

UCH-FC  
D. Ambiental  
E 74  
C. 1



UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE PREGRADO

## **“USO Y SELECCIÓN DE HÁBITAT POR CÓNDOR ANDINO (*Vultur gryphus*) EN CHILE CENTRAL”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en Medio Ambiente

### **VICTOR MAURICIO ESCOBAR GIMPEL**

Director de Seminario de Título:

Dr. Cristián Estades Marfán

Profesor colaborador:

Sr. Eduardo Pavez Gálvez

Junio 2010  
Santiago - Chile





## INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el Sr. Víctor Mauricio Escobar Gimpel.

### “USO Y SELECCIÓN DE HÁBITAT POR CÓNDOR ANDINO (*Vultur gryphus*) EN CHILE CENTRAL”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

*Dr. Cristián Estades Marfán*  
**Director Seminario de Título**

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a horizontal line and a final flourish.

#### **Comisión de Evaluación**

*Dr. Rodrigo Vásquez Salfate*  
**Presidente Comisión**

*R. Vásquez S*

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'R' followed by a horizontal line and a final flourish.



*Dr. Claudio Veloso Iriarte*  
**Evaluador**

Santiago de Chile, *22 de junio de 2010*

*Dedicado a mis padres Víctor Escobar Luco  
y Lily Gimpel Smith, por su incondicional apoyo,  
constante preocupación y paciencia en mi crecimiento  
personal y profesional ....*





## Agradecimientos

Mis sinceros agradecimientos a todas las personas que de algún modo ayudaron a la realización de esta investigación. Agradezco muy especialmente a mi amigo Maximiliano Bertini por su liderazgo y esforzada labor en terreno, a todos los voluntarios del proyecto quienes, hicieron posible la exitosa introducción de estos cóndores en la naturaleza. A los directores del proyecto, Luis Jácome y Eduardo Pavez, a mi profesor guía, Dr. Cristián Estados, a Claudia López por su invaluable ayuda en el análisis de los datos y el manejo del Sistema de Información Geográfico (SIG), y a mi compañera Anir Muñoz por sus interesantes aportes.

Este estudio se enmarca dentro del Programa Binacional de Conservación del Cóndor Andino (PBCCA) entre Chile y Argentina, organizado por la Unión de Ornitólogos de Chile (UNORCH), el Zoológico de Buenos Aires, el Parque de Animales Silvestres (Temaikèn), la Fundación Bioandina Argentina (FBA), la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), el Zoológico Nacional del Parque Metropolitano de Santiago, Zoo Conservation Outreach Group (USA) y la NASA.



## **INDICE DE CONTENIDOS**

<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
Hipótesis I	4
Hipótesis II	4
1. Objetivo general	4
2. Objetivos específicos	5
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>5</b>
Área de estudio	5
Origen de los cóndores liberados	6
Liberación de los ejemplares y telemetría satelital	8
Análisis del uso y selección de hábitat	13
Variables del hábitat	15
1. Cobertura de vegas altoandinas	15
2. Pisos altitudinales bioclimáticos	17
3. Cobertura de exposición de laderas	18
<b>RESULTADOS</b>	<b>21</b>
Distribución espacial	21
Ámbito de hogar	23
Uso y selección del hábitat	25
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>38</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y localización del punto de liberación de los cóndores. ....	6
Figura 2. Ubicación del transmisor satelital y banda alar en los cóndores liberados. ....	10
Figura 3. Vista dorsal de la banda alar, para la identificación de los cóndores posados. ....	10
Figura 4. Vista ventral de la banda alar, para la identificación de los cóndores en vuelo. ....	11
Figura 5. Variables utilizadas como descriptoras del hábitat. A) Cobertura de vegas altoandinas. B) Cobertura de pisos altitudinales. C) Cobertura de exposición. ....	20
Figura 6. Distribución espacial y ámbito de hogar (MPC) de los cóndores liberados, entre el 21 de febrero 2002 y el 20 de marzo 2003. ....	22
Figura 7. Ámbito de hogar (MPC) de cada grupo de cóndores, entre el 21 de febrero 2002 y el 20 de marzo 2003. ....	24



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Origen de los cóndores liberados en la Cordillera de los Andes de Chile central. ....	7
Tabla 2. Resultado de la modelación de simulación de movimiento. Matriz de promedio de distancias (metros) entre cóndores.....	23
Tabla 3. Ámbito de hogar (Km <sup>2</sup> ), expresado mediante el método del Mínimo Polígono Convexo (MPC), de los cóndores liberados. Entre el 21 de febrero de 2002 y marzo de 2003.....	23
Tabla 4. Área (km <sup>2</sup> ) ocupada por los cóndores con respecto a la variable vegas.....	26
Tabla 5. Área (km <sup>2</sup> ) utilizada por cada grupo de cóndores con respecto a la variable vegas dentro de su ámbito de hogar.....	27
Tabla 6. Área (km <sup>2</sup> ) utilizada por los cóndores con respecto a la variable de pisos altitudinales bioclimáticos.....	29
Tabla 7. Área (km <sup>2</sup> ) utilizada por cada grupo de cóndores, con respecto a la variable de pisos altitudinales bioclimáticos dentro del ámbito de hogar.....	30
Tabla 8. Área (Km <sup>2</sup> ) utilizada por los cóndores con respecto a la variable de exposición de laderas.....	31
Tabla 9. Área (km <sup>2</sup> ) utilizada por cada grupo de cóndores con respecto a la variable de exposición de laderas dentro del ámbito de hogar.....	32

## Introducción

El concepto dispersión en ornitología, se entiende como el patrón en el cual las aves se distribuyen sobre el paisaje en relación al alimento y la obtención de otros recursos. La dispersión está estrechamente asociada al movimiento diario que realiza cada ave individualmente (Newton 1979).

En general el rango de dispersión de las aves rapaces, depende de la disponibilidad de alimento. Pequeños rangos de dispersión se debe a la abundante disponibilidad de alimento cercano a sus territorios o sitios de nidificación, mientras que grandes rangos de dispersión se debe a la poca disponibilidad de alimento o lejanía de este recurso a sus territorios o lugares de nidificación. El rango de hogar por lo tanto, está determinado por el número de lugares de alimentación utilizados y por la distancia entre ellos (Newton 1979).

Casi sin excepción, las grandes aves carnívoras, como las aves rapaces, mantienen un rango de hogar amplio debido a la distribución natural de sus fuentes de alimento (Snyder 2000).

Según Newton (1979) el tamaño promedio del rango de hogar en águilas, generalmente es cercano a los 30 a 190 Km<sup>2</sup> de superficie, mientras que en aves rapaces de menor tamaño, el rango de hogar por lo general es de 1 a 10 Km<sup>2</sup>. El rango de hogar para las grandes especies de aves carroñeras es de mayor tamaño que las águilas, debido a que dependen de fuentes de alimento que resultan impredecibles con respecto a su disponibilidad.

Coleman y Fraser (1989) encontraron que *Coragyps atratus* y *Cathartes aura*, dos de las especies más comunes de aves carroñeras, mantienen en promedio un rango individual de 150 y 370 km<sup>2</sup> respectivamente, en el sur de Pennsylvania y norte de Maryland, Estados Unidos.



Parejas reproductoras de *Gypaetus barbatus*, especie carroñera de gran envergadura, en Francia han usado áreas de 300 km<sup>2</sup> (Terrasse et al. 1961). Parejas reproductoras y no reproductoras de la misma especie en Sudáfrica, poseen un rango de hogar de 4000 km<sup>2</sup> (Brown 1991).

Para *Coragyps atratus* las evidencias indican que muchos individuos dentro de una población local o región, recorren un área de tamaño considerable, entre 160 a 321 km de radio, y las fluctuaciones ocasionales en la abundancia local están influenciadas por el suministro de alimento (Parmalee 1967).

El cóndor de california (*Gymnogyps californianus*), una de las aves carroñeras más grandes, busca su alimento en áreas relativamente amplias. Estudios de poblaciones silvestres en la década del ochenta han confirmado que el rango utilizado por un individuo, fue virtualmente el mismo que el de la población completa, comprendiendo 7.000 km<sup>2</sup> en la región sur del Valle de San Joaquín en Norte América (Snyder 2000).

Ejemplares de cóndor andino (*Vultur gryphus*), especie que se encuentra entre las aves voladoras y carroñeras más grandes del mundo (Temple y Wallace 1989), han cubierto áreas de 1.300 km<sup>2</sup> durante un año. Individuos adultos de esta especie han realizado desplazamientos de 200 km desde sus territorios de nidificación, en búsqueda de alimento (Wallace y Temple 1987).

El cóndor andino a diferencia de las demás aves carroñeras de menor tamaño, posee una gran carga alar (masa por área de ala), encontrando gran inconveniente para elevarse sobre un terreno relativamente plano. En este tipo de topografía el cóndor es dependiente casi exclusivamente de masas de aire térmicas para elevarse. Además de las corrientes térmicas, existen fuerzas motrices producidas por el viento al golpear sobre una pendiente, que le permite elevarse especialmente en ambientes montañosos (Snyder 2000).

Por lo tanto, existe una dificultad involucrada en la búsqueda de alimento para los cóndores, en terrenos que ofrecen condiciones desfavorables para el vuelo. La

vulnerabilidad a los grandes mamíferos predadores es considerable cuando ellos permanecen en terrenos planos con condiciones desfavorables para el vuelo, y por lo tanto, ellos prefieren buscar el alimento en áreas que no presenten tales riesgos (Snyder 2000).

Para estudios de dispersión de animales silvestres, se ha utilizado comúnmente, equipos de radiotelemetría. Estos operan a rangos de frecuencias muy altas (VHF) del espectro electromagnético. Sin embargo, el rango de recepción está limitado para especies que se mueven grandes distancias o que habitan áreas remotas y montañosas. El uso de satélites para la localización de animales ha sido posible con el desarrollo de nuevas tecnologías que han permitido construir transmisores de tamaños reducidos y exactos para ser colocados en animales silvestres (Harris et al. 1990).

La utilización de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) junto a un Sistema de Información Geográfico (SIG), han permitido: a) la posibilidad de calcular con mayor precisión el rango de distribución de los ejemplares estudiados y b) valorar con mayor exactitud la utilización de un determinado hábitat, lo que mejora significativamente la comprensión de las características biológicas y conductuales de diversas especies en la naturaleza (Hamernick 2000).

