultTextFontAngle');
fName = get(cax, 'DefaultTextFontName');
fSize = get(cax, 'DefaultTextFontSize');
fWeight = get(cax, 'DefaultTextFontWeight');
fUnits = get(cax, 'DefaultTextUnits');

set(cax, 'DefaultTextFontAngle', get(cax, 'FontAngle'), ...
    'DefaultTextFontName', get(cax, 'FontName'), ...
    'DefaultTextFontSize', get(cax, 'FontSize'), ...
    'DefaultTextFontWeight', get(cax, 'FontWeight'), ...
    'DefaultTextUnits', 'data')

% Sólo las rejillas se mantienen
if ~hold_state
    % Graficar las líneas guías
    hold on;
    plot ([0 1 0.5 0],[0 0 sin(1/3*pi) 0], 'color', tc, 'linewidth',1,...
        'handlevisibility','off');
    set(gca, 'visible', 'off');

    % Graficar el fondo (de ser necesario)
    if ~isstr(get(cax, 'color')),
        patch('xdata', [0 1 0.5 0], 'ydata', [0 0 sin(1/3*pi) 0], ...
            'edgecolor',tc,'facecolor',get(gca, 'color'),...
            'handlevisibility','off');
    end

    % Etiquetas generales
    majorticks = linspace(0, 1, majors + 1);
    majorticks = majorticks(1:end-1);
    labels = num2str(majorticks'*100);
```

```

% Representa composición cero
zerocomp = zeros(size(majorticks));

% Graficar las etiquetas de la derecha (no c - sólo b a)
[lxc, lyc] = terncoords(1-majorticks, majorticks, zerocomp);
text(lxc, lyc, [repmat(' ', length(labels), 1) labels]);

% Graficar las etiquetas de abajo (no b - sólo a c) - fB = 1-fA
[lxb, lyb] = terncoords(majorticks, zerocomp, 1-majorticks);
text(lxb, lyb, labels, 'VerticalAlignment', 'Top');

% Graficar las etiquetas de la izquierda (no a, sólo c b)
[lxa, lya] = terncoords(zerocomp, 1-majorticks, majorticks);
text(lxa-xoffset, lya, labels);

nlabels = length(labels)-1;
for i = 1:nlabels
    plot([lxa(i+1) lxb(nlabels - i + 2)], [lya(i+1) lyb(nlabels - i +
2)], ls, 'color', tc, 'linewidth',1,...
        'handlevisibility','off');
    plot([lxb(i+1) lxc(nlabels - i + 2)], [lyb(i+1) lyc(nlabels - i +
2)], ls, 'color', tc, 'linewidth',1,...
        'handlevisibility','off');
    plot([lxc(i+1) lxa(nlabels - i + 2)], [lyc(i+1) lya(nlabels - i +
2)], ls, 'color', tc, 'linewidth',1,...
        'handlevisibility','off');
end;
end;

% Borrar las características predefinidas
set(cax, 'DefaultTextFontAngle', fAngle , ...
    'DefaultTextFontName', fName , ...
    'DefaultTextFontSize', fSize, ...
    'DefaultTextFontWeight', fWeight, ...
    'DefaultTextUnits', fUnits );

```

#### F.2.6. fractions.m

```

% Información

% FRACTIONS normaliza los datos para un ternario

% [fA, fB, fC] = FRACTIONS(A, B, C) calcula los valores fraccionales
% para normalizar los datos originales

function [fA, fB, fC] = fractions(A, B, C)
Total = (A+B+C);
fA = A./Total;
fB = B./Total;
fC = 1-(fA+fB);

```

### F.3. Código para determinar regiones de confianza en distribuciones de datos composicionales, basados en el método de $T^2$ de Hotelling para diagramas ternarios.

Este análisis sucede al código `simplex2D.m`, incluido en la carpeta comprimida `simplexT2.rar`, así como la matriz de datos `SIMPLEX2d.mat`, las funciones de transformación y formato `ternplot.m`, `ternlabel.m`, `terncoords.m` y `ternaxes.m`, modificadas de Sandrock (2002), y las funciones `comp_conf.m`, `alr.m` y `alrinv.m`, modificadas de Heslop (2009). A continuación se describen estos códigos, así como el comando adicional para calcular y graficar las distribuciones, incluido en `simplex2D.m`.

#### F.3.1. Regiones de confianza en `simplex2D.m`

```
...  
%% (4) Regiones de confianza para datos composicionales, mediante la  
distribución  $T^2$  de Hotelling  
  
Figure7 = figure;  
ternplot(x,y,z, '.b ' )  
  
hold on  
  
ternlabel('Húmero', 'Ulna', 'Mano')  
  
X=[x,y,z]  
Xc=comp_conf(X,0.99)  
Mc=Xc(:,1);  
Fc=Xc(:,2);  
Ac=Xc(:,3);  
ternplot(Mc,Fc,Ac, 'b')  
  
X=[x,y,z]  
Xc=comp_conf(X,0.95)  
Mc=Xc(:,1);  
Fc=Xc(:,2);  
Ac=Xc(:,3);  
ternplot(Mc,Fc,Ac, 'r')  
  
X=[x,y,z]  
Xc=comp_conf(X,0.9)  
Mc=Xc(:,1);  
Fc=Xc(:,2);  
Ac=Xc(:,3);  
ternplot(Mc,Fc,Ac, 'c')  
  
title('Figura 7: Regiones de confianza para datos composicionales')
```

```

set(findall(Figure2,'type','text'),'fontSize',10,'fontName','arial')

hold off

print(Figure7,'-djpeg','-r1000','07_2DConfidenceRegions')

```

### F.3.2. comp\_conf.m

```

% Información:

% COMP_CONF calcula los intervalos de confianza de la distribución de un
% conjunto de datos de acuerdo a la distribución T-cuadrado de Hotelling.

function Xc=comp_conf(X,c)

Xt=alr(X);

n=size(Xt,1);
k=n+1;
m=2;
alpha=1-c;
hk=k.*m.*(n-1)./(n.*(n-m)).*finv(1-alpha,m,n-m);

S=cov(Xt);
[V,D] = eig(S);

w1=sqrt(V(1,1).^2.*S(1,1)+2.*V(1,1).*V(2,1).*S(1,2)+V(2,1).^2.*S(2,2));
w2=sqrt(V(2,1).^2.*S(1,1)-2.*V(1,1).*V(2,1).*S(1,2)+V(1,1).^2.*S(2,2));

for i=1:1:200
    beta=i.*pi./100;
    g1(i)=w1.*sqrt(hk).*cos(beta);
    g2(i)=w2.*sqrt(hk).*sin(beta);
end

Y=(V*[g1;g2])'+ones(200,1)*mean(Xt);
Xc=alrinv(Y);
Xc=[Xc;Xc(1,:)];

```

### F.3.3. alr.m

```

% Información:

% ALR calcula los logaritmos previo a obtener la distribución T-cuadrado de
% Hotelling.

function xt=alr(x)

[r,c]=size(x);

```



```
xt=log(x(:,1:end-1)./(x(:,end))*ones(1,c-1));
```

#### F.3.4. alrinv.m

```
% Información:  
% ALRINV determina los exponenciales previo a obtener la distribución T-  
% cuadrado de Hotelling.  
  
function xi=alrinv(xt)  
  
[r,c]=size(xt);  
xi=zeros(r,c+1);  
xi(:,1:c)=exp(xt)./(sum(exp(xt),2)+1)*ones(1,c);  
xi(:,c+1)=1./sum(exp(xt),2)+1;
```