

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**Instituto de Zoología**  
**Facultad de Ciencias**

**ESTUDIO DE LOS TIPOS DE VUELO DEL AGUILUCHO COMÚN (*Buteo polyosoma*) DURANTE EL PERÍODO ESTIVAL EN NEVADOS DE CHILLÁN, CENTRO-SUR DE CHILE.**

Memoria de Título presentada como  
parte de los requisitos para optar al  
TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO.

**VARIA DELLACASA MUÑOZ**

**VALDIVIA-CHILE**

**2005**

**PROFESOR PATROCINANTE:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Roberto Schlatter V.**

**PROFESORES COLABORADORES:**

\_\_\_\_\_  
**Sergio Alvarado O.**

\_\_\_\_\_  
**Ricardo Figueroa R.**

**PROFESORES CALIFICADORES:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Jorge Ulloa H.**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Roberto Ihl B.**

**FECHA DE APROBACIÓN:** 28 de Octubre de 2005

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
RESULTADOS .....	12
DISCUSIÓN .....	26
BIBLIOGRAFÍA .....	34
ANEXOS .....	41
AGRADECIMIENTOS .....	49

A la entrañable belleza de  
los seres sencillos del planeta

## 1. RESUMEN

Durante el período estival 2003-2004 se estudió la conducta de vuelo del aguilucho común (*Buteo polyosoma*) en Nevados de Chillán, centro sur de Chile. Fueron definidos y descritos los 8 tipos de vuelo más representativos para la especie. Con relación a la frecuencia de avistamientos y tiempo total de observación, el período de mayor actividad de vuelo fue en la tarde, posiblemente debido a mejores condiciones ambientales (corrientes ascendentes). Los tipos de vuelo más frecuentes y con mayor tiempo total fueron los vuelos de inspección y poco demandantes de energía. Así, el tipo de vuelo más frecuente de observar fue el vuelo planeado rectilíneo (VPR), seguido por el vuelo estacionario sin batido de alas (VESBA) y el vuelo circular ascendente (VCA). El vuelo que presentó más tiempo total fue el VPR, seguido por el VCA y el VESBA. Con relación al modo de vuelo que más tiempo promedio duró fue el VCA, seguido por el VESBA y el vuelo batido rectilíneo (VBR).

**Palabras clave:** Aguilucho común, conducta de vuelo, Nevados de Chillán, corrientes ascendentes

## 2. SUMMARY

### **Study of the flight types of the Red-backed hawk (*Buteo polyosoma*) during the summer period in Nevados de Chillan, central south of Chile**

During the summer period 2003-2004 the flight behavior of the Red-backed hawk (*Buteo polyosoma*) was studied on the Nevados de Chillan area, in the central-south of Chile. The eight most representative flight types were defined and described. On the basis of sighting frequency and total time of observation, the daily period with higher flying activity was the afternoon. Possibly, this was due to better environmental conditions (i.e., ascendant air currents/updrafts). The most frequent flight types and for which most time was allocated were those dedicated to surveying and least energy demanding. The most observed flight type was the straight gliding (VPR), followed by the stationary flight without wing beating (VESBA) and thermal soaring (VCA). The flight types that most time consumed were the VPR followed by the VCA and VESBA. The flight modes that lasted longer on average were VCA, followed by the VESBA and the straight flapping flight (VBR).

**Key words:** Red-backed hawk, flight behavior, Nevados de Chillan, ascendant air currents

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. ASPECTOS GENERALES

El vuelo es una capacidad adaptativa que poseen las aves para la obtención y transporte de alimento, búsqueda de pareja y el traslado hacia hábitat más favorables (e. g., movimientos migratorios) (Campbell y Lack 1985, Edelstam 2001). La capacidad de vuelo la logran las aves gracias a diferentes adaptaciones como la presencia de plumas, una masa corporal centrada en la línea media, cuerpo ligero y liviano, fusión de huesos y presencia de huesos neumáticos (Proctor y Lynch 1998). Dichas características del ave dependen de una serie de factores ambientales y morfológicos tales como la viscosidad de la masa de aire (determinada por la fricción del cuerpo con el aire), el peso corporal y la carga alar (que es la relación entre el peso corporal por superficie de alas), el diseño y modificación de la superficie del ave al volar (dada por la superficie alar, que es la cantidad de ala disponible para generar sustentación) y el método de obtención de fuerza para el vuelo (utilizando corrientes termales, advecciones orográficas y el poder mecánico/energético de los músculos pectorales) (Brown y Amadon 1968, Campbell y Lack 1985).

Dentro del grupo de las aves voladoras, las aves rapaces exhiben las formas de vuelo más diversas y espectaculares que se puedan observar, debido a que, en gran medida, su sobrevivencia depende de la habilidad en el vuelo (Brown y Amadon 1968, Muñoz-Pedrerros y Ruiz 2004).

Las aves rapaces son beneficiosas para los seres humanos debido a que muchas especies consumen una gran proporción de animales dañinos para la agricultura o de importancia zoonótica (Belloq 1987, 1990, Figueroa y col 2003). El rol de las aves rapaces en el mantenimiento del equilibrio natural es fundamental, ya que a través del efecto selectivo sobre sus presas eliminan individuos enfermos y débiles, manteniendo la salud de las poblaciones que constituyen sus potenciales presas (Begon y col 1999). Sin embargo, muchas de estas aves presentan características ecológicas que las hacen sensibles a los cambios ambientales. Sus densidades poblacionales y tasas reproductivas bajas, ámbitos de hogar extensos y su condición de depredadores tope (i.e., ocupan la parte más alta de las cadenas tróficas), hace que este grupo de aves esté entre los taxa más vulnerables a la disminución poblacional en el actual paisaje fragmentado y hábitat aislados (Bonney y col 1981, Wilcove y col 1986). Las perturbaciones de origen humano como la sustitución y fragmentación de los hábitats originales puede afectar la disponibilidad de ambiente, alimento, pareja y sitios de anidamiento (Millsap y col 1987, Howard y Postovit 1987, Hockin y col 1992). De esta manera, las aves rapaces pueden actuar como indicadores ecológicos frente a los cambios que puedan ocasionarse a los ecosistemas naturales (Temple 1990).

La preferencia que un ave demuestra por su alimento depende de un gusto instintivo (expresado en un tipo de adaptación fisiológica y física para procurárselo) (Barruel 1959). Las maneras de cazar de las aves rapaces son características de su morfometría y hábitat donde viven (Barruel 1959). De acuerdo a Fox (1977), según su método de caza, las aves rapaces se clasifican en:

- ❖ *Buscadoras*: permanecen mayor cantidad de tiempo en busca de pequeñas y numerosas presas tales como insectos o roedores, relativamente fáciles de capturar. Generalmente poseen mayor éxito de captura.
- ❖ *Atacadoras*: depredan animales relativamente grandes, menos numerosos y más ágiles. Permanecen menor tiempo buscando y su ataque, en general, es complejo, demandante de energía y, en ocasiones, prolongado (Fox 1977, Cade 1982), obteniendo menor éxito de captura, con relación a las “buscadoras” (Fox 1977).

Los dos conceptos anteriores concuerdan con la opinión de otros autores (Pianka 1966, Schoener 1971, Jaksic y Carothers 1985), quienes indican que las aves rapaces presentan dicotomía en sus modos de caza. De esta manera, estos depredadores han sido agrupados en aquellos que utilizan la búsqueda activa y aquellos que utilizan un modo sedentario para capturar sus presas.

El éxito de caza en aves rapaces (porcentaje de las presas capturadas del total de los intentos de caza observados), varía ampliamente de acuerdo con las especies (Toland 1986). Aquellas especies que consumen de manera preferente presas relativamente pequeñas y más fáciles de capturar (invertebrados, reptiles y roedores) poseen tasas de éxito altas. Este éxito de captura puede ser determinado por la época del año, clima, hábitat, disponibilidad de presas (Brown 1977, Newton 1979, Cade 1982), características del depredador (edad, sexo y especie) y tipo de presa capturada (Brown y Amadon 1968). Aunque algunos autores plantean que el método de caza usado más frecuentemente por las aves rapaces es el que les produce mayor éxito de captura (Collopy 1983, Shrubbs 1982, Rudolph 1982) Wakeley (1978a) afirma que no está relacionado con el éxito de caza ni con la tasa de captura (individuos capturados por unidad de tiempo), si no que más bien con el número de capturas por unidad de energía consumida.

Dentro de las especies que realizan búsqueda activa, al menos cuatro técnicas de vuelo, pueden ser reconocidas (Jaksic 1985):

- ❖ Vuelo Estacionario (*hovering*): tomando o no ventaja de las condiciones del viento. Es una forma especializada de vuelo de aleteo, ya que se mantiene estacionario en el aire, pero bate rápidamente las alas con la cola hacia abajo (Goodall y col 1951)
- ❖ Vuelo Crucero o de Patrullaje (*cruising*): vuelo de alta velocidad, pero de mediana a baja altura, con un deliberado batido de alas (Jaksic y col 1987, Jiménez y Jaksic 1989)

- ❖ Vuelo Zigzagueado (*quartering*): a baja velocidad y a baja altura. Describe un zig-zag o serpenteo al avanzar el ave (Jaksic 1985)
- ❖ Vuelo Planeado (*soaring*): a baja velocidad y de gran altura, haciendo uso de las corrientes termales o de las generadas por las obstrucciones de aire. De esta manera se mantiene en vuelo sin tener que batir las alas (Barruel 1959, Brown y Amadon 1968)

De acuerdo a Araya y col (1995), en Chile existirían treinta y dos especies de aves rapaces, incluyendo 25 Falconiformes y 7 Strigiformes (Jaksic 1997). Sin embargo, el número de Falconiformes podría alcanzar a 27 especies (Marín 2000, Torres-Mura 2004).

Dentro de las Falconiformes se encuentra el aguilucho común (*Buteo polyosoma*), la cual es una especie de distribución neotropical (5° N a 55-56° S; Edelstam 2001), exclusiva de Sudamérica (Brown y Amadon 1968) (mayor información ver Anexo 1.1). Es localmente común en algunos sectores de Chile (Jiménez 1995, Jaksic y col 2001) (ver Anexo 1.2 para mayor información). Históricamente, ha habido confusiones con respecto a su clasificación taxonómica (ver Anexo 1.3 para mayor información), debido a que es una especie que presenta variaciones ontogénicas y de color (Jiménez 1995). Se describe como un ave rapaz de tamaño mediano, con un largo total de 45 a 53 cm en los machos y de 48,5 a 63 cm en las hembras; con una longitud alar de 35-45 cm. El peso de los adultos puede alcanzar entre 690 y 1.134 gr en los machos y entre 876 a 1.417 gr en las hembras (Vaurie 1962, Brown y Amadon 1968) (ver Anexo 1.4 para mayor información). Es considerado parcialmente migratorio (Kerlinger 1989, Jiménez 1995, Couve y Vidal 2003); es decir, algunos miembros de la población se desplazan entre zonas reproductivas y no reproductivas, mientras que otros permanecen como residentes (Kerlinger 1989, Fjeldsa y Krabbe 1990, Cabot y Serrano 1988, Edelstam 2001) (ver Anexo 1.5 para mayor información). Es una especie monógama, que comienza su período reproductivo a inicios de la primavera (Barros 1962, Jiménez 1995), momento en el cual se separan los grupos invernales, y se forman las parejas (Housse 1945) (ver Anexo 1.6 para mayor información). Se alimenta de un amplio espectro de presas, tales como pequeños mamíferos, aves, reptiles, anfibios e invertebrados (Goodall y col 1951, Schlatter y col 1980, del Hoyo y col 1994, Jiménez 1995, Figueroa y col 2003), destacándose en Chile principalmente el consumo de roedores (Jiménez 1995, Figueroa y col 2003) (ver Anexo 1.7 para mayor información).

Jiménez y Jaksic (1991) realizaron un estudio de la ecología conductual del aguilucho común, describiendo cuantitativamente los patrones de vuelo y ritmos de actividad en Chile central. Por medio del presente estudio se podrá hacer una comparación en varios aspectos relacionados con el vuelo entre estas dos zonas de observación. Para esto, se plantea la siguiente hipótesis:

**Hipótesis nula:** En los diferentes tipos de vuelo que el aguilucho común despliega durante el día invierte igual tiempo de duración promedio.

**Hipótesis alterna:** En los diferentes tipos de vuelo que el aguilucho común despliega durante el día invierte distinto tiempo de duración promedio.

### 3.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los distintos tipos de vuelos realizados por el aguilucho común (*B. polyosoma*) durante el día, en el período estival en *Los Nevados de Chillán*, VIII región.

### 3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Describir los distintos modos de vuelo utilizados por el aguilucho común (*B. polyosoma*)
- ❖ Cuantificar el tiempo y la frecuencia invertida en cada tipo de vuelo utilizado por el aguilucho común (*B. polyosoma*)
- ❖ Cuantificar el tiempo promedio invertido por cada tipo de vuelo utilizado por el aguilucho común (*B. polyosoma*)

### 3.4. PROYECCIONES

Este estudio intenta generar las bases para profundizar hacia un mayor conocimiento de la historia natural y ecología del aguilucho común. Aquí se aporta información original que puede ser integrada a otros estudios de la especie, como los relacionados a la conducta de caza, o a la evaluación de los costos energéticos de los diversos tipos de vuelos, entre otros. Además, la información generada puede ser utilizada como punto de partida para futuros trabajos relacionados con aspectos conductuales o poblacionales y su impacto sobre sus presas o a nivel de la comunidad local. Los resultados obtenidos permitirán generar una base de datos para comprobar si los patrones conductuales descritos en estudios previos se cumplen en otras áreas geográficas. Este estudio podría generar nuevas hipótesis, lo que daría lugar a nuevas investigaciones. Por ejemplo, para estudios de dieta, relacionando los tipos de vuelo del aguilucho con la incidencia de determinados ítems presa en la dieta y su abundancia a nivel local. También se podrían estudiar los costos metabólicos de los tipos de vuelo y su correspondiente éxito en la captura de presas. Por otro lado, el saber qué tipos de vuelo son los más representativos para el aguilucho común y qué horarios del día son los de mayor actividad de vuelo puede ser un importante aporte para el proceso de rehabilitación de aguiluchos, debido a que el mayor entendimiento de cómo el ave vive y caza en su hábitat natural es crucial para poder tomar acertadas decisiones en este ámbito. De esta manera, se podrá hacer un pronóstico más certero respecto de si el daño que tiene el ave es recuperable como para reinsertarlo en su hábitat natural o será invalidante de por vida.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza los Huemules del Niblinto (ver Anexo 2; de aquí en adelante será mencionada como Niblinto; 36° 45' S, 71° 30' O). Niblinto es un área protegida público-privada (10.000 ha) administrada conjuntamente por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Comité pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF). Esta área protegida forma parte de Los Nevados de Chillán (Provincia de Ñuble, región del Bío-Bío) el cual es considerado una zona de protección cordillerana y un sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad en Chile (Muñoz y col 1996) y representa el límite norte del bosque templado austral y de la ecorregión patagónica.