En el pasado se han realizado diversos estudios con respecto a la biología y manejo del cóndor andino (Gailey y Bolwig 1973; McGahan 1973a, 1973b; Pennycuik y Scholey 1984; Wallace 1985; Wallace y Temple 1983; 1987; 1988; Temple y Wallace 1989; Donazar et al. 1999; Sarno et al. 2000; Donazar y Feijoo 2002; Kusch 2004; 2006), sin embargo, ninguno de estos se ha focalizado en la dispersión y el uso de hábitat de la especie.

Durante octubre del año 2001, ocho ejemplares juveniles de cóndor andino, nacidos en cautiverio y rehabilitados, fueron puestos a disposición del Programa Binacional de Conservación Cóndor Andino (PBCCA), desarrollado por la Unión de Ornitólogos de Chile (Aves Chile), el Zoológico de Buenos Aires, el Parque de Animales Silvestres (Temaikén), la Fundación Bioandina Argentina (FBA), la

Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), el Zoológico Nacional del Parque Metropolitano de Santiago, Zoo Conservation Outreach Group (USA) y la NASA. El objetivo fue realizar un operativo de liberación en la cordillera de Chile central, Región Metropolitana, con la finalidad de obtener información biológica basada en la aplicación de tecnología satelital.

El presente trabajo de seminario de título se enmarca dentro del PBCCA, y forma parte de una serie de análisis que se realizaron a partir de la liberación y seguimiento de los cóndores.

En función de los antecedentes disponibles en la literatura es posible proponer al menos dos hipótesis no excluyentes:

### **Hipótesis I**

El patrón de distribución de los cóndores liberados en la cordillera de los Andes central de Chile, se encuentra asociado al recurso alimento.

### **Hipótesis II**

El patrón de distribución de los cóndores liberados en la cordillera de los Andes central de Chile, se encuentra asociado a sectores con mejores condiciones para el vuelo.

En este contexto se proponen los siguientes objetivos

#### **1. Objetivo general**

Aportar al conocimiento sobre el patrón de uso del espacio y selección de hábitat que realiza el cóndor andino (*Vultur gryphus*) en Chile central.

## **2. Objetivos específicos**

- Definir un patrón de distribución espacial de los cóndores liberados.
- Relacionar la distribución de los cóndores con características del hábitat, definidas por las variables: altitud, presencia de vegas altoandinas y exposición de laderas.
- Determinar diferencias estacionales en el uso y selección de las variables del hábitat definidas.
- Establecer diferencias de distribución diurna y nocturna.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El área de estudio abarcó el área comprendida por la V, VI y Región Metropolitana (Figura 1). En términos generales, ésta área presenta un clima mediterráneo con precipitaciones concentradas en el período frío del año (invierno) y con sequía durante la estación más cálida (verano) (Di Castri 1976).

El lugar de liberación de los ocho cóndores se ubicó en el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, Región Metropolitana (33° 19' 16" S. – 70° 19' 06" O.) a una altitud de 2.154 m.s.n.m (Figura 1). La zona posee escasez de precipitaciones en general, las que se presentan en invierno en forma de nieve, la cual permanece en reducidos sectores hasta la primavera. La temperatura media anual es de 14,4° C (CONAF 1995). Este sitio fue seleccionado para la liberación, debido a que presenta una topografía favorable a las necesidades de movimiento de los cóndores, presencia de vientos necesarios para sus desplazamientos, acceso cercano a zonas de alimentación, además de un fácil acceso desde el punto de vista logístico para el personal de trabajo en terreno.

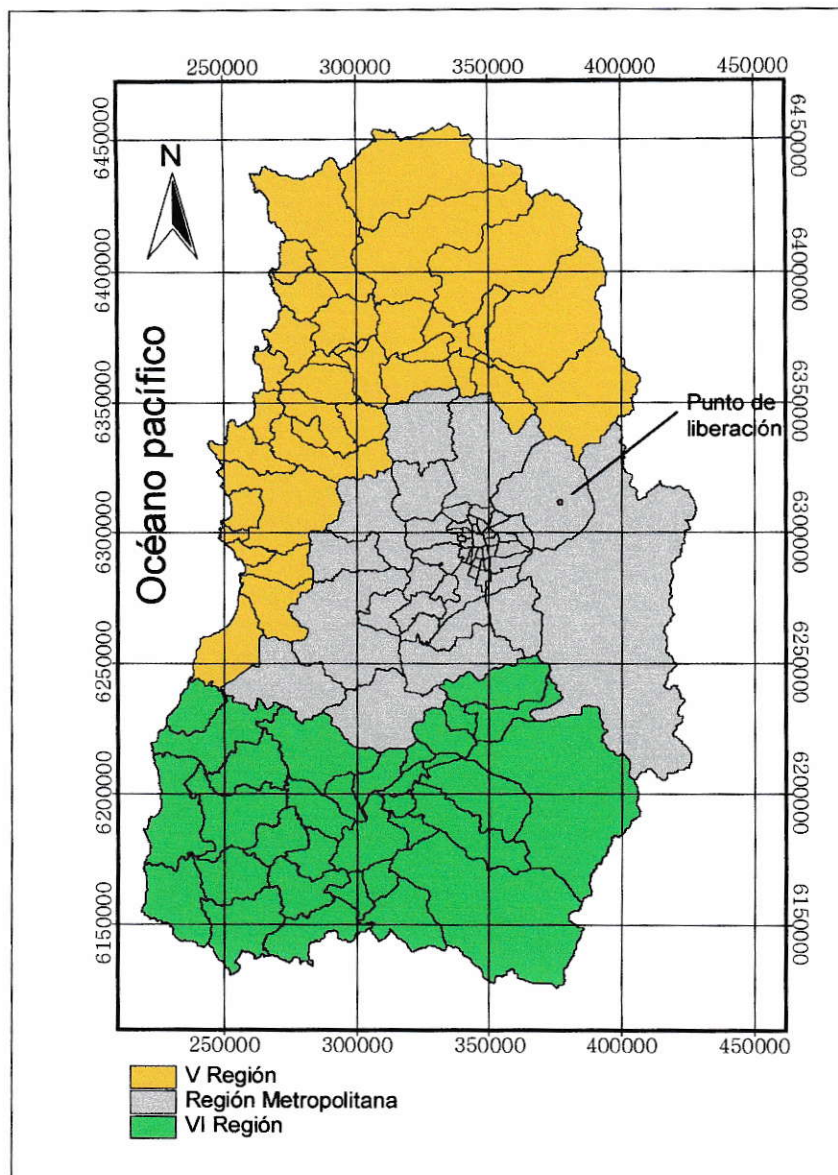


Figura 1. Área de estudio y localización del punto de liberación de los cóndores.

### Origen de los cóndores liberados

Seis de los ejemplares liberados, provienen de parejas de cóndores que residen en zoológicos y centros de recuperación de fauna silvestre de Chile y Argentina. Los otros dos ejemplares provienen de la vida silvestre, luego de haber sido rehabilitados a

causa de distintas lesiones. En la tabla 1 se resume el origen de cada uno de los cóndores, destacando que debido a su origen, casi ninguno poseía experiencia de vuelo previa a su liberación.

Tabla 1. Origen de los cóndores liberados en la cordillera de los Andes de Chile central.

<i>Identificación</i>				<i>Tratamiento previo a liberación</i>
<i>Número</i>	<i>Sexo</i>	<i>Origen</i>	<i>Fecha nacimiento</i>	
1	Hembra	Zoológico de La Plata, Argentina	5-01-1999	Incubado y criado por sus padres
2	Macho	Zoológico Bs. Aires, Argentina	21-10-1999	Incubado artificialmente y criado con la asistencia de títeres
3	Macho	Zoológico Bs. Aires, Argentina	30-10-1999	Incubado artificialmente y criado con la asistencia de títeres
4	Macho	Zoológico Bs. Aires, Argentina	17-05-2000	Incubado artificialmente y criado con la asistencia de títeres.
5	Macho	Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces, Chile	2000	Ejemplar silvestre rehabilitado debido a la captura ilegal desde el nido.
6	Macho	Zoológico Nacional, Chile	Nov – 2000	Incubado y criado por sus padres
7	Macho	Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces, Chile	30-11-2000	Incubado artificialmente y criado con la asistencia de títeres
8	Hembra	Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces, Chile	1999	Ejemplar silvestre rehabilitado

El grupo de cóndores provenientes de Argentina completó su desarrollo en el Zoológico de Buenos Aires, en un recinto especial para manejo en aislamiento humano, necesario para evitar la impronta del ave con el ser humano (Lorenz 1986).

Por otro lado, el grupo de cóndores originario de Chile completó su desarrollo en el Centro de Rehabilitación de Aves Rapaces de la Unión de Ornitólogos de Chile, ubicado en la comuna de Talagante, Región Metropolitana, en un recinto especializado para el manejo en aislamiento humano.

La edad de todos los cóndores liberados fluctuaba entre uno y tres años, lo que corresponde a un estado juvenil, con el plumaje enteramente de color café. Los cóndores no llegan a ser sexualmente maduros hasta los ocho años de edad (Temple y Wallace 1989), momento en que destaca el plumaje característico negro y blanco.

### **Liberación de los ejemplares y telemetría satelital**

Para la identificación visual de los cóndores, antes de ser liberados, fueron marcados mediante bandas alares numeradas del uno al ocho. Estas bandas son de plástico vinílico, elaboradas artesanalmente, blancas con números negros para las hembras y azules con número blanco para los machos (Figura 2 y 3). Cada marca posee una forma de hélice, con una mitad menor que la otra, con un largo total de 29,5 cm y anchos de 9,0 cm y 8,0 cm (Wallace et al. 1980).

Antes de la liberación se construyó una jaula, donde los cóndores fueron mantenidos durante dos meses, en cuarentena y adaptación al lugar, en absoluto aislamiento visual del ser humano. Esta jaula consistía en una habitación de madera, de 3 m de ancho por 6 m de largo, donde los ejemplares se pudieran refugiar y una jaula externa, de 10 m de ancho por 6 m de largo, donde ellos pudieran observar y ambientarse al entorno cordillerano de montaña. Una habitación contigua a la primera, permitía manejar las puertas de entrada y salida de los ejemplares hacia la jaula externa. Este sistema a su vez, permitía colocar el alimento y agua en la jaula sin que los investigadores fuesen vistos por las aves.

Los cóndores provenientes de Argentina fueron dispuestos en la jaula 55 días antes de su liberación, el 28 de Octubre de 2001, en tanto que los cóndores provenientes de Chile fueron trasladados 25 días antes, el 27 de Noviembre de 2001. En este recinto, los ejemplares fueron observados 9 horas al día desde distintos puntos, con la finalidad de registrar sus comportamientos e interacciones entre ellos y con cóndores silvestres. Después de la liberación, las horas de seguimiento y observación aumentaron a 14 horas por día durante 2 meses.

Previo a la liberación, los cóndores además fueron marcados con microchips subcutáneos (Trovan M.R.), ubicados en el área del lomo cercano al cuello, radiotransmisores VHF (Telonics M.R.) y transmisores satelitales con baterías de carga solar (Microwave Telemetry M.R INC, modelo PTT 100) ubicados uno en cada ala (Figuras 2, 3 y 4).

El transmisor satelital es lo suficientemente pequeño (5,5 cm. x 2,8 cm. x 1,8 cm.) y liviano (35 gr.) para no alterar el normal vuelo de los cóndores y gracias a su sistema de aprovechamiento de energía solar, brinda una autonomía de uso de 5 años aproximadamente (Jácome 1999).



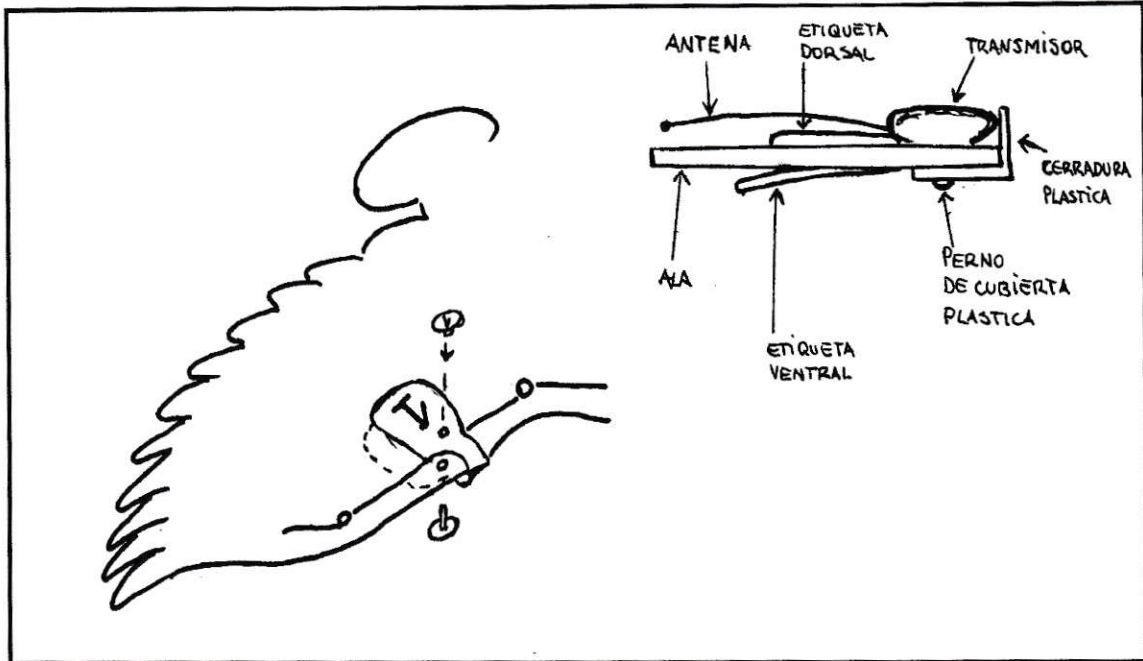


Figura 2. Ubicación del transmisor satelital y banda alar en los cóndores liberados.



Figura 3. Vista dorsal de la banda alar, para la identificación de los cóndores posados.

Fotografía: Hernán Lorca S.

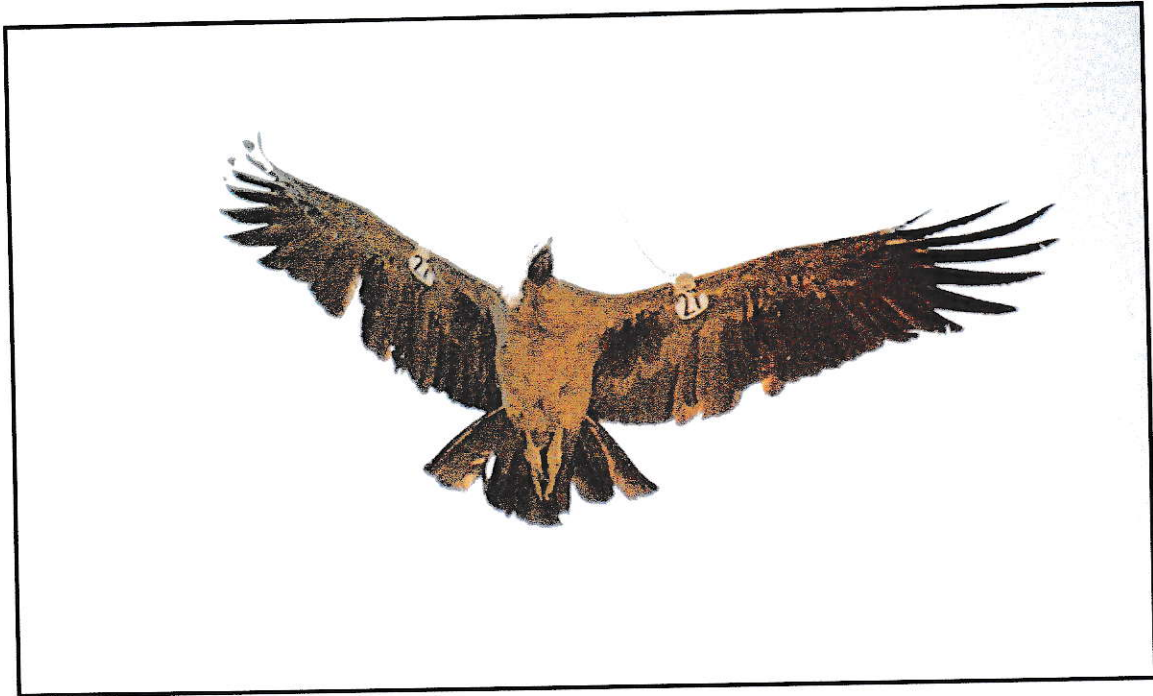


Figura 4. Vista ventral de la banda alar, para la identificación de los cóndores en vuelo.

Fotografía: Ramón Casares.

Para el presente trabajo, sólo se utilizaron los datos provenientes de la transmisión satelital. Debido a que el cóndor andino presenta amplios rangos de desplazamiento y habita áreas montañosas, el seguimiento con técnicas de radiotelemetría es de poca efectividad (Harris et al. 1990; Pavez 2004).

#### Características de los datos satelitales

El satélite avanza barriendo un plano terrestre de 5.000 kilómetros de lado. En su trayecto debe recibir señales del transmisor PTT 100, de tal forma que las distintas señales recibidas, por efecto Doppler, sirven para determinar su ubicación en un sistema de coordenadas. Así se determinan los parámetros de latitud y longitud. Los satélites envían la información recibida a centrales terrestres, en forma redundante, para garantizar la exactitud de estos datos (Harris et al. 1990). La información es recibida por satélites de la empresa francesa Argos que reenvían la información a bases terrestres situadas en Francia y Estados Unidos. Desde ahí, la información fue puesta

al servicio del Programa Binacional de Conservación Cóndor Andino (PBCCA). Todas las localizaciones fueron incorporadas a un sistema de coordenadas X, Y mediante el software ArcView GIS 3.2<sup>1</sup>.

Existen siete tipos básicos de calidad de datos satelitales que se pueden recibir con respecto a la exactitud. Los datos de calidad tres son los más exactos, siendo su error menor a 150 metros. Los datos de calidad dos tienen un error entre 150 y 350 metros. Los datos de calidad uno tienen un error entre 350 metros y 1 km. Los datos de calidad cero tienen un error mayor a 1 km., mientras que los restantes datos de calidad A, B y Z no poseen información de utilidad (Harris et al. 1990). Para efectos de este estudio sólo se consideraron los datos de calidad tres, dos y uno. Además se eliminaron los datos obtenidos del cóndor número cinco, debido a su temprana muerte luego de ser liberado.

El transmisor satelital de cada uno de los cóndores, emite señal durante 10 horas y permanece inactivo durante 20 horas. Estos intervalos de tiempo permiten recibir información de los cóndores a distintas horas del día. Además, los transmisores de los distintos cóndores, se colocaron en actividad con seis horas de diferencia cada uno, con la finalidad de que siempre, cuando pase un satélite, exista un transmisor emitiendo señal (Jácome 1999).

Los transmisores fueron programados para que entregaran a lo menos un dato de ubicación por día para cada cóndor. Sin embargo, debido a distintos factores, existe un solo dato de ubicación cada 2 e incluso 3 días para algunos cóndores. Esta disparidad en la entrega de datos de ubicación, obligó a realizar una estimación de la ubicación de cada cóndor por lo menos dos veces al día mediante un análisis de interpolación de los datos entregados por el satélite, análisis que será explicado más adelante.

---

<sup>1</sup> Environmental Systems Research Institute, 1999.

### Liberación y período de muestreo

Un día antes de la liberación, el 21 de diciembre del 2001, los cóndores fueron encerrados en la habitación del refugio, para el desarme de la jaula externa. Al día siguiente, desde la habitación contigua, fue abierta la puerta del refugio para que los cóndores pudieran volar libremente.

El lapso de tiempo considerado para el análisis de este trabajo, comprende desde el 21 de febrero de 2002 hasta el 20 de marzo de 2003. Los dos primeros meses de datos (diciembre y enero), fueron descartados del análisis para eliminar el sesgo en los resultados, producto de la relación existente entre los cóndores y el lugar de liberación, durante este período. Esto se confirma, debido a que el 52 % del total de datos fueron emitidos desde un área circular de 5 km. de radio con centro en el punto de liberación, durante los dos primeros meses posteriores a la liberación. Según Wallace (1985), los cóndores, demoran por lo menos un mes, después de su liberación, en aprender las técnicas del vuelo.

### **Análisis del uso y selección de hábitat**

En primer lugar para poder determinar si cada uno de los individuos estudiados se podía utilizar como una muestra independiente en el análisis de uso de hábitat, fue necesario saber si las trayectorias de los distintos cóndores fueron estadísticamente independientes entre sí. Con este objetivo se comparó la distancia promedio entre cada par de aves en cada momento del tiempo con la distancia media esperada de dos cóndores que se mueven al azar a través de un modelo de simulación construido en Turbo Basic.