#### 4.1.1. Características abióticas

La topografía del área es abrupta (800-2.200 m de elevación) e incluye valles, mesetas de altura y numerosos cordones montañosos con pendientes de más de 45° atravesados por quebradas profundas que drenan agua durante el invierno y primavera.

El clima es de tipo mediterráneo templado cálido, con una temperatura media anual entre los 14°-16° C, pero con una gran fluctuación entre la estación seca (20° a 30° C) y la estación lluviosa (0 a 10° C) (di Castri y Hajek 1976).

#### 4.1.2. Componentes bióticos

En el contexto biogeográfico, Nevados de Chillán se ubica en una zona de transición desde el punto de vista del clima, flora y fauna, debido a que recibe influencia por un lado de la zona norte y central, y de la zona sur por otro. Constituye el límite meridional de especies de distribución norteañas y es el área de inicio del bosque húmedo austral. Representa el límite distribucional septentrional de especies típicamente sureñas (Ortiz y col 1994).

4.1.2.1. Flora: las mayores alturas y pendientes (> 2000 m) se encuentran cubiertas por matorrales de arbustos altoandinos con parches boscosos aislados de *Nothofagus* de tamaño arbustivo (2-3 m de altura), representado principalmente por ñirres (*N. antarctica*). Las elevaciones intermedias (1200 a 1500 m) están cubiertas por bosques caducifolios compuesto por lenga (*N. pumilio*) y roble (*N. obliqua*). En los valles y estribaciones se encuentran presentes los bosques deciduos mixtos de *Nothofagus* en estado secundario. El dosel de estos bosques está dominado por coigüe (*N. dombeyi*), roble, raulí (*N. alpina*) y mañío macho

(*Podocarpus nubigena*), pudiendo alcanzar alturas de 20 a 30 m y un diámetro de 0.5 a 1.1 m. El sotobosque está formado principalmente por bambú nativo (*Chusquea* spp.) y distintas especies de arbustos distribuidos de manera dispersa (e.g., *Luma apiculata*, *Ribes magellanica*, *Azara lanceolata*, *Fuchsia magellanica*). El suelo está compuesto de diversas hierbas y renovación de árboles y arbustos. Además, hay numerosos árboles caídos (0.5-1.5 m de diámetro). Durante la década de los 50 y 60 algunas de esas áreas boscosas fueron clareadas tanto por maderero como por incendios para crear tierras de pastoreo. Estas áreas actualmente están cubiertas por matorrales densos compuestos de renovales de distintas especies de árboles y especies de arbustos altoandinos pioneras (*Berberis* spp., *Pernettya* spp., *Baccharis* spp.) (López y Mansur 1997).

4.1.2.2. Fauna: en el área se encuentran especies típicas de ambientes montanos como por ejemplo el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), de los bosques templados del sur como el lagarto de corbata (*Pristidactylus torquatus*), el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) y el peuquito (*Accipiter chilensis*), del área andino-patagónica como la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y el matuasto (*Phymaturus flagellifer*), junto con especies típicas del bosque valdiviano como el monito del monte (*Dromiciops gliroides*) y el pudú (*Pudu pudu*), lo que le confiere a la unidad una elevada diversidad de especies (Figueroa y col 2000a).

Dentro de la avifauna presente en el sector un grupo importante lo constituyen las aves rapaces como el cóndor (*Vultur gryphus*), jote cabeza negra (*Coragyps atratus*), peuquito (*Accipiter chilensis*), aguilucho chico (*Buteo albigula*), peuco (*Parabuteo unicinctus*), vari huevetero (*Circus buffoni*), águila (*Geranoaetus melanoleucus*), carancho cordillerano (*Phalcooboenus megalopterus*), traro (*Polyborus plancus*), tiuque (*Milvago chimango*), tucúquere (*Bubo virginianus*), chuncho (*Glaucidium nanum*), concón (*Strix rufipes*), halcón perdiguero (*Falco femoralis*), lechuza (*Tyto alba*), aguilucho común (*Buteo polyosoma*) (Figueroa y col 2000b) y halcón peregrino (*Falco peregrinus*)\*.

## 4.2. MÉTODOS

### 4.2.1. Método de observación

Todas las observaciones se realizaron desde el sector de La Isla, ubicado en el Valle del río Niblinto (1.000 msnm; Figura 1). Este sitio presenta una escasa vegetación y matorrales de baja altura, lo que permitió un amplio campo visual sobre las laderas y cerros del área hacia todos los puntos cardinales. El sitio de observación se encuentra delimitado hacia el sur por el cerro el Colchón (2.050 msnm), hacia el este por el cerro el Baúl (2.100 msnm); hacia el norte por el cerro el Roble (1.900 msnm) y hacia el oeste por el cerro la Campana (1.700 msnm).

---

\* Alvarado S. División de Bioestadística y Demografía, Universidad de Chile. 2004. Comunicación personal.



Figura1: Fotografía satelital: Ubicación del sitio de observación Valle del Río Niblinto. Google Earth (National Geographic Society, 2005).

Para la cuantificación de los tipos de vuelo se utilizó el método focal (Altmann 1974, Lehner 1996), el cual es adecuado para estimar porcentajes de tiempo invertidos en distintos tipos de conducta (Lehner 1996). Este método consiste en el seguimiento visual de un individuo durante un período de tiempo determinado. En este estudio, se siguió visualmente a un individuo y se registró todos sus tipos de vuelo, registrando también las interacciones de este con otros conespecíficos que estaban en el campo visual, hasta que desaparecían. Los aguiluchos fueron observados por medio de binoculares (10x50) y a ojo desnudo. Durante parte del período de estudio las observaciones fueron apoyadas por dos asistentes de campo debidamente capacitados para esto. *B. polyosoma* fue diferenciado de otras especies de Falconiformes por su coloración, silueta frontal tipo delta y marcas diagnósticas (e. g., banda subterminal negra de la cola desde los dos años de edad). El estudio fue realizado sólo en días con condiciones climáticas favorables (días con lluvia persistente fueron descartados para el estudio). En la mayor parte de los casos, el sexo y edad de los individuos observados no pudo ser determinado debido a que la distancia observador-ave (generalmente mayor a 150 m) no permitió una discriminación clara de los patrones de color. Además, debido a que los aguiluchos aparecían y desaparecían detrás de los cerros y desde distintos puntos, fue difícil saber si se observó a un mismo individuo durante varias ocasiones, a distintos individuos en

ocasiones diferentes, o ambas situaciones. De esta manera, para los efectos de este estudio, cada ave observada por un tiempo determinado fue considerada una observación independiente.

#### **4.2.2. Período y esfuerzo de muestreo**

El estudio se realizó durante la temporada estival del año 2003-2004. El período de muestreo fue de 17 días dividido en dos etapas. La primera consistió de 10 días (29 enero al 7 de febrero del 2004) y la segunda de siete días (22 febrero al 28 de febrero del 2004). En general las observaciones se realizaron entre las 08:00 y 21:00 hrs. Sólo en tres ocasiones este horario fue modificado y el total de horas de observación fue menor. El esfuerzo total de muestreo fue de 204 hrs. ( $\bar{X} = 12$  h/día).

#### **4.2.3. Registro de las observaciones**

Todas las actividades registradas se respaldaron en un cuaderno de campo utilizándose el registro continuo (Altmann 1974). Es decir, todas las actividades observadas fueron anotadas junto con el tiempo de ocurrencia. Para el registro de los distintos tipos de vuelo se utilizó un sistema de códigos claves (ver 4.2.4), lo cual permitió anotar las conductas de forma rápida.

#### **4.2.4. Definición de los tipos de vuelos:**

4.2.4.1. Vuelo planeado rectilíneo (VPR): deslizamiento con las alas extendidas y sin batir (e. g., Jiménez 1995, Pavez 2001).

4.2.4.2. Vuelo batido rectilíneo (VBR): deslizamiento en línea recta con movimiento de las alas (e. g., Brown y Amadon 1968, Brown 1977, Jiménez 1995).

4.2.4.3. Vuelo planeado rectilíneo con alas semiplegadas (VPRASP): deslizamiento con las alas extendidas con el extremo distal curvado hacia abajo

4.2.4.4. Vuelo circular ascendente (VCA): deslizamiento en forma circular dentro de una columna de aire termal para alcanzar una mayor altura. El ave da vueltas, haciendo amplios círculos para aprovechar las corrientes de aire ascendentes, después planeando, pasa a otra columna ascendente, donde vuelve a empezar el ascenso (e. g., Barruel 1959, Pavez 2001, Jiménez 1995).

4.2.4.5. Vuelo planeado picado o en picada (VPP): con las alas totalmente plegadas al cuerpo adquiriendo forma similar a una bala. El individuo cae rápidamente desde lo alto en dirección al suelo (e. g., Jiménez 1995, Pavez 2001, Figueroa 2003).

4.2.4.6. Vuelo estacionario sin batidos de alas (VESBA): se realiza en contra del viento y permanece estático en el aire con las alas extendidas (e. g., Brown y Amadon 1968, Jiménez 1995).

4.2.4.7. Vuelo estacionario con batido de alas (VEBA): es una forma especializada de vuelo estacionario complementado con un rápido batido de alas y con la cola hacia abajo que actúa como timón (e. g., Brown y Amadon 1968, Jaksic 1985, Jiménez y Jaksic 1991, Edelstam 2001).

4.2.4.8. Vuelo descendente vertical (VDV): desciende verticalmente en línea recta hacia el suelo con las alas plegadas y abriendo las plumas primarias en forma digitiforme y levantadas.

#### 4.2.5. Análisis de la información.

4.2.5.1. Análisis exploratorio de los datos: Previo al análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis simple de la información. Este análisis incluyó una sumatoria de la cantidad total de avistamientos y el tiempo de duración de la actividad de vuelo por cada hora observada. La información se expresó mediante gráficos descriptivos. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico Stata 8.1 y SAS 8.0.

4.2.5.2. Modelos para datos longitudinales: Los métodos estadísticos más utilizados en el análisis de variables numéricas están en su mayoría diseñados para situaciones en las que se registra una única medida por cada unidad de observación (en este caso, una medida por cada aguilucho común observado); este es el caso del análisis de varianza y de las técnicas de regresión. Sin embargo, en la práctica, nos encontramos con estudios en los que se toman varias medidas por individuo. Este tipo de estudios, en los que para cada individuo una misma variable es registrada en diferentes momentos a lo largo del tiempo, se conocen como “longitudinales” (Dobson 2001).

Los modelos mixtos se utilizan para ajustar modelos en donde existen mediciones repetidas para cada individuo. Estos se caracterizan por imponer distintas estructuras de covarianzas, además de ajustar un modelo que contenga efectos de aleatoriedad. De esta forma, poseen componentes aleatorios y componentes fijos (Dobson 2001). La aleatoriedad en el caso de la base de datos del aguilucho común es aportada por los individuos (variable ID).

El modelo puede quedar escrito de la siguiente forma:

$$dvuelos=(a+b)*vuelo+(c+d)*hora+error$$

Los componentes  $a$  y  $c$  son fijos y  $b$  y  $d$  son los aleatorios (relacionados con individuos distintos).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

#### 5.1.1. Actividad de vuelo dentro del día

5.1.1.1. Número de avistamientos totales: Se observó una mayor frecuencia de avistamientos de vuelo durante el periodo 17:00-18:59 hrs. (Figura 2). En estas dos horas se produjo el 40% de los avistamientos totales realizados. Durante el resto del día, la frecuencia de avistamientos se mantiene casi constante, con alrededor de 100 avistamientos por hora, exceptuando las primeras y últimas horas del día. Adicionalmente, se observó una caída en la frecuencia de avistamientos entre las 14:00 y 14:59 hrs.

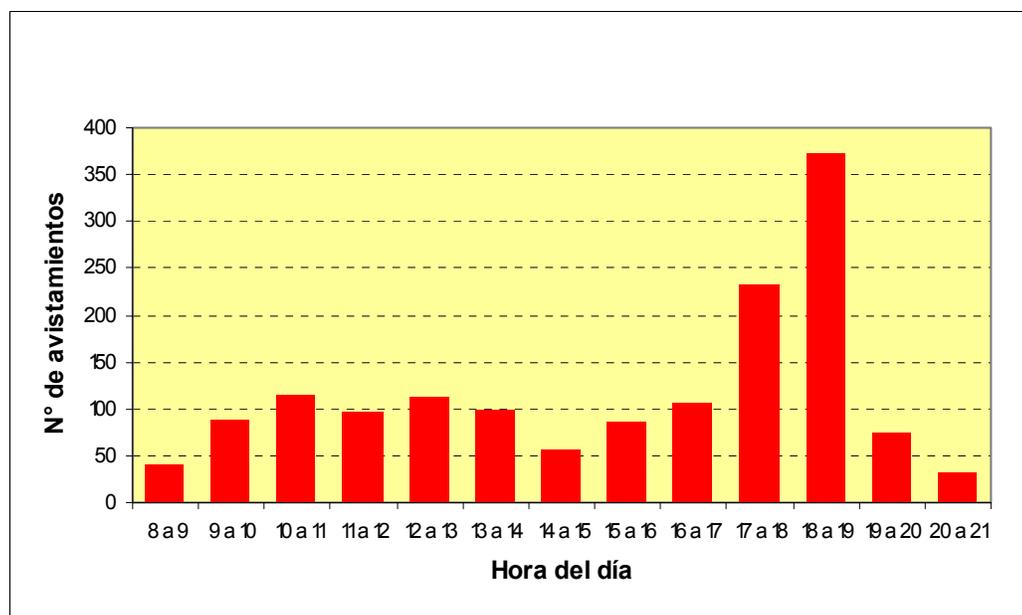


Figura 2: Distribución de la frecuencia de avistamientos de vuelo del aguilucho común según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

5.1.1.2. Tiempo de duración total de la actividad de vuelo: Con relación al tiempo total de duración de la actividad de vuelo durante el periodo de estudio, se observó una mayor actividad de *B. polyosoma* en la tarde (17:00 a 18:59 hrs.) (Figura 3). Durante este período se registró el 41% del tiempo de duración total. Esta tendencia coincide con lo observado en el número de avistamientos totales de vuelo (Figura 2). Al igual que los avistamientos de la actividad de vuelo, el resto del día se mantiene con una duración casi constante, la que bordea

los 80 minutos, exceptuando las primeras y últimas horas del día en donde se observa una menor duración. También se produce una baja en la duración entre las 14:00 y 14:59 hrs.