Debido a que las posiciones de las distintas aves no estaban disponibles para las mismas horas, en primer lugar se estimó la posición de cada cóndor a las 11 y 23 horas de cada día a través de la interpolación de los datos entregados por el satélite. Con esta información se calculó la distancia promedio entre cada par de aves. Además se estimó la distancia promedio recorrida por cada ave en un período de 12 horas.

Se simuló el movimiento de dos cóndores que se mueven de forma aleatoria, utilizando como único parámetro la distancia media de vuelo en doce horas. Ambos cóndores se desplazaron aleatoriamente en cualquier dirección dentro del área abarcada por el polígono mayor que incluyó a las trayectorias de todas las aves (figura 6). En cada simulación, ambos cóndores partieron del mismo punto (para reflejar el hecho de que fueron liberados en el mismo lugar). Cada simulación se extendió por 500 períodos de 12 horas cada uno, que corresponde al promedio de registros que se pudo construir para cada ave después de la interpolación. En cada período se computó la distancia en metros entre las dos aves virtuales. Se realizaron 20 repeticiones de la simulación para estimar la media y el error estándar de la distancia entre dos aves (Estades, convers. person.),

La distancia promedio real entre cada par de aves se comparó con la distancia simulada y se determinó las que eran significativamente menores (a un nivel de significancia de 95%) que esta última, lo que significa que las aves no tienen trayectorias independientes.

Debido a que la calidad de los datos entregada por los satélites Argos es en general baja (150 m a 1 km) y a que muchos de los datos diurnos pueden haber sido registrados mientras las aves se encontraban volando (y por lo tanto no se pueden asociar directamente a una posición en tierra), se creó un área buffer arbitrariamente de 1.000 m de diámetro alrededor de cada dato, denominándolo "área de influencia" de la localización.

Finalmente el tipo de hábitat asociado a cada registro satelital se obtuvo de la intersección de mapas temáticos con el área de influencia asociada al registro.

El número de localizaciones y sus áreas de influencias dentro de cada tipo de ambiente fueron comparados con la disponibilidad de ambientes en dos escalas espaciales. La primera comparación se hizo para el Mínimo Polígono Convexo (MPC) que abarca la distribución de todos los cóndores (figura 6). La razón de porqué se utilizó esta área en vez de toda el área de estudio se debe a que los sitios que se

encuentran más allá del ámbito de hogar de un animal pueden ser considerados como “no disponibles” más que “no seleccionados” (Garshelis 2000). En segundo lugar, se realizó el análisis al nivel del ámbito de hogar (MPC) de cada uno de los cóndores (o grupos de cóndores).

Para establecer la existencia de selección de los distintos atributos del paisaje se usó el método de análisis de uso y disponibilidad, propuesto por Neu et. al. (1974).

Este método comienza con una prueba de Chi – cuadrado, para determinar si los cóndores están seleccionando la variable del hábitat en proporción a su disponibilidad. En los casos en que las diferencias fueran significativas se construyeron los intervalos de confianza de Bonferroni, para establecer si el uso de una determinada clase o intervalo estaba significativamente por encima o por debajo de lo esperado (Neu et. al. 1974).

Para calcular el MPC, de todos los cóndores y de cada uno de los ámbitos de hogar, se utilizó la extensión “Análisis de movimiento animal” del SIG ArcView 3.2.

### **Variables del hábitat**

Las siguientes variables fueron utilizadas como descriptores del hábitat.

#### **1. Cobertura de vegas altoandinas**

Las vegas altoandinas son ambientes que podrían ubicarse en el tipo “Humedales alpinos de montaña” que según la Convención sobre los humedales de Ramsar (1971), incluye praderas alpinas y de montaña, además de aguas estacionales originadas por el deshielo. Estos ambientes poseen un elevado potencial forrajero y de alta calidad de nutrientes para grandes herbívoros, los que son utilizados por el ganado doméstico (Pavez y Tala 1995), que se concentran principalmente durante la época estival, en las vegas altoandinas.

Por esta razón las vegas fueron utilizadas como un sustituto de una variable sobre distribución y abundancia de alimento para los cóndores.

Para la ubicación de las vegas, se utilizaron imágenes satelitales LandSat, sobre las cuales se aplicó un Índice de Vegetación tipo NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Este índice es una combinación de bandas espectrales que intenta realzar la contribución de la vegetación en la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores, como el suelo, roca, agua, nieve, hielo, nubes etc. (Sánchez et. al. 2000).

Debido a que el índice NDVI está relacionado con la actividad fotosintética de la vegetación, se utiliza para estimar el crecimiento de las plantas, cobertura de vegetación y la producción de biomasa. Éste índice se calcula con bandas de imágenes de satélite, aprovechando las características únicas del reflejo de la vegetación verde. Ésta tiene una respuesta característica a los sensores remotos: La vegetación verde absorbe el componente rojo visible (0,61 – 0,68  $\mu\text{m}$ ) dentro del espectro por la clorofila, reflejando así muy poca energía solar con respecto a otras coberturas posibles. Por otro lado, la vegetación verde tiene una gran reflectancia de la energía solar para el componente infrarrojo cercano (0,78 – 0,89  $\mu\text{m}$ ) del espectro, debido a las paredes de las células llenas de agua de las hojas. En contraste, la vegetación senescente refleja más energía en el componente rojo visible, y menos en el infrarrojo cercano, invirtiendo así la respuesta de la vegetación verde.

En uno de los sensores remotos más conocidos, como LandSat, dos de las bandas obtenidas por escena son precisamente la roja y la infrarroja, por lo que el cálculo del NDVI se expresa como una operación de bandas:

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojocercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojocercano} + \text{Rojo}}$$

Lo que esencialmente aísla el crecimiento dramático de la respuesta del infrarrojo cercano sobre el rojo, normalizando el resultado al dividir entre la suma de ambas

respuestas, lo que arroja un índice que varía entre -1 (nula vegetación) y 1 (vegetación verde).

Ubicando algunas vegas conocidas dentro de las imágenes satelitales del área de estudio, se procedió a localizar todas aquellas que tuviesen el mismo espectro de coloración procediendo a realizar una clasificación supervisada y seleccionando la firma espectral de las vegas. (Figura 5, A).

## 2. Pisos altitudinales bioclimáticos

La descripción de pisos se basa en los antecedentes que se desprenden de la relación existente entre clima y vegetación, dado que los factores climáticos varían con la altitud y la exposición, afectando por consiguiente la distribución vegetal (Stehberg 1980). Estos estratos podrían ser usados de forma diferencial por los cóndores como respuesta a una oferta diferencial de recursos (figura 5, B). Estos estratos son:

- Piso Preandino o Basimontano

Abarca desde los 600 msnm, internándose por los valles, cajones y con menor profusión en las laderas de exposición norte y noroeste, hasta los 1.600 msnm. Este piso está constituido por una formación latifoliada conocida como Formación Mesófila de *Quillaja saponaria* (Quillay), con un régimen de precipitaciones de carácter pluvial (Stehberg 1980).

- Piso Bajo Andino

Abarca desde los 1.600 msnm hasta los 2.600 msnm. En él se aprecian matorrales con fisonomía achaparrada. Este piso se encuentra influido por una marcada estación invernal con precipitación pluvial y nival principalmente. Las precipitaciones de verano sólo alcanzan a un 5% del monto invernal (Stehberg 1980).



- Piso Andino y Vegas

Abarca desde los 2.600 msnm hasta los 3.600 msnm. En éste, el efecto eólico es marcado y cae en invierno una media areal de más de 1 metro de nieve en las zonas bajas y 3,5 metros en los estratos más altos. A esto se debe sumar más de 500 mm de precipitación de tipo pluvial en invierno y otros 100 mm de precipitación en otoño y primavera. La vegetación está constituida por matorrales de escaso desarrollo en los estratos mas bajos, cuya mayor expresión vegetativa ocurre en primavera. La nieve de invierno y la marcada aridez de verano hacen que el tapiz herbáceo se encuentre bien conservado sólo en los sitios que poseen humedad constante y protección (Stehberg 1980).

- Piso Glaciar

Se encuentra sobre los 3.600 msnm, el cual es coincidente con el nivel inferior de la línea de las nieves eternas, que en algunos lugares se desplaza hacia abajo o arriba por efectos morfológicos, litológicos, de pendiente o de exposición. En este piso la vegetación se presenta sólo en forma de líquenes y musgos adheridos a los afloramientos rocosos ya que los pocos suelos existentes están sepultados por la nieve o hielos. El grueso de las precipitaciones es de tipo nival, precipitando en invierno más de 5 m y en algunos años sobre 10 m (Stehberg 1980).

### 3. Cobertura de exposición de laderas

Según Pennycuick y Scholey (1984) el cóndor andino es altamente dependiente de laderas donde se formen adecuadas corrientes térmicas que le permita remontar vuelo.

En la Cordillera de los Andes de Chile central, las corrientes térmicas utilizadas por los cóndores debieran ser dominantes en laderas de exposición norte, noroeste y noreste, laderas con mayor exposición al sol. Además los vientos predominantes

en el área de estudio, durante las horas del día, provienen preferentemente del oeste (Cunill 1979).

Para generar un mapa con la cobertura de exposición de laderas, se utilizó un modelo digital de terreno (MDT), que es el conjunto de capas (generalmente raster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE). En este caso las capas derivadas corresponden a la exposición de las laderas (figura 5, C).

Paras las tres variables utilizadas como descriptoras del hábitat, vegas, pisos altitudinales y coberturas de exposición de laderas, se estableció una relación entre el mapa y el área de influencia de los cóndores, verificando de esta manera si existe un uso selectivo de estas variables.

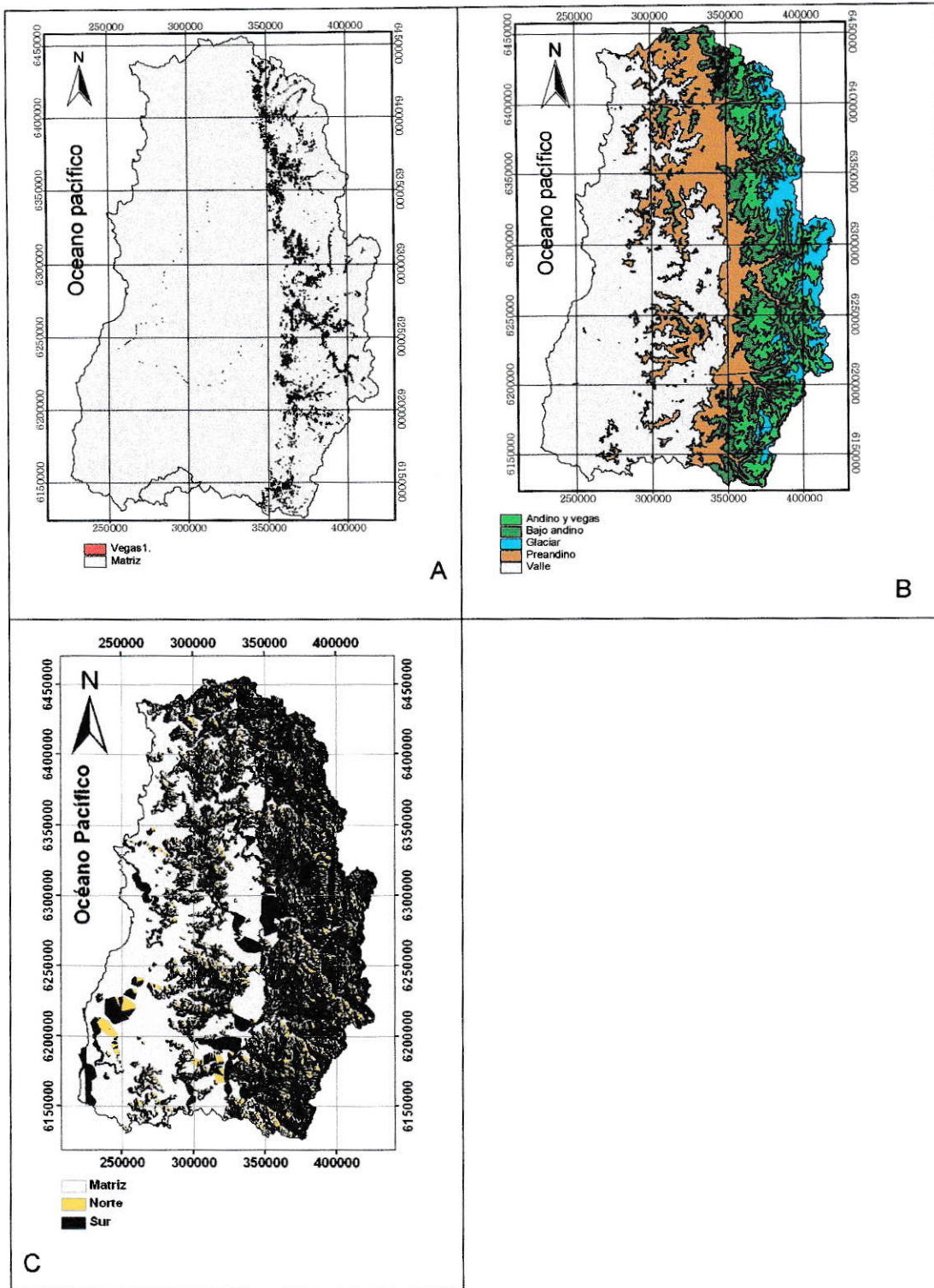


Figura 5. Variables utilizadas como descriptores del hábitat. A) Cobertura de vegas altoandinas. B) Pisos altitudinales. C) Cobertura de exposición de laderas.

## Resultados

### Distribución espacial

El movimiento de los cóndores estuvo principalmente distribuido en un eje de dirección norte – sur a lo largo de la cordillera de los Andes de Chile central (Figura 6). La distancia máxima registrada durante el tiempo de estudio, en línea recta, fue de 139 km a 169° en dirección sur desde el punto de liberación y de 44 km a 340° en dirección norte. La distancia máxima registrada, a través del eje este - oeste fue de 45 km a 101° en dirección este desde el punto de liberación y 25 km a 303° en dirección oeste.

Las trayectorias de los cóndores fueron estadísticamente independientes entre sí, excepto los ejemplares 2, 3 y 7, cuyas distancias promedios fueron menores a las esperadas (Tabla 2). Por lo tanto, para analizar la distribución de los cóndores y el uso de hábitat que realizaron durante el periodo de estudio, se trataron a estos tres ejemplares como un solo grupo, independiente de los otros cuatro ejemplares. Estos últimos, (1, 4, 6 y 8) resultaron todos independientes entre sí (Tabla 2).

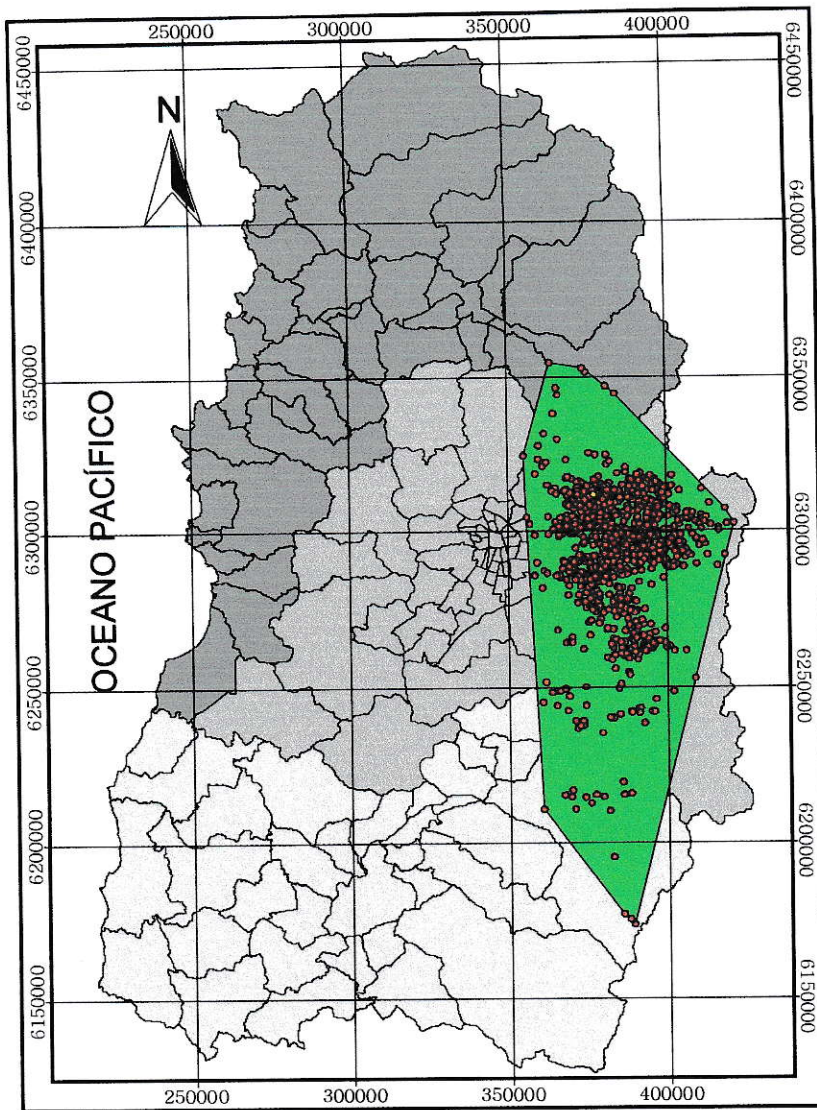


Figura 6. Distribución espacial y ámbito de hogar (MPC) de los cóndores liberados, entre el 21 de febrero 2002 y el 20 de marzo 2003.

Tabla 2. Resultado de la modelación de simulación de movimiento. Matriz de promedio de distancias (metros) entre cóndores.

	1	2	3	4	6	7
1						
2	17.255,42					
3	16.451,33	9.627,98				
4	23.686,37	21.936,09	21.687,48			
6	34.045,94	35.135,27	34.624,16	19.587,03		
7	19.778,44	10.193,29	9.378,88	20.490,80	29.791,32	
8	18.075,97	22.214,93	22.669,74	23.327,89	33.399,58	22.611,57

Valor crítico 13.700 (distancia promedio esperada).

P = 0,05

Los datos en rojo indican las distancias promedio menores al valor esperado con puntos moviéndose al azar (independientes).

### Ámbito de hogar

El ámbito de hogar (MPC) de todos los cóndores, abarcó un área de 7.857 km<sup>2</sup>. Uno de los datos fue excluido del análisis debido a su excesiva distancia con respecto al resto de las localizaciones en dirección oeste, varios kilómetros hacia el interior del océano, lo que probablemente se trataba de un error del satélite, teniendo un efecto muy importante en el cálculo del MPC de todos los cóndores. El ámbito de hogar (MPC) de cada grupo de cóndores difirió considerablemente uno de otro (Figura 7), siendo el más extenso el del ejemplar 6, con un área de 6.571 km<sup>2</sup> (Tabla 3).

Tabla 3. Ámbito de hogar (Km<sup>2</sup>), expresado mediante el método del Mínimo Polígono Convexo (MPC), de los cóndores liberados. Entre el 21 febrero de 2002 y el 20 de marzo de 2003.