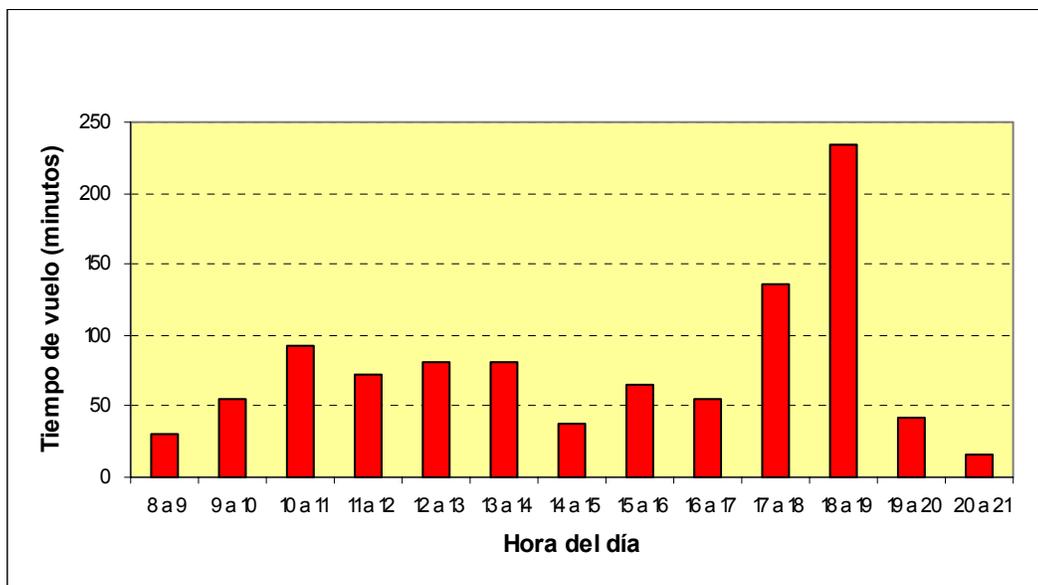


Figura 3: Distribución del tiempo de vuelo del aguilucho común según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

5.1.1.3. Duración promedio de la actividad de vuelo: En general se evidenció un mayor tiempo promedio de duración de los vuelos en la mañana que en la tarde (Figura 4), a pesar de que no se observan grandes variaciones entre los promedios observados a lo largo del día.

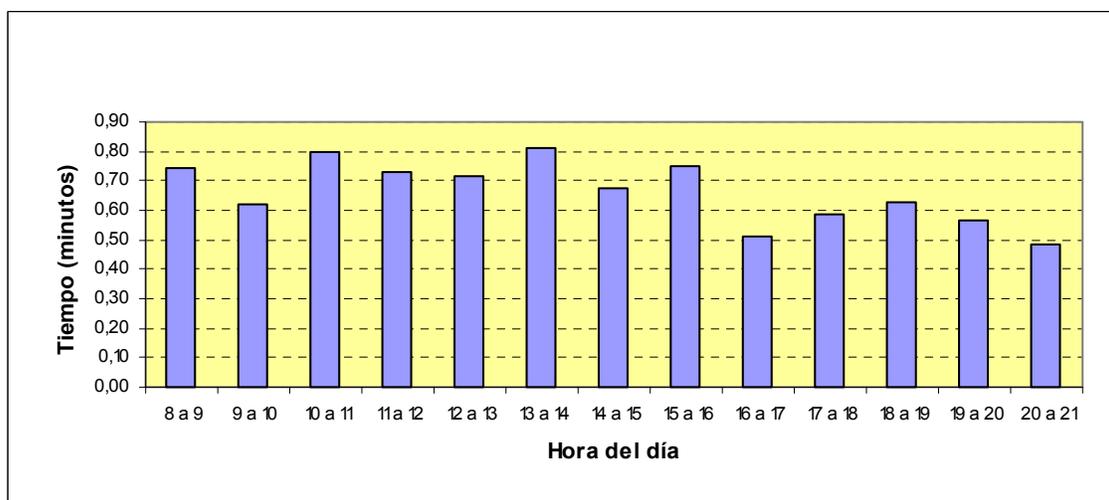
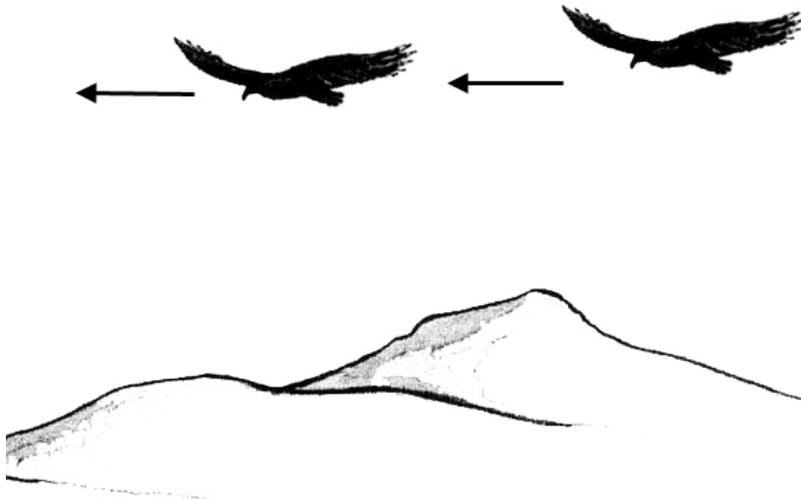


Figura 4: Duración promedio de vuelo del aguilucho común según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

### 5.1.2. Dibujos de los tipos de vuelos descritos para el aguilucho común:

#### 5.1.2.1. Vuelo Planeado Rectilíneo



#### 5.1.2.2. Vuelo Batido Rectilíneo



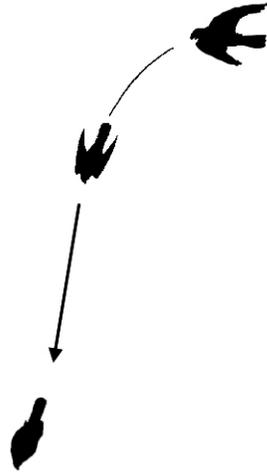
5.1.2.3. Vuelo Planeado Rectilíneo con Alas Semi-plegadas



5.1.2.4. Vuelo Circular Ascendente



5.1.2.5. Vuelo Planeado Picado



5.1.2.6. Vuelo Estacionario Sin Batido de Alas



5.1.2.7. Vuelo Estacionario con Batido de Alas



5.1.2.8. Vuelo Descendente Vertical



### 5.1.3. Tipos de vuelo y presencia durante el día

Los registros indican que hay algunos tipos de vuelo utilizados por *B. polyosoma* que tienen mayor representación durante todo el día y otros que sólo están restringidos a algún período de este. El VPR, VCA, VESBA, VBR y VPP están presentes durante todo el día, en cambio VPRASP, VEBA y VDV sólo se observan a ciertas horas (Figura 5).

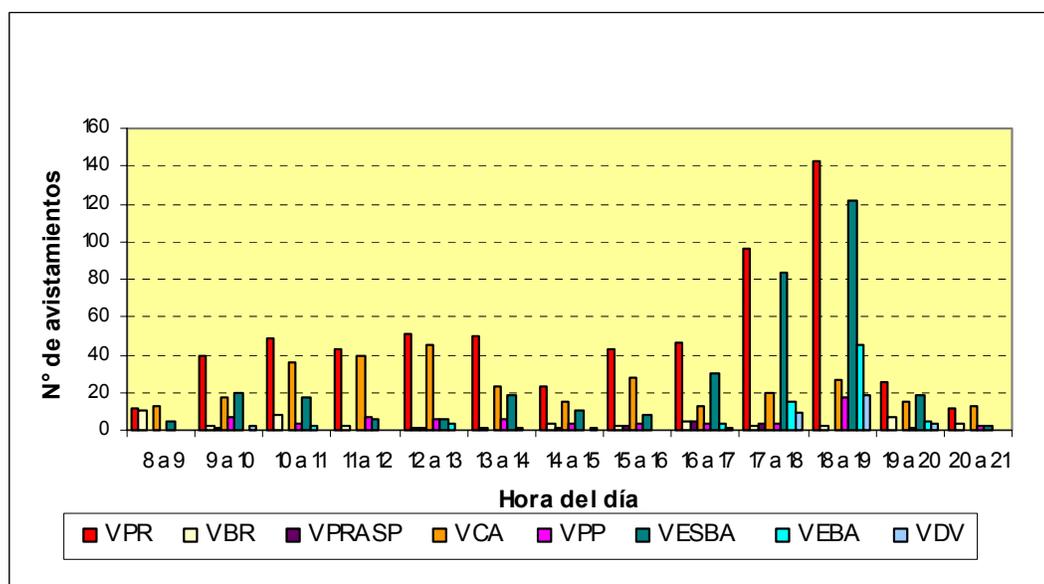


Figura 5: Distribución de la frecuencia de avistamientos de vuelos del aguilucho común según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

### 5.1.4. Análisis de tipos vuelo y de las variaciones en actividad de vuelo dentro del día

5.1.4.1. Principales tipos de vuelo: Los principales tipos de vuelo respecto a la frecuencia de avistamientos son VPR, VESBA y VCA (Figura 5 y 6). Del total de 1.518 observaciones de *B. polyosoma* en 17 días de observación el 42% de las observaciones (632 ocasiones) corresponden a VPR, seguido de 347 ocasiones en que se observó VESBA (23%) y un 20% de VCA (con 305 observaciones).

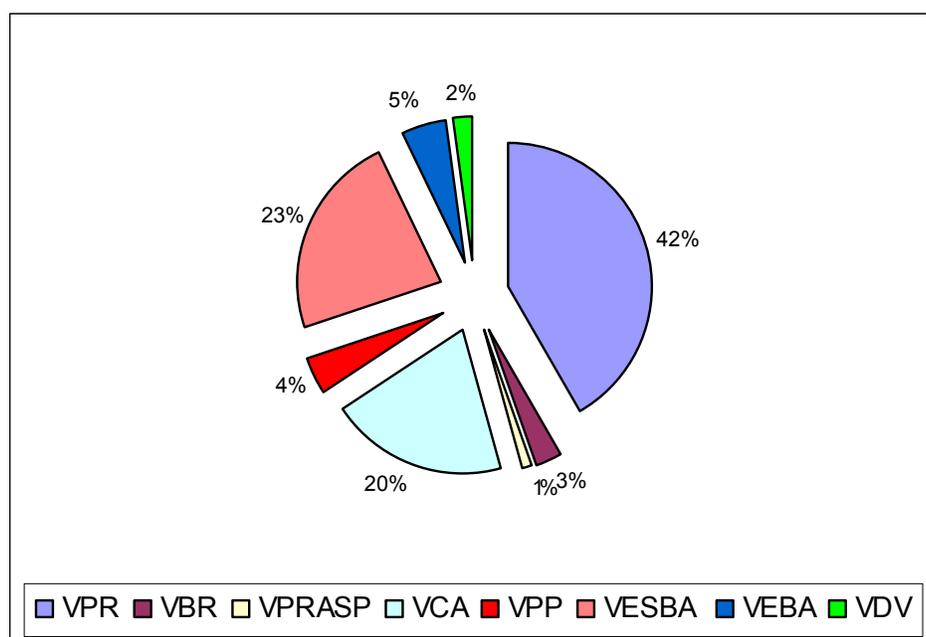


Figura 6: Distribución porcentual de la frecuencia de avistamientos del aguilucho común según tipo de vuelo durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

Los vuelos más importantes utilizados por *B. polyosoma*, con relación al tiempo total de duración fueron el VPR, VCA y VESBA (Figura 7 y 8). Estos tres tipos de vuelo representaron el 31% (360 minutos), 26% (293 minutos) y 22% (258 minutos) del tiempo total.

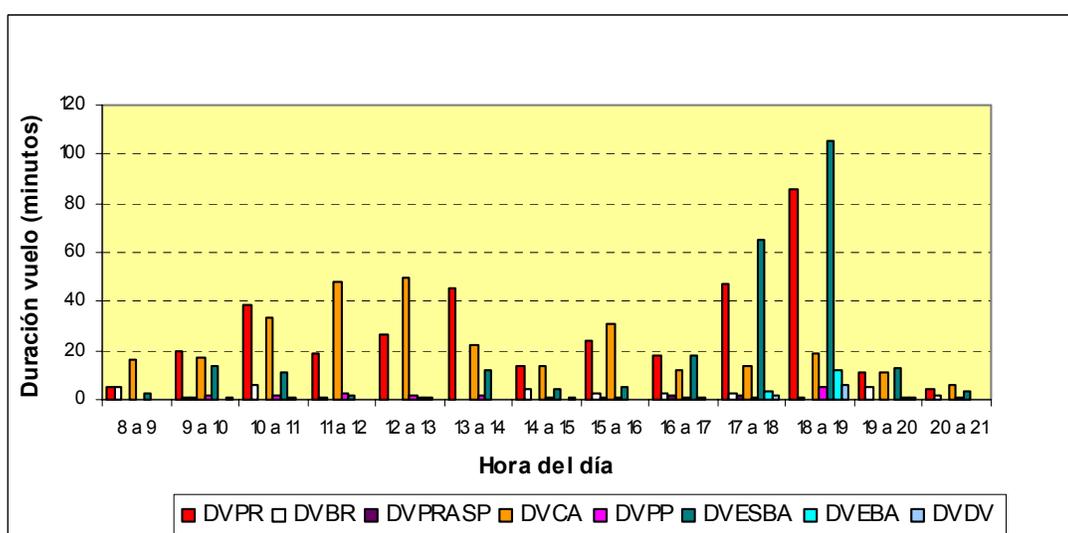


Figura 7: Tiempo de duración total de cada tipo de vuelo del aguilucho común según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

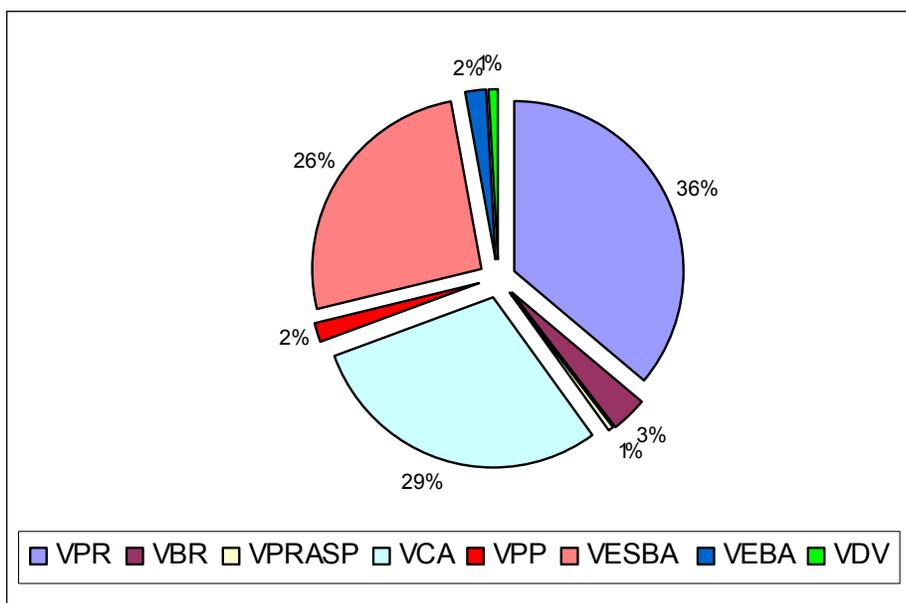


Figura 8: Distribución porcentual del tiempo de vuelo del aguilucho común según tipo de vuelo durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

Con respecto a la duración promedio de los distintos tipos de vuelo utilizados por *B. polyosoma*, los más importantes son VCA, VESBA y VBR (Figura 9). El VCA alcanza casi un minuto de duración (0,96 minutos), el VESBA representa 0,74 minutos y el VBR llega a 0,68 minutos. Los cuales, según el modelo mixto presentan una significación estadística de  $<0,0001$ ,  $0,0006$  y  $0,0086$  respectivamente ( $p < 0,05$ ).