Cóndores	Nº de localizaciones	MPC
1	72	992
2 – 3 – 7	643	4.276
4	109	2.147
6	295	6.571
8	54	736
Todos	1.173	7.857

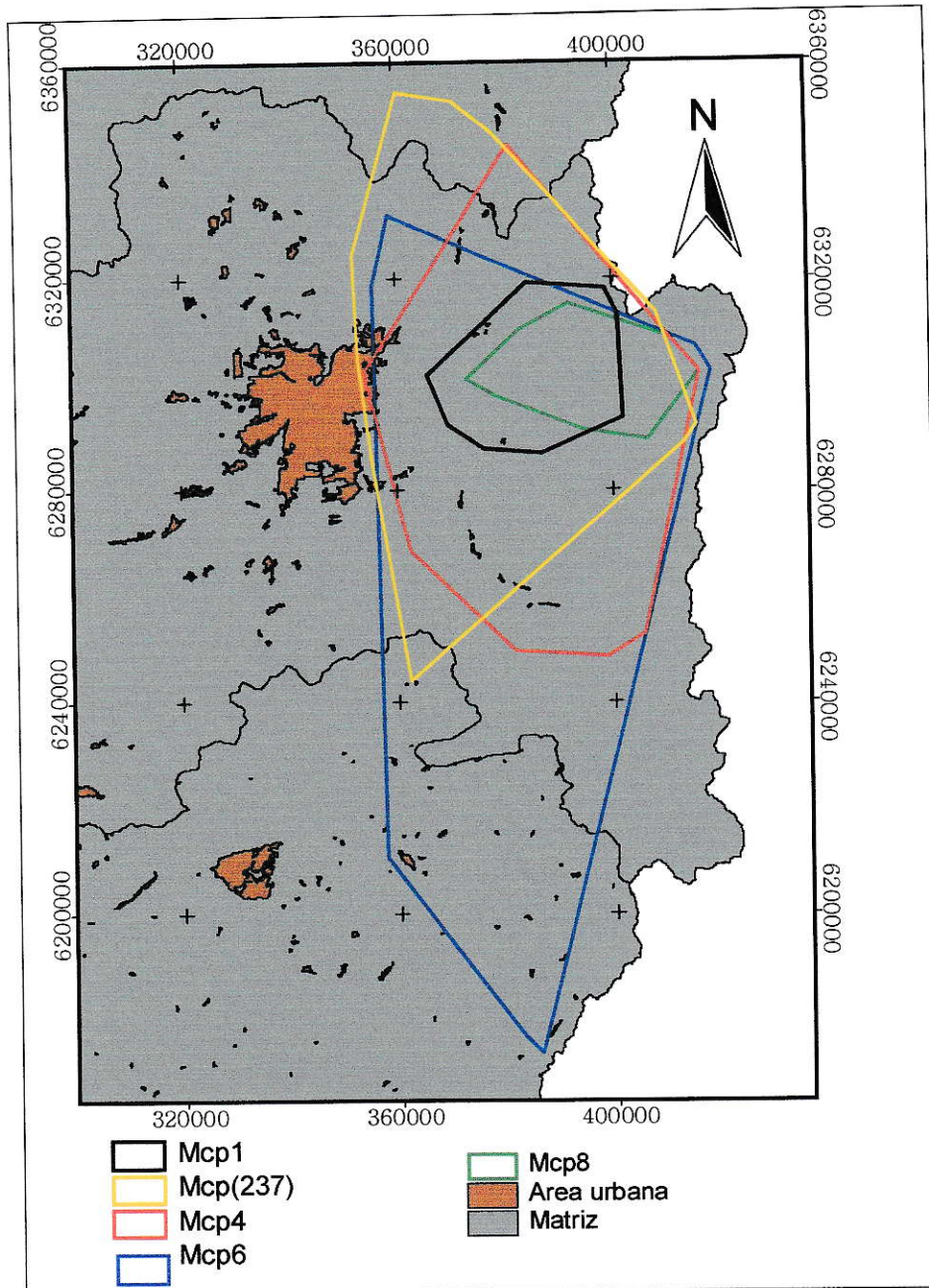


Figura 7. Ámbito de hogar (MPC) de cada grupo de cóndores, entre el 21 de febrero 2002 y el 20 de marzo 2003.

### **Uso y selección del hábitat**

Cuando se analizaron todos los datos en conjunto, el área de vegas utilizada por los cóndores no difirió significativamente del área esperada con respecto a la disponibilidad ( $p > 0,05$ ; tabla 4). Esta situación se mantuvo al analizar por separado los datos diurnos de los nocturnos (Tabla 4). Sin embargo, al separar los datos de distintas épocas del año, sí existieron diferencias en el uso de las vegas, registrándose una utilización menor a lo esperado durante otoño – invierno ( $p < 0,05$ ) y una utilización mayor a lo esperado durante primavera – verano ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4).



Tabla 4. Área (km<sup>2</sup>) ocupada por los cóndores con respecto a la variable vegas. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Área total	Proporción Area total	Area observada	Area Esperada	Selección
<b>Datos totales</b>					
Vegas ( pastoreo )	865,39	0,110	410,60	403,79	=
Matriz	6.992,33	0,890	3.255,81	3.262,62	=
Total	7.857,72	1	3.666,41	3.666,41	
<b>Datos diurnos</b>					
Vegas	865,39	0,110	177,55	169,71	=
Matriz	6.992,33	0,890	1.363,40	1.371,24	=
Total	7.857,72	1	1.540,95	1.540,95	
<b>Datos nocturnos</b>					
Vegas	865,39	0,110	233,04	234,08	=
Matriz	6.992,33	0,890	1.892,41	1.891,37	=
Total	7.857,72	1	2.125,45	2.125,45	
<b>Datos otoño - invierno</b>					
Vegas	865,39	0,110	75,02	139,07	-
Matriz	6.992,33	0,890	1.187,75	1.123,70	+
Total	7.857,72	1	1.262,77	1.262,77	
<b>Datos prim - verano</b>					
Vegas	865,39	0,110	335,57	264,72	+
Matriz	6.992,33	0,890	2.068,06	2.138,92	-
Total	7.857,72	1	2.403,64	2.403,64	

A nivel de individuos, y para los datos de todo el período de estudio, sólo el grupo 2 – 3 – 7 mostró una selección por las vegas al interior de su ámbito de hogar ( $p < 0,05$ ; tabla 5).

Tabla 5. Área (km<sup>2</sup>) utilizada por cada grupo de cóndores con respecto a la variable vegas dentro de su ámbito de hogar. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Ámbito hogar				
	Área total	Prop.	Área observada	Área esperada	Selección
<b>Cóndor 1</b>					
Vega	112,71	0,114	28,65	25,55	=
Matriz	879,96	0,886	196,40	199,49	=
Total	992,67	1	225,05	225,05	
<b>Cóndor 2-3-7</b>					
Vega	354,23	0,083	226,45	166,47	+
Matriz	3922,47	0,917	1783,35	1843,34	=
Total	4276,70	1	2009,80	2009,80	
<b>Cóndor 4</b>					
Vega	192,73	0,090	31,48	30,58	=
Matriz	1954,83	0,910	309,22	310,12	=
Total	2147,56	1	340,70	340,70	
<b>Cóndor 6</b>					
Vega	786,02	0,120	102,08	110,29	=
Matriz	5785,22	0,880	819,99	811,78	=
Total	6571,24	1	922,07	922,07	
<b>Cóndor 8</b>					
Vega	102,23	0,139	21,94	23,43	=
Matriz	634,24	0,861	146,85	145,36	=
Total	736,47	1	168,79	168,79	

Hubo un claro patrón de selección de los distintos pisos altitudinales bioclimáticos por los cóndores. Los resultados para todos los datos en conjunto indican, que el Piso Bajo Andino fue utilizado en forma significativamente mayor que lo esperado, mientras que los Pisos Andino – vegas y el Piso Glaciar fueron menos usado que lo esperado ( $p < 0,05$ ). El Piso Preandino fue utilizado levemente más que lo esperado, aunque esta diferencia no resultó significativa (Tabla 6).

Se mantuvo un patrón similar al realizar el análisis de los datos diurnos y nocturnos por separado (Tabla 6). Al analizar los datos separados en épocas del año, estos muestran una selección de los pisos altitudinales más bajos durante otoño – invierno en relación a primavera – verano (Tabla 6).

Tabla 6. Área (km<sup>2</sup>) utilizada por los cóndores con respecto a la variable de pisos altitudinales bioclimáticos. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Área Total	Proporción área	Área observada	Proporción observada	Área esperada	Intervalo de confianza	Selección
<b>Datos totales</b>							
Preandino	1.229,16	0,156	575,74	0,157	573,53	0,142 ≤ p1 ≤ 0,172	=
Bajo andino	2.550,29	0,325	1.842,59	0,503	1.189,97	0,482 ≤ p2 ≤ 0,523	+
Andino y vegas	2.945,36	0,375	1.038,03	0,283	1.374,30	0,264 ≤ p3 ≤ 0,302	-
Glaciar	1.132,91	0,144	210,05	0,057	528,61	0,047 ≤ p4 ≤ 0,067	-
Total	7.857,72	1	3.666,41	1	3.666,41		
<b>Datos diurnos</b>							
Preandino	1.229,16	0,156	233,39	0,151	241,05	0,128 ≤ p1 ≤ 0,174	=
Bajo andino	2.550,29	0,325	728,75	0,473	500,13	0,441 ≤ p2 ≤ 0,505	+
Andino y vegas	2.945,36	0,375	466,27	0,303	577,61	0,274 ≤ p3 ≤ 0,332	-
Glaciar	1.132,91	0,144	112,55	0,073	222,17	0,056 ≤ p4 ≤ 0,090	-
Total	7.857,72	1	1.540,95	1	1.540,95		
<b>Datos nocturnos</b>							
Preandino	1.229,16	0,156	342,35	0,161	332,48	0,141 ≤ p1 ≤ 0,181	=
Bajo andino	2.550,29	0,325	1.113,84	0,524	689,84	0,497 ≤ p2 ≤ 0,551	+
Andino y vegas	2.945,36	0,375	571,76	0,269	796,70	0,245 ≤ p3 ≤ 0,293	-
Glaciar	1.132,91	0,144	97,50	0,046	306,44	0,035 ≤ p4 ≤ 0,057	-
Total	7.857,72	1	2.125,45	1	2.125,45		
<b>Datos oto- inv</b>							
Preandino	1.229,16	0,156	373,78	0,296	197,53	0,264 ≤ p1 ≤ 0,328	+
Bajo andino	2.550,29	0,325	664,65	0,526	409,84	0,491 ≤ p2 ≤ 0,561	+
Andino y vegas	2.945,36	0,375	170,86	0,135	473,33	0,111 ≤ p3 ≤ 0,159	-
Glaciar	1.132,91	0,144	53,48	0,042	182,06	0,028 ≤ p4 ≤ 0,056	-
Total	7.857,72	1	1.262,77	1	1.262,77		
<b>Datos Prim – ver</b>							
Preandino	1.229,16	0,156	201,96	0,084	375,99	0,069 ≤ p1 ≤ 0,098	-
Bajo andino	2.550,29	0,325	1.177,94	0,490	780,12	0,464 ≤ p2 ≤ 0,515	+
Andino y vegas	2.945,36	0,375	867,16	0,361	900,97	0,336 ≤ p3 ≤ 0,385	=
Glaciar	1.132,91	0,144	156,57	0,065	346,55	0,052 ≤ p4 ≤ 0,078	-
Total	7.857,72	1	2.403,64	1	2.403,64		

A nivel de individuos la mayoría tendió a seleccionar positivamente el piso Bajo Andino, con la excepción del cóndor 1 que fue el único ejemplar que realizó una selección negativa de este ambiente ( $p = 0,05$ ) y fue el único patrón de selección que mostró (Tabla 7).