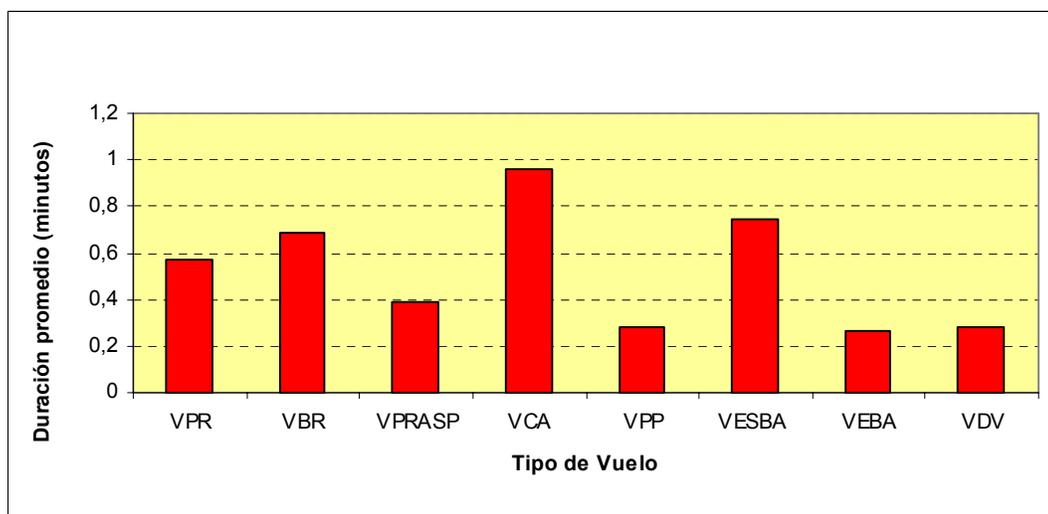


Figura 9: Duración promedio de cada tipo de vuelo del aguilucho común durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

5.1.4.2. Picos en actividad de vuelo: A pesar de que hay actividad de vuelo durante todo el día, en el período de 17:00-18:59 hrs. se observa un aumento en la frecuencia de observación de la mayoría de los tipos de vuelo (Figura 5). Es importante destacar que para los tipos VPR, VESBA, VEBA, VDV y VPP es el horario en que hay mayor número de avistamientos a lo largo del día.

Además, durante este mismo período es posible observar un aumento en el tiempo de duración total de la actividad de vuelo (Figura 7). Se destaca la duración de VESBA, siendo el tipo de vuelo que presenta mayor duración total del período. Con respecto a los tipos VEBA y al VDV, se registró su mayor duración total durante estas 2 horas, manteniéndose casi en “0” minutos fuera de este período.

5.1.4.3. Tendencias de los principales vuelos: El VPR muestra una tendencia similar entre el tiempo de duración total y el número de avistamientos. Durante la mañana el número de avistamientos y la duración total de VPR se mantienen relativamente estables, sin tener grandes cambios, pero hay un claro aumento en el número de observaciones durante la tarde, especialmente entre las 17:00 hasta las 18:59 hrs. Después de este período baja su frecuencia de vuelo y tiempo de duración total. La duración promedio es mayor en las horas de la mañana (Figura 10).

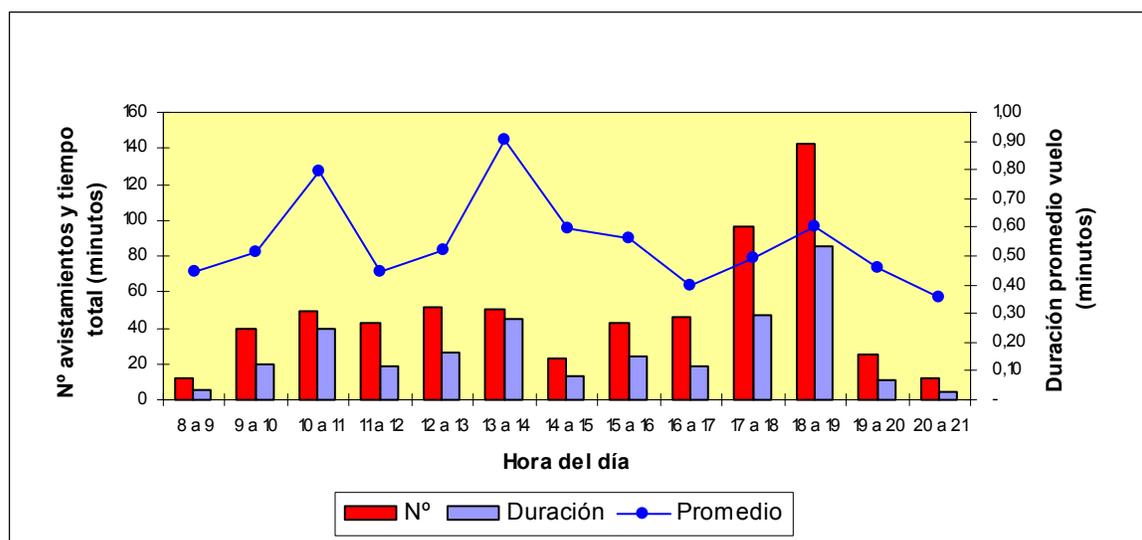


Figura 10: Distribución de la frecuencia de avistamientos del VPR y tiempo total de vuelo según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

La duración promedio del VBR no muestra una tendencia uniforme a lo largo del día. El número de observaciones durante la mañana es mayor que el de la tarde. La duración total de este tipo de vuelo varía enormemente a lo largo del día, siendo en general mayor durante las primeras horas de la mañana. Pese a que entre las 14:00 y las 16:59 hrs. la frecuencia de

avistamientos y la duración total se mantiene relativamente baja, el tiempo de duración promedio de vuelo es el más alto registrado a lo largo del día (Figura 11).

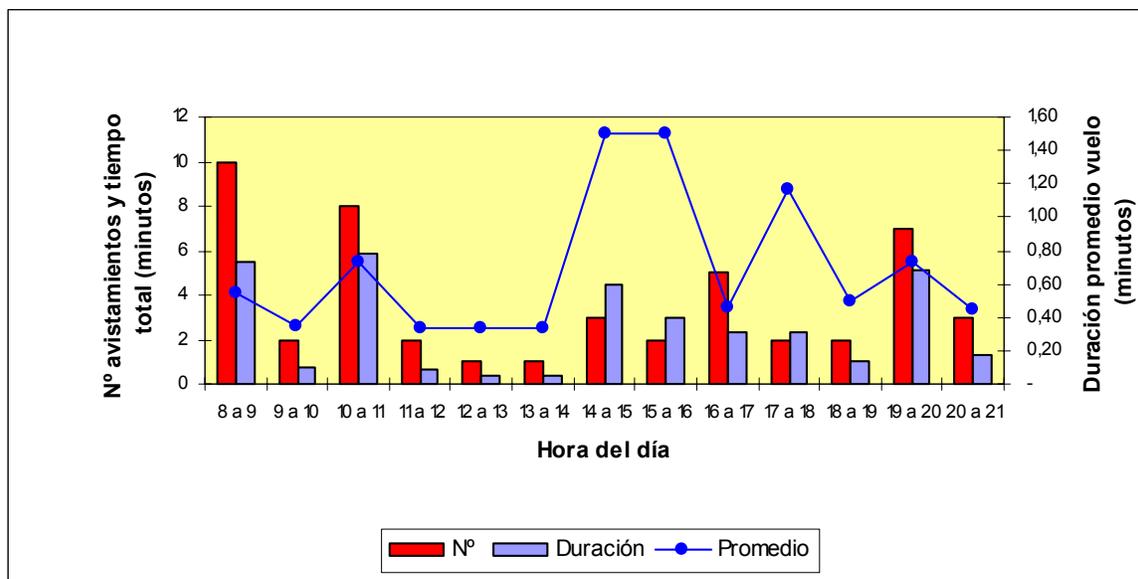


Figura 11: Distribución de la frecuencia de avistamientos de VBR y tiempo total de vuelo según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

Se observa un aumento en la cantidad de observaciones de VCA durante la mañana, ocurriendo lo mismo con el tiempo de duración total de vuelo. Este aumento va desde las 10:00 hasta las 13:00 hrs. Luego en la tarde hay unos pequeños ascensos en la frecuencia de avistamientos y tiempo de duración total, pero mucho menos importante que los de la mañana. La duración promedio del VCA es mayor en la mañana, mostrando un descenso paulatino a medida que va avanzando el día (Figura 12).

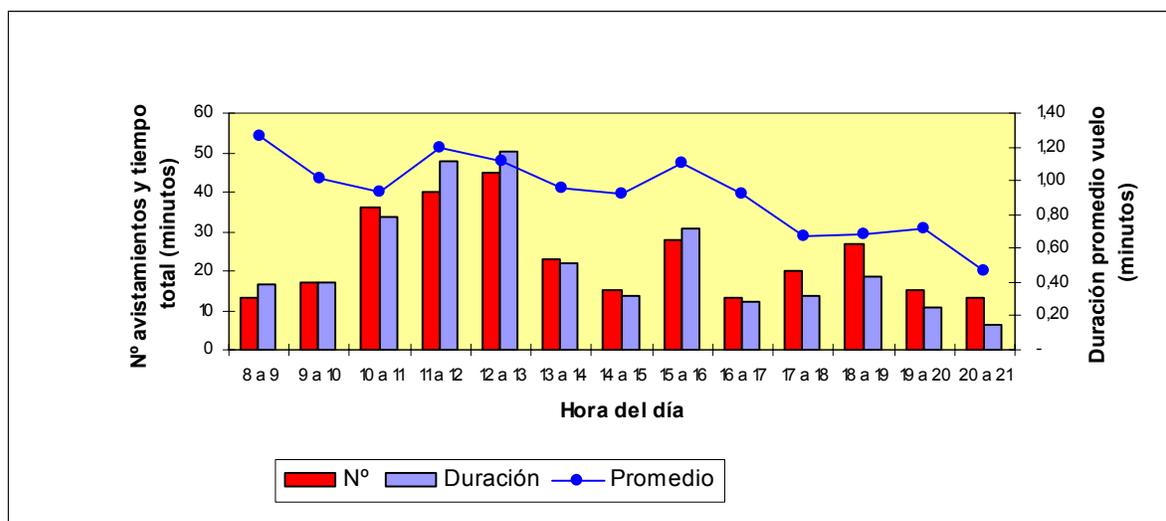


Figura 12: Distribución de la frecuencia de avistamientos del VCA y tiempo total de vuelo según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

En las horas de la tarde hay un claro aumento en la frecuencia de avistamientos y tiempo de duración total de VESBA, especialmente entre las 17:00 y las 19:00 hrs. Durante la mañana se mantiene relativamente bajo. La duración promedio de VESBA es mucho más alta en la tarde, presentando su mayor aumento entre las 19:00 y las 21:00 hrs. (Figura 13).

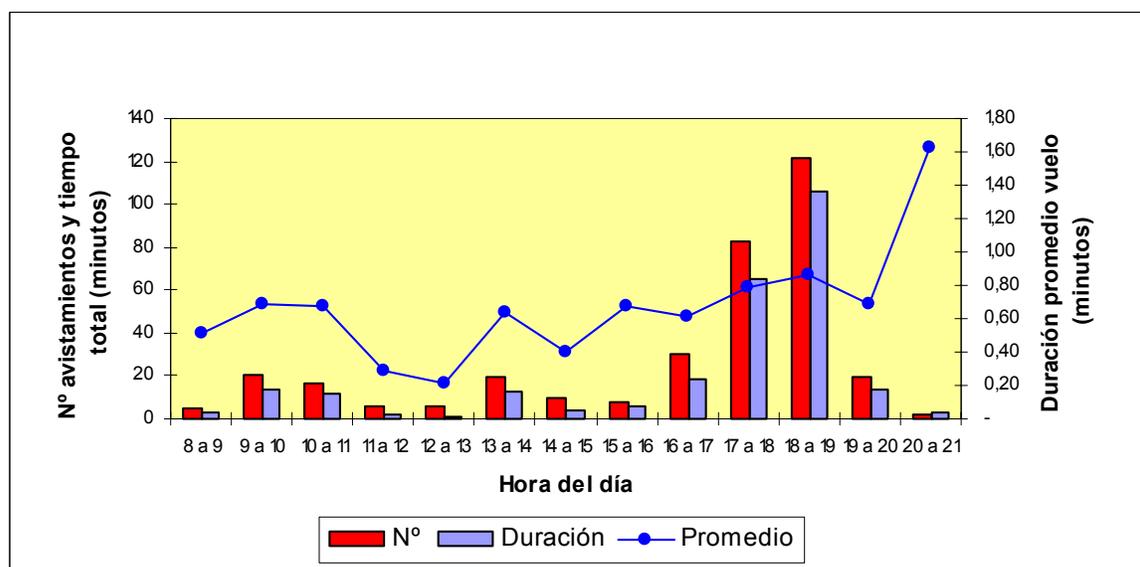


Figura 13: Distribución de la frecuencia de avistamientos de VESBA y tiempo total de vuelo según hora del día durante el verano 2003-2004 en Nevados de Chillán, centro-sur de Chile.