Tabla 7. Área ( $\text{km}^2$ ) utilizada por cada grupo de cóndores, con respecto a la variable de pisos altitudinales bioclimáticos dentro del ámbito de hogar. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Área total	Proporción área	Área observada	Proporción área	Área esperada	Intervalos de confianza	Selección
<b>Condor 1</b>							
Preandino	60,89	0,061	23,14	0,103	13,80	$0,052 \leq p1 \leq 0,154$	=
Bajo andino	398,95	0,402	72,35	0,321	90,45	$0,243 \leq p1 \leq 0,333$	-
Andino y vegas	370,14	0,373	90,09	0,400	83,91	$0,318 \leq p1 \leq 0,481$	=
Glaciar	162,69	0,164	39,47	0,175	36,88	$0,112 \leq p1 \leq 0,238$	=
Total	992,67	1	225,05	1	225,05		
<b>Cóndor 2-3-7</b>							
Preandino	763,12	0,178	232,73	0,116	358,62	$0,098 \leq p2 \leq 0,134$	-
Bajo andino	1440,07	0,337	1113,72	0,554	676,75	$0,526 \leq p2 \leq 0,582$	+
Andino y vegas	1403,20	0,328	562,24	0,280	659,42	$0,255 \leq p2 \leq 0,305$	-
Glaciar	670,30	0,157	101,11	0,050	315	$0,038 \leq p2 \leq 0,062$	-
Total	4276,69	1	2009,80	1	2009,80		
<b>Cóndor 4</b>							
Preandino	270,18	0,126	93,39	0,274	42,86	$0,214 \leq p3 \leq 0,334$	+
Bajo andino	799,15	0,372	166,03	0,487	126,78	$0,419 \leq p3 \leq 0,554$	+
Andino y vegas	729,40	0,340	73,82	0,217	115,72	$0,161 \leq p3 \leq 0,273$	-
Glaciar	348,82	0,162	7,45	0,022	55,34	$0,002 \leq p3 \leq 0,042$	-
Total	2147,55	1	340,70	1	340,70		
<b>Condor 6</b>							
Preandino	1029,83	0,157	225,08	0,244	144,56	$0,209 \leq p4 \leq 0,279$	+
Bajo andino	2343,74	0,357	428,17	0,464	329	$0,423 \leq p4 \leq 0,505$	+
Andino y vegas	2457,02	0,374	234,74	0,255	344,90	$0,219 \leq p4 \leq 0,291$	-
Glaciar	738,13	0,112	34,08	0,037	103,61	$0,021 \leq p4 \leq 0,053$	-
Total	6568,73	1	922,07	1	922,07		
<b>Cóndor 8</b>							
Preandino	4,41	0,006	1,39	0,008	1,01	$0,009 \leq p5 \leq 0,025$	=
Bajo andino	201,56	0,274	62,32	0,369	46,19	$0,276 \leq p5 \leq 0,462$	+
Andino y vegas	365,91	0,497	77,14	0,457	83,86	$0,361 \leq p5 \leq 0,553$	=
Glaciar	164,58	0,223	27,93	0,165	37,72	$0,094 \leq p5 \leq 0,236$	=
Total	736,47	1	168,79	1	168,79		

El análisis de todos los datos indicó que no sólo no hubo una selección de las zonas con laderas de exposición norte (que favorecen el vuelo) sino que estas áreas fueron utilizadas significativamente menos que lo esperado por azar (Tabla 8).

Un patrón similar se observó con los registros nocturnos y de la época de Otoño – Invierno (Tabla 8).

Tabla 8. Área (km<sup>2</sup>) utilizada por los cóndores con respecto a la variable de exposición de laderas. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Área total	Proporción	Área observada	Área esperada	Selección
<b>Datos totales</b>					
Exposición Norte	1760,06	0,224	753,61	821,24	-
Matriz	6097,67	0,776	2912,80	2845,17	+
Total	7857,72	1	3666,41	3666,41	
<b>Datos diurnos</b>					
Exposición Norte	1760,06	0,224	342,23	345,16	=
Matriz	6097,67	0,776	1198,72	1195,79	=
Total	7857,72	1	1540,95	1540,95	
<b>Datos nocturnos</b>					
Exposición Norte	1760,06	0,224	411,37	476,08	-
Matriz	6097,67	0,776	1714,08	1649,37	+
Total	7857,72	1	2125,45	2145,45	
<b>Datos Otoño – Invierno</b>					
Exposición Norte	1760,06	0,224	244,61	282,85	-
Matriz	6097,67	0,776	1018,16	979,92	+
Total	7857,72	1	1262,77	1262,77	
<b>Datos Primavera - Verano</b>					
Exposición Norte	1760,06	0,224	509	538,39	=
Matriz	6097,67	0,776	1894,64	1865,25	=
Total	7857,72	1	2403,64	2403,64	

A nivel de individuos no se detectaron patrones de selección por exposición de laderas norte (Tabla 9).

Tabla 9. Área (km<sup>2</sup>) utilizada por cada grupo de cóndores con respecto a la variable de exposición de laderas dentro del ámbito de hogar. (+) selección positiva; (-) selección negativa; (=) no hay selección.

	Area total	Proporción	Área observada	Área esperada	Selección
<b>Cóndor 1</b>					
Exp. Norte	227,64	0,229	45,72	51,61	=
Matriz	765,03	0,771	179,33	173,44	=
Total	992,67	1	225,05	225,05	
<b>Cóndor 2-3-7</b>					
Exp. Norte	855,52	0,200	408,87	402,04	=
Matriz	3421,18	0,800	1600,93	1607,76	=
Total	4276,70	1	2009,80	2009,80	
<b>Cóndor 4</b>					
Exp. Norte	460,65	0,215	60,97	73,08	=
Matriz	1686,90	0,785	279,73	267,62	=
Total	2147,56	1	340,70	340,70	
<b>Cóndor 6</b>					
Exp. Norte	1502,57	0,229	190,65	210,84	=
Matriz	5068,67	0,771	731,42	711,23	=
Total	6571,24	1	922,07	922,07	
<b>Cóndor 8</b>					
Exp. Norte	199,66	0,271	47,50	45,76	=
Matriz	536,80	0,729	121,28	123,03	=
Total	736,47	1	168,79	168,79	

## Discusión

### *Distribución espacial*

El movimiento mostrado por los cóndores liberados puede entregar algún patrón de cómo se mueven los ejemplares juveniles de vida libre una vez que abandonan el nido, debido a que el tratamiento de los individuos nacidos en cautiverio, no es muy distinto a la secuencia de eventos naturales que experimenta un cóndor juvenil silvestre. Ellos aprenden a buscar y encontrar alimento siguiendo el movimiento de otros individuos de su misma especie adquiriendo señales sociales que les indican donde se ubica la carroña, además de establecer su posición en la escala jerárquica dentro de la población de cóndores silvestres (Wallace y Temple 1987).

La dispersión de todos los cóndores liberados ocurrió principalmente en un eje norte – sur. La capacidad de desplazamiento que poseen los cóndores, les hubiera permitido distribuirse de forma más amplia en el eje este – oeste, atravesando la cordillera de los Andes. El porqué no lo hicieron puede deberse a que al satisfacer sus requerimientos de hábitat estos desplazamientos no hayan sido necesarios. Además puesto que para avanzar hacia Argentina se debe cruzar por pisos vegetacionales poco atractivos para la especie, los avances hacia el este pueden haber sido desincentivados.

El análisis de la independencia de las trayectorias indicó que los cóndores 2 – 3 y 7 no se movían de forma independiente. Interesantemente estas tres aves poseen un origen en común. Todos nacieron en cautiverio y fueron criados con la asistencia de títeres de látex, en reemplazo de los padres. Adicionalmente los individuos 2 y 3 fueron criados juntos desde el momento de nacer, estableciendo una relación muy cercana incluso después de ser liberados.

Las observaciones de interacciones padre-descendiente de cóndores silvestres marcados, indican que algunos cóndores juveniles aprenden a comer y forrajear a través de la interacción con otros cóndores juveniles más que con los padres, además



de perfeccionar sus habilidades de vuelo (Wallace y Temple 1987). Lo anterior destaca la importancia de conocer el origen de historia de los animales en los estudios de conducta y uso del hábitat.

#### *Ámbito de hogar*

El ámbito de hogar calculado para estos cóndores es el primer registro que se obtiene para la especie. Al compararlo con el ámbito de hogar de otros catártidos como el jote de cabeza negra (*Coragyps atratus*) y el jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*), a pesar de que en tamaño el cóndor no alcanza a ser el doble que cada uno de estos dos buitres, el ámbito de hogar es aproximadamente 52 veces más amplio, registrando 7.857 km<sup>2</sup> para el cóndor, contra 370,7 km<sup>2</sup> y 148,8 km<sup>2</sup> calculado para *C. aura* y *C. atratus* respectivamente (Coleman y Fraser 1989). Sin embargo, los valores observados para cóndor son más parecidos a los registrados en otras especies de aves carroñeras de gran envergadura, como el quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), en el cual se ha calculado un ámbito de hogar promedio para individuos juveniles de 4.932 (950-10.294) km<sup>2</sup> (Birdlife 2001).

El tamaño del ámbito de hogar de cada uno de los cóndores liberados muestra la capacidad de desplazamiento que puede realizar un cóndor juvenil entre el primer y segundo año de vida.

#### **Uso y selección de hábitat**

Los patrones de uso y selección de hábitat fueron más evidentes cuando se analizó el grupo de cóndores en conjunto que cuando se hizo a nivel de individuos, muy probablemente debido al número de datos involucrados en el análisis.

La oferta de alimento es probablemente el factor más importante en la definición de la distribución de las aves carroñeras en el territorio (Newton 1979). Si bien es cierto no se dispone de un mapa adecuado de la distribución espacial de alimento para cóndores, las vegas altoandinas parecen ser un sustituto adecuado ya que éstas fueron seleccionadas positivamente durante primavera – verano, época en la cual

estas formaciones vegetales suelen albergar masas ganaderas importantes. Por otro lado durante otoño – invierno la mayoría de las vegas están bajo la nieve y no son utilizadas por el ganado, siendo evitadas por los cóndores.

En estrecha relación con lo anterior, se observó la selección positiva de los estratos altitudinales más bajos que realizan los cóndores durante otoño – invierno, época en que las grandes masas ganaderas se desplazan a las zonas de invernadas ubicadas bajo la cota de los 2.000 m aproximadamente. Por lo tanto, estos resultados apoyarían selección de ambientes propicios para la obtención de alimento, durante todo el año, confirmando la hipótesis I, que plantea que el patrón de distribución de los cóndores se encuentra fuertemente asociado al recurso alimento.