## 5.2. MODELOS DATOS LONGITUDINALES

Se construyó un modelo mixto con respuesta duración de vuelo y covariables tipo de vuelo y hora de vuelo, en el cual se incluyeron variables “dummy” (conversión de variables categóricas a variables separadas) para los tipos de vuelo y las horas de vuelo. Se dejaron como referencia las variables Hora13 y Vuelo8. A continuación se presenta la codificación de las variables:

Hora

1	08:00-08:59 hrs.
2	09:00-09:59 hrs.
3	10:00-10:59 hrs.
4	11:00-11:59 hrs.
5	12:00-12:59 hrs.
6	13:00-13:59 hrs.
7	14:00-14:59 hrs.
8	15:00-15:59 hrs.
9	16:00-16:59 hrs.
10	17:00-17:59 hrs.
11	18:00-18:59 hrs.
12	19:00-19:59 hrs.
13	20:00-20:59 hrs.

Vuelos

1	VPR
2	VBR
3	VPRASP
4	VCA
5	VPP
6	VESBA
7	VEBA
8	VDV

Según los resultados mostrados en la tabla se puede apreciar que ciertas variables son significativas al 5%, tales como los vuelos: 2, 4 y 6 lo cual se puede escribir en el siguiente modelo mixto explícito:

$$Y=0.56+0.53*\text{Vuelo2}+0.77*\text{Vuelo4}+0.38*\text{Vuelo2}+0.54*\text{Vuelo6}+\text{error}$$

	<b>V1 o V3 o V5 o V7 o V8</b>	<b>V2</b>	<b>V4</b>	<b>V6</b>
<b>H1 u H2 u H3 u H4 u H5 u H6 u H7 u H8 u H9 u H10 u H11 u H12 u H13</b>	0,56	0,56+0,53=1,09	0,56+0,77=1,33	0,56+0,54=1,11

Se aprecia que el tiempo de duración promedio del vuelo en la casilla (1,1) que es 0,56 minutos hace referencia al tiempo de vuelo que realizan los individuos cuando muestran VPR, VPRASP, VPP, VEBA y VDV (vuelo1 o vuelo3 o vuelo5 o vuelo7 o vuelo8) a cualquier hora del día (H1 u H2 u H3 u H4 u H5 u H6 u H7 u H8 u H9 u H10 u H11 u H12 u H13). Por otro lado, se tiene en la casilla (1,4) lo referido al tiempo promedio que dedican los individuos a realizar el VESBA, (vuelo6) a cualquier hora del día (H1 u H2 u H3 u H4 u H5 u H6 u H7 u H8 u H9 u H10 u H11 u H12 u H13), el cual es de 1,11 minutos por observación. Análogo para las otras casillas.

Nuestros resultados indican que sólo los vuelos 2, 4 y 6 alcanzan valores significativos ( $p < 0,05$ ).

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. ACTIVIDAD DE VUELO DENTRO DEL DÍA

#### 6.1.1. Número de avistamientos totales y tiempo de duración total actividad de vuelo

La mayor actividad de *B. polyosoma* durante las horas de la tarde (17:00 a 18:59 hrs.) (Figura 2 y 3), con relación a la frecuencia de avistamientos y al tiempo total de actividad de vuelo, podría estar dado por mejores condiciones ambientales que faciliten el vuelo a estas horas (corrientes ascendentes), ya que como afirma Strahler y Strahler (1994), la mayor cantidad de convecciones verticales se producen avanzada la tarde, debido a que la temperatura del aire en las cercanías del suelo alcanza su valor máximo a esas horas. Cuando sale el sol, comienza a entregar calor al suelo, el cual a su vez calienta el aire. La máxima temperatura diaria no coincide con el máximo de radiación solar, si no que se produce aproximadamente 3 horas después, porque aunque al suelo le empiece a llegar menos energía del sol, la tierra se mantiene caliente hasta ese momento y el aire se calienta por medio de la tierra, no por el sol. Luego, cuando la tierra empieza a perder más energía que la que recibe del sol, empieza el déficit de radiación y la temperatura comienza a disminuir (Finch y Trewartha 1954). De este modo, teniendo en cuenta los antecedentes otorgados por la estación meteorológica de la Universidad de Concepción,\* en Niblinto la curva de temperatura alcanzaría su nivel máximo entre las 16:00 y las 18:00 hrs. Estos datos son concordantes con nuestros resultados, ya que el período del día en que se produce la mayor temperatura coincide con el aumento de actividad del aguilucho común. Consecuentemente, la baja actividad de vuelo durante las primeras horas de la mañana (Figura 2 y 3) posiblemente se debe a que aun no se han producido las condiciones microclimáticas adecuadas para una mayor actividad de vuelo. Posteriormente, cuando el calor solar declina al atardecer y al anochecer, las termales se hacen más escasas y débiles en las cercanías del suelo, para después definitivamente desaparecer (Pennycuick 1972). Esto explicaría la notoria disminución de la actividad de vuelo del aguilucho común pasadas las 20:00 hrs., aun cuando queda más de una hora de luz adecuada para buscar presas.

Otro factor que podría estar influyendo en la baja actividad del aguilucho común dentro de las primeras horas del día es la escasez de presas, debido a que es una especie que consume principalmente roedores (Jiménez 1995, Figueroa y col 2003) y probablemente durante este período estos no están muy activos. Según Alvarado y Figueroa (datos no publicados) varias especies de roedores de mediano a gran tamaño están presentes tanto en áreas planas como en laderas inclinadas de los cerros por donde vuela el aguilucho común.

---

\* Cea C. Estación Meteorológica Universidad de Concepción, Sede Chillán. 2005. Comunicación personal.

Estos son los sigmodóntinos *Oligoryzomys longicaudatus*, *Abrothrix longipilis*, *Abrothrix olivaceus*, *Phyllotis darwini*, *Chelemys macronyx* y *Loxodontomys micropus*; además de los caviomorfos *Ctenomys maulinus*, *Aconaemys fuscus* y *Lagidium viscacia*. Todas estas especies tienen actividad durante el día (Muñoz-Pedreros 2000). Estudios de laboratorio sobre el ritmo de actividad de algunas especies de roedores realizados por Murúa (1996), señalan que la especie *O. longicaudatus* presenta su más baja actividad diaria entre las 10:00 y las 14:00 hrs. y *A. longipilis* entre las 10:00 y las 15:00 hrs. Nuestros resultados concuerdan con lo planteado por Murúa en el sentido de que en el período en que estos roedores tienen menor actividad, la actividad de vuelo del aguilucho común también es baja, probablemente como respuesta a los pulsos de actividad de sus potenciales presas.

### **6.1.2. Duración promedio de actividad vuelo**

A pesar de que en la mañana hay menos frecuencia de avistamientos de vuelo y que el tiempo total de vuelo es menor que durante la tarde, los vuelos duran en promedio más tiempo en la mañana que en la tarde. Posiblemente esto se debe a que en la mañana el aguilucho común está buscando sitios que probablemente sean más rentables para la caza. Como lo afirman Heatwole (1965) y Goss-Custard (1977) las aves rapaces concentran sus esfuerzos de búsqueda de alimento en áreas donde ellos puedan obtener más alimento por unidad de energía gastada.

## **6.2. TIPOS DE VUELO Y PRESENCIA DURANTE EL DÍA**

El VPR, VCA y VESBA son tipos de vuelo que se caracterizan porque la energía requerida para volar es extraída del aire, por lo tanto, dependen del uso de los movimientos de la atmósfera, como lo son las advecciones orográficas y las convecciones verticales. Las primeras se forman cuando el viento es desviado hacia arriba al soplar sobre una obstrucción vertical, como lo es la ladera de un cerro o una fila de árboles, y las convecciones verticales o termales son el resultado de la transmisión de calor desde el suelo hacia el aire circundante (Campbell y Lack 1985, Pennycuick 1972, Finch y Trewartha 1954, Strahler y Strahler 1994). De esta manera, las termales se producen porque al aumentar la temperatura del suelo, la masa de aire más cercana empieza a ascender espontáneamente, debido a su menor peso, y así mantiene una zona de aire ascendente en el centro rodeada de una zona de aire en rotación o de descenso (Strahler y Strahler 1994, Pennycuick 1972). Además, el hacer uso de estas corrientes es más ventajoso para las aves rapaces grandes, como el aguilucho común, que para las pequeñas. Esto es debido a diversas razones. Entre ellas, a que para las pequeñas aves, mantener el metabolismo basal durante el tiempo invertido ascendiendo térmicas es energéticamente desventajoso en comparación a las de mayor tamaño, en las que la energía consumida es menor, debido a que su metabolismo basal es relativamente bajo (Campbell y Lack 1985). Nuestros resultados coinciden con lo afirmado por Campbell y Lack (1985), en el sentido de que el VCA es usado extensivamente por las aves rapaces para mantenerse en el aire por largos períodos del día mientras patrullan en busca de alimento. Por su parte, Brown y

Amadon (1968) afirman que los buteoninos en general son eficientes planeadores. Otro factor a considerar dentro de las ventajas del aguilucho común respecto a estos tipos de vuelo es la “razón de forma” baja (relación entre longitud/ancho del ala) debido a que es una característica del ala que influenciará la energética del vuelo (Campbell y Lack 1985). En general, las especies de razón de forma baja utilizan mayormente vuelo a planeo, más lento, ya que esta forma alar produce mayor resistencia en el aire por el cual pasa (Muñoz-Pedreros y Ruiz 2004). El VPR y el VESBA probablemente también son tipos de vuelo que le otorgan beneficios en relación a las actividades de exploración e inspección en busca de potenciales presas. Esto coincidiría con Wakeley (1978a), el cual estudió los métodos de caza de *Buteo regalis* y señala que para el género *Buteo* el tipo VPR es extensivamente usado y tiene diversas funciones, entre ellas la exploración en busca de presas.

Otra es la situación de VBR y VPP, los cuales a pesar de estar presentes durante todo el día, tienen una baja frecuencia de avistamientos en comparación con los otros tipos de vuelo antes nombrados. Esto probablemente se debe a que el VBR es usado mayormente por aves rapaces pequeñas (halcones, cernícalos y harriers; ver Watson 1977, Spaar 1997), debido a que el consumo de energía del vuelo batido aumenta a medida que aumenta la masa corporal, ya que el poder mecánico necesario para el batido es mayor (Spaar y col 1998). Así, las aves más pesadas gastan más energía haciendo VBR que las aves más livianas. Por otro lado, el VPP pese a ser un vuelo importante es utilizado en ciertas ocasiones, cuando ya se ha identificado a la potencial presa para capturarla o para hacer despliegues de defensa de territorio frente a un intruso (Figuroa 2003). Tal como lo afirman Muñoz-Pedreros y Ruiz (2004), el VPP es utilizado frecuentemente por aves que han desarrollado adaptaciones para llegar a ser más veloces. Poseen un cuerpo aerodinámico, con alas en punta, lo que les ayuda a capturar con eficiencia aves en vuelo.

El hecho de que VPRASP, VEBA y VDV están restringidos a ciertas horas del día no implica que sean vuelos menos importantes para el aguilucho común. El VEBA y VDV se presentan entre las 17:00 y las 18:59 hrs. Cabe destacar que entre estos tres tipos de vuelo hay un notorio predominio de VEBA, ya que la frecuencia de observaciones y el tiempo total de vuelo en este período del día son muy altos comparativamente. Probablemente, esto se debe a que es un método de vuelo que asegura una mejor detección de las presas más deseables, como roedores o grandes lagartijas (Figuroa y col 2001b). Los mismos autores señalan que es un vuelo utilizado por el aguilucho común cuando cazan roedores. Utilizando este vuelo, pueden permanecer en un lugar para poder observar adecuadamente la presencia de presas (Brown y Amadon 1968). El bajo tiempo promedio de duración probablemente se deba a que este tipo de vuelo es muy demandante de energía y por lo mismo, pocas aves son capaces de mantenerlo, aunque muchas pueden hacer VEBA muy brevemente con unos pocos aleteos mientras aterrizan o maniobran (Campbell y Lack 1985). El VPRASP y el VDV son tipos de vuelo destinados a la caza. En un estudio sobre las técnicas de caza de *Buteo brachyurus* realizado por Ogden (1974) también describe el VDV como un tipo de vuelo útil para descender y aproximarse suavemente a algunos tipos de potenciales presas, capturándolas desde arriba al extender los talones. El VDV generalmente lo realizan después de haber hecho VEBA. Nuestros resultados también coinciden con esto, ya que la mayor frecuencia de avistamientos de VDV se produce durante el mismo período

de mayor frecuencia de VEBA. Generalmente lo utilizan cuando capturan presas como reptiles y roedores (Alvarado y Figueroa en prensa).

### **6.3. ANÁLISIS DE TIPOS VUELO Y VARIACIONES EN ACTIVIDAD DE VUELO DENTRO DEL DÍA**

#### **6.3.1. Principales tipos de vuelo**

La carga alar linearizada de un ave rapaz es un buen predictor de su método de caza, dicotomizado como “búsqueda activa” y “al acecho” (Jaksic y Carothers 1985). Pese a que el aguilucho común es uno de los buteoninos con la carga alar linearizada más baja (Jiménez 1995), el género *Buteo*, en general, tiene una carga alar linearizada alta. El aguilucho común tiene una mezcla entre método de caza de “búsqueda activa” y “al acecho” (Jaksic y Carothers 1985). Dentro de la búsqueda activa de presas los principales tipos de vuelo para el aguilucho común respecto a la cantidad de avistamientos y al tiempo total de vuelo son VPR, VESBA y VCA. Nuestros resultados coinciden en parte con la descripción cuantitativa de los patrones de vuelo del aguilucho común realizada en Chile central por Jiménez y Jaksic (1991), en que afirman que los modos más comunes de vuelos son VCA y VPR. Los mismos autores estudiaron a otras dos especies de aves rapaces simpátridas con el aguilucho común en Chile central (*Geranoaetus melanoleucus* y *Parabuteo unicinctus*; ver Jiménez y Jaksic 1989, 1993) y también encontraron que ambos tipos de vuelo fueron los más importantes. Asimismo, Barruel (1959) indica que el VCA es un tipo de vuelo que permite recorrer grandes distancias y a una altura adecuada como para buscar las potenciales presas. En relación al VESBA la información es escasa, sin embargo nuestros resultados son coincidentes con Brown y Amadon (1968), los cuales señalan que muchas aves rapaces cazan desde una posición estacionaria.

El VCA y VESBA presentan el mayor tiempo de duración promedio entre todos los tipos de vuelo observados del aguilucho común. Posiblemente, nuestros resultados se pueden explicar debido a que estos son vuelos de inspección en busca de presas, por lo tanto, necesita mantenerse un tiempo considerable observando a que estas aparezcan. Además, para hacer el VCA debe ascender a través de las termas, y esto requiere de tiempo. Como ya se ha planteado antes, el hecho de que el gasto energético de estos tipos de vuelo sea bajo, probablemente también es un factor determinante en que su duración promedio sea mayor. Esto coincide con Newton (1979), el cual afirma que son varias las especies de aves rapaces que haciendo uso de las termas o de las advecciones orográficas son posibles de observar planeando sin esfuerzo por largos instantes. El tercer tipo de vuelo de mayor importancia en el tiempo de duración promedio es VBR. Este resultado es controversial, ya que es un tipo de vuelo demandante de energía. Probablemente su mayor duración promedio se deba a que a pesar de que el aguilucho común lo utiliza infrecuentemente (solo representa el 3% de las observaciones y del tiempo total de vuelo) en las ocasiones en que lo realiza generalmente son situaciones de agresividad (encuentros agonísticos) o en horarios del día en que se ve obligado a utilizarlo porque no hay adecuadas condiciones ambientales como para hacer vuelo a planeo.

Por lo tanto, necesita de un tiempo considerable que le permita cumplir con estos objetivos (ya sean de enfrentamiento, huida o traslado).

Entonces, VCA y VESBA son los tipos de vuelo de mayor duración promedio junto a VBR. De esta forma se rechaza la hipótesis nula, ya que los dos primeros le proporcionan beneficios energéticos y ecológicos y el VBR es importante en la defensa territorial.

### 6.3.2. Picos en la actividad de vuelo

Nuestros resultados indican que hay mayor actividad con relación al número de avistamientos y al tiempo total de vuelo del aguilucho común en la tarde (17:00 a las 18:59 hrs.; ver Figuras 2 y 3). Esto difiere del trabajo realizado por Jiménez y Jaksic (1991) en San Carlos de Apoquindo, en el cual afirman que el aguilucho común no presenta picos de actividad durante algún período del día. Sin embargo, estas diferencias podrían estar influenciadas por las características orográficas y disponibilidad de corrientes termales entre localidades. En el área de San Carlos de Apoquindo no existen valles con bosques de Nothofagus. En Niblinto, los bosques densos de los valles pueden causar una demora en la generación de termales debido a que ellos contribuyen a regular la temperatura ambiental. Por otro lado, Housse (1945) menciona que concentra la mayor actividad por la mañana y por la tarde, que es cuando están cazando.

Con relación a otras especies, los estudios realizados por Bildstein (1987) en *B. jamaicensis* y *B. lagopus*, muestran una distribución unimodal del tiempo de actividad, desde el nivel más bajo a las 8:00-11:00 hrs. hasta llegar al mayor nivel de actividad a las 17:00-18:00 hrs. En contraste, las águilas estudiadas por Jiménez y Jaksic (1989) en Chile central muestran un período de actividad bimodal, con sus piques a media-mañana y en la mitad de la tarde, siendo temprano en la mañana y tarde en la tarde cuando hay menos actividad. Los mismos autores estudiaron la especie *Parabuteo unicinctus* (1993), y no encontraron diferencias en sus niveles de actividad diaria.

Como ya se ha discutido anteriormente, la actividad de vuelo del aguilucho común posiblemente está influenciada por las condiciones microclimáticas que se producen a lo largo del día. Por lo tanto, el aumento de actividad de vuelo en las horas de la tarde podría deberse a que en ese período se concentra la mayor cantidad de corrientes ascendentes dentro del día. Esto coincide con Bildstein (1987), el cual afirma que el clima es un factor importante en la decisión de las aves rapaces para utilizar un determinado tipo de vuelo. Con respecto al águila (*G. melanoleucus*), Jiménez y Jaksic (1989) encontraron que estas tienden a ser más activas durante el período del año en que las termales y advecciones orográficas son fuertes, y permanecen más tiempo aperchadas en el invierno, cuando la lluvia, los débiles rayos del sol y los bajos niveles del viento, impiden un vuelo planeado adecuado, lo cual coincide con otras dos especies de buteoninos (*B. jamaicensis* y *B. lagopus*) estudiadas por Bildstein (1987) en Ohio.

Otro factor que puede estar influyendo en la mayor actividad durante este período (17:00 a las 18:59 hrs.) es la presencia de presas. Podría ser que debido al aumento de la temperatura del suelo a su nivel máximo (entre las 16:00 y las 18:00 hrs.) sea más frecuente que posterior a este período los roedores salgan de sus cuevas y por lo tanto queden más expuestos y vulnerables a ser capturados por el aguilucho común. Tal como lo afirman Lovari y col (1976), una mayor frecuencia de aparición de los roedores en áreas abiertas o de baja cobertura vegetal determina una mayor vulnerabilidad a la predación por predadores aéreos. Según estudios realizados por Murúa (1996), *O. longicaudatus* presenta un aumento en su actividad diurna desde las 17:00 hrs. en adelante y *A. longipilis* un pico de actividad diurna entre las 8:00 y las 10:00 hrs. y posteriormente empieza a aumentar su actividad diurna desde las 17:00 hrs. en adelante, los cuales coincidirían con el período de mayor actividad del aguilucho común (entre las 17:00 y las 18:59 hrs.). Según Contreras (1973) los roedores subterráneos del género *Ctenomys* son muy vulnerables a la predación por predadores aéreos al estar en la superficie, fuera de sus cuevas. Las actividades en superficie de estos roedores están relacionadas con la alimentación y dispersión. La alimentación en superficie sería una actividad bastante frecuente como lo indicaría la alta proporción de material vegetal aéreo observado en su dieta (Comparatore 1990, Lohfeldt 1991), y se extendería a lo largo de todo el año. La dispersión ocurre en un período de tiempo más acotado, cuando los individuos juveniles abandonan la cueva donde nacieron. Tanto en las especies *Ctenomys australis* como en *C. talarum* (Bush y col 1989) se han observado niveles inesperadamente altos de actividad en superficie. Según Heth (1991), la frecuencia de aparición en superficie de especies de este género difiere marcadamente con lo que ha sido observado en otras especies de roedores subterráneos. Es importante destacar que sería importante distinguir dentro de las potenciales presas del aguilucho común cuál es su abundancia en los lugares por donde este vuela y durante los períodos del día en que el aguilucho está más activo. De esta forma se podría relacionar de mejor forma la actividad de vuelo con la presencia de presas.

Investigaciones sobre el uso de hábitat de algunos buteoninos en Norteamérica han dado como resultado que la cobertura vegetal, más que la densidad de las presas, es un factor preponderante para la selección de los sitios de caza (Wakeley 1978b, Bechard 1982). Esto es porque las áreas despejadas, con baja cobertura vegetal otorgan un más fácil acceso a las potenciales presas. En Chile, estudios similares han dado como resultado que la selección de hábitat de caza esta relacionada con la disponibilidad de corrientes ascendentes (Jiménez y Jaksic 1989).

### 6.3.3. Tendencias de los principales vuelos

El VPR, pese a ser el tipo de vuelo más frecuente de observar dentro del día y de tener el mayor tiempo total de vuelo, en promedio dura 0,57 segundos, muy bajo en comparación a la duración promedio del VCA (0,96 segundos), que es el tipo de vuelo que en promedio más tiempo dura. Esto concuerda con las descripciones del VCA que hace Campbell y Lack (1985). El afirma que debido al tiempo que demora el ascenso dentro de una termal (durante el cual no hay progreso ni avance en sentido horizontal), este método de transporte es más lento.

La mayor cantidad de observaciones de VBR en las primeras horas de observación en la mañana (08:00 hasta las 10:59 hrs.) puede estar relacionada con la escasa presencia de corrientes ascendentes en ese período del día, por lo tanto el aguilucho común debe recurrir con mayor frecuencia al batido de alas para poder volar. La mayor duración promedio entre las 14:00 y las 16:59 hrs. llama la atención, pero podría estar dada por mayor frecuencia de agresiones inter o intraespecífica dentro de este horario. Pese a que los actos agonísticos no serán incluidos dentro del análisis como tal, durante el período de estudio en terreno si fueron observados en varias ocasiones actos de agresión o defensa de territorio. Dentro de estos encuentros, pudimos observar que en varias ocasiones el aguilucho común tenía que recurrir al VBR para huir o para perseguir a otro individuo.

Se observó un aumento en la cantidad de observaciones de VCA durante la mañana, ocurriendo lo mismo con el tiempo de duración del vuelo. Este aumento va desde las 10:00 hasta las 13:00 hrs. La duración promedio del VCA también es mayor en la mañana, mostrando un descenso paulatino a medida que va avanzando el día. Esto es controversial, debido a que hay más presencia de térmicas (adecuadas para el VCA) en la tarde. Pese a esto, el hecho de que en la mañana la temperatura del aire se eleva más rápidamente podría influenciar la presencia de termales entre las 10:00 y las 12:59 hrs., que es cuando hay más frecuencia de observación y tiempo total de VCA. Además es importante tener presente que el aguilucho común dentro de los buteoninos es una especie de carga alar linearizada baja, por lo tanto según lo señalado por Brown y Amadon (1968) tiene la ventaja frente a las especies de mayor carga alar de ser capaz de usar las termales que aparecen temprano en la mañana, las cuales son mas débiles que las de la tarde. De este modo, con la carga alar baja puede controlar las vueltas del ascenso al ir girando en las termales de menor diámetro. Por otro lado, en un estudio de las aves rapaces que habitan el desierto realizado por Dawson y Schmidt-Nielsen (1964) señalan que el vuelo planeado haciendo uso de termales tiene una función de termorregulación en el período del medio día. Esto podría ser un factor a considerar en nuestro estudio, ya que debido a las altas temperaturas presentes en el período estival en Niblinto se podría producir una situación similar en el aguilucho común y utilice el VCA para regular su temperatura.

## **6.4. CONCLUSIONES**

6.4.1. Fueron 8 los tipos de vuelo definidos como los más representativos para el aguilucho común (vuelo planeado rectilíneo, vuelo batido rectilíneo, vuelo planeado rectilíneo con alas semiplegadas, vuelo circular ascendente, vuelo planeado picado, vuelo estacionario sin batidos de alas, vuelo estacionario con batido de alas y vuelo descendente vertical)

6.4.2. El período entre las 17:00 y las 18:59 hrs. es el de mayor actividad de vuelo del aguilucho común, en donde se produce la mayor frecuencia de avistamientos y duración total de vuelo

6.4.3. Hay ciertos tipos de vuelo que el aguilucho común realiza durante todo el día y otros que están restringidos a ciertos períodos de este

6.4.4. El VPR, VESBA y VCA son los tipos de vuelo más frecuentes de observar en el aguilucho común y en los cuales invierte más tiempo total de vuelo. Todos estos modos de vuelo le significan bajos costos energéticos y beneficios ecológicos

6.4.5. El VCA, VESBA y VBR son los tipos de vuelo que en promedio más tiempo tienen de duración, los que presentan una significación estadística de  $<0,0001$ ,  $0,0006$  y  $0,0086$  respectivamente ( $p<0,05$ ). Los dos primeros son vuelos de bajo gasto energético que le permite inspeccionar adecuadamente las áreas con potenciales presas. El VBR es importante en encuentros agonísticos inter e intraespecie y en ciertos períodos del día

6.4.6. En el período entre las 17:00 y las 18:59 hrs. se observa el mayor número de avistamientos a través del día de los tipos VPR, VESBA, VEBA, VDV y VPP

6.4.7. El VPR es el tipo de vuelo más frecuente de observar y el de mayor tiempo total de vuelo

6.4.8. El VCA es el tipo de vuelo que en promedio más tiempo dura (0,96 minutos)

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Araya B, M Bernal, R Schlatter y M Sallaberry. 1995. *Lista patrón de las aves chilenas*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49, 227-267.

Alvarado S y R Figueroa. 2005. Possible social foraging behaviour in the Red-backed hawk (*Buteo polyosoma*). *Ornitología Neotropical* 16, 271-275.

Barros R. 1962. Apuntes acerca del peuco y del aguilucho común. *Revista Universitaria* 47, 219-227.

Barruel P. 1959. Vida y costumbres de las aves. Barcelona.

Bechard M J. 1982. Effect of vegetative cover on foraging site selection by Swanson's Hawk. *Condor* 84, 153-159.

Begon M, S M Hazel, D Baxby, K Bown, R Cavanagh, J Chantrey, T Jones y M Bennett. 1999. Transmission dynamics of zoonotic pathogen within and between wildlife host species. *Proc. R. Soc. Lond.* 266, 1.939- 1.945.

Belloq M I. 1987. Selección de hábitat de caza y depredación diferencial de *Athene cunicularia* sobre roedores en agroecosistemas agrarios. *Revista Chilena de Historia Natural* 60, 81-86.

Belloq M I. 1990. Composición y variación temporal de la dieta de *Tyto alba* en ecosistemas agrarios pampeanos, Argentina. *Vida Silvestre Neotropical* 2, 32-35.

Bierregaard R. 1994. Species Accounts of Central and South American Falconiformes. Biology Department, Univ. Of North Carolina at Charlotte for Handbook of birds of the World, V II, Submitted to Lynx Ediciones.

Bildstein K L. 1987. Behavioral ecology of Red-tailed Hawks (*Buteo jamaicensis*), Rouge legged Hawks (*Buteo lagopus*), Northern Harriers (*Circus cyaneus*), and American Kestrels (*Falco sparverius*) in south central Ohio. *Ohio Biol. Surv., Biol. Notes* 18.

Bonney R E, J W Kelley, D J Decker y R A Howard. 1981. Understanding predation and northeastern bird of prey. Department of Natural Resources, Cornell University, Ithaca, N. Y., U.S.A.

Brown L H y D Amadon. 1968. Eagles, hawks and falcons of the world. Country Life Books, London, U. K.

Brown L H. 1977. Birds of prey their biology and ecology. A&W, Inc., New York, New York.

Bush C, A I Malizia, O A Scaglia y O A Reig. 1989. Spatial distribution and attributes of a population of *Ctenomys talarum* (Rodentia: Octodontidae). *Journal of Mammalogy* 70, 204-208.

Cabot J y P Serrano. 1988. Distributionsal data on some non-passerine species in Bolivia. *Bull. British Ornithol.* Cl. 108, 187-193.

Cabot J. 1991. Distribution and habitat selection of *Buteo polyosoma* and *B. poecilochrous* in Bolivia and neighbouring countries. *Bull. British Ornithol.* Club 111, 199-209.