Wallace y Temple (1983) también encontraron un cambio en la disponibilidad de alimentos durante las distintas épocas del año en el norte del Perú. Los cóndores de esta zona de la cordillera de los Andes ocasionalmente cruzaban el desierto para buscar comida a lo largo de la costa, especialmente durante los meses de invierno, debido probablemente a la escasez de comida en las montañas y a su abundancia en la costa.

Por otra parte, los resultados no registraron localizaciones sobre los 3.600 msnm. Esto muestra que, a pesar de que los cóndores pueden volar a gran altitud, el hábitat que utilizan se encuentra preferentemente entre los 1500 y 2500 msnm.

La hipótesis II planteada al inicio, postulaba que la distribución de los cóndores se asociaría positivamente a la existencia de zonas propicias para el vuelo. Los resultados indicaron un patrón opuesto. Esto puede deberse, al menos, a dos posibles razones: el criterio para la determinación de las áreas con mayor incidencia de térmicas fue incorrecto o que, siendo correcto, el análisis no se realizó a la escala adecuada, puesto que la coincidencia (a escala de 1km) de la posición de los cóndores con las zonas indentificadas como apropiadas podría ser escasa ya que las aves sólo usan las térmicas para remontar en altura, pero parte importante del tiempo pueden estar volando entre zonas de térmicas o posados en el suelo.

Un análisis más detallado del fenómeno debería incorporar variables como cuencas y microcuencas, además de la compleja topografía cordillerana, que permiten la generación de vientos y térmicas de manera local que pueden resultar más importante que la predominancia de vientos a nivel general dentro del paisaje o el área de estudio.

No existió variación en los patrones de selección de hábitat durante el día y la noche, para la variable de vegas, como para los distintos pisos altitudinales. Sin embargo, resulta interesante que los datos nocturnos parecen ser los responsables de la selección negativa de las zonas con exposición norte, lo que podría indicar que las aves sí seleccionan sitios distintos para pasar la noche. Sin embargo, Wallace y Temple (1987) indican que, ocasionalmente, aves más jóvenes permanecen en el área de la carroña por varios días antes de alimentarse y retornar a los posaderos principales.

Según los resultados presentados en este trabajo, la distribución, el desplazamiento y la selección de hábitat de los cóndores en la zona central de Chile, están asociados a la oferta de alimento. Por lo tanto una reducción importante de este recurso colocaría en grave riesgo la sobrevivencia de la especie. Con la tendencia de la ganadería extensiva de montaña a disminuir y la expansión de los ambientes urbanos, este escenario podría presentarse en un futuro no muy lejano.

La solución a este problema podría ser compleja y costosa. Un ejemplo concreto y que se realiza con éxito en el Hemisferio Norte con otros tipos de buitres amenazados, es la construcción de muladares o comederos artificiales para las aves (Cursach 2003). Estos comederos, son instalados en los lugares donde comúnmente suelen alimentarse los buitres, suministrándoles restos de animales muertos y sus productos; alternando su ubicación a lo largo de toda su distribución para que no pierdan la capacidad de desplazarse en busca de alimento. Deben estar lejos de tendidos de alta tensión, en lugares con buena pendiente para que los individuos puedan emprender el vuelo, poseer una buena visibilidad para que las aves puedan sentirse seguras, lejos de cualquier actividad antrópica, y deben estar controlados sanitariamente.

Otra solución es estudiar la factibilidad de reintroducir algunos grandes herbívoros nativos como el guanaco (*Lama guanicoe*), camélido que antes de la llegada de los españoles poblaba vastas zonas de la cordillera andina central (Stehberg 1980).

Se desconoce aún el estado de conservación real que posee el cóndor y no se tiene ninguna estimación fidedigna del número de ejemplares presentes a lo largo de su distribución. Por esta razón se debe estudiar y recopilar más antecedentes de su biología, para conocer a cabalidad cuáles son sus recursos limitantes en el ambiente, y poder adoptar medidas que vayan en la dirección correcta para la conservación de sus poblaciones.

## Referencias

- BirdLife International. 2001. Action Plan for the conservation of Lammergeier/Bearded Vulture (*Gypaetus barbatus*). Document prepared on behalf of the European Commission and the Council of Europe.
- Brown, C.J. 1991. Bearded Vultures in southern Africa. WWGBP Newsletter **14**:17.
- CONAF. 1995. Guía de Parques Nacionales y otras áreas protegidas de Chile. Santiago de Chile. pp 263.
- Coleman J. y J. D. Fraser. 1989. Habitat use and home ranges of Black and Turkey vultures. J. Wild. Management. **53**(3): 782 – 792.
- Cunill G. P. 1979. Geografía de Chile. Editorial Universitaria, novena edición. 559 p.
- Cursach V. B. 2003. Proyecto Inventario de puntos de alimento para aves carroñeras: Garantizar la supervivencia. Revista ambiente, Julio - Agosto. pp 65 – 69.
- Di Castri F. y E.R. Hajek. 1976. Bioclimatología de Chile. Imprenta – Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago. 129 p.
- Donázar J., A. Travaini, O. Ceballos, A. Rodríguez, M. Delibes y F. Hiraldo. 1999. Effects of sex-associated competitive asymmetries on foraging group structure and despotic distribution in Andean condors. Behav. Ecol. Sociobiol. **45**: 55 – 65.
- Donázar J. y J. E. Feijoo. 2002. Social structure of andean condor roosts: influence of sex, age and season. The Condor **104**: 832 – 837.
- Gailey J. y N. Bolwig. 1973. Observations on the behavior of the Andean Condor (*Vultur Gryphus*). The Condor **75**: 60-68.

- Garshelis, D.L. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection and importance. p. 111-164 en Boitani, L y T.K. Fuller (eds.) Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences. Columbia University Press.
- Harris R. B., Steven G., David C., Gerald W., Steven C., Thomas R. y Larry F. 1990. Tracking Wildlife by satellite: Current Systems and Performance. United States department of the interior fish and wildlife service, Fish and Wildlife Technical Report 30 Washington, D.C.
- Hamernick M. 2000. Home ranges and Habitat Selection of Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) at the Weaver Dunes, Minnesota. [Online]. <http://www.gis.smumn.edu/GradProjects/HamernickM.pdf>
- Jácome, L.1999. Registro Nacional del Cóndor Andino año 1998/99.
- Kusch A. 2004. Distribución y uso de dormideros por el cóndor andino (*Vultur gryphus*) en patagonia chilena. *Ornitología Neotropical* **15**: 1 – 5.
- Kusch A. 2006. Posaderos de Cóndor Andino *Vultur gryphus* en el extremo sur de Chile: antecedentes para la conservación de la especie. *Cotinga* **25**:65 – 68.
- Lorenz K. 1986. Fundamentos de la etología; estudio comparado de las conductas. Barcelona, Paidós (eds). 349 p.
- McGahan J. 1973a. Flapping flight of the Andean Condor in nature. *J. Exp. Biol.* **58**: 239 – 253.
- McGahan J. 1973b. Gliding flight of the Andean condor in nature. *J. Exp. Biol.* **58**: 225 – 237.

- Neu C., C.R. Byers y J.M. Peek. 1974. A technique for analysis of utilization – availability data. *J. Wildl. Manage.* **38**(3):541 – 545.
- Newton I. 1979. *Population Ecology of Raptors*. T & Poyser Ltd., Berkhamsted, United Kingdom. 399 p.
- Parmalee P.W. y B. Parmalee. 1967. Results of Bandung studies of the black vulture in eastern North America. *The Condor* **69**: 146 – 155.
- Pavez E. y C. Tala. 1995. Río Blanco, Herencia de los Glaciares. Edición de CODELCO-CHILE, División Andina, Antártica (eds.), Santiago, Chile. 123 p.
- Pavez E. 2004. Captura, marcaje, seguimiento y monitoreo de aves rapaces chilenas. En: Muñoz – Pedreros A., J. Rau y J. Yáñez. *Aves Rapaces de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia: 237 -252.
- Pennycuik C. y K. Scholey. 1984. Flight behavior of Andean Condors *Vultur gryphus* and Turkey Vultures *Cathartes aura* around the Paracas Peninsula, Peru. *IBIS* **126**: 253 – 256.
- Ramsar 1971. Convención sobre los humedales. (online) <http://www.ramsar.org>
- Sánchez E., M. Torres, A. Fernández, M. Aguilar, I. Pino y L. Granado. 2000. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá, España 2000: 164 – 174.
- Sarno R., W. Franklin y W. Prexl. 2000. Activity and population characteristics of Andean Condors in southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* **73**: 3 – 8.
- Snyder N. y H. Snyder. 2000. *The California Condor, A Saga of Natural History and Conservation*. Academic Press (eds.). 432 p.

- Stehberg R. 1980. Aproximación metodológica al estudio del poblamiento humano de los andes de Santiago (Chile). *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile*, **37**: 9 – 41.
- Temple S. y M. Wallace. 1989. Survivorship patterns in a population of Andean Condors (*Vultur gryphus*). Meyburg BU y RD Chancellor (Eds) *Raptors in the modern world: Weltarbeitsgruppe Für Greifvögel und Eulen e.V. Federal Republic of Germany*. pp 247 – 255.
- Terrasse, J.F., Terrasse, M., and Y. Boudoint. 1961. Observation sur la reproduction du Vautour fauve, du Percnoptere et du Gypaëte barbu dans les Basses – Pyrénées. *Alauda* 29:1 – 24.
- Wallace M., P. Parker and S. Temple. 1980. An evaluation of patagial markers for cathartid vultures. *Journal of field ornithology*. **51**(4): 309 – 428.
- Wallace M., S. Temple y T. Torres. 1983. Ecología del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en el norte del Perú. I Simposio de ornitología Neotropical (Peru): pp 69 – 76.
- Wallace M. 1985. Ecological studies of andean condors in Peru. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Wildlife Ecology/ Poultry Science) at the University of Wisconsin-Madison. 90 p.
- Wallace M. y S. Temple 1987. Releasing captive-reared andean condors to the wild. *J. Wildl. Manage.* **51**(3): 541 – 550.
- Wallace M. y S. Temple. 1988. Impacts of the 1982 – 1983 El Niño on Population Dynamics of Andean condors in Peru. *BIOTROPICA* **20**(2): 144 – 150.