Cade T J. 1982. The falcons of the world. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York.

Campbell B y E Lack. 1985. A Dictionary of Birds. Buteo Books, Vermillion, SD.

Collopy M W. 1983. Foraging behavior and success of Golden Eagles. *Auk* 100, 747-749.

Comparatore V M. 1990. Selección de hábitat por el tuco-tuco. *Tesis doctoral*, Universidad de Mar del Plata, Argentina.

Contreras J R. 1973. El tuco-tuco y sus relaciones con los problemas del suelo en Argentina. *Idia* 29, 14-36.

Couve E y C Vidal-Ojeda. 2003. Birds of Patagonia, Tierra del Fuego and Antarctic Peninsula. Fantastico Sur Birding Ltda, Punta Arenas, Chile.

Crawshaw R. 1907. The birds of Tierra del Fuego. Bernard Quatrach, London, UK. 158 pp.

Dawson W y K Schmidt-Nielsen. 1964. Terrestrial animals in dry heat: desert birds. *Handb. Physiol.* Sec. 4, 481-492.

Del Hoyo J, A Elliot y J Sargatal. 1994. Handbook of Birds of the World. Volume II. New World Vultures and Guinea fowl. Lynx Ediciones, Barcelona, España.

Di Castri F y E Hajek. 1976. Bioclimatología de Chile. Publ. Univ. Católica de Chile. 129 pp.

Dobson A J. 2001. An introduction to generalized linear models / Annette J. Dobson, 2nd ed. Chapman & Hall/CRC, Boca ratón, Florida.

Drouilly P. 1968. Clave de identificación de los Falconiformes de Chile. *Noticiario Mensual Museo de Historia Natural* 12, 3-10.

Edelstam C. 2001. Raptor plumages and external structure. En: Ferguson-Lees J, DA Christie, K Franklin, D. Nead y P Burton. *Raptors of the World*. Pp 57-68. Houghton Mifflin Company. Boston, New York.

Figueroa R A, R López, E S Corales, H Ibarra, V Quintana y C A Bravo. 2000 a. Riqueza de fauna vertebrada en un área silvestre protegida privada: Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, Andes de Chillán, Chile. *Resúmenes del IX Congreso Americano de Biodiversidad y Biología de Vertebrados*, Buenos Aires, Argentina.

Figueroa R A, C A Bravo, E S Corales, R López y S Alvarado. 2000 b. Avifauna del Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto, Región del Bío Bío, Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 7, 2-14.

Figueroa R A, E S Corales, J Cerda y H Saldivia. 2001 a. *Monitoreo de roedores silvestres en seis localidades rurales de la región de Aysén, Chile: Informe Final 1998-2000*. Gobierno Regional de Aysén- Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura, Chile.

Figueroa R A, E S Corales y R López. 2001 b. Record of the White-throated Hawk (*Buteo albigula*), and notes on its hunting methods and movements, in the Andes of central-southern Chile. *International Hawkwatcher* 4, 3-9.

Figueroa R A. 2003. Enganche aéreo de garras entre un aguilucho andino (*Buteo albigula*) y un aguilucho común (*Buteo polyosoma*) en el centro-sur de Chile. *Hornero* 18, 53-55.

Figueroa R A, E S Corales y S Alvarado. 2003. Diet of the Red backed Hawk (*Buteo polyosoma*) in a forested area of the Chilean Patagonia and its relation to the abundance of rodent prey. *Hornero* 18, 43-52.

Finch V y G Trewartha. 1954. Geografía física. Fondo de cultura económica. McGraw-Hill. Mexico D. F.

Fjeldsa J y N Krabbe. 1990. The birds of the high Andes. Zoological Museum, University of Copenhagen and Apollo Books, Svendborg, Denmark.

Fox N C. 1977. The biology of New Zealand Falcon. Ph. D. diss., Univ. Canterbury, Christchurch, New Zealand.

Goodall J D, A W Johnson y R A Philippi. 1951. Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres. Volumen 2. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires, Argentina.

Goss-Custard J D. 1977. Predator responses and prey mortality in Redshank, *Tringa tetanus*, and a preferred prey, *Corophium volutator* (Pallas). *Journal of Animal Ecology* 46, 21-35.

Heatwole H. 1965. Some aspects of the association of Cattle Egrets with cattle. *Animal Behaviour* 13, 79-83.

Hellmayr C E. 1932. Birds of Chile. *Field Museum of Natural History Publications* 308 (Zoological Series) 19: 1-472.

Heth G. 1991. Evidence of aboveground predation and age determination of the preyed, in subterranean mole rats (*Spalax ehrenbergi*) in Israel. *Oecologia* 76, 617-622.

Hilty S L y W L Brown. 1986. A guide to birds of Colombia. Princeton University Press, New Jersey.

Hockin D, M Dunsted, M Gorman, D Hill y V Keller. 1992. Examination of the effects disturbance on bird with references to its importance in ecological assesment. *Journal of Environmental Management* 36, 253-286.

Housse R. 1945. Las aves de Chile en su clasificación moderna. Su vida y costumbres. Ediciones de la Universidad de Chile.

Howard R y B C Postovit. 1987. Impact and mitigation techniques. En: PENDLETON B A, B A MILLSAP, K W CLINE y D M BIRD (eds.) *Raptor Management Techniques Manual*. Pp 183-213. National Wildlife Federation, Sci and Tech Ser 10, Washington, D.C., U.S.A.,

Hudson G E. 1984. Aves del Plata (translation of Hudson, G. E. 1920. Birds of La Plata. Dent and Sons, London). Libros de Hispanoamérica, Buenos Aires, Argentina.

Humphrey S, D Bridge, P W Reynolds y R T Peterson. 1970. Birds of Isla Grande (Tierra del Fuego). Smithsonian Institution, Washington, D.C. 411pp.

Jaksic F M y J H Carothers. 1985. Ecological, morphological, and bioenergetic correlates of hunting mode in hawks and owls. *Ornis Scandinavica* 16, 165-172.

Jaksic F. 1985. Toward raptor community ecology: behavior bases of assemblage structure. *Raptor Research* 19, 107-112.

Jaksic F M, R Rozzi, A Labra y J E Jiménez. 1987. The hunting behavior of Black-shouldered kites (*Elanus caeruleus leucurus*) in central Chile. *The Condor* 89, 907-911.

Jaksic F. 1997. Ecología de los vertebrados de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 262 pp.

Jaksic F M, E F Pavez, J E Jiménez y J C Torres-Mura. 2001. The conservation status of raptor in the Metropolitan Region, Chile. *Journal of Raptor Research* 35, 151-158.

Jaramillo A. 2003. Birds of Chile. Princeton University Press.

Jiménez J E. 1995. Historia natural del aguilucho *Buteo polyosoma*: una revisión. *El Hornero* 14, 1-9.

- Jiménez J E y F M Jaksic. 1989. Behavioral ecology of Grey Eagle-Buzzards, *Geranoaetus melanoleucus*, in central Chile. *Condor* 91, 913-921.
- Jiménez J E y F M Jaksic. 1991. Behavioral ecology of Red-backed hawks in central Chile. *Wilson Bulletin* 103, 132-137.
- Jiménez J E y F M Jaksic. 1993. Observations on the comparative behavioral ecology of Harris' hawk in central Chile. *Journal of Raptor Research* 27, 143-148.
- Kerlinger P. 1989. Flight strategies of migrating hawks. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Lehner P. 1996. Handbook of ethological methods. 2° edición. Cambridge University Press.
- Lehmann C F. 1945. Contribuciones al estudio de la fauna de Colombia. *Rev. de la Univ. del Cauca* (Colombia) 6, 73-124.
- Lohfeldt M I. 1991. Hábitos y preferencias alimentarias de *Ctenomys talarum*. *Tesis de Licenciatura*, Universidad de Mar del Plata, Argentina.
- López R y M I Manzur. 1997. Plan de Manejo Predio Los Huemules del Niblinto. Documento de Trabajo. Comité pro Defensa de la Flora y la Fauna-Sociedad Zoológica de Frankfurt.
- Lovari S, A Renzoni y R Fondi. 1976. The predatory habits of the barn owl (*Tyto alba scopoli*) in relation to vegetation cover. *Bolletino di Zoologia* 43, 173-191.
- Marchant S. 1960. The breeding of some S. W. Ecuadorian birds. *Ibis* 102, 349-382.
- Marín M. 2000. El aguilucho langostero *Buteo swainsoni* una nueva especie que se debe agregar a la lista de aves chilenas. *Boletín Chileno de Ornitología* 7, 26-27.
- Millsap B A, W C Keith y B A Pendleton. 1987. Habitat management. En: PENDLETON B A, B A MILLSAP, K W CLINE, D M BIRD (eds). *Raptor Management Techniques Manual*. Pp 215-237. Natl Wild Fed, Sci Tech Ser 10, Washington, DC., U.S.A.
- Muñoz M, H Nuñez y J Yáñez (eds). 1996. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad biológica en Chile. Corporación nacional forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- Muñoz –Pedreros A. 2000. Orden Rodentia. En: MUÑOZ-PEDREROS A, J YÁNEZ VALENZUELA (eds). *Mamíferos de Chile*. Pp 73-126. CEA ediciones, Valdivia, Chile.
- Muñoz –Pedreros A y J Ruiz. 2004. Características y adaptaciones de las aves rapaces. En: MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU ACUÑA, J YÁNEZ VALENZUELA (eds). *Aves Rapaces de Chile*. Pp 15-26. CEA ediciones, Valdivia, Chile.

- Murúa R. 1996. Comunidades de mamíferos del bosque templado de Chile. En: ARMESTO J, C VILLAGRAN y M ARROYO (eds). *Ecología de los Bosques nativos de Chile*. Pp 113-132. Editorial Universitaria, Santiago.
- Newton I. 1979. Population Ecology of Raptors. T & A D Poyser, London, U. K.
- Ogden J C. 1974. The short-tailed hawk in Florida. I. Migration, habitat, hunting techniques, and food habits. *The Auk* 91, 95-110.
- Ortiz J C, V Quintana y H Ibarra-Vidal. 1994. Vertebrados terrestres con problemas de conservación en la cuenca del Bío-Bío y mar adyacente. Editorial Universidad de Concepción. Concepción. Chile.
- Pavez E F. 1998. Observaciones sobre el patrón de coloración en machos y hembras de aguilucho (*Buteo polyosoma*, Quoy y Gaimard, 1824). *Boletín Chileno de Ornitología* 5, 21-23.
- Pavez E F. 2001. Biología reproductiva del águila *Geranoaetus melanoleucus* (Aves: Accipitridae) en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 74, 687-697.
- Pennyquick, C J. 1972. Soaring behaviour and performance of some east african birds, observed from a motor-glider. *Ibis* 114, 178-218.
- Pettingill O S. 1970. Ornithology in laboratory and field. Burgess Publishing Company, Minnesota.
- Pianka, E R. 1966. Convexity, desert lizards, and spatial heterogeneity. *Ecology* 47, 1055-1059.
- Proctor N S y P J Lynch. 1998. Manual of Ornithology: Avian Structure & Function. Yale University Press, New Haven.
- Rau J, P López, A Gantz y E Couve. 1997. Dieta del aguilucho común (*Buteo polyosoma*) en el Norte Grande de Chile. *Resúmenes del III Congreso Chileno de Ornitología y V Encuentro Nacional de Ornitólogos*, Santiago, Chile, pp 5.
- República de Chile. 1996. Ley de Caza N° 19473. Diario Oficial, 4 de septiembre de 1996.
- República de Chile. 1998. Reglamento de la Ley de Caza, D. S. N° 5. Diario Oficial, 7 de diciembre de 1998.
- Rudolph S G. 1982. Foraging strategies of American Kestrels during breeding. *Ecology* 63, 1268-1276.

Schlatter R, J L Yañez y F M Jaksic. 1980. Food-niche relationships between Chilean Eagles and Red-backed Buzzards in Central Chile. *Auk* 97, 897-898.

Schoener T W. 1971. Theory of feeding strategies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2, 369-404.

Schubart O, A C Aguirre y H Sick. 1965. Contribuicao para o conhecimento da alimentacao das aves brasileiras. *Arquivos de Zoologia* 12, 95-249.

Shrubb M. 1982. The hunting behavior of some farmland kestrels. *Bird Study* 29, 121-128.

Spaar R. 1997. Flight strategies of migrating raptors; a comparative study of interespecific variation in flight characteristics. *Ibis* 139, 523-535.

Spaar R, H Stark y F Liechti. 1998. Migratory flight strategies of Levant sparrowhawks: time or energy minimization?. *Animal Behaviour* 56, 1185-1197.

Strahler A N y A H Strahler. 1994. Geografía física. Ediciones Omega, Barcelona.

Temple S A. 1990. Conservation and Management. En: NEWTON I, P OLSEN (eds). *Birds of prey*. Pp 208-225. Facts On Files, New York, U.S.A.

Toland B. 1986. Hunting success of some Missouri Raptors. *Willson Bull.* 98, 116-125.

Torres-Mura J C. 2004. Lista de aves rapaces de Chile. En: MUÑOZ-PEDREROS A, J RAU y J YÁNEZ (eds). *Aves Rapaces de Chile*. Pp 11-14. CEA Ediciones. Valdivia, Chile.

Vaurie C. 1962. A systematic study of the Red-backed hawks of South America. *Condor* 64, 277-290.

Wakeley J S. 1978 a. Hunting methods and factors affecting their use by Ferruginous Hawks. *Condor* 80, 327-333.

Wakeley J S. 1978 b. Factors affecting the use of hunting sites by Ferruginous Hawks. *Condor* 80, 316-326.

Watson D. 1977. Then Hen Harrier. T. and A. D. Poyser, Berkhamsted, Hertfordshire, England.

Wilcove D S, C H Mclellan y A P Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the zone temperate. En: SOULÉ M (ed.) *Conservation Biology: the Science of scarcity*. Pp 237-256. Sinauer Associates, Sunderland, Mass, U.S.A

Woods R W. 1975. The birds of the Falkland Islands. Compton Press Ltd., Wiltshire.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1: Antecedentes generales del aguilucho común.

**1.1. Distribución y hábitat:** la especie se distribuye desde los Andes centrales del sur-oste de Colombia (Hilty y Brown 1986) hasta el Cabo de Hornos (Vaurie 1962, Jiménez 1995). Habita desde el nivel del mar hasta los 4.500 m de altura (Goodall y col 1951, Jaramillo 2003). En Chile se distribuye desde Arica a Magallanes (Housse 1945). También está presente en la Isla de los Estados, en Argentina (Couve y Vidal 2003). En conclusión, habita en una gran variedad de ambientes, asociado principalmente a una topografía abrupta, montañosa y con presencia de vegetación tipo matorral (Jiménez 1995), pudiendo observarse además, en bosques tropicales caducifolios, bosques lluviosos templados y en áreas agrícolas (Brown y Amadon 1968, del Hoyo y col 1994, Jiménez 1995). En las zonas de altura del norte de Chile su distribución se sobrepone con la del aguilucho de la puna (*B. poecilochrous*), presentándose una segregación espacial (Cabot 1991). En Chile central está asociado a vegetación nativa, tipo matorral, y su población parece declinar cuando se reemplaza por plantaciones exóticas o por el desarrollo urbano; apareciendo como causa última, la disminución de sus presas, asociada a la vegetación nativa (Schlatter y col 1980, Jiménez y Jaksic 1989, 1991, Jiménez 1995). En su distribución sur, se le observa comúnmente en llanuras y ambientes herbáceos, con presencia de vientos fuertes y constantes (Jiménez 1995).

**1.2. Estado de conservación:** Actualmente, la Ley de Caza y su Reglamento (República de Chile 1996, 1998) indica a ocho especies con problemas de conservación. Pese a que *B. polyosoma* no está entre ellas, este aguilucho está protegido indefinidamente por la Ley de Caza debido a su rol benéfico para el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas naturales.

**1.3. Taxonomía:** siguiendo la literatura (Pettingill 1970, Araya y col 1995, del Hoyo y col 1994) se resume la clasificación de la especie en el siguiente cuadro:

Reino	Animalia
Subreino	Eumetazoa
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Aves
Orden	Falconiformes
Familia	Accipitridae
Genero	<i>Buteo</i>
Especie	<i>polyosoma</i>

**1.4. Morfología:** el aguilucho común se describe como un ave rapaz de tamaño mediano (con un largo total de 45 a 53 cms en los machos y de 48,5 a 63 cms en las hembras); con un largo alar de 35-45 cms. Esto puede variar con la altitud y latitud (Vaurie 1962, Brown y Amadon 1968). El peso de los adultos puede alcanzar entre 690 y 1.134 grs en los machos y

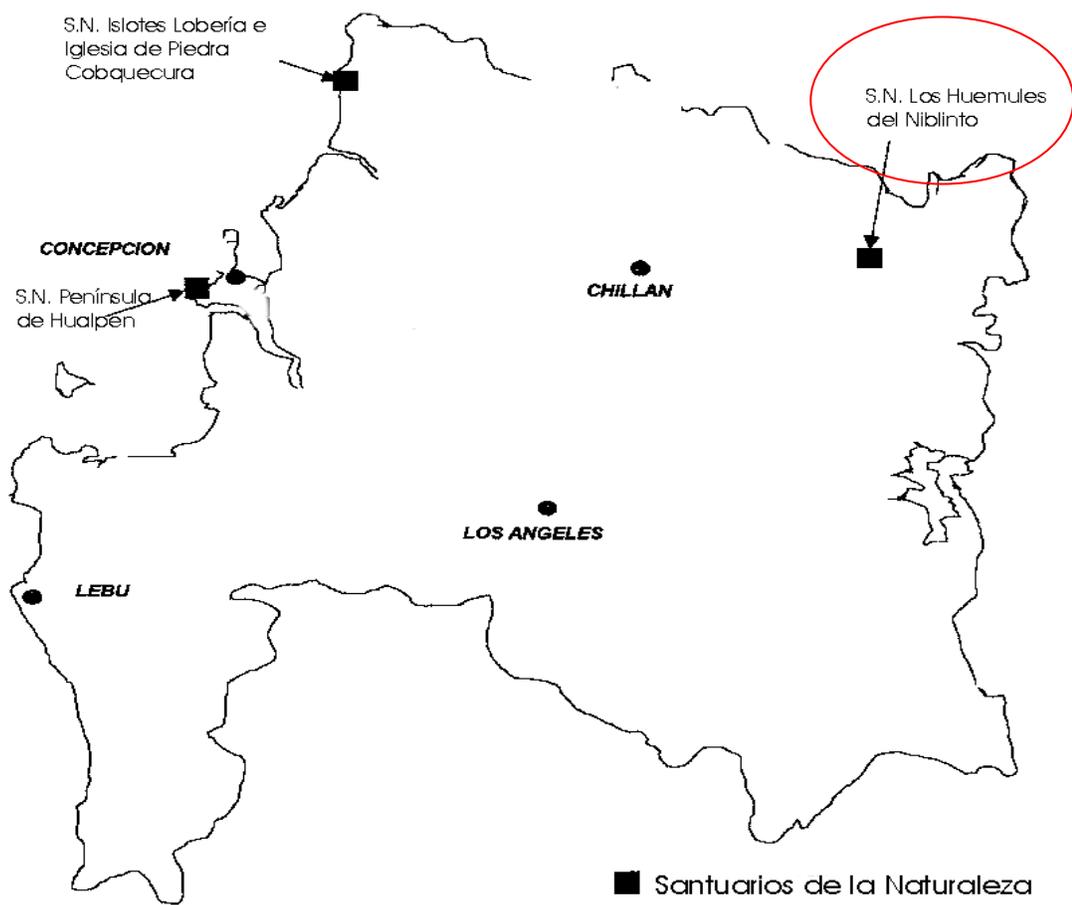
entre 876 a 1.417 grs en las hembras. El peso tiende a ser notablemente mayor en poblaciones insulares, tal como la de Islas Malvinas (Jiménez 1995). El aguilucho común presenta dimorfismo sexual reverso. Durante la adultez, la hembra se distingue con relativa facilidad del macho por ser de un mayor tamaño (Brown y Amadon 1968, Bierregaard 1994). Además, presenta una coloración ferruginosa en la espalda, que ocupa la parte posterior del cuello y la parte alta del dorso; a diferencia del macho cuya espalda es gris pizarra, con las plumas primarias negras y cobertoras alares gris negruzcas en los flancos (Goodall y col 1951, Araya y col 1995). Se caracteriza por presentar una gran variedad de formas de color (Hellmayr 1932, Vaurie 1962, Housse 1945, Pavez 1998), además de las diferentes coloraciones entre adultos y juveniles, y entre machos y hembras, lo cual históricamente produjo una serie de errores y controversias para la clasificación de la especie (Housse 1945). La cola es blanca, con una banda subterminal negra en ambos sexos (Goodall y col 1951, Drouilly 1968). Sobre la base de observaciones a lo largo de 10 años, Pavez (1998) pudo constatar que la coloración de los aguiluchos juveniles, durante sus primeros tres años de vida, no difiere entre sexos. Los machos subadultos de cuatro o cinco años también pueden presentar la coloración rojiza en su espalda, lo que hace que fácilmente se confundan ambos sexos. Durante el sexto año, los machos pierden paulatinamente el color rojizo de su espalda, para pasar definitivamente al gris, permaneciendo sólo la hembra con la espalda rojiza. Es frecuente encontrar varios tipos de fases melánicas, las que a veces se combinan con eritrismo (color ferruginoso); sin embargo, todos se caracterizan por presentar la banda negra en la cola, lo que los hace inconfundibles (Goodall y col 1951).

**1.5. Movimientos migratorios:** al igual que la mayoría de las aves rapaces realiza migraciones parciales, por lo tanto, recorre menos de 3000 Km en sus rutas de viaje (Kerlinger 1989). Estos movimientos se producen previo al período invernal (Jiménez 1995, Couve y Vidal 2003). Durante marzo a noviembre, especialmente desde mayo a septiembre, la proximidad del invierno austral los hace migrar desde la Patagonia y los Andes de Chile hacia el norte y centro de Argentina, este de Bolivia, Uruguay, Paraguay, Matto Grosso y sur de Brasil (Schubart y col 1965, Fjeldsa y Krabbe 1990, Cabot y Serrano 1988).

**1.6. Reproducción:** el período en el cual construyen los nidos varía dependiendo de la latitud en que se encuentren, siendo en octubre en la zona central de Chile y en septiembre en el norte. El número de huevos es de uno a tres (Brown y Amadon 1968) y son de color blanco, con pequeñas manchas café rojizas, cáscara gruesa y rugosa (Housse 1954, Goodall y col 1951). El período de incubación oscila entre los 26 y los 27 días. Los aguiluchos construyen los nidos con palos, ramas secas (Goodall y col 1951), tallos de hierba, basura y abundante estiércol seco (Housse 1945, Hudson 1984). El nido puede ser reparado y reutilizado durante varios años (Housse 1945, Brown y Amadon 1968, Marchant 1960). El período de postura comienza entre septiembre y octubre (Goodall y col 1951, Housse 1945, Goodall y col 1951, Woods 1975); incluso, pudiéndose dar una segunda nidada, durante el mes de enero (Housse 1945). En el período de incubación puede haber un cuidado biparental (Marchant 1960, Brown y Amadon 1968) o un cuidado sólo maternal, bajo la vigilancia del macho (Housse 1945). Si bien es cierto el número de huevos es, por lo general, de dos a tres, puede aumentar latitudinalmente (Marchant 1960, Edelstam 2001).

**1.7. Dieta:** la información cualitativa indica que hay variaciones locales en la dieta del aguilucho. En el norte de Sudamérica el consumo es principalmente de aves (Lehmann 1945); hacia el sur se diversifica su dieta al consumir también pequeños mamíferos, lagomorfos, reptiles y anfibios (Jiménez 1995). En zonas australes es notoria la preferencia de micromamíferos (Crawshay 1907, Humphrey y col 1970, Hudson 1984, Figueroa y col 2003). En Chile también se describe una variación de dieta de acuerdo a su distribución. En el Norte Grande el roedor introducido *Mus musculus* es el principal componente de la dieta (Rau y col 1997). En la zona central se ha observado un consumo importante de insectos y reptiles (Jiménez 1995), así como el consumo de conejos (*Oryctolagus cuniculus*), principalmente individuos juveniles (Schlatter y col 1980). Pese a la variación de los componentes de la dieta a lo largo de su distribución, Jiménez (1995) y Figueroa y col (2003) destacan que en Chile los roedores son sus principales presas. Este último autor también destaca el consumo de una proporción importante de roedores reservorios de hantavirus, agente causante del Síndrome Cardiopulmonar por Hantavirus en humanos.

**1.8. Conducta:** hay escasa información relacionada con el comportamiento del aguilucho común. Recientemente Alvarado y Figueroa (2005) publicaron un estudio en el cual reportan las primeras evidencias que sugieren que el aguilucho común puede forrajear socialmente. Ellos también observaron durante el estudio una inusual tolerancia a otras dos especies de rapaces (*Buteo albigula* y *Parabuteo unicinctus*) de tamaño similar al aguilucho común.

**Anexo 2: Mapa ubicación Santuario de la Naturaleza Los Huemules del Niblinto**

**Anexo 3: Información utilizada en el modelo mixto.**

<b>Model Information</b>	
<b>Data Set</b>	WORK.A
<b>Dependent Variable</b>	dvuelo
<b>Covariance Structure</b>	Variance Components
<b>Estimation Method</b>	REML
<b>Residual Variance Method</b>	Profile
<b>Fixed Effects SE Method</b>	Model-Based
<b>Degrees of Freedom Method</b>	Containment

<b>Class Level Information</b>		
<b>Class</b>	<b>Levels</b>	<b>Values</b>
<b>horacat</b>	13	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
<b>vuelo</b>	8	1 2 3 4 5 6 7 8

<b>Dimensions</b>	
<b>Covariance Parameters</b>	2
<b>Columns in X</b>	22
<b>Columns in Z</b>	1
<b>Subjects</b>	1
<b>Max Obs Per Subject</b>	1518

Dimensions	
Observations Used	1518
Observations Not Used	0
Total Observations	1518

Iteration History			
Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	3986.96719981	
1	1	3948.89417228	0.00000000

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates	
Cov Parm	Estimate
id	2.278E-6
Residual	0.7687

Fit Statistics	
-2 Res Log Likelihood	3948.9
AIC (smaller is better)	3952.9
AICC (smaller is better)	3952.9
BIC (smaller is better)	3948.9

Solution for Fixed Effects							
Effect	horacat	vuelo	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
Intercept			0.5623	0.2230	1497	2.52	0.0118
horacat	1		-0.2698	0.2097	1497	-1.29	0.1985
horacat	2		-0.2409	0.1819	1497	-1.32	0.1856
horacat	3		0.03298	0.1752	1497	0.19	0.8507
horacat	4		-0.03631	0.1791	1497	-0.20	0.8394
horacat	5		-0.03206	0.1761	1497	-0.18	0.8556
horacat	6		0.2654	0.1804	1497	1.47	0.1415
horacat	7		-0.1292	0.1947	1497	-0.66	0.5070
horacat	8		-0.1067	0.1824	1497	-0.58	0.5588
horacat	9		-0.1708	0.1779	1497	-0.96	0.3372
horacat	10		-0.1686	0.1674	1497	-1.01	0.3140
horacat	11		-0.1397	0.1642	1497	-0.85	0.3949
horacat	12		-0.2215	0.1860	1497	-1.19	0.2338
horacat	13		0	.	.	.	.
vuelo		1	0.2900	0.1563	1497	1.86	0.0637
vuelo		2	0.5289	0.2010	1497	2.63	0.0086
vuelo		3	0.2163	0.2819	1497	0.77	0.4429
vuelo		4	0.7670	0.1629	1497	4.71	<.0001

Solution for Fixed Effects							
Effect	horacat	vuelo	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >  t
vuelo		5	-0.1010	0.1883	1497	-0.54	0.5919
vuelo		6	0.5455	0.1582	1497	3.45	0.0006
vuelo		7	0.09320	0.1817	1497	0.51	0.6081
vuelo		8	0	.	.	.	.

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
horacat	12	1497	2.23	0.0089
vuelo	7	1497	15.16	<.0001

## 9. AGRADECIMIENTOS

A Nuria, por ser mi compañera inseparable en la cordillera

A Cristian, por brindarme ayuda permanente en el proceso de elaboración de la tesis

A cada uno de mis amigos, por estar siempre para apoyarme y darme animo cuando lo necesité

Al Guardaparque de Niblinto, Juan Carlos Deveras, por la disposición permanente de ayudarnos cada vez que estamos en terreno

A Vito, por la ayuda en la confección de los dibujos

A la Sociedad Zoológica de Frankfurt y CODEFF, por el traslado hacia Niblinto

Al profesor Roberto Schlatter, por ser un ejemplo de que se puede vivir creyendo y luchando por los sueños

A Sergio y Ricardo, por todas las enseñanzas en terreno y por no perder la capacidad de sorprenderse ante la naturaleza

A mi familia y especialmente a mis padres, por ser en gran parte responsables del amor que siento por la tierra

A Rodrigo, por el amor de cada día